بسم الله الرحمن الرحیم

راهنمای هنرآموز

ناوبری الکترونیکی

رشتهٔ الکترونیک و مخابرات دریایی

گروه تحصیلی برق و رایانه

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

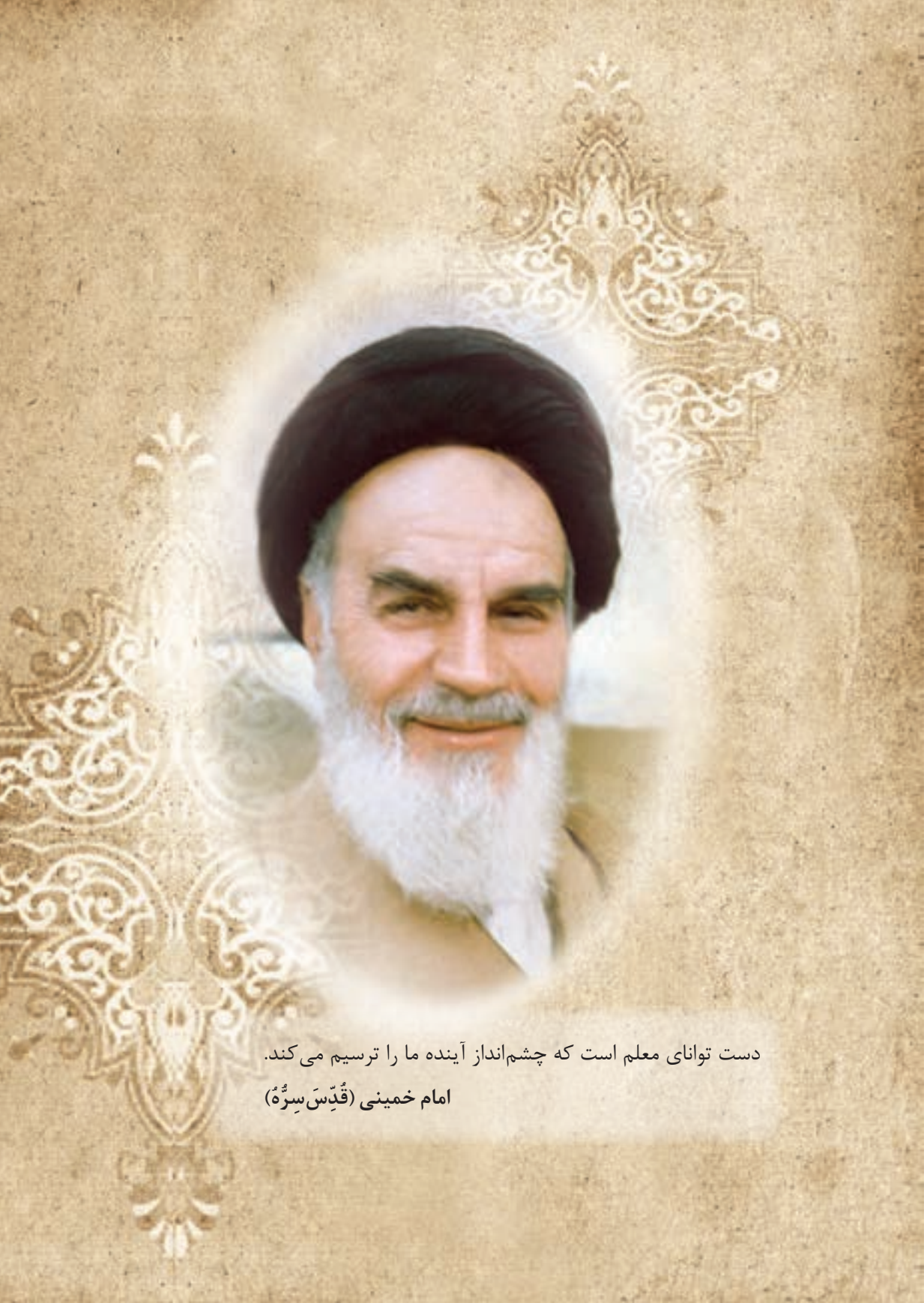
پایهٔ دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: راهنمای هنرآموز ناوبری الکترونیکی (رشتهٔ الکترونیک و مخابرات دریایی) ـ ۲۱۲۹۸۲
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: محمدرضا پالوج، مصطفی ربیعی، علی سلیمان اوغلی، غلامرضا ناطقیان (اعضای شورای برنامه‌ریزی و تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری)ـ سمیه قنبری (صفحه‌آرا)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، **دورنگار:** ۸۸۳۰۹۲۶۶، **کد پستی:** ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)، **تلفن:** ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، **دورنگار:** ۴۴۹۸۵۱۶۰
صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ ونشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۹۷

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۸ـ ۳۳۷۵ ـ ۰۵ ـ ۹۶۴ ـ ۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 3375–8**



دست توانای معلم است که چشم‌انداز آینده ما را ترسیم می‌کند.

امام خمینی (قُدِّسَ سِرُّهُ)

فهرست

پودمان اول: کاربری سامانه‌های سونار ۱

پودمان دوم: کاربری سامانه‌های هدایت کشتی ۴۳

پودمان سوم: کاربری مدارهای الکترونیکی ۶۹

پودمان چهارم: کاربری مدارهای دیجیتال ۱۴۹

پودمان پنجم: کاربری سامانه‌های انتقال اطلاعات ناوبری ۲۵۷

منابع ۲۸۰

مقدمه

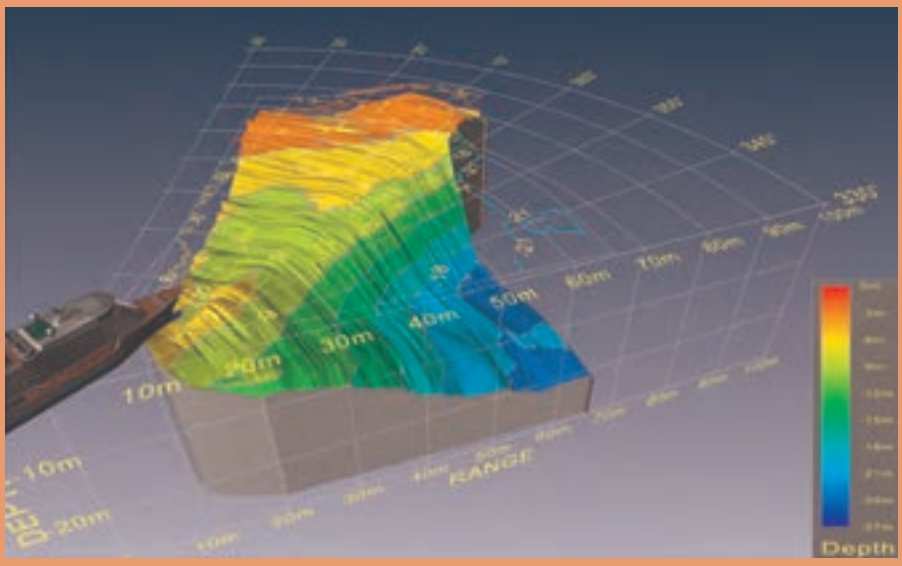
از الزامات اجرای برنامه درسی، وجود محتوای آموزشی جهت تحقق نیازهای فردی و اجتماعی و اهداف نظام تعلیم و تربیت می‌باشد. با توجه به تغییرات نظام آموزشی که حول محور سند تحول بنیادین آموزش و پرورش انجام شد چرخش‌های جدیدی از وضع موجود به مطلوب صورت پذیرفت. از جمله به نقش معلم از آموزش‌دهنده صرف، به مربی، اسوه و تسهیل‌کننده یادگیری و نقش دانش‌آموز از یادگیرنده منفعل به فراگیرنده فعال، تربیت‌جو و مشارکت‌پذیر و نقش محتوا از کتاب درسی به‌عنوان تنها رسانه آموزشی به برنامه محوری و بسته یادگیری (آموزشی) نام برد. بسته یادگیری شامل رسانه‌های متنوعی از جمله کتاب درسی دانش‌آموز، کتاب همراه دانش‌آموز/ هنرجو، کتاب راهنمای تدریس معلم/ هنرآموز، نرم‌افزارهای آموزشی، فیلم آموزشی و پوستر و .... می‌باشد که با هم در تحقق اهداف یادگیری نقش ایفا می‌کنند. کتاب راهنمای هنرآموز جهت ایفای نقش تسهیل‌گری، انتقال‌دهنده و مرجعیت هنرآموز در نظام آموزشی برای هر کتاب درسی طراحی و تدوین شده است. در این رسانه سعی شده روش تدریس کلی و جلسه به جلسه به همراه تجهیزات، ابزارها و مواد مصرفی مورد نیاز هر جلسه، نکات مربوط به ایمنی و بهداشت فردی و محیطی آورده شود. همچنین نمونه طرح درس، تبیین پیچیدگی‌های یادگیری هنرجویان، هدایت و مدیریت کارگاه و کلاس در هنرستان، راهنمایی و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها، بیان شاخص‌های اصلی جهت ارزشیابی شایستگی و ارائه بازخورد، اشاره به اشتباهات و مشکلات رایج در یادگیری هنرجویان و روش سنجش و نمره‌دهی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت و ارگونومی، منابع مطالعاتی، نکات مهم در فرایند اجرا و آموزش در محیط یادگیری، بودجه‌بندی زمانی و صلاحیت‌های حرفه‌ای و تخصصی هنرآموزان و دیگر موارد آورده شده است.

امید است شما هنرآموزان گرامی با دقت و سعه صدر در راستای تحقق اهداف بسته آموزشی که با کوشش و تلاش مؤلفین گرانقدر تدوین و تألیف شده موفق باشید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

کاربری سامانه‌های سونار ی



(SONAR: sound navigation and ranging)

نوع درس: نظری ـ عملی

کل ساعات: ۶۰ ساعت

ساعات نظری: ۲۰ ساعت

ساعات عملی: ۴۰ ساعت

تصویر اول این پودمان در کتاب هنرجو آشکارسازی عمق‌های مختلف را نشان می‌دهد که هر عمقی با فرکانس مختص خود (فرکانس بالاتر عمق بیشتر) بهتر آشکارسازی می‌شود. سونار به معنای عام، دستگاهی شبیه رادار در خشکی است که اهداف زیر آب را شناسایی می‌کند و در بیشتر کشتی‌های جنگی کاربرد دارد. اما به معنای خاص با توجه به نام سونار، در واقع استفاده از امواج صوتی برای ناوبری و فاصله‌یابی است و برخی کاربردهای آن در این پودمان آورده شده است.

سؤالات پیشنهادی

۱ امواج و فرکانس‌ها به چند دسته تقسیم می‌شوند؟
۲ امواج صوتی چه کاربردهایی دارند؟
۳ آکوستیک چیست و چه تاریخچه‌ای دارد؟
۴ اصول سونار و انواع آن کدام‌اند؟
۵ موارد استفاده از سونارها کدام‌اند؟
۶ عمق‌سنج چگونه کار می‌کند؟
۷ سرعت‌سنج چگونه کار می‌کند؟
۸ ماهی‌یاب چگونه کار می‌کند؟

روش تدریس پودمان

در این پودمان در ابتدا مباحث نظری و اصول فیزیکی صوت در فضاهای مختلف و انرژی صوتی مورد بحث قرار گرفت. لذا در ابتدا به‌صورت کلی شرحی از صوت و اصول انتشار آن در محیط‌های انتشاری مختلف تبیین می‌شود. در بخش اول خواص صوت و تعاریف اولیه مربوط به آن و مشخصه‌های ویژه صوت و محیط‌های انتشاری و نحوه آشکارسازی اهداف توسط حیوانات با انرژی صوتی در محیط‌های هوایی و آبی شرح داده می‌شود و اثر صوت در آب بیان و مشاهده می‌شود.
در ادامه اثر عوامل مهمی مثل حرارت و عمق و شوری آب بر انتشار امواج صوتی در آن با نمودار نشان داده می‌شود. همچنین کانال‌های صوتی در اعماق آب و نحوه انتشار صوت در آن شرح داده می‌شود.
بعد از آن انواع مبدل‌ها بخصوص مبدل‌های صوتی که از مهم‌ترین آنها در این بخش است شرح داده می‌شود و اجزای مختلفی که بتوان یک سیستم فرستنده یا گیرنده صوتی را فعال نمود نشان داده و تشریح می‌شود. پس از آن اجزای مورد نیاز برای تولید صوت را برشمرده و منابع تولید صوت در بستر دریا و شرایط آنها شرح داده می‌شود.
در ادامه تاریخچه سونار و روند تاریخی استفاده از امواج التراسونیک در آب و کاربرد

تاریخی آن تشریح می‌شود.
در بخش بعد تئوری استفاده از سونار جهت آشکارسازی و تخمین مسافت تشریح می‌شود و انواع سونار فعال و غیرفعال و نحوهٔ فعالیت آنها و همچنین اجزای مختلف هر کدام به‌طور کامل نشان داده می‌شود و تشریح می‌شود و کاربری هر کدام بیان می‌شود. در بخش کاربردها مهم‌ترین آن آشکارسازی زیر آب می‌باشد که به‌صورت مبسوط شرح داده می‌شود. در کتاب هنرجو هم کاربردهای سونار به‌صورت کلی و هم کاربرد هر یک از سونارهای فعال و غیرفعال به‌صورت جداگانه شرح داده می‌شود. سپس یک مقایسه کوتاه بین رادار و سونار بیان می‌گردد.
بعد از آنکه شرح کلی و کاملی از تئوری‌های سونار و مباحث مربوط به آن بیان شد به ذکر چند نمونه از دستگاه‌های با عملکرد سوناری پرداخته می‌شود و کاربری آنها بیان می‌شود. ابتدا شرح کاملی از عمق‌سنج از تئوری عملکرد تا فرمول‌ها و اجزای آن بیان می‌شود و بعد از آن کاربری یک نمونه از عمق‌سنج‌های موجود بر روی شناورها بیان می‌شود. کاربری عمق‌سنج ها مشابه هم می‌باشند و با دانستن یکی از آنها می‌توان با سرعت بیشتری و بدون نیاز به آموزش به یادگیری سایر مدل‌ها پرداخت. در این بخش‌ها از زبان انگلیسی زیاد استفاده می‌شود و نقشه‌ها و دیاگرام‌ها انگلیسی است چرا که باید به این روش‌ها و این زبان بیشتر نزدیک شد چون در شناورها کاتالوگ‌ها و نقشه‌های اغلب تجهیزات به این زبان می‌باشد و باید این موضوع نوعی آموزش نامحسوس تلقی گردد.
بعد از این دستگاه به همان نحو به تئوری عملکرد سرعت‌سنج‌ها و انواع آنها می‌پردازیم و اجزای آن را مشاهده خواهید کرد و بعد یک نمونه از سرعت‌سنج‌های مورد استفاده در شناورها را شرح داده و عملکرد آن را بیان می‌کنیم. باید دستگاه سرعت‌سنج و البته در بخش قبل عمق‌سنج را در کارگاه داشته باشیم و با آن کار کنیم و همان‌گونه که گفتیم کاربری همه این سیستم‌ها شباهت بسیار زیادی به هم دارد لذا در اختیار داشتن هر کدام از انواع آن می‌تواند به کاربری بقیه انواع آن دستگاه کمک کند. آنجا که این سیستم روی تعداد محدودی از شناورها نصب شده است ممکن است دستیابی به آن کمی دشوار باشد ولی می‌توان با هماهنگی و مراجعه به شناورهای ماهیگیری نمونه‌هایی از آنها را مشاهده کرد و کاربری آن را آموخت.
به‌طور کلی هدف از این پودمان آموختن اصول و مبانی آلتراسونیک در آب و کاربردهای آن و اصول سونار و همچنین آموختن نحوهٔ به‌کارگیری دستگاه‌هایی که براساس تئوری سونار در شناورها کار می‌کنند، می‌باشد. لذا مبانی نظری سونار و بعد از آن کاربری سه دستگاه سوناری تشریح می‌شود.
در بخش پایانی به تشریح اجزا و نحوهٔ عملکرد و تجزیه و تحلیل اطلاعات و اشکال صفحه نمایش ماهی‌یاب می‌پردازیم و یک نمونه از پرفروش‌ترین ماهی‌یاب‌های

جهان را نشان داده و کاربری سریع آن را شرح می‌دهیم. با توجه به اینکه ماهی‌یاب در شناورهای خاصی نصب شده است و همچنین شرایط استفاده از آن که نیاز به آب‌های دارای ماهی می‌باشد، موجب می‌شود که انجام کاربری ماهی‌یاب کمی دشوار باشد ولی با هماهنگی با کشتی‌های ماهیگیری و مراجعه به آنها در بنادر و اسکله‌های شهرهای بندری می‌توان کار با این دستگاه را مشاهده و انجام داد.
فعالیت‌ها و کارخواسته‌های مختلفی که در این فصل از هنرجویان خواسته شده در این کتاب شرح داده شده است اما هدف اصلی آن ایجاد انگیزه برای فعالیت‌های مختلف در هنرجویان به منظور کسب اطلاعات بیشتر در مورد مباحث مطرح شده در درس می‌باشد و همچنین توجه دادن هنرجویان به سایر جنبه‌های این مباحث که در کتاب مطرح نشده است و تلاش بیشتر برای کسب اطلاعات در خصوص مسائل اضافه که ممکن است خود هنرجویان احساس نیاز به آن پیدا کنند یا بخواهند در مورد آن به تخصص و شناخت بیشتری برسند.
به‌طور کلی در ابتدا اصول و مبانی فیزیکی صوت و انتشار آن در محیط‌های مختلف بررسی می‌شود و سپس انتشار آن در آب و عوامل مؤثر بر آن تشریح می‌شود و کاربردهای این فرایند و روش‌های استفاده از صوت در این سیستم‌ها تبیین می‌شود و در پایان کاربری عملیاتی برخی از این سیستم‌ها شرح و آموزش داده می‌شود.

اثر صداهای منتشر شده از کروکودیل روی آب

دانش افزایی

گوش انسان به‌عنوان یک گیرنده خوب صدا عمل می‌کند و می‌تواند فرکانس‌های زیادی را دریافت کند. دو مشخصه فیزیکی بسامد و شدت صوت و عوامل دیگری که بستگی به ویژگی‌های فردی مشخص دارد تعیین‌کننده محدودیت قوهٔ شنوایی انسان است.
گوش انسان در مقابل فرکانس‌های بین ۱۰۰ و ۲۰۰ هرتز حساس‌ترین وضعیت

را دارد. برای اشخاص عادی شنیدن یک نت با فرکانس ۸۰۰ هرتز برای مدت زیاد خوشایند است و معمولاً در دستگاه‌های فاصله‌یاب زیرآبی فرکانس اکو به نت ۸۰۰هرتز تبدیل می‌شود.

دستگاه‌های سونار قدیمی امواج ماورای شنوایی در آب را مخابره می‌کردند. انعکاس‌های به‌دست آمده به همراه دیگر صداها دریافت می‌شد و به اصوات قابل شنیدن تبدیل می‌شدند.

سونارهای جدید امواج قابل شنوایی مخابره می‌کنند. چون تن این امواج بسیار بالا می‌باشد دستگاه‌های دیگر تن آنها را به تن مناسب و قابل شنیدن تبدیل می‌نمایند.

شدت صوت و تراز صوت برای برخی اصوات

صدا	شدت صوت w/m^2	تراز شدت صوت db
شدت صوت مبنا	10^{-12}	۰
نفس کشیدن	10^{-11}	۱۰
برگ درختان در نسیم	10^{-10}	۲۰
صحبت کردن از فاصله یک متری	10^{-8}	۴۰
همهمه در فروشگاه	10^{-6}	۶۰
سر و صدای خودروها در خیابان شلوغ	10^{-5}	۷۰
آستانه دردناکی برای بسامد ۱۰۰۰ هرتز	۱	۱۲۰
مسلسل	۱۰	۱۳۰
غرش هواپیمای جت در حین بلند شدن	10^{2}	۱۴۰
راکت فضایی، در موقع بلند شدن	10^{5}	۱۷۰

فعالیت کلاسی

با یک جسم سخت مانند سنگ یا فلز به آرامی به یک چوب ضربه بزنید و به صدای آن توجه کنید. حال گوش خود را به چوب بچسبانید و با همان شدت ضربه بزنید و به صدای آن گوش کنید. حال گوش خود را به ظرف حاوی آب، مانند آکواریم بچسبانید و این عمل را تکرار کنید. در خصوص نتایج این عمل در کلاس بحث نمایید.

در این فعالیت متوجه می‌شویم شدت صوت ایجاد شده، با شدت ضربه یکسان، به ترتیب در هوا، آب و جسم سخت مانند چوب شدیدتر می‌شود. پس محیط انتشار در انتقال شدت انرژی صوتی مؤثر است.

تحقیق

با مراجعه به اینترنت در مورد صوت و کاربردهای متنوع آن نکات جالبی وجود دارد. در این خصوص تحقیق نمایید.

در مورد این موضوع موارد بسیاری وجود دارد که بعضی از آنها مربوط به شناسایی و برخی شگفتی‌های دنیای صوت است که شکل‌پذیری یا شکل‌دهی سیالات است و برخی نیز مربوط به تکنولوژی‌های جدید توسط صوت که به بخشی از آنها اشاره خواهد شد.

۱ـ یخچال صوتی

تیمی از پژوهشگران دانشگاه Penn State University یخچالی اختراع کردند که با صدا غذا را منجمد می‌کند. این یخچال براساس فشرده‌سازی و گسترش صداهای اطراف کار می‌کند که باعث گرما و سرمای هوا می‌شوند. به‌طور معمول امواج صوتی باعث تولید حرارت به میزان کمتر از یک ده هزارم درجه می‌شوند، اما سایر اثرات آن توانایی ایجاد حدود ۱۰ اتمسفر فشار گاز داخل یخچال می‌باشد. این دستگاه که فریزر صوتی حرارتی thermoacoustic freezer نام‌گذاری شده است، با فشرده‌سازی گاز داخل محفظه خنک‌کننده و ایجاد انفجار حرارتی در صدای بیشتر از ۱۷۳ دسیبل، تولید حرارت مورد نیاز را انجام می‌دهد. این نوع یخچال در حال توسعه جهت جایگزینی یخچال‌های سنتی است که با تکنولوژی شیمیایی باعث آسیب‌رسانی به لایه اوزون می‌شوند.

۲ـ جوشکاری ماورای صوتی

امواج ماورای صوتی از سال ۱۹۶۰ میلادی در جوشکاری پلاستیک استفاده می‌شوند. این تکنیک با فشرده‌سازی و ترکیب دو ماده ترموپلاستیک تزریقی بر روی سندان یا صفحه پرسکاری انجام‌پذیر است. امواج مافوق صوتی سپس با تغذیه از طریق صدا باعث لرزش در مولکول‌های سطح اتصال شده و با تولید حرارت موجب جوشکاری آن می‌شوند. نتیجهٔ این‌کار ذوب شدن دو قطعه در هم و به دست آمدن جسمی پایدار خواهد بود.

پس از این قضیه با پیشرفت تکنولوژی از امواج ماورای صوتی در صنعت آب‌بندی استفاده شد. یک روز حسب اتفاق وقتی که شخصی بر روی تکنولوژی نوار آب‌بندی کار می‌کرد، با لمس نوار تلگراف اسکاتلندی که روی میزش افتاده بود و باعث جوش خوردن دو تکه تلگراف شده بود و او را متوجه این موضوع کرد که امواج

مافوق صوتی می‌توانند باعث جوش خوردن قطعات سفت و محکم پلاستیک به یکدیگر شوند. وی پس از آن با پژوهش و آزمایشات مختلف با کمک همکاران خویش توانست تکنولوژی عایق مافوق صوتی را تولید کند.
از آن پس این تکنولوژی در بیشتر صنایع در مواردی که نیاز به جوش پلاستیک بود از جمله صنایع خودروسازی مورد استفاده قرار گرفت. اخیراً در نیروی دریایی آمریکا از این تکنولوژی در ساخت یونیفرم‌های بدون درز استفاده شده است. فناوری اولتراسونیک یا فراصوتی باعث تولیدات مقاوم، عایق و سبک‌تری در پوشاک نیز گردیده است اما به‌خاطر گران‌تر بودن استفاده از این تکنولوژی برای یونیفرم‌های نظامی استفاده می‌شود.

۳ـ سرقت اطلاعات شخصی

پژوهشگران روشی برای انتقال داده از کامپیوتری به کامپیوتر دیگر از طریق صدا کشف کرده‌اند. متأسفانه این روش آنها را نگران کرده زیرا باعث انتقال آسان ویروس به داخل کامپیوتر می‌شود.
خبر خوش اینکه انتقال صوتی بسیار کند بوده و در شرایط مطلوب به ۲۰ بیت در ثانیه می‌رسد. این سرعت به هیچ‌وجه برای انتقال بسته‌های حجیم داده مناسب نیست، تنها برای انتقال اطلاعاتی از جمله اطلاعات کلیدی مثل گذرواژه‌ها، شماره کارت اعتباری و رمزنگاری قابل استفاده می‌باشد. همچنین برای انتقال بدافزارهای مخرب روش مناسبی می‌تواند باشد و به‌زودی با تهدید امنیتی جدیدی مواجهمان خواهد کرد.

۴ـ جراحی صوتی

مدتی است پزشکان از امواج صوتی در اهداف پزشکی و درمانی استفاده می‌کنند که از جمله آنان می‌توان استفاده از امواج اولتراسونیک در برش‌های استخوانی برای جراحی نام برد، اما پژوهشگران در دانشگاه میشیگان تکنولوژی جراحی صوتی را ابداع کردند که توانایی جداسازی تنها یک سلول مشخص را دارد. یافته‌های اخیر تکنولوژی اولتراسونیک یا مافوق صوتی توانایی این را دارد که پرتوی دارای نقطه کانونی با فاصله چند میلی‌متری ایجاد کند، اما تجهیزات جدید قابلیت مقیاس ۷۵×۴۰۰ میکرومتر را دارد.

۵ـ تبدیل بدن انسان به میکروفون

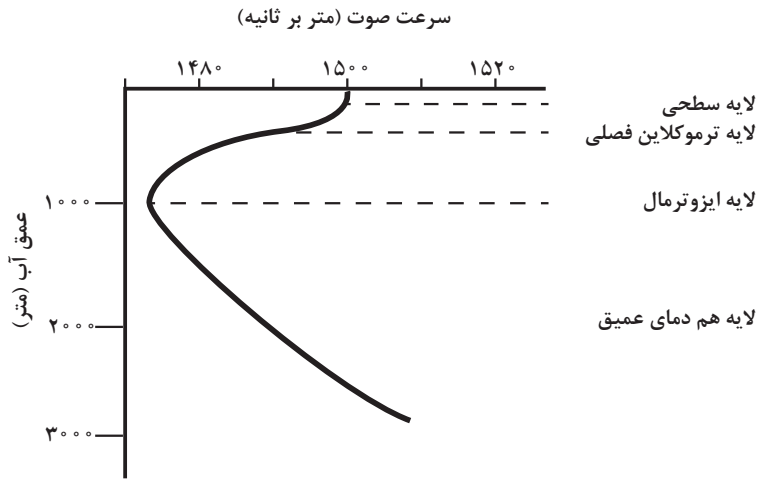
پژوهشگران در دیسنی وسیله‌ای را ساخته‌اند که بدن انسان را به میکروفون تبدیل می‌کند. نام این دستگاه Ishin_Den_Shin گذاشته شده است و بعد از تلاش ژاپنی‌ها برای برقراری ارتباط با فهم ناگفته‌های ذهنی، این اجازه را می‌دهد که با تنها لمس گوش شخص دیگری و بدون گفتن هیچ کلامی، پیام خود را به مخاطب برساند.

تحقیق

در خصوص حرکت صوت در آب‌های عمیق و لایه‌های حرارتی آن تحقیق نمایید.

پاسخ:

شکل زیر نمودار سرعت امواج صوتی است. در این نمودار لایه‌های مختلف با خصوصیات متفاوتی که دارند نشان داده شده‌اند.



سرعت صوت در لایه‌های مختلف آب

در سطح دریا لایه سطحی قرار دارد، در این ناحیه سرعت صوت نسبت به تغییرات روزانه درجه حرارت و شرایط جوی حساس بوده و به آن بستگی دارد. در این لایه، لایه دیگری به نام لایه ایزوترمال وجود دارد که در اثر وزش باد در سطح بالای دریا با لایه سطحی مخلوط می‌گردد. در زیر لایه سطحی لایه ترموکلاین فصلی و لایه ترموکلاین دائمی و لایه ایزوترمال قرار دارد. کلمه ترموکلاین اشاره به لایه‌ای دارد که در آن دما با عمق تغییر می‌نماید. در اینجا دو اصطلاح را تعریف می‌کنیم.

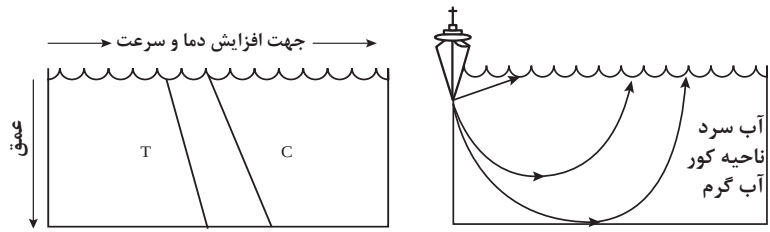
۱ شیب حرارتی مثبت

۲ شیب حرارتی منفی

۱ـ شیب حرارتی مثبت

اگر در ناحیه‌ای درجه حرارت با افزایش عمق افزایش یابد گویند آن ناحیه دارای شیب حرارتی مثبت است. در این حالت سطح آب سردتر از لایه زیرین آن می‌باشد. گرچه این وضعیت غیرعادی است ولی اتفاق می‌افتد. شکل صفحه بعد نشان‌دهنده

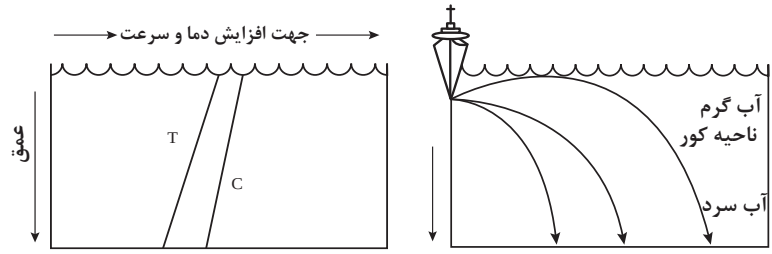
حالتی است که درجه حرارت با زیاد شدن عمق زیاد می‌شود.



شیب حرارتی مثبت سعی می‌کند بیم صوتی را به‌طرف بالا خم کند

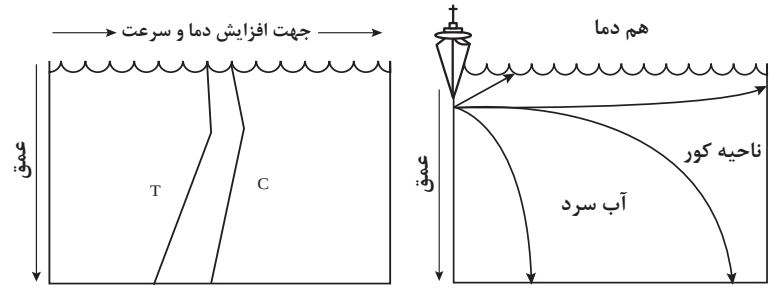
۲ـ شیب حرارتی منفی

وقتی که عمق آب زیاد می‌شود و درجه حرارت آن کم می‌شود گفته می‌شود که آب دارای شیب حرارتی منفی است. در این حالت صوت به‌طرف پایین خم می‌شود و اثر حرارت خیلی بیشتر از اثر عمق می‌باشد. این وضعیت بسیار اتفاق می‌افتد و در شکل زیر نمایش داده شده است.



شیب حرارتی منفی باعث خمیدگی صدا به طرف پایین می‌شود

چنانچه درجه حرارت در آب ثابت باشد شیب حرارتی وجود خواهد داشت (درجه حرارت یکنواخت) در شکل زیر رگه بالایی شیب حرارتی ندارد و در زیر این رگه هرچه عمق بیشتر شود درجه حرارت پایین می‌رود.



نمودار بیم چنانچه درجه حرارت در آب ثابت باشد

این نوع تغییرات درجه حرارت باعث می‌شود که امواج تقسیم شوند و در رگه با درجه حرارت یکنواخت به طرف بالا خم شود و در رگه زیر آن به طرف پایین خم می‌شوند.

لایه ترموکلاین فصلی با شیب حرارتی منفی مشخص می‌شود که با فصل‌های مختلف سال تغییر می‌نماید. در فصل‌های تابستان و پاییز که آب‌های سطحی گرم هستند ترموکلاین فصلی کاملاً مشخص و قوی می‌باشد و از لایه سطحی جداست و در فصل‌های زمستان و بهار و در مناطق قطبی تمایل به محو شدن دارد و از لایه سطحی غیرقابل تشخیص است.

در زیر لایه ترموکلاین فصلی لایه ترموکلاین اصلی قرار دارد که در اثر تغییر فصل‌های سال تغییرات کمی پیدا می‌کند. در پایین این لایه، لایه ایزوترمال عمقی قرار دارد. حرارت در این ناحیه تقریباً ثابت بوده و مقدار آن در حدود ۳۹ درجه فارنهایت است. در این ناحیه سرعت صوت با افزایش عمق زیاد می‌شود که علت آن تأثیر فشار بر سرعت صوت می‌باشد. بین گرادیان منفی سرعت در ترموگلاین اصلی و گرادیان مثبت در لایه عمقی یک حداقل سرعت وجود دارد. در آب‌های کم‌عمق و مناطق ساحلی و نواحی قاره‌ای نمودار سرعت صوت نامنظم و غیرقابل پیش‌بینی است و در اثر تغییرات در دمای سطحی آب و شوری و جریان‌های دریایی تغییر می‌کند. کاربرد سونار در اعماق کم بسیار مشکل است چون امواج صوتی از کف دریا منعکس می‌شوند. هنگامی که ناو در آب‌های کم‌عمق باشد و کف دریا صاف باشد امواج به کف دریا خورده و به طرف سطح منعکس می‌شوند و دوباره تکرار شده و از سطح دریا منعکس می‌شوند و به طرف کف دریا می‌روند. وقتی که امواج ارسالی چنین عمل می‌نمایند محوطه‌هایی ایجاد می‌شود که سونار نمی‌تواند آنجا را تحت پوشش قرار دهد و زیردریایی‌ها با شناخت این نواحی می‌توانند بدون کشف شدن از آنجا عبور کنند، که به این نواحی ناحیه کور گویند.

تحقیق

در مورد انواع دیگر سنسورها از نظر کاربرد تحقیق کنید.

پاسخ:

۱ شمارش تولید: سنسورهای القایی، خازنی و نوری
۲ کنترل حرکت پارچه و...: سنسور نوری و خازنی
۳ کنترل سطح مخازن: سنسور نوری، خازنی و خازنی کنترل سطح
۴ تشخیص پارگی ورق: سنسور نوری
۵ کنترل انحراف پارچه: سنسور نوری و خازنی
۶ کنترل تردد: سنسور نوری

۷ اندازه‌گیری سرعت: سنسور القایی و خازنی
۸ اندازه‌گیری فاصله قطعه: سنسور القایی آنالوگ

مزایای سنسورهای بدون تماس

۱ـ سرعت سوئیچینگ زیاد: برخی از آنها (سنسور القایی سرعت) با سرعت سوئیچینگ تا ۲۵ کیلو هرتز کار می‌کنند.

۲ـ طول عمر زیاد: به دلیل نداشتن کنتاکت مکانیکی و عدم نفوذ آب، روغن، گرد و غبار و...

۳ـ عدم نیاز به نیرو و فشار: با توجه به عملکرد سنسور هنگام نزدیک شدن قطعه، به نیرو و فشار نیازی نیست.

۴ـ قابل استفاده در محیط‌های مختلف با شرایط سخت کاری: در محیط‌های با فشار زیاد، دمای بالا، اسیدی، روغنی، آب و... قابل استفاده می‌باشند.

۵ـ عدم ایجاد نویز در هنگام سوئیچینگ: به دلیل استفاده از نیمه‌هادی ها در طبقه خروجی، نویزهای مزاحم ایجاد نمی‌شود.

روش‌های مختلف موقعیت‌سنجی

خازنی، جریان یورشی، نوری، مقاومتی، سونار، لیزری، پیزوالکتریک، القایی، مغناطیسی.

سنسورهای مغناطیسی

سنسورهای مغناطیسی برای بیش از ۲۰۰۰ سال است که در حال استفاده می‌باشند. کاربرد اخیر سنسورهای مغناطیسی در ردیابی یا ناوبری می‌باشد. سنسورهای مغناطیسی از آهنربای دائمی و یا آهنربای الکتریکی تولید شده از جریان ac و dc استفاده می‌کنند. سنسورهای مغناطیسی به‌طورِ کلی بر میدان مغناطیسی عمل می‌کنند و ویژگی‌های آنها تحت تأثیر میدان مغناطیسی تغییر می‌کند. از ویژگی‌های این سنسورها غیر تماسی بودن آنهاست. در آنها هیچ اتصال مکانیکی میان قسمت‌های متحرک و قسمت‌های ثابت وجود ندارد. این خاصیت منجر به افزایش طول عمر آنها شده است. علاوه‌بر این لغزش قسمت‌های متحرک بر هم، در دیگر سنسورها مثل پتانسیومتر باعث ایجاد نویز می‌شود، که این مشکل در سنسورهای مغناطیسی رفع شده است. سنسورهای مغناطیسی به سبب ساختار مناسبی که دارند در محیط‌های آلوده، چرب و روغنی به‌خوبی عمل می‌کنند و به همین علت در اتومبیل و کاربردهای این چنینی بسیار مفید هستند.
جابه‌جایی به معنی تغییر موقعیت است. سنسورهای جابه‌جایی به دو نوع افزایشی و مطلق تقسیم می‌شوند. سنسورهای افزایشی میزان تغییر بین موقعیت فعلی و قبلی را مشخص می‌کنند. چنانچه اطلاعات مربوط به موقعیت فعلی از دست

برود، مثلاً منبع تغذیه دستگاه قطع شود، سیستم باید به مبدأ خود منتقل شود یا ریست شود. در نوع مطلق موقعیت فعلی بدون نیاز به اطلاعات مربوط به موقعیت قبلی به‌دست می‌آید. نوع مطلق نیازی به انتقال به مرجع خود را ندارد. معمولاً سنسورهای جابه‌جایی مطلق را سنسورهای موقعیت می‌نامند.

به‌طور کلی زمانی که بخواهیم کمیت‌های فیزیکی مانند جهت، حضور یا عدم حضور، جریان، چرخش و زاویه را اندازه‌گیری کنیم از سنسورهای مغناطیسی استفاده می‌کنیم، ابتدا بایستی این کمیت‌ها یک میدان مغناطیسی را به‌وجود آورند و یا تغییری در میدان مغناطیسی یا در خصوصیات مغناطیسی سنسور ایجاد نمایند و در نهایت سنسور این تغییر را احساس نموده و آن را با یک مدار الکترونیکی به جریان یا ولتاژ مناسب تغییر دهیم.

سنسورهای مگنت

سنسورهای مگنت زمانی که در میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند عمل می‌کنند و خروجی آن به‌صورت نرمال کلوز یا اپن و در بعضی مدل‌ها با قابلیت ماندن در آخرین وضعیت می‌باشند یعنی با عبور از کنار میدان مغناطیسی از بسته به باز تغییر وضعیت خواهند داد و یا بالعکس ولی بعد از دور شدن از میدان در آخرین وضعیت خود خواهند ماند.

مگنت سوئیچ‌ها مانند سنسورهای مجاورتی در دسته‌های غیر تماسی قرار می‌گیرند که این خاصیت باعث افزایش طول عمر و بازده مگنت سوئیچ می‌شود و نویزهای حاصل از لغزش قسمت‌های متحرک برهم، نیز در مگنت سوئیچ‌ها حذف شده است. سنسورهای مغناطیسی به دلیل دارا بودن ساختار قابل اطمینان، در محیط‌های آلوده صنعتی، چرب و روغنی به خوبی عمل می‌کنند و به همین علت در اتومبیل و کاربردهای مشابه بسیار مفید هستند.

سنسورهای القایی

سنسورهای بدون تماس هستند که تنها در مقابل فلزات عکس‌العمل نشان می‌دهند و می‌توانند فرمان مستقیم به رله‌ها، شیرهای برقی، سیستم‌های اندازه‌گیری و مدارات کنترل الکتریکی ارسال نمایند. اساساً بر مبنای مدارهای مغناطیسی بنا نهاده شده‌اند و به آنها سنسورهای الکترومغناطیسی نیز می‌گویند.

سنسورهای خازنی

سنسورهای بدون تماس و بدون کنتاکت الکتریکی هستند که درمقابل فلزات و اغلب غیر فلزات عمل می‌نمایند. ایدهٔ اصلی ساخت آنها بسیار شبیه به سنسورهای القایی می‌باشد ولی نسبت به سنسورهای القایی این مزیت را دارند که علاوه‌بر اجسام هادی، اشیای عایق را نیز حس می‌کنند.

سنسورهای اثر هال

یک عنصر هال از لایه نازکی ماده هادی با اتصالات خروجی عمود بر مسیر شار جریان ساخته شده است. وقتی این عنصر تحت یک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، ولتاژ خروجی متناسب با قدرت میدان مغناطیسی تولید می‌کند. این ولتاژ بسیار کوچک و در حدود میکرو ولت است. بنابراین استفاده از مدارات بهسازی ضروری است. اگرچه سنسور اثرهال، سنسور میدان مغناطیسی است ولی می‌تواند به عنوان جزء اصلی در بسیاری از انواع حسگرهای جریان، دما، فشار و موقعیت و... استفاده شود. در سنسورها، سنسور اثر هال میدانی را که کمیت فیزیکی تولید می‌کند و یا تغییر می‌دهد حس می‌کند، عنصر هال، سنسور میدان مغناطیسی است. با توجه به ویژگی‌های ولتاژ خروجی این سنسور نیازمند یک طبقه تقویت‌کننده و نیز جبران‌ساز حرارتی است. چنانچه از منبع تغذیه با ریپل فراوان استفاده کنیم وجود یک رگولاتور ولتاژ حتمی است. رگولاتور ولتاژ باعث می‌شود تا جریان ثابت باشد بنابراین ولتاژ هال تنها تابعی از شدت میدان مغناطیسی می‌باشد.

اگر میدان مغناطیسی وجود نداشته باشد ولتاژی تولید نمی‌شود. با وجود این اگر ولتاژ هر ترمینال اندازه‌گیری شود، مقداری غیر صفر به ما می‌دهد، بنابراین باید از تقویت‌کننده دیفرانسیل استفاده کنیم.

سنسورهای دیجیتال اثر هال

در این سنسورها وقتی بزرگی میدان مغناطیسی به اندازهٔ مطلوبی رسید سنسور روشن می‌شود و پس از اینکه بزرگی میدان از حد معینی کاهش یافت سنسور خاموش می‌شود. لذا در این سنسورها خروجی تقویت‌کننده تفاضلی را به مدار اشمیت تریگر می‌دهند تا این عمل را انجام دهد، برای جلوگیری از پرش‌های متوالی از تابع هیسترزیس استفاده می‌کنند.

سنسورهای آنالوگ اثر هال

سنسورهای آنالوگ ولتاژ خروجی خود را متناسب با اندازه میدان مغناطیسی عمود بر سطح خود، تنظیم می‌کنند. با توجه به کمیت‌های اندازه‌گیری این ولتاژ می‌تواند مثبت یا منفی باشد. برای اینکه سنسورهای ولتاژ خروجی منفی تولید نکنند، همواره خروجی تقویت‌کننده تفاضلی را با یک ولتاژ مثبت بایاس می‌کنند و از ویژگی‌های اثر هال نداشتن حالت اشباع است.

سیستم‌های مغناطیسی اثر هال

سنسور اثر هال در حقیقت بدین ترتیب عمل می‌کند که توسط یک سیستم مغناطیسی کمیت فیزیکی به میدان مغناطیسی تبدیل می‌شود. حال این میدان مغناطیسی توسط سنسور اثر هال حس می‌شود. بسیاری از کمیت‌های فیزیکی

مثل دما و فشار را می‌توان با حرکت یک آهنربا اندازه‌گیری نمود.

سنسورهای مادون قرمز

این سنسورها بیشتر در آشکارسازی دما یا آثار گرما از سطح مواد استفاده می‌شوند. که زیر طیف دید انسان هستند که به آنها جست‌وجو گران مادون قرمز هم می‌گویند. نکته بسیار مهم در این سیستم این است که این سیستم کاملاً باید خنک باشد تا بتواند گرما را تشخیص بدهد. این سنسور دارای فرستنده و گیرنده است و اصل کار به این صورت است که بین فرستنده و گیرنده نور باید تبادل کنید تا ارتباط حاصل شود. به اصطلاح یک جریان از یک فوتو دیود عبور می‌کند اگر نور مرئی باشد به آن LED گفته می‌شود و اگر این نور نامرئی باشد به مادون قرمز اطلاق می‌شود.

سنسورهای دیداری

بسیاری از زیردریایی‌ها از تکنولوژی سنسورهای دیداری استفاده می‌کنند. بسیاری از هواپیماها نیز برای تشخیص هدف از سنسورهای دیداری استفاده می‌کنند که در روز و شب به خوبی کار می‌کنند.

سنسورهای الکترومغناطیسی

این نوع از سنسورها همواره طول موج‌ها و فرکانس‌ها را برای ارسالات فرکانسی دشمن جست‌وجو می‌کنند. این امواج می‌توانند از سایت‌های زمینی، کشتی‌ها و هواپیماها باشند.

تحقیق

درخصوص شناسایی آکوستیکی (صوتی) یا نویز صوتی کشتی‌ها و زیردریایی‌ها تحقیق نمایید.

پاسخ:

همه شناورها یا زیردریایی‌ها از خود امواج صوتی تولید می‌کنند که این امواج وابسته به صداهای موتورها، پروانه، سکان، ژنراتور و الکتروموتورها و همهٔ منابع صوت و ارتعاش در کشتی‌ها و حتی اصوات انسان‌های داخل کشتی‌هاست. نکته این است که اغلب، اصوات منتشر شده از شناورها و زیردریایی‌ها منحصر به فرد است. یعنی حتی می‌توان از روی این اصوات نوع شناور و حتی نام شناورها را تشخیص داده و شناسایی نمود.

شناسایی آکوستیکی (صوتی) یا نویز صوتی کشتی‌ها و زیردریایی‌ها

انسان به‌راحتی می‌تواند حدس بزند که چه کسی پشت رادیو صحبت می‌کند

که خود مدل ساده‌ای است در برگیرنده گوش‌ها و حافظه که سیستمی طبیعی می‌باشند. هر شخص صدای منحصر به فرد خود را دارد پس این یک فاکتور جهت تشخیص صوت مورد نظر می‌باشد. به‌طور مشابه هر شناور دارای سیستم‌هایی می‌باشد که دارای نویز می‌باشند از آن جمله نویز موتور و پروانهٔ شناور و... لذا از روی صدا و نویز تولید شده می‌توان به شناسایی شناور مربوطه پرداخت ولی این مسئله به این سادگی نمی‌باشد چرا که نویزهای دریایی در دریا و اقیانوس دخیل بوده و کار را پیچیده می‌نماید.

شناور هدف چهار نویز صوتی مختلف ایجاد می‌کند،که به آنها چهار منشأ مختلف برای تولید نویز نیز می‌گویند.

- ماشین‌آلات و قطعات متحرک یا نویزهای مکانیکی تولید شده توسط موتور شناور
- نویزهای ناشی از چرخش سریع پروانه‌ها
- نویزهای هیدرودینامیکی ناشی از برخورد و اصطکاک شناور با مولکول‌های آب
- سایر منابع تولید صدا

قدرت نویزهای صوتی منتشر شده از شناور بستگی به سرعت و وزن آن دارد و قدرت نویز تولید شده توسط پروانه و موتور در عقب شناور خیلی کمتر است و همچنین در جلوی شناور هم به دلیل اینکه توسط قسمت‌های مختلف شناور جذب می‌شود کم بوده و در طرفین آن زیاد می‌باشد.

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های اکوستیکی از سیستم‌های سونار استفاده می‌شود که بر دو نوع فعال و غیرفعال می‌باشند. این سیستم‌ها می‌توانند توسط هواپیما و هلیکوپتر (به‌صورت بویه‌های سونار یا سونارهای عمق متغیر)، شناورهای سطحی و یا زیرسطحی برای جست‌وجوی محیط زیر آب و شناسایی زیردریایی‌ها به‌کار روند.

ماشین‌آلات و قطعات متحرک یا نویزهای مکانیکی تولید شده توسط موتور شناور

ماشین‌آلات و قطعات متحرک که شامل موتورهای دیزلی، توربینی، الکتریکی، ژنراتور و متعلقات آنها، جعبه‌دنده، پروانه، محورها، سیستم تهویه، پمپ‌های سوخت و... است، به علت حرکت قطعات متحرک خود و لرزشی که دارند، نویز ماشین‌آلات را تولید می‌کنند.

نویزهای ناشی از چرخش سریع پروانه‌ها

دو عامل در مورد پروانه عامل تولید نویز است:

۱. پدیدهٔ کاویتاسیون ناشی از حرکت پروانه
۲. صدمه دیدن پروانه و شفت یا طراحی ضعیف پروانه

۱ پدیدهٔ کاویتاسیون هنگامی رخ می‌دهد که یک تغییر فشار ناگهانی در آب رخ دهد. در این حالت آب بخار شده و حباب‌های کوچکی تشکیل می‌شود. سپس حباب‌ها به سرعت می‌ترکند و صدایی شبیه کلیک تولید می‌شود. این پدیده باعث می‌شود که نویزی با پهنای باند بالا به‌وجود آید. نویز کاویتاسیون با سرعت چرخش پره‌ها متناسب است و با عمق قرارگرفتن آنها نسبت معکوس دارد.

۲ پدیدهٔ خواندن در اثر طراحی ضعیف یا صدمه دیدن پروانه یا شفت به وجود می‌آید و باعث می‌شود که تن‌های باند باریک متناسب با سرعت چرخش پره‌ها و هارمونیک‌های آن در طیف نویز تولید شده پدید آید.

نویزهای هیدرودینامیکی ناشی از برخورد و اصطکاک شناور با مولکول‌های آب

بدنهٔ کشتی‌ها به علت حرکت در آب نویزی را تولید می‌کنند که به‌عنوان نویز ناشی از اغتشاشات آب اطراف بدنه شناخته می‌شوند. با حرکت کشتی در آب، جریانی از دماغه به سمت پاشنه در اطراف آن تشکیل می‌شود. این جریان یک لایهٔ مرزی در مجاورت بدنه (ناحیهٔ بین بدنهٔ کشتی و محیط آبی اطراف) پدید می‌آورد. همچنین در اثر حرکت کشتی دنباله‌ای در انتهای آن ویک (Wake) به‌وجود می‌آید. در اثر تلاطم‌های بدنه و برخوردهای آن با لایهٔ مرزی و ویک، در جریان آب این ناحیه تغییر فشار رخ می‌دهد و در اثر اغتشاشات حاصل نویزی صوتی به‌وجود می‌آید. این نویز (نویزجریان) دارای فرکانس پایین است و ماهیت هیدرودینامیکی دارد و با عنوان نویز هیدروآکوستیکی نیز مطرح می‌شود. همچنین در اثر برخوردهای شدید ویک با بدنه و تداخل پروانه با ویک، نویز کاویتاسیون با فرکانس بالاتر به‌وجود می‌آید.

سایر منابع تولید صدا

صدای ناشی از فعالیت پرسنل، لق‌بودن یا بسته‌شدن نادرست وسایلی از قبیل کپسول آتش‌نشانی، لرزش لوله‌ها، تخلیهٔ روسطحی یا زیرسطحی و... نیز عامل تولید نویز صوتی هستند.

هر یک از منابع تولید نویز دارای باند فرکانسی خاصی هستند. بیشترین اطلاعات در بازهٔ ۱۰ هرتز تا ۲ کیلوهرتز وجود دارد. نویزهای تولیدی از منابع مختلف، از طریق بدنه کشتی‌ها یا از طریق پروانه‌ها به آب دریا منتقل شده و در پهنهٔ دریا منتشر می‌گردند.

دانش افزایی

ردگیری اهداف در سونار

منظور از ردگیری اهداف عبارت است از تعیین (استخراج) مسیر حرکت اهداف موجود در ناحیه مراقبت سونار با بهره‌برداری از اطلاعات مکانی اهداف (طول و عرض جغرافیایی، سرعت، شتاب و...) که در دیدهای متوالی سونار استخراج شده است. بعد از سنجش‌های زمانی توسط واحد پردازش سیگنال، سیگنال دریافتی پس از دسته‌بندی، به بخش حل معادلات وارد شده و اطلاعات مکانی اهداف استخراج می‌شود و جهت ردگیری لازم است، با اجرای الگوریتم‌های متفاوت و بهینه، مسیر اهداف تخمین زده شود و بعد از چند دید متوالی و تخمین‌های پی‌در پی، مسیر اهداف تعیین گردد هرچه این مسیر تعیین شده به مسیر اهداف واقعی نزدیک‌تر باشد، به این معنی است که ردگیری از کیفیت بیشتری برخوردار می‌باشد. بنابراین، لازم است با در نظر گرفتن شرایط محیط و مشکلات ردگیری در سونار، الگوریتم‌های بهینه‌ای ارائه شود که با اجرای آنها مسیر استخراج شده با مسیر واقعی کمترین اختلاف را داشته باشد. در ردگیری اهداف (سونار اکتیو و پسیو) مفاهیمی مطرح می‌باشد که جهت آشنایی تعریف می‌گردد.

هدف

یکی از تفاوت‌هایی که بین سونار اکتیو و پسیو وجود دارد تعریف هدف در این دو نوع سونار می‌باشد.

هدف در سونار اکتیو: به اجسامی که در محیط مراقبت سونار وجود دارند هدف گفته می‌شود ولی با در نظر گرفتن اینکه بهره‌برداری از سونار برای ردگیری اهداف است. بنابراین، متداول می‌باشد که به اجسام متحرک در ناحیه مراقبتی، همانند کشتی، زیردریایی، روبات و مین جهنده و امثال آنها، هدف گفته می‌شود و بقیه اجسام ساکن را به عنوان کلاتر محیط بیان می‌کنند. مسیری که در خروجی فرایند ردگیری به‌دست می‌آید در واقع مسیر حرکت هدف می‌باشد.

هدف در سونار پسیو: تمامی فرستنده‌هایی که در ناحیهٔ مراقبت یک سونار پسیو قرار داشته باشند به‌عنوان اهداف بالقوه مورد توجه هستند. سونارهای دشمن (اعم از سونارهای زیردریایی، گشتی دریایی و سونارهای مراقبتی پایگاه ساحلی) سیستم‌های ایجاد تداخل از طرف دشمن (جمرهای مختلف) و لینک‌های مخابراتی و صداهای پروانه و... جزو اهداف سونار پسیو می‌باشند. در این بخش، به جهت بررسی ردگیری اهداف فعّال، اهداف متحرک مورد نظر می‌باشد.

مشاهده

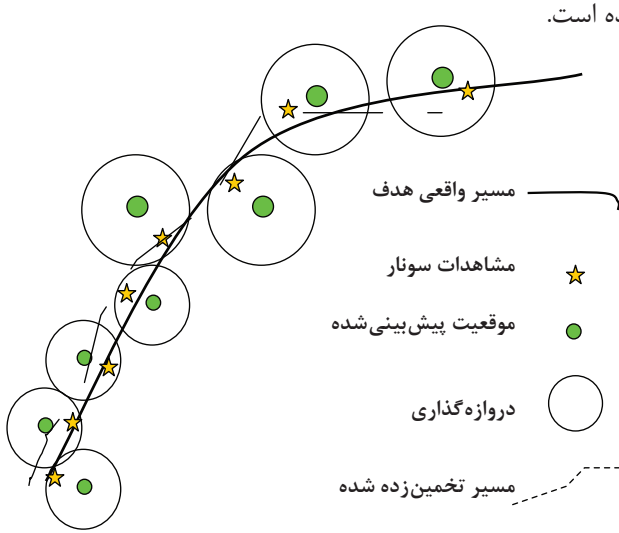
عبارت است از مختصات نقطه‌ای در فضای دوبُعدی (سه‌بُعدی) که از خروجی

بخش پردازش سیگنال حاصل می‌شود. در سونار پسیو سعی می‌شود مشخصات دیگری همچون دامنه پالس، عرض پالس، فرکانس کریر، شکل پالس و...، با مختصات مکانی مشاهده پیوست شود. به‌دست آوردن این اطلاعات همراه با خطا می‌باشند که ضروری است تا حد امکان خطای موجود در آنها که ناشی از خطای سنجش است به روش‌های مختلف کاهش یافته و یا از میان برداشته شود. در فرایند ردگیری این عملیات با بهره‌گیری از فیلتر کردن انجام می‌گیرد.

رد

رد یک هدف، مسیر تخمین زده شده برای هدف می‌باشد که براساس مجموعه مشاهداتی که با اجرای الگوریتم ردگیری به هدف تخصیص یافته است، به‌دست می‌آید که به فرایند پردازش مشاهدات و تخصیص آن به اهداف و تخمین حالت فعلی و آینده اهداف فرایند ردگیری می‌گویند. در فرایند ردگیری، هرچه رد تخمین زده شده به مسیر واقعی حرکت هدف نزدیک‌تر باشد به این معنی است که ردگیری دارای کیفیت بهتری می‌باشد. این فرایند با اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر از مکان هدف (TDOA)، تعیین مُدل‌های مناسب حرکتی برای هدف، بهره‌برداری از فیلتر مناسب و بهینه در ردگیری، دریافت اطلاعات مکانی لحظه‌ای مشاهده با افزایش نرخ به روز کردن رد و حل مؤثر ابهامات موجود در فرایندهای تخصیص مشاهده‌ها، به ردها قابل انجام می‌باشد.

در شکل زیر مسیر حرکت واقعی هدف با منحنی سیاه‌رنگ، مشاهدات سنجش شده توسط سونار با ستاره‌ها، و موقعیت پیش‌بینی شده با دیسک‌های سبزرنگ و مسیر تخمین زده شده برای حرکت هدف (یعنی رد) با منحنی خط چین نشان داده شده است.



تعریف هدف، رد و مشاهده

با توجه به مطالب صفحهٔ قبل در بخش بعد به‌طور خاص به موضوع‌های زیر:

- تبدیل سنجش‌های زمانی به اطلاعات مکانی
- انتخاب دستگاه مختصات
- تخمین و فیلترینگ
- روش‌های کاهش پردازش و تقسیم‌بندی مشاهدات
- مُدل‌های حرکت برای اهداف
- بررسی و مدل کردن نویز اندازه‌گیری و مانور اهداف
- روش‌های تخصیص اطلاعات مشاهده‌ها و ردها

که در رابطه ردگیری اهداف در سونارها می‌باشد، پرداخته و روش مورد نظر برای ردگیری اهداف ارائه می‌شود. اگرچه بخش اعظم فرایند ردگیری در سونارهای اکتیو و پسیو مثل هم است. با این وجود مباحث خاصی در سونارهای پسیو وجود دارد که باعث پیچیده‌تر شدن ردگیری می‌شود، در فصل سوم با در نظر گرفتن تفاوت‌های سونار پسیو و اکتیو و بررسی‌های انجام گرفته در فصل دوم، الگوریتم‌های پیشنهادی برای سونار پسیو قبلاً ارائه شد.

به‌طور خلاصه، فرایند ردگیری اهداف دارای دو مزیّت و اهمیّت اساسی در سونار می‌باشد:

۱ با به‌کارگیری الگوریتم‌های فیلتر کردن، خطای سنجش مکان کاهش یافته و به تبع آن دقت مکان ردگیری شده بهبود می‌یابد.

۲ امکان پیش‌بینی مکان هدف در زمان‌های آینده وجود دارد.

در واقع با استفاده از یک مدل مناسب برای دینامیک هدف، و پس از تخمین بردار حالت که شامل مکان و سرعت فعلی است، می‌توان مکان هدف را در زمان‌های آینده محاسبه نمود.

روش‌های مخفی‌سازی زیردریایی

برای افزایش میزان اختفای زیردریایی روش‌های خاصی وجود دارند که بر مبنای کاهش یا جبران ویژگی‌های نامساعد زیردریایی عمل می‌کنند کاهش ویژگی‌های نامطلوب زیردریایی از دو جنبه دارای فایده است:

۱ افزایش بُرد و حساسیت سنسورهای گیرنده زیردریایی به دلیل کاهش منبع اختلال؛

۲ کاهش احتمال کشف یا آشکار شدن توسط سیستم‌های شناسایی واحدهای دشمن.

به‌طور کلی، فعّالیت‌های مخفی‌سازی زیردریایی در دو مرحله انجام می‌شود:

اختفای زیردریایی

کاهش شدت هدف زیردریایی

الف) کاهش حجم: در حالتی که طول موج سیگنال تابشی در مقایسه با ابعاد زیردریایی بزرگ باشد، تنها راه کاهش شدت هدف است.

ب) شکل‌دهی بدنه: هرچه بدنه هموار و بدون برآمدگی و حفره باشد و همچنین حاصل ضرب دو شعاع انحنا در همه جای آن کوچک باشد، شدت اکوی برگشتی کمتر خواهد بود.

ج) استفاده از پوشش بدون انعکاس: این پوشش با ایجاد تطبیق امپدانس آکوستیکی بین بدنه و آب، از انعکاس آکوستیکی بدنه می‌کاهد.

د) استفاده از پوشش جذب‌کننده: این پوشش با جذب انرژی سیگنال تابشی و تبدیل آن به گرما، تلفات آکوستیکی زیادی را ایجاد می‌نماید.

هـ) استفاده از پوشش پخش‌کننده: این پوشش از اجزایی مخروطی شکل با رأس‌های متمایل به جهت سیگنال تابشی ساخته شده است که باعث پراکندگی انرژی آکوستیکی موج تابشی می‌شود.

و) استفاده از پوشش حذف‌کننده: این پوشش از موادی ساخته شده است که سیگنال تابشی را با فاز تقریباً مخالف منعکس می‌کند.

ز) استفاده از حذف‌کننده فعّال: بر مبنای دریافت سیگنال با مشخصات یکسان ولی فاز مخالف عمل می‌کند.

کاهش نویز تولیدی زیردریایی

الف) طراحی بهینه هیدرولیکی: شکل‌دهی بهینه بدنه و بالک‌ها و انتخاب مناسب اجزای سیستم محرکه، تأثیر بسزایی در کاهش و تعدیل نویز زیردریایی

دارد. تعیین صحیح دور چرخش اجزا در سیستم محرکه یکی از مسائل مهم در طراحی زیردریایی است؛

ب) طراحی بهینه پروانه: از آنجا که پروانه عامل مهم تولید نویز در شناورها است، در طراحی و تعیین دور و قطر آن باید دقت بسیار زیادی به عمل آید؛

ج) به‌کارگیری تجهیزات کمکی با نویز کم: به‌طور مثال از پمپ‌های سانتریفوژ به جای پمپ‌های دیگر توصیه می‌شود؛

د) نصب و دکوپلاژ خوب تجهیزات مکانیکی از بدنه؛

هـ) ایجاد میرایی کافی در ساختارهای درونی با طراحی دقیق زمان‌های نشست برای حذف رزونانس‌های مکانیکی و کاهش انتشار لرزش به بدنه؛

و) استفاده از پوشش حذف‌کننده نویز: اساس این لایه، ایجاد اختلاف امپدانسی خیلی بزرگ بین بدنه و آب است که از انتقال نویز به خارج از بدنه جلوگیری می‌کند؛

ز) استفاده از حذف‌کننده فعّال نویز: بر مبنای ایجاد نویز با فاز مخالف عمل می‌کند.

کاهش ویژگی‌های دیگر زیردریایی

الف) کاهش ابعاد: تقریباً کاهش همه ویژگی‌های نامطلوب زیردریایی را به همراه دارد؛

ب) کاهش ارتفاع برجک: باعث کاهش سطح مقطع راداری و دیده شدن توسط وسایل اپتیکی می‌شود؛

ج) استفاده از مواد و رنگ‌های با ضریب انعکاس کم.

روش‌های مخفی‌سازی اپراتوری

الف) کنترل مداوم میزان نویز تولیدی زیردریایی؛

ب) حرکت در عمق زیاد و با سرعت کم: حرکت زیردریایی در اعماق زیاد و با سرعت کم باعث کاهش نویز تولیدی آن می‌شود. ضمناً با افزایش عمق، حساسیت اکثر سیستم‌های آشکارسازی کاهش می‌یابد؛

ج) عدم استفاده از سیستم‌های آکوستیکی فعّال و مخابراتی مگر در مواقع ضروری؛

د) کاهش تغییر عمق حرکت: از آنجا که تغییر عمق مستلزم تغییراتی در میزان آب درون مخازن زیردریایی و عامل تولید سر و صدا می‌باشد، تا حد ممکن می‌بایست از تغییر در عمق حرکت خودداری نمود؛

استفاده از روش‌های پدافند و جنگ الکترونیک

هـ) استفاده از روش‌های پدافند و جنگ الکترونیک.

با توجه به پیشرفت‌های زیاد سیستم‌های زیردریایی و سرمایه‌گذاری برای طراحی و ساخت زیردریایی در کشور، لزوم بررسی روش‌های کاهش احتمال آشکارسازی زیردریایی ضروری می‌باشد. در این نوشته ضمن اشاره به ویژگی‌های زیردریایی، روش‌های کاهش و تعدیل آنها نیز به اختصار مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مخفی‌سازی و حفظ ارزش عملیاتی زیردریایی‌های موجود، انجام موارد ذیل ضروری است:

الف) اهتمام هرچه بیشتر به تعمیر و نگهداری برای حفظ و کنترل شاخص‌های آشکارسازی؛

ب) حذف دوره‌ای خاصیت مغناطیسی بدنه؛

ج) برنامه‌ریزی برای بهینه‌سازی پوشش‌های نویز و اکو؛

د) رعایت اصول استتار در هنگام عملیات و آمدن به سطح آب.

عایق‌کاری صوتی بدنه داخلی زیردریایی

وجود سر و صدا در داخل زیردریایی از عواملی است که می‌تواند باعث ردیابی آن شود مانند صدای قطعات متحرک موتور، پمپ‌ها، پروانه، سر و صدای کارکنان و... که امنیت زیردریایی و خدمه آن را به خطر می‌اندازد؛ لذا برای جلوگیری از خروج امواج صوتی از زیردریایی از پوشش‌های جاذب فرکانس استفاده می‌شود. بسته به نوع مواد به‌کار رفته در این پوشش‌ها، برای جلوگیری از انتشار امواج به داخل آب از تکنیک‌های متفاوتی نظیر جذب، جهت‌دار کردن مجدد موج و تغییر مود استفاده می‌شود. استفاده از این روش‌ها زیردریایی را از ردیابی شدن حتی توسط سونار فعّال هم مصون می‌دارد چرا که موج فرستاده شده پس از برخورد به بدنه در آن راستا منعکس نمی‌شود یا کلاً جذب می‌شود و بدین ترتیب زیردریایی دشمن امکان ردیابی را از دست می‌دهد. براساس تحلیل انرژی موج و رفتار مواد جاذب در قبال انرژی وارده؛ مواد عایق صوتی و ارتعاش به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

۱ مواد جاذب صوت؛
۲ مواد منعکس‌کننده صوت؛
۳ مواد میراکننده صوت؛
۴ مواد ارتعاش‌گیر.

به‌طور کلی، مواد جاذب صوت و ارتعاش که به دو صورت آلی و معدنی هستند، به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

۱ فلزات؛
۲ سرامیک؛
۳ پلیمر؛
۴ مواد کامپوزیت.

مواد پلیمری جاذب ارتعاش که جزء بهترین‌ها هستند به ۴ دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱ مواد سلولزی؛
۲ الاستومرها نظیر پلی‌یورتان و پلی‌استایرن؛
۳ مواد GRP؛
۴ مواد الیافی نظیر کرک، نمد، پشم.

گروه دیگری از مواد به علت دارا بودن ساختار چندفازی با تکنیک تغییر مواد امواج صوتی در مرزها، عمل عایق‌کاری صوتی را انجام می‌دهند. با توجه به انتشار طولی امواج صوتی در سیالات و انتشار عرضی موج صوتی در جامدات، تغییر متوالی مود امواج طولی به عرضی در مرزها، اساس ایجاد ساختار متخلخل به شکل فوم می‌باشد.

علاوه‌بر تغییر مود امواج برخوردی به پوشش فومی که با عبور، جذب و انعکاس موج همراه می‌باشد، حرکت سیال ویسکوز به جلو و عقب (در داخل حفره‌های گازی یا هوایی فوم)، وجود اصطکاک در مرزها، باعث می‌شود انرژی موجی صوت ضمن پراکنده شدن به حرارت نیز تبدیل شود که این امر سازوکار و میرایش صوت در مواد فومی می‌باشد. یکی از مواد به کار رفته در فوم‌های جاذب صوت، مواد فنولیک است که برخی از خصوصیات ویژه آن عبارت‌اند از:

۱ خواص فیزیکی مناسب: جذب آب، مقاومت حرارتی و...؛
۲ خواص مکانیکی مناسب: دانسیته و انعطاف‌پذیری که به ۳ دسته تقسیم می‌شوند: سخت، منعطف و نیمه منعطف؛
۳ حداقل تمایل به احتراق؛
۴ حداقل تولید گازهای سمی؛
۵ مقاومت در برابر حلال‌های شیمیایی و عدم خوردگی.

فوم‌ها به دو صورت سلول باز و سلول بسته هستند که عملکرد آکوستیکی فوم‌های

با سلول باز ۳۵ـ۳۰ درصد کمتر از فوم‌های با سلول بسته است.
امروزه مراکز تحقیقاتی بسیاری در دنیا به فعّالیت در زمینه مواد عایق صوتی مشغول هستند. این مواد علاوه‌بر کاربرد نظامی، کاربردهای تجاری بسیاری دارند مثلاً عایق‌کاری صوتی اتاق‌های استراحت در کشتی‌های مسافربری و تفریحی.

تحقیق

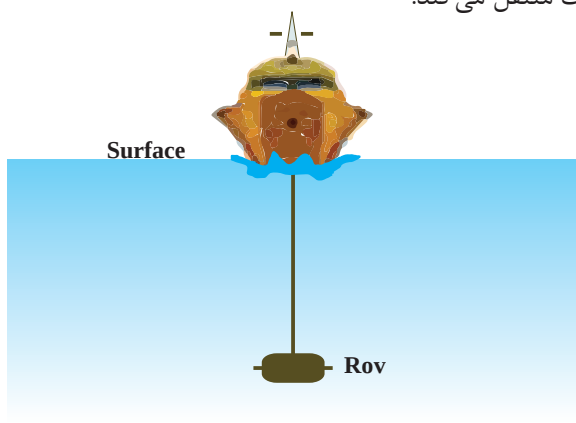
در خصوص انواع روش‌های عمق‌سنجی تحقیق نمایید.

پاسخ:

۱ـ عمق‌سنجی مستقیم: در این روش با استفاده از یک سیستم عمق‌سنجی که بر روی یک شناور نصب است عمق از سطح تا کف دریا به‌طور مستقیم به‌دست می‌آید.

۲ـ عمق‌سنجی غیر مستقیم

این روش خود به دو صورت انجام می‌شود. در روش اول با استفاده از یک سیستم عمق‌سنجی که برروی یک شناور زیر سطحی هوشمند (auv) نصب می‌شود و در یک عمق ثابت و مشخص شده حرکت می‌کند عمق را از محل شناور زیر سطحی اندازه‌گیری نموده و با جمع نمودن این مقدار با اندازه عمق ثابت شده شناور عمق واقعی از سطح تا کف دریا به‌طور تقریبی به‌دست می‌آید. در این روش می‌توان اطلاعات را در حافظه‌ای که در auv قرار داده می‌شود ذخیره و بعد از انتقال آن به سطح اطلاعات را بازیابی و مورد استفاده قرار داد. اما در روش دوم همان‌طور که در شکل زیر می‌بینید شناور زیرسطحی (ROV) توسط یک طناب به دنبال کشتی کشیده می‌شود که این شناور اطلاعات را توسط یک کابل به کشتی که متصل است منتقل می‌کند.



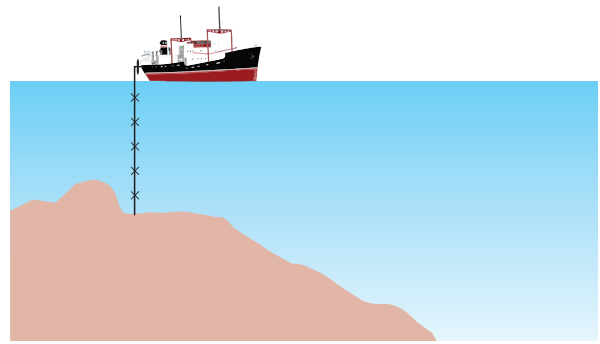
عمق‌سنجی با استفاده از ROV

تکنیک‌های عمق‌سنجی

تکنیک‌های عمق‌سنجی را می‌توان به دو قسمت مکانیکی و الکترونیکی تقسیم نمود که در ادامه به بررسی مختصر آنها می‌پردازیم.

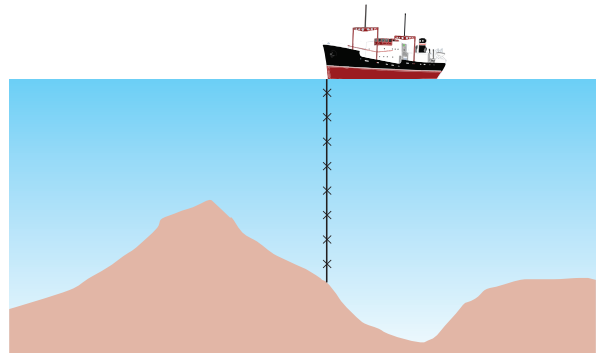
الف) مکانیکی: به سه روش مکانیکی می‌توان عمق را اندازه‌گیری نمود که در این روش‌ها معمولاً خطا نسبت به حالت عمق‌سنجی الکترونیکی بالا است.

۱ـ استفاده از میله: در این روش که اولین نوع عمق‌سنجی بشر از کف دریاها، یا به عبارت دیگر عمق‌سنجی در رودخانه‌ها و سواحل کم عمق بود، میله‌ای که بر روی آن مدرج شده بود را به‌طور عمود در آب فرو می‌بردند و با درجه‌بندی که روی میله انجام می‌شد عمق آب را مشخص می‌کردند (شکل زیر).



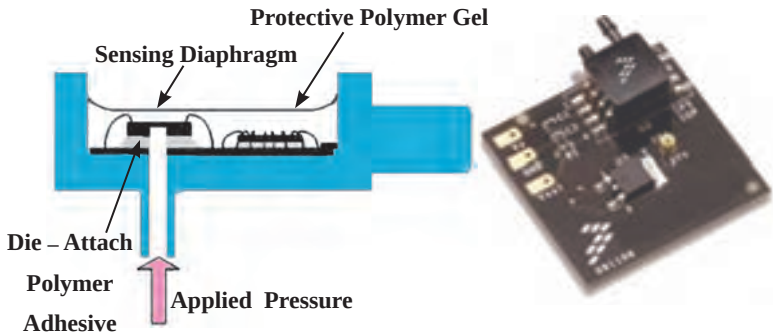
عمق‌سنجی با استفاده از میله مدرج

۲ـ استفاده از طناب: سال ۱۸۸۸ جان موری وزنه‌هایی سربی از طناب یک کشتی آویزان کرد تا عمق یک اقیانوس را محاسبه کند. در این روش علاوه‌بر آویزان کردن یک وزنه سربی بر روی طناب گره‌هایی با فاصله معین زده می‌شد تا هر لحظه با شمردن آن طول طناب که وارد آب شده را معین و در نتیجه عمق آب را مشخص می‌کردند. (شکل زیر)



عمق‌سنجی با استفاده از طناب مدرج

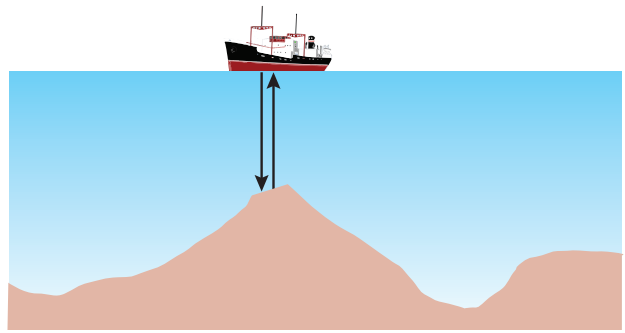
۳ـ استفاده از فشارسنج (در فشار استاتیک): استفاده از طناب نیز محدودیت خاص خود را داشت، لذا با توجه به اینکه نیاز، انسان را وادار به پیشرفت می‌کند روشی دیگر را برای عمق‌سنجی به‌کار برد که استفاده از فشارسنج بود. شکل زیر نمونه‌ای از یک سنسور فشارسنج را نشان می‌دهد.



سنسور فشارسنج

انسان به مرور زمان کشف کرد که هرچه در عمق بیشتری از آب فرو رود فشار بیشتری را بر بدن خود احساس می‌کند لذا به فکر این افتاد تا بتواند با استفاده از این خاصیت دریاها و با ساختن وسیله‌ای که به فشار حساس است و بردن آن در عمق دریا و کالیبره کردن آن عمقی که در آن فشارسنج وجود دارد را اندازه‌گیری نماید. در این روش یک سنسور فشار را به یک گیج متصل می‌کنند که خروجی تغییرات فشار استاتیک ایجاد شده در سنسور به‌صورت مستقیم و با استفاده از یک اهرم مکانیکی به نشانگر وصل است و در نهایت این تغییرات به‌صورت دیداری بر روی نشانگر و به‌عنوان عمق در اختیار ما قرار می‌گیرد همچنین می‌توان تغییرات سنسور را تبدیل به سیگنال الکتریکی کرده و از این خروجی به‌عنوان تغییرات عمق و در یک نمایشگر عقربه‌ای به نمایش درآورد. البته این نکته را نباید فراموش کرد که هرچند یک بار باید این سیستم را کالیبره کرد تا بتوان دقت در کار را افزایش داد.

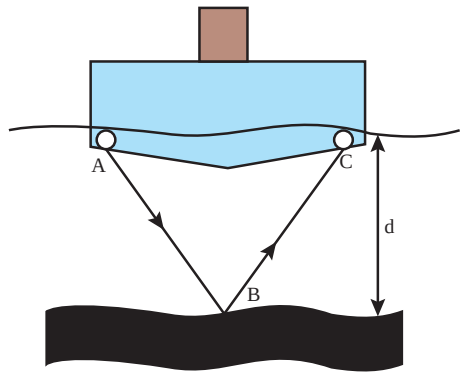
ب) الکترونیکی: برای تعیین عمق، بیشتر از صوت استفاده می‌کنند. یک پالس صوتی مستقیماً به طرف کف دریا ارسال و پژواک آن دریافت می‌شود.



روش عمق‌سنجی با استفاده از ارسال و دریافت سیگنال صوتی

برای محاسبه عمق آب باید مدت زمان بین پالس ارسالی و پژواک دریافتی را اندازه گرفت و آن را براساس سرعت صوت در آب محاسبه کرد. دستگاهی که این کار را انجام می‌دهد، عمق‌یاب نامیده می‌شود.

اصول کار این سیستم که در نهایت منجر به اندازه‌گیری عمق آب زیر کشتی می‌شود، به شرح زیر است. پالس‌های کوتاهی از ارتعاشات صوتی به‌طور متناوب (حدود ۱۰۰ بار در دقیقه) در آب زیر کشتی تولید و به‌صورت عمودی به طرف کف دریا ارسال می‌شوند. بستر دریا این پالس‌ها را منعکس کرده پس از مدت زمانی که متناسب با عمق دریا است، اکوی مربوط به این پالس‌ها به وسیله کشتی دریافت می‌شوند. در این زمان پالس‌ها دو برابر مسافت بین زیرکشتی و بستر دریا را طی کرده‌اند (شکل زیر). چنانچه دریا زیاد کم عمق نباشد می‌توان خطای فیثاغورث را با توجه به اینکه d کمتر از AB است، نادیده فرض کرد.



عمق‌سنجی با استفاده از ارسال و دریافت سیگنال صوتی

اصول کارکرد عمق‌یاب

سیگنال‌های آکوستیکی درون آب تا کیلومترها سیر کرده و قابلیت انتقال (ارسال و دریافت) اطلاعات صوت را ممکن می‌سازد. یکی از کاربردهای این سیگنال‌ها عمق‌یابی و فاصله‌یابی در دریا است. در این روش زمان ارسال و دریافت سیگنال‌های صوتی در آب آنالیز شده و از این رهگذر فاصله هدف‌های دریایی مشخص می‌گردد. در این بخش، ضمن اینکه به اختصار به مکانیزم ارسال و دریافت اطلاعات آکوستیکی پرداخته شده است، به برخی اختلالات آکوستیکی و رفع آنها نیز اشاره شده است.

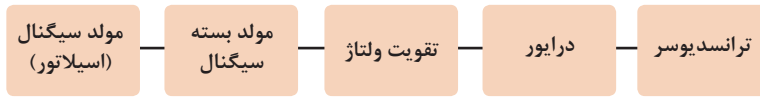
قرن‌هاست که بشر در فکر غلبه بر فضای تاریک و پُرمخاطره اعماق دریاهاست، اما قدرت بینایی چشم غیر مسلح در آب‌های آزاد کاملاً شفاف، کمتر از ۳ متر و در آب‌های غیر شفاف حتی کمتر از نیم متر است. برای جبران این نقص از فاکتورهای دیگری که بتواند در آب نفوذ کرده و مشخصات محیطی آب دریا را معرفی نماید، استفاده می‌شود و این فاکتور «صوت» است. براساس آمار عالی تحریر و نظری، در شرایط مختلف، میزان نفوذ صوت در آب مقادیر مختلفی را نشان می‌دهد، اما علی‌رغم همه موانع موجود در انتشار امواج صوتی در آب، می‌توان از صوت به‌عنوان یکی از بهترین فاکتورهای کمک‌کننده در شناسایی محیط آب نام برد.

تئوری عمق‌یابی توسط صوت

در یک دستگاه عمق‌یاب، بسته‌های سیگنال‌های صوتی تک فرکانس (معمولاً اولتراسونیک) تولید شده، تقویت می‌شوند و سپس توسط ترانسدیوسر عالی مخصوص به نام هیدروفون در محیط آب منتشر می‌گردند، این سیگنال‌ها پس از برخورد با مانع و انعکاس صوت، به گیرنده دستگاه می‌رسند، گیرنده دستگاه پس از تقویت و جداسازی سیگنال اصلی از سیگنال مزاحم، آن را به پردازنده می‌دهد، در عملیات پردازش، ضمن محاسبه اختلافات زمان، ارسال بسته مشخص سیگنال و بسته سیگنال دریافتی، فاصله عمق‌یاب تا هدف محاسبه شده و بر روی نمایشگر نمایش داده می‌شود.

اجزای اصلی یک عمق‌یاب

یک عمق‌یاب دارای یک سری اجزای اصلی است که می‌توان به مولد سیگنال فرستنده، مبدل سیگنال الکتریکی (ترانسدیوسر)، محیط انتشار امواج و گیرنده و مدارات آشکارسازی و آنالیز جهت نمایش عمق اشاره نمود. در شکل صفحهٔ بعد شرح مختصری از این اجزا آمده است.



اجزای اصلی یک عمق‌یاب

۱ـ مولد سیگنال فرستنده: در این قسمت متناسب با مأموریت عمق‌یاب و نوع هیدروفون (ترانسدیوسر)، فرکانس F۵ تولید شده و توسط مولد پالس، کنترل زمانی می‌شود تا در فواصل منظم burst تولید کند. انتخاب فرکانس بستگی به شرایط محیط، هیدروفون و چند عامل دیگر دارد.

۲ـ مبدل سیگنال الکتریکی (ترانسدیوسر): ترانسدیوسرهای استفاده شده در عمق‌سنج انواع مختلفی دارند. در اینجا به چند نمونه اشاره می‌کنیم:

۲ـ۱ـ سیم پیچ متحرک: این نوع ترانسدیوسرها در گوشی‌های معمولی استفاده می‌شوند و کاربردهایی در حوزه فرکانس audio دارند، در فرکانس‌های بالا، در عمق آب‌ها این نوع ترانسدیوسرها کاربرد کمتری دارند.

۲ـ۲ـ ترانسدیوسر الکتروستاتیک: این ترانسدیوسرها از دو صفحه فلزی تشکیل شده که فاصله بین آن دو با دی‌الکتریک پُر گشته است و معمولاً در هوا بهتر کار می‌کند.

۲ـ۳ـ ترانسدیوسر عالی ریلاکتاس متغیر: این نوع هیدروفون‌ها در آب کاربرد فراوانی دارند و براساس نیروی میان قطب‌های مغناطیسی عمل می‌نمایند.

۲ـ۴ـ ترانسدیوسرهای مکنتواستریکتیو: در این ترانسدیوسرها نواری نازک و بلند از شکل خالص وجود دارد که به شکل استوانه‌ای با ارتفاع کم پیچیده شده و دو سر آن محکم به یکدیگر متصل شده است، با پیچیدن سیم در اطراف حلقه مذکور، ترانسدیوسر کامل می‌شود. تحت این شرایط اعمال یک جریان الکتریکی متغیر در جهت محیط حلقه می‌گردد که به نوبه خود ابعاد حلقه را تغییر داده و به تولید و انتشار امواج صوتی می‌انجامد.

مقایسه انواع هیدروفون‌ها در شرایط تقریباً یکسان

مکانیزم نیروی وارد بر واحد سطح	مکانیزم سیم‌پیچ متحرک
۸۰۰۰	سیم‌پیچ متحرک
۱۰	الکتروستاتیک
	ریلاکتاتس متغیر
۸×۱۰	پیزوالکتریک
مکانیزم نیروی وارد بر واحد سطح	**مکانیزم سیم‌پیچ متحرک**
۸۰۰۰	سیم‌پیچ متحرک
۱۰	الکتروستاتیک
	ریلاکتاتس متغیر
۸×۱۰	پیزوالکتریک

ترانسدیوسر پیزوالکتریک: این ترانسدیوسرها در اثر تحریک الکتریکی به ارتعاش در می‌آیند و صوت تولید شده، در آب منتشر می‌شود. با توجه به شرایط مختلف محیطی، نوع خاصی از هیدروفون را می‌توان به‌کار گرفت، اما در عمق‌یاب‌ها، نوع کریستالی آن مقرون به‌صرفه است.

محیط انتشار موج

یک موج آکوستیکی در محیط آب، براساس روابط کلی انتشار یک موج آکوستیکی و طبق فرمول زیر منتشر می‌گردد.

$$SL - 2TL + TS - (NL - DI).$$

همچنین، یک موج آکوستیکی هنگام برخورد به یک مانع، به دو موج بازتابیده و موج انتقال‌یافته تقسیم می‌گردد. چنان که می‌بینیم فرکانس موج بازتابیده با تابش یکسان اما با تأخیر فازی مشاهده می‌شود. در شرایط کاملاً مطلوب، وضعیت موج ارسالی و انعکاس طبق روابط فوق است، اما در عمل، موضوع کمی پیچیده‌تر است. بر اثر اوضاع جوی، مشخصه‌های غیر خطی و موانع دیگر محیطی، پدیده‌های ناخواسته‌ای رخ می‌دهد که در شرایط خاص باید به رفع آنها پرداخت. در ادامه

به بررسی فاکتورهای مؤثر در انتشار امواج آکوستیکی درون آب می‌پردازیم. سازندگان عمق‌یاب متناسب با شرایط خاص، مدارات جبرانی خاصی را طراحی کرده و در عمق‌یاب به‌کار می‌گیرند. گاه در یک دستگاه، تجهیزاتی اضافی برای فاکتورهای زیر در نظر گرفته می‌شود.

صدای منتشر شده توسط کشتی‌ها و جانوران دریایی

این اصوات که در برخی مدار مُدل‌سازی و شناخته شده‌اند، به‌عنوان اصوات مزاحم در یک عمق‌یاب محسوب می‌شوند و در بعضی از عمق‌یاب‌ها، به دلیل بزرگ بودن سیگنال اصلی نسبت به نویزها (S/N)، این فاکتور تأثیر منفی کمتری در عمق‌یابی دارد.

عوامل مؤثر در سرعت صوت

پارامتر	ضریب
درجه حرارت (نسبت به ۲۰ درجه)	۲/ ۷ mps/c
غلظت نمک (قسمت در هزار)	۱/ ۲ mps/ppt
عمق (متر)	۰/ ۱۷ mps/m

سرعت صوت

در عملیات عمق‌یابی روش ارسال و دریافت صوت آکوستیکی در آب، سرعت صوت است و از این رو، عوامل مؤثر بر سرعت صوت در آب، بسیار حائز اهمیت هستند. در جدول بالا مورد از عوامل مؤثر در سرعت صوت مشاهده می‌شوند.

اُفت شدت صوت: این اُفت با عکس مجذور فاصله از مبدأ متناسب بوده و در گیرندگی اصوات بازگشتی، بسیار حائز اهمیت است.

جذب امواج صوتی: این عامل در میزان برد عمق‌یاب مؤثر است و در دقت عمق‌یابی نیز نقش اساسی دارد.

شکست صوت: علت اصلی شکست صوت، تغییر محیط و سرعت انتشار آن است، چنان این ضریب شکست در عمق‌های مختلف دارای تفاوت است که موجب فرار و ناپدید شدن موج ارسالی در آب شده و در گیرنده تأثیر زیادی دارد. افزایش طول مسیر انتشار موج در این پدیده باعث نمایش عمق بیشتر بر روی دستگاه می‌شود.

کانال صوتی با لایه‌های مختلف: گاه در اثر پدیده شکست صوت، کانال صوتی پدیدار می‌شود؛ و موجب هدایت موج ارسالی به نقاط دوردست می‌شود. در چنین حالتی بازگشت موج ارسالی امکان‌پذیر نیست و از آنجا که عمق‌یاب براساس بازگشت موج ارسالی عمل می‌کرد عدم بازگشت موج موجب ایجاد اختلال در

عمق‌یاب می‌شود. شایان ذکر است که کانال‌های صوتی معمولاً در راستای عمود بر سطح آب تولید نمی‌گردند.

سایه صوت (منطقه سایه): بر اثر پدیدهٔ شکست صوت و ایجاد کانال صوتی در برخی از مناطق دریا گاه صوت ارسالی به‌طور کلی منتشر نمی‌شود. به چنین مناطقی اصطلاحاً سایه صوت یا منطقه سایه گفته می‌شود.

انعکاس سطحی: اساساً انعکاس صوت از سطح اقیانوس به‌طور کامل رخ می‌دهد؛ و بنابراین، اگر سیگنال آکوستیکی از اعماق آب به سطح آن ارسال گردد تقریباً تمام سیگنال‌های موج به‌جز سیگنال‌های عمود بر سطح آب بازمی‌گردند.

انعکاس از کف دریا: به دلیل وجود گل و لای ضریب جذب موج بسیار بالاست و در محاسبات مربوط به عمق‌یابی در مناطق مختلف درک این موضوع حائز اهمیت است.

راستای هیدرو فول: متناسب با نوع هیدرو فول و جنس محیط میزان تیزی سیگنال (راستاوری) متفاوت است.

انتشار صوت در آب‌های کم‌عمق: هنگامی که کف و سطح آب به هم نزدیک شوند (کمتر از ۱۸۳ متر)، ۱۰۰ فاتوم امواج صوت محبوس می‌شوند از این رو حل معادلات مربوطه پیچیده می‌گردد؛ و در عمق‌یابی اختلالاتی ایجاد می‌شود.

پراکندگی صوت: هنگام برخورد یک موج آکوستیکی با مانع، موج بازگشتی پراکنده شده و به هرسو منتشر می‌شود لذا انرژی بازگشتی مفید بسیار کوچک شده و در گیرندگی مؤثر خواهد بود. عوامل دیگری نیز در انتشار و دریافت سیگنال‌های آکوستیکی تأثیر دارند که ذکر آنها از حوصله این بحث خارج است اما در محاسبات پیچیده و حساس ممکن است به‌کارگیری آنها حائز اهمیت باشد.

فعالیت کارگاهی

به واحد شناور مراجعه نموده و با کمک اوپراتور دستگاه عمق‌یاب با این دستگاه کار کنید. اجزای این سیستم را شناسایی کنید.

پاسخ:

به دلیل اهمیت عمق‌سنجی تقریباً در همه شناورها انواع مختلف عمق‌یاب وجود دارد لذا با مراجعه به آنها به نوعی از عمق‌یاب برخورد خواهید کرد. به‌طور کلی عملکرد آنها مشابه است لذا می‌توانید با یکی از آنها به عنوان نمونه کار کنید و آشنا شوید.

تحقیق

در خصوص انواع سرعت‌سنج‌ها تحقیق نمایید.

پاسخ:

۱ـ سرعت‌سنج چرخنده

سرعت‌سنج چرخنده را سولکومتر هم گفته می‌شود. قادرند مسافت پیموده شده در مدت‌زمان معین را اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه $V=\frac{x}{t}$ سرعت را به دست آورند.

اساس کار این نوع سرعت‌سنج‌ها ساده است، بدین‌صورت که یک پروانه کوچک فلزی (از جنس برنج) که به طنابی متصل است به دنبال کشتی یدک می‌شود. در اثر برخورد آب با پره‌های آن، پروانه به حرکت درمی‌آید. تعداد چرخش‌های پروانه توسط کنتور شمارش و به‌وسیلهٔ مکانیزم عقربه‌ای شکل مانند ساعت ثبت می‌گردد. تعداد این چرخش‌ها متناسب با مسافتی است که کشتی در مدت‌زمان معین طی نموده است.
لازم به ذکر است که در هنگام به آب انداختن این دستگاه، کنتور مربوطه می‌بایست صفر و زمان یادداشت شود. همچنین بعد از مدت معینی مجدداً کنتور قرائت و زمان یادداشت شود. بدین ترتیب مسافت پیموده شده توسط کشتی در مدت‌زمان معلوم معین می‌گردد که به‌وسیلهٔ آن می‌توان به‌راحتی سرعت کشتی را محاسبه نمود. پروانه این نوع سرعت‌سنج‌ها می‌تواند به بدنه کشتی نیز متصل شده باشد.

۲ـ سرعت‌سنج پروانه‌ای

سرعت‌سنج پروانه‌ای از نوع الکتریکی هستند و فقط چرخش پروانه آن به‌صورت مکانیکی است. البته سرعت چرخش پروانه مزبور بستگی به‌سرعت جریان آبی دارد که از داخل پروانه می‌گذرد (مانند توربین‌های آبی). سپس پالس‌های تولیدشده از طریق تقویت‌کننده به قسمت‌های شمارنده واردشده و پس از انجام محاسبات لازم در نهایت توسط نمایشگر مربوطه سرعت کشتی نشان داده می‌شود.

۳ـ سرعت‌سنج لوله فشاری

سرعت‌سنج لوله فشاری براساس جریان فشار مایع کار می‌کند؛ چنانچه یک لوله را که سر آن باز باشد داخل آب فروکنیم، با توجه به عمق آبی که لوله تا آنجا در آب قرارگرفته است مقدار فشار معینی در لوله ایجاد می‌شود. اگر لوله در آب ثابت و بدون حرکت باشد به مقدار فشار ثابتی که در آن باقی می‌ماند فشار استاتیک می‌گویند.

حال اگر همین لوله در آب حرکت داشته باشد تا زمانی که به همان اندازهٔ قبلی در آب فرورفته باشد یک نوع فشار دیگری در آن ایجاد می‌شود که به آن فشار دینامیک گویند. در این حالت فشار موجود در این لوله برابر است با مجموع دو فشار استاتیک و دینامیک (Pitot tube). جهت مشخص شدن مقدار فشار دینامیکی و همچنین سرعت، فشار استاتیکی می‌بایست حذف گردد. برای این کار لازم است یک لولهٔ دیگر در نزدیکی لولهٔ اول نصب کرد تا فشار استاتیکی برابر با فشار قبلی در آن ایجاد شود.

وقتی‌که کشتی بدون حرکت است، فشار استاتیک به‌وجود آمده در لوله‌ها با هم برابرند و همچنین فشارهای نابرابر و غلط که باعث نشان دادن مقدار ناچیزی سرعت می‌شود به‌وسیله سیستم الکترومکانیکی موجود در این نوع سرعت‌سنج‌ها حذف می‌گردد. اما زمانی‌که کشتی حرکت می‌کند آب با فشار وارد لوله گردیده و باعث تولید یک فشار مرکب برابر با فشار استاتیکی و دینامیکی در نیمه پایینی اتاقک فشار می‌شود.

اختلاف فشار موجود در قسمت بالا و پایین اتاقک فشار باعث بالا بردن دیافراگم به‌طرف بالا و درنتیجه باعث فعال شدن «اتصال یا رابط مکانیکی» می‌گردد. بدیهی است با افزایش سرعت کشتی در داخل آب، حرکت دیافراگم به‌طرف بالا هم بیشتر می‌شود که در این حالت می‌توان رابطه‌هایی بین فشار موجود و سرعت کشتی پیدا نمود.

فشار دینامیکی موجود در لولهٔ B در اثر حرکت نسبی در داخل آب با مربع سرعت کشتی متناسب است و طبق قانون Pitot این فشار برابر است با حاصل‌ضرب مربع سرعت کشتی در ضریب K.

$$p = K \times v^2$$

توجه: ضریب K به عواملی مانند وزن کشتی، شکل بدنه، سرعت کشتی و مقدار راه بستگی دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود افزایش سرعت به‌صورت خطی نیست. در اینجا لازم است عوامل ایجاد سرعت غیرخطی حذف و یک سرعت خطی نمایش داده شود که این کار با استفاده از مخروط‌های دقیق طراحی‌شده و یا مدارهای زمان ثابت تشکیل‌شده از قطعات الکترونیکی انجام می‌شود.

توجه:

۱ از این نوع سرعت‌سنج‌ها می‌توان جهت اندازه‌گیری سرعت جریان آب هنگامی‌که کشتی ثابت است نیز استفاده کرد.

۲ براساس روابط موجود بین فشار و سرعت، در مواقعی که سرعت کشتی خیلی کم و یا خیلی زیاد باشد از دقت دستگاه کاسته می‌شود.

۳ وجود جلبک‌ها، گیاهان دریایی و غیره در دهانه ورودی لوله‌های مزبور باعث

گرفتگی آنها و ایجاد خطا در تعیین سرعت می‌شود.

۴ـ سرعت‌سنج الکترومغناطیسی

اصول کار سرعت‌سنج الکترومغناطیسی براساس عبور جریان الکتریکی از داخل یک سیال به‌منظور القا الکترومغناطیسی است (نظریه مایکل فارادی).
نحوه کارکرد آن با توجه به این اصل است: «هر جسم رسانا که به‌طور عرضی از داخل یک میدان مغناطیسی عبور کند در داخل آن مقداری نیروی محرکه الکتریکی القا می‌شود. چنانچه جسم رسانا در داخل میدان ثابت و بی‌حرکت باشد القای مغناطیسی به‌طور متناوب در آن انجام و یک میدان مغناطیسی در اطراف آن به وجود می‌آید».
با این فرض که میدان مغناطیسی ثابت باقی بماند دامنه نیروی محرکه الکتریکی القایی به‌طور مستقیم متناسب است با سرعت رسانا در میدان و زاویه‌ای که رسانا خطوط میدان را قطع می‌کند.
در این نوع از سرعت‌سنج‌ها جریان آب دریا همان نقش رسانا را دارد که از میان میدان مغناطیسی عبور می‌کند. بر طبق «قانون دست راست فلمینگ» نیروی محرکه الکتریکی القایی عمود بر میدان مغناطیسی (H) است.جاری شدن جریان القایی در جسم رسانا باعث تغییر نیروی محرکه الکتریکی برحسب متر می‌شود اگر جریان موجود در سیم‌پیچ از نوع D.C باشد نیروی محرکه الکتریکی القایی برابر خواهد بود با:

$$e.m.f = \beta LV\sin\theta$$

β میدان مغناطیسی القایی
L طول جسم رسانا
V سرعت رسانا (سرعت کشتی)
از آنجایی‌که β تقریباً برابر با H است، لذا خواهیم داشت $e.m.f = H.L.V$

توجه:

۱ این نوع سرعت‌سنج، سرعت جریان آبی که از کنار بدنه کشتی عبور می‌کند را اندازه‌گیری می‌کند و این جریان به علت طراحی غیرخطی بدنه کشتی می‌تواند مختلف باشد.
۲ جریان اقیانوسی ممکن است خطاهایی را در دستگاه ایجاد نماید.
۳ Roll و Pitch کشتی بر ارتباط بین سرعت آب و بدنه کشتی تأثیرگذار خواهد بود اما با طراحی مدارهای زمان‌دار معمولاً این خطا را برطرف می‌نمایند.
۴ چنانچه جهت جریان آب در راستای طولی کشتی (fore & aft) باشد دقت دستگاه بیشتر از حالتی است که جهت جریان آب به‌صورت عرضی باشد.

۵ـ سرعت‌سنج صوتی

برخلاف سرعت‌سنج‌های قبلی که سرعت کشتی را نسبت به آب اندازه‌گیری می‌کردند این نوع سرعت‌سنج‌ها نسبت به کف دریا و یا حجم فشرده شده یا گسترده‌ای از آب سرعت کشتی را اندازه‌گیری می‌کنند. این نوع سرعت‌سنج‌ها با استفاده از یک سیگنال صوتی یا به‌عبارت‌دیگر ترکیبی از خواص امواج صوتی در آب دریا و فن‌های مربوط به آن تا عمق ۲۰۰ متر می‌توانند سرعت کشتی را مشخص نمایند.

اگر اکوهای بازگشتی از کف دریا ضعیف باشند و یا عمق آب از ۲۰۰ متر بیشتر باشد این سیستم به‌طور خودکار گزینه دیگری را برای محاسبه سرعت انتخاب می‌کند. بدین‌صورت که توده آب موجود در عمق تقریبی ۱۲ متر زیر کیل کشتی را در نظر می‌گیرد.

این نوع سرعت‌سنج‌ها برای ارسال امواج صوتی به داخل آب از ترانسدیوسر استفاده می‌کنند که با استفاده از آن پالس‌های انرژی صوتی با فرکانس ۱۵۰KHz را از طریق دو پیزو سرامیک که در راستای طولی کشتی (fore & aft) قرارگرفته‌اند به داخل آب ارسال می‌کنند. بستر دریا یا توده آب، سیگنال ارسالی را با یک تأخیر زمانی (T) منعکس می‌کند که این تأخیر زمانی بستگی به جنس و برجستگی کف دریا دارد.

سیگنال‌های بازگشتی به‌طور بی‌نظیری تابعی از موقعیت لحظه‌ای هر سنسور(حساسه) به‌اضافهٔ سرعت کشتی می‌باشند. این سیگنال‌ها در یک کانال دستگاه مشابه با سیگنال‌های دیگر کانال‌های دستگاه، اما دارای یک تأخیر زمانی هستند. با توجه به رابطه زیر از آنجایی‌که مقدار دقایق مشخص است لذا با اندازه‌گیری زمان تأخیری (T)، می‌توان سرعت کشتی را محاسبه نمود.

$$T = ۰/۵ \times SV$$

T= تأخیر زمانی برحسب ثانیه

S= فاصله بین اجزای دریافت‌کننده سیگنال (اجزای ترانسدیوسر)

V = سرعت کشتی

توجه:

۱ زمان تأخیری (T) فاصله زمانی بین دو اکوی ترانسدیوسر است نه فاصله زمانی بین ارسال سیگنال و دریافت آن.

۲ دما، شوری آب و تغییرات سرعت صوت بر انجام محاسبات صفحهٔ قبل تأثیری ندارد چون هرگونه تغییری تأثیر مشابه بر روی اکوهای دریافتی دارد.

۳ با اندازه‌گیری فاصله زمانی سیگنال ارسالی و بازگشتی می‌توان عمق آب را نیز محاسبه نمود (همانند عمق‌یاب).

$$d = \frac{T}{۲} \times C$$

d: عمق آب به متر
T: زمان رفت‌وبرگشت سیگنال

C: سرعت صوت $۱۵۰۰ \, m/s$

۶ـ سرعت‌سنج داپلری

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری سرعت هر شناور در آب وجود دارد، ولی متداول‌ترین آن روش «داپلر» است که به علت کاربردی‌تر بودن این روش به معرفی این سیستم می‌پردازیم. سیستم اندازه‌گیری سرعت به روش داپلر برگرفته از همان تئوری شیفت فرکانس است که توسط کریستین داپلر در اوایل قرن ۱۹ عنوان شد و امروزه به‌طور گسترده در الکترونیک دریایی برای اندازه‌گیری سرعت شناورها استفاده می‌شود.

فعالیت کلاسی

شکل صفحهٔ بعد را ترجمه و تحلیل نمایید.

پاسخ:

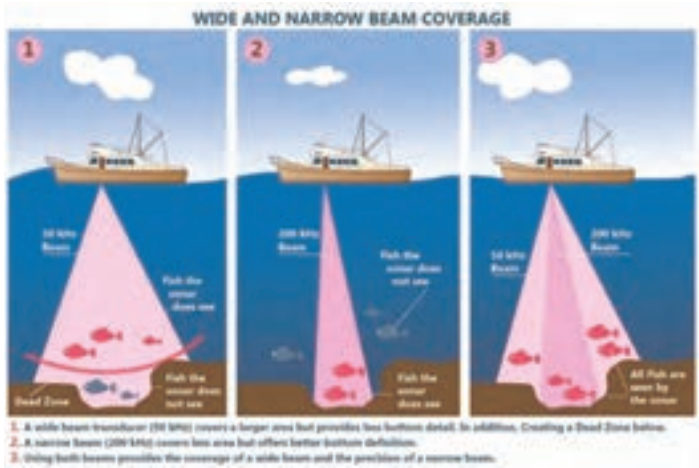
پوشش باند باریک و پهن پرتو آلتراسونیک

۱ یک پرتو پهن ترانسدیوسر (۵۰ کیلوهرتز) یک منطقه وسیع را پوشش می‌دهد اما جزئیات کمتری از زیر کشتی را مشخص می‌کند. در مجموع یک ناحیه مرده(مخفی) در زیر کشتی ایجاد می‌کند.

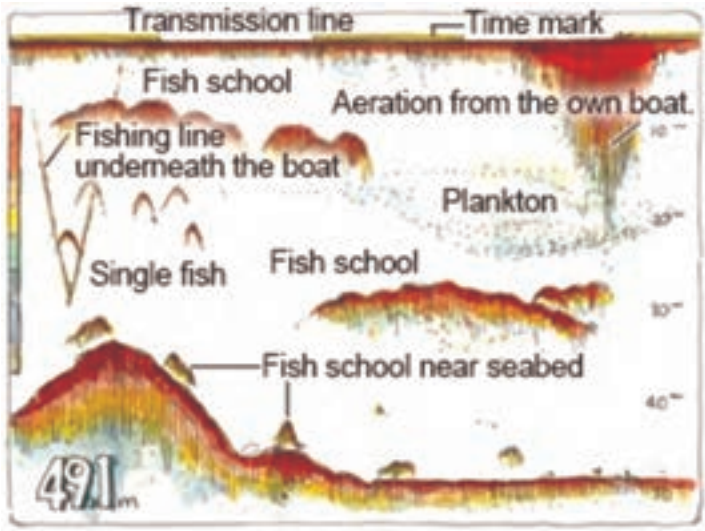
۲ یک پرتو نازک (۲۰۰کیلوهرتز) یک ناحیه کم را پوشش می‌دهد اما آشکارسازی بیشتری در زیر کشتی ایجاد می‌کند.

۳ استفاده از هر دو پرتو یک منطقه وسیع را با دقت پرتو باریک (در عمق بیشتر) برای ما مهیا می‌کند.

به این ترتیب با استفاده از هر دو بیم (پرتو) فراصوتی، یافتن ماهی در منطقه وسیع‌تر و گسترده‌تر و در اعماق و لایه‌های زیرین و صخره‌ها امکان‌پذیر خواهد بود.



اثر تغییر فرکانس در آشکارسازی

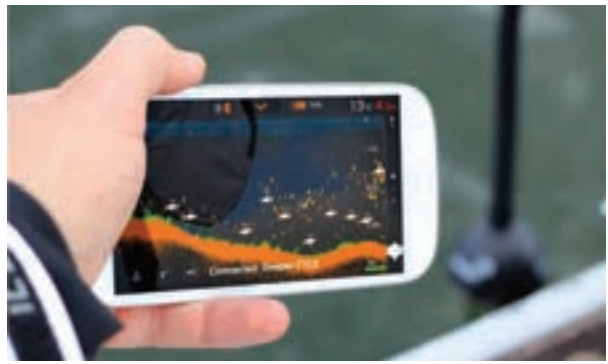


تصاویر و تفسیر نمایش شده در مانیتور یک ماهی‌یاب

در شکل فوق در صفحه نمایش خط ارسال مشخص است یعنی سطح آب به‌صورت یک خط مانند شکل فوق نشان داده می‌شود. همچنین، زمان جاری را نشان می‌دهد، خط ماهی زیر شناور، پلانکتون‌ها و موجودات ریز در آب، ماهی‌های تکی که به‌صورت خطوط منحنی دیده می‌شوند و دسته ماهی‌ها که تحت عنوان fish school مشخص شده‌اند و ماهی های کف دریا و نیز در گوشه صفحه نمایش عمق دریا دیده می‌شود. ناگفته نماند که اندازه ماهی‌ها نیز قابل تشخیص است و در برخی مدل‌ها روی آن

نوشته می‌شود.

ماهی‌یاب دستی



نمونه یک ماهی‌یاب در صفحه نمایشگر تلفن همراه

فعالیت کارگاهی

در صورت امکان به واحد شناور مراجعه نموده و با کمک اوپراتور دستگاه ماهی‌یاب با این دستگاه کار کنید. اجزای این سیستم را شناسایی کنید.

پاسخ:

با توجه به تعداد کم شناورهای دارای ماهی‌یاب، ممکن است این کار کمی مشکل باشد اما در صورت دسترسی می‌توانید با نوعی از ماهی‌یاب کار کنید. ماهی‌یاب شرح داده شده در متن کتاب از پرفروش‌ترین ماهی‌یاب‌های جهان است. البته کاربری ماهی‌یاب‌ها بسیار مشابه هم است.

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان (فصل)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
کاربری سامانه‌های سونار	بررسی کاربری سامانه‌های سونار	کار با دستگاه‌های سونار و کاربری آنها	بالاتر از حد انتظار	۱ بتواند خواص امواج صوتی، موارد استفاده از امواج صوتی و آلتراسونیک را بیان نماید. ۲ سونار فعال و غیرفعال را شرح دهد و نحوهٔ عملکرد سونارها و موارد استفادهٔ آنها را بیان نماید. ۳ عملکرد سرعت‌سنج را بداند. ۴ عملکرد عمق‌سنج را بداند. ۵ عملکرد ماهی‌یاب را بداند. * هنرجو توانایی انجام همهٔ شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ بتواند خواص امواج صوتی، موارد استفاده از امواج صوتی و آلتراسونیک را بیان نماید. ۲ سونار فعال و غیرفعال را شرح دهد و نحوهٔ عملکرد سونارها و موارد استفادهٔ آنها را بیان نماید. ۳ عملکرد سرعت‌سنج را بداند. ۴ عملکرد عمق‌سنج را بداند. ۵ عملکرد ماهی‌یاب را بداند. * هنرجو توانایی انجام سه مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حدانتظار	۱ بتواند خواص امواج صوتی، موارد استفاده از امواج صوتی و آلتراسونیک را بیان نماید. ۲ سونار فعال و غیرفعال را شرح دهد و نحوهٔ عملکرد سونارها و موارد استفادهٔ آنها را بیان نماید. ۳ عملکرد سرعت‌سنج را بداند. ۴ عملکرد عمق‌سنج را بداند. ۵ عملکرد ماهی‌یاب را بداند. * هنرجو توانایی انجام دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
	نمرهٔ مستمر از ۵				
	نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳				
	نمرهٔ پودمان از ۲۰				

ارزشیابی کاربری سامانه‌های سونار

۱ـ شرح کار:
- امواج صوتی و آلتراسونیک؛
- مشخصه‌های امواج صوتی و فراصوتی؛
- اصول عملکرد سونارها؛
- سونار فعال و غیرفعال؛
- تئوری سونار؛
- موارد استفاده و کاربردهای سونار؛
- عمق‌سنج؛
- سرعت‌سنج؛
- ماهی‌یاب.

۲ـ استاندارد عملکرد:
- شناسایی امواج صوت و فراصوت، مشخصات و کاربرد تئوری سونار و موارد استفاده و عملکرد آن.

۳ـ شاخص‌ها:
- توانمندی درک عملکرد دستگاه‌های سونار و کاربری ابتدایی برخی از تجهیزات مربوطه.

۴ـ شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: در اختیار داشتن دستگاه‌های معرفی‌شده که اغلب در شناورها امکان‌پذیر است.
ابزار و تجهیزات: مجموعهٔ دستگاه‌های سونار که کاربری آنها ذکرشده است.

۵ـ معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	عملکرد دستگاه‌های عمق‌سنج	۱	
۲	عملکرد دستگاه‌های سرعت‌سنج	۱	
۳	عملکرد دستگاه‌های ماهی‌یاب	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و... ۱ رعایت کلیهٔ نکات ایمنی دستگاه‌ها ۲ دقت و تمرکز در اجرای کار ۳ تفکر و یادگیری مستمر ۴ رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه‌ای (صداقت، احترام، پشتکار و جدیت و....)	۲	
	میانگین نمرات		*

*** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.**

پودمان ۲

کاربری سامانه‌های هدایت کشتی

نوع درس: نظری ـ عملی

کل ساعات: ۶۰ ساعت

ساعات نظری: ۲۰ ساعت

ساعات عملی: ۴۰ ساعت

اهداف کلی

هنرجو باید پس از پایان این پودمان قادر باشد:

۱ انواع دستگاه‌های سنجش در روی کشتی را بشناسد و ضرورت به‌کارگیری آنها را بداند.

۲ با انجام تمرینات عملی و کارگاهی توانایی و مهارت لازم در استفاده صحیح از این وسایل را کسب کند.

۳ ضمن شناخت و آشنایی با عملکرد این وسایل، نکات ایمنی به هنگام کار انواع سامانه‌های هدایت کشتی را فرا بگیرد.

روش تدریس پودمان

۱ عموماً در ابتدای درس و در جلسه اول به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود.

۲ بهتراست هنرآموز قبل از ارائه مفاهیم جدید در این فصل، از آموخته‌های قبلی هنرجویان در کتاب‌های سال یازدهم استفاده نماید و با طرح سؤالات شفاهی به ارزیابی ابتدایی هنرجویان پرداخته و فصل را شروع نماید و نکات ایمنی و مباحث عملی را که مربوط به بخش ناوبری ساحلی است، مرور کند.

۳ سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن در کارگاه بررسی شده و از هنرجویان خواسته شود در مباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کرده تا ضمن درگیر شدن در فرایند یادگیری، بتوانند این نکات را به‌خوبی فرا گرفته و برای همیشه به خاطر بسپارند. توجه داشته باشید نحوه تدریس به‌صورتی باشد که ارتباط تعاملی و دوطرفه بین معلم و هنرجو برقرار شده و از نظرات هنرجویان نیز در کلاس و کارگاه استفاده شود و هنرآموز متکلم وحده و سخنران نباشد.

۴ توصیه می‌گردد برای تدریس بهتر این فصل هنرآموز از روش تدریس **کلاس معکوس** استفاده کند. یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با دریانوردی، مطالعه و یاد گرفته و در کلاس و کارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهد.

۵ پیشنهاد می‌گردد هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب فصل، موارد ذکر شده در بخش‌های **دانش‌افزایی** را مورد توجه قرار داده و هنگام آموزش آنها را به‌کار گیرد.

۶ برای یادگیری کامل مطالب این فصل، لازم است هنرجویان پس از آشنایی با مفاهیم اولیه مطالب این فصل، در دو یا سه نوبت با **بازدید از روی شناورها،** ضمن آشنایی با وسایل کمک ناوبری موجود در پل فرماندهی شناورها، توسط فرمانده و افسران کشتی ضرورت و اهمیت به‌کارگیری این وسایل و همچنین نکات

ایمنی و سایر توضیحات تکمیلی مرتبط با فصل به هنرجویان بیان گردد. مسئولان مربوطه باید در این زمینه هماهنگی و همکاری لازم را به عمل آورند.

۷ جهت برقراری ارتباط بهتر هنرجویان با کتاب، می‌توانید علاوه بر بازدیدهای صورت‌گرفته از افسران و فرماندهان نیروی دریایی ارتش، سازمان بنادر و دریانوردی یا کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران و سایر مؤسسات مرتبط دریایی و یا فارغ‌التحصیلان سال‌های گذشته که موفق به ورود به عرصه کار بر روی شناورها شده‌اند، دعوت کنید تا به‌صورت موردی تجربیات خود را در اختیار هنرجویان قرار دهند.

۸ توصیه می‌گردد با هدف تقویت مهارت‌های خوانداری و نوشتاری هنرجویان و نیز درک **بهتر مطالب**، از آنان خواسته شود تحقیق و گزارشات خود را به‌صورت دست نویس در روی کاغذ نوشته و ارائه دهند و تا جای ممکن از کپی‌کردن مطالب اینترنت به‌صورت تایپ شده، آماده و خام خودداری شود.

۹ فعالیت‌های از قبیل «فکر کنید»، «بحث کنید» و... برای فعال کردن هنرجویان و به‌کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است. برای این فعالیت‌ها اهمیت فراوانی قایل شده و سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود. برای انجام این تکالیف راهنمایی‌های لازم را در اختیار هنرجویان قرار داده و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.

سؤالات پیشنهادی

- چگونه می‌توان شمال حقیقی زمین را به‌دست آورد و تفاوت آن با شمال مغناطیسی زمین چیست؟
- انواع قطب‌نماهای مورد استفاده در شناورها کدام‌اند؟
- قطب‌نمای الکتریکی بر چه اساسی کار می‌کند و از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟
- جایروسکوپ چیست و نحوهٔ عملکرد آن چگونه است؟
- انواع جایروهای مورد استفاده در روی کشتی‌ها کدام‌اند؟
- نحوهٔ عملکرد سامانه هدایت خودکار در کشتی‌ها چگونه است؟
- دستگاه‌های سنجش چه وسایلی هستند و هرکدام چه کاربردی در کشتی دارند؟
- انواع دستگاه‌های سنجش جهت، در روی کشتی کدام‌اند؟
- نحوه تعیین موقعیت با کمک ماهواره‌ها چگونه است و سامانه‌های موقعیت‌یاب جهانی چه کاربردی دارند؟
- برای سنجش و تعیین عمق آب در روی شناور از چه وسایلی استفاده می‌شود؟
- سونار چیست و چه کاربردی در کشتی دارند؟

■ انواع دستگاه‌های سنجش سرعت و فاصله در روی کشتی کدام‌اند؟ و نحوه عملکرد آنها چگونه است؟

اهداف جزئی مرحله یادگیری

ـ شایستگی‌های فنی:

۱ با ضرورت به‌کارگیری انواع وسایل و دستگاه‌های سنجش سمت و جهت آشنا شود.
۲ نحوه استفاده و کاربرد انواع قطب‌نماهای روی کشتی و سمت‌یاب را بداند.
۳ توانایی به‌کارگیری و استفاده صحیح و ایمن از وسایل و دستگاه‌های سنجش سمت و جهت را داشته باشد.

ـ شایستگی‌های غیرفنی:

۱ در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم وترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲ با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد بگیرد.
۳ حل مسئله را به‌صورت تحقیق و با استفاده از فناوری انجام دهد.
۴ فعالیت‌ها را با کار گروهی و مباحثه حل کند.

دانش‌افزایی

پیشنهاد می‌گردد قبل از ورود به مباحث کلاسی، مطالب و توضیحات زیر توسط هنرآموز مطالعه شده و هنگام تدریس این قسمت در کلاس بیان گردد.

برای تعیین موقعیت و هدایت کشتی همواره به وسایل و دستگاه‌های دقیق و مطمئن نیازمندیم تا به کمک آنها بتوانیم در روی مسیری امن و بی‌خطر از یک

نقطه به نقطه دیگر دریانوردی کنیم.

درگذشته دریانوردی با وجود کمترین امکانات انجام می‌گرفت. با گذشت زمان انسان‌ها برای فایق آمدن بر مشکلات دریانوردی وسایل و دستگاه‌های کمک ناوبری مختلفی اختراع کردند و این وسایل در طول تاریخ از ابتدایی‌ترین و ساده‌ترین صورت خود به پیشرفته‌ترین تجهیزات عصر حاضر تبدیل گردیده‌اند.

امروزه به لطف پیشرفت‌های حاصله در فناوری‌ها، افسران ناوبر کشتی به‌جای استفاده از روش‌های سنتی برای طرح‌ریزی مسیر و هدایت کشتی در دریاها تجهیزات بی‌شماری را برای هدایت کشتی‌ها دراختیار دارند. با بهره‌گیری از امکانات روز و سیستم‌های اتوماتیک، کشتی‌های امروزی مجهز به چندین سیستم ناوبری بوده که داده‌های دقیقی را برای سفرهای دریایی فراهم آورده و در اختیار ناوبران قرار می‌دهد.

الف) تعریف: به ابزار و دستگاه‌های مختلفی که برای تعیین موقعیت؛ هدایت و ناوبری امن و مطمئن یک کشتی یا هرشناور دیگر در دریا مورد استفاده قرار می‌گیرند در اصطلاح وسیله یا دستگاه کمک ناوبری گفته می‌شود.

وسایل و دستگاه‌های کمک ناوبری موجود در روی کشتی‌های مختلف در جهان اگرچه ممکن است تفاوت‌هایی کوچک و ظاهری با یکدیگر داشته باشند؛ لیکن همه آنها برای دریانوردی لازم هستند و فرماندهان و افسران هدایت کشتی‌ها را در تعیین موقعیت و هدایت کشتی خود بر روی مسیر مورد نظر آنان یاری می‌دهند.

ب) انگیزه: انگیزه استفاده از وسایل و دستگاه‌های کمک ناوبری روی کشتی؛ تأمین ایمنی دریانوردی و کمک به ناخدا و افسران هدایت کشتی جهت ناوبری هرچه مطمئن‌تر است.

انواع وسایل و دستگاه‌های کمک ناوبری:

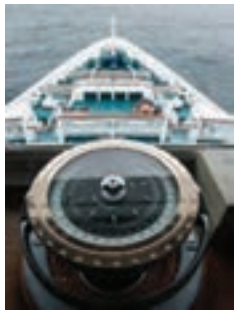
انواع وسایل و دستگاه‌های کمک ناوبری، برحسب کاربرد هریک در روی کشتی به دسته‌های زیر تقسیم می‌شوند:			
۱	وسایل و دستگاه‌های جهت‌یابی	۶	کتاب‌ها و نشریه‌های مختلف مورد نیاز دریانوردی
۲	وسایل تعیین سرعت و فاصله	۷	دوربین‌ها
۳	وسایل تعیین عمق	۸	نقشه‌ها
۴	انواع وسایل و لوازم ردنگاری	۹	انواع وسایل هواشناسی
۵	انواع نشان‌دهنده‌های پل فرماندهی	۱۰	انواع وسایل و دستگاه‌های مخابراتی، نجومی، رادیوالکتریکی و اینرسی

در این قسمت هنرجویان با دو نمونه از وسایل کمک ناوبری آشنا خواهند شد با توجه به آشنایی مقدماتی با کارکرد قطب‌نمای مغناطیسی و جایرو در اینجا به‌طور مفصل‌تر به آن پرداخته خواهد شد.

ـ وسایل و دستگاه‌های جهت‌یابی:

این وسایل به‌طور کلی برای جهت‌یابی و سمت‌گیری درکشتی به‌کار می‌روند.
قطب‌نماها: قطب‌نماها به دو دسته متفاوت یعنی قطب‌نمای مغناطیسی و قطب‌نمای الکتریکی (جایرو) تقسیم می‌شوند.
قطب‌نما وسیله‌ای است که علاوه بر مشخص نمودن جهت شمال کره زمین، جهت و سمت حرکت شناور را نشان داده و برای ادامه راه استفاده می‌شود. قطب‌نما به دو نوع مغناطیسی و الکتریکی (جایرو) تقسیم می‌شود.

قطب‌نمای مغناطیسی (Magnetic Compass): قطب‌نمای مغناطیسی وسیله‌ای مطمئن و قابل اطمینان برای هدایت و ناوبری کشتی‌ها است که با وجود پیشرفت دستگاه‌ها و وسایل کمک ناوبری هنوز هم در روی مجهزترین و مدرن‌ترین کشتی‌ها یافت می‌شود.
اصول کار قطب‌نمای مغناطیسی در درجه اول به میدان مغناطیسی زمین و در درجه دوم به مواد مغناطیسی طبیعی یا موادی که به‌صورت مصنوعی مغناطیس شده‌اند بستگی دارد.
بروز حوادث و مشکلاتی مانند آتش‌سوزی، تصادم، قطع برق و... بر قطب‌نمای مغناطیسی بی‌تأثیر است.



قطب‌نمای مغناطیسی از یک صفحه که از ۰ تا ۳۶۰ درجه‌بندی شده تشکیل شده و درون یک محفظه که با مایع مخصوصی پر شده است قرار می‌گیرد. این مایع ممکن است نفت، الکل و یا ورسل باشد. البته همان‌گونه که در کتاب دریانوردی سال گذشته توضیح داده شد، می‌بایست جهت نشان داده شده توسط قطب‌نما را

به جهت شمال حقیقی تبدیل نمود.

اجزای قطب‌نمای مغناطیسی عبارت‌اند از: عقربه مغناطیسی، صفحه مدرج قطب‌نما، کاسه محفظه، مایع مخصوص قطب‌نما، محفظه شناور، شاخص نشان‌دهنده سمت، محورهای تعادل، پایه و محفظه قطب‌نمایی.

قطب‌نمای مغناطیسی که در شکل زیر نمایش داده شده از خاصیت مغناطیس بهره جسته و عنصر حساس آن؛ همواره در جهت قطب‌های شمال و جنوب مغناطیسی زمین می‌ایستد؛ یعنی قطب شمال و جنوب مغناطیسی را نشان می‌دهد.

قطب‌نمای مغناطیسی

انواع قطب‌نمای مغناطیسی و طرز کار آنها

وجه اشتراک تمام قطب‌نماهای مغناطیسی، داشتن یک عقربه آهن‌ربایی است که این عقربه از نقطه تعادل خود به کمک یک کلاهک بر روی پایه سوزن مانندی قرار گرفته و می‌تواند آزادانه در سطحی افقی حول پایه سوزنی خود نوسان و چرخش نماید. خاصیت آهن‌ربایی عقربه ایجاب می‌کند که همواره پس از چند بار نوسان، امتداد قطب‌های مغناطیسی آن در امتداد خطوط میدان مغناطیسی کره زمین قرار گیرد، چون قطبین مغناطیسی کره زمین تقریباً در شمال و جنوب زمین واقع شده‌اند از این خاصیت عقربه آهن‌ربایی برای جهت‌یابی استفاده می‌شود.

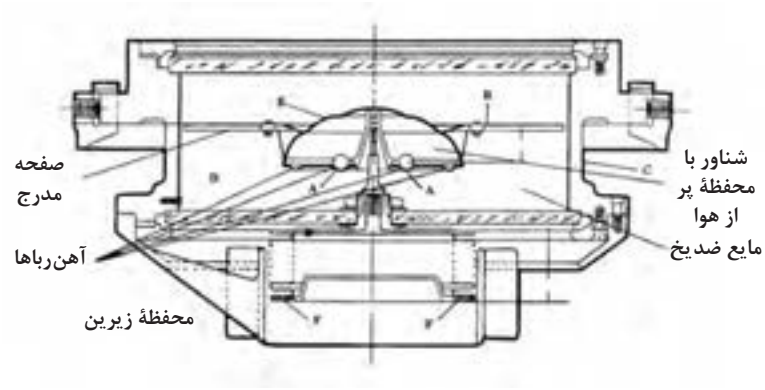
الف) قطب‌نماهای عقربه‌ای با محفظه مدرج: این گونه قطب‌نماها معمولاً ارزان‌ترین و متداول‌ترین نوع قطب‌نما می‌باشند که از یک عقربه آهن‌ربایی و یک قوطی استوانه‌ای با درپوش شیشه‌ای تشکیل شده‌اند. در قسمت داخلی کف محفظه، معمولاً حروف اختصاری جهت‌های اصلی و فرعی نوشته شده است. در بعضی از مدل‌ها به‌جای حرف (N) که بیانگر شمال مغناطیسی می‌باشد علامت پیکان رسم شده است.

برای استفاده از این نوع قطب‌نما، باید قطب‌نما را در حالت افقی و دور از مواد مغناطیسی قرار داد. محفظه قطب‌نما را آن‌قدر بچرخانید تا حرف (N) زیر نوک

عقربه شمالی که معمولاً با رنگ تیره مشخص شده است، قرار گیرد.
ب) قطب‌نماهای دارای صفحه مدرج لغزنده: در انواع ساده این‌گونه قطب‌نما، یک صفحه مدور روی عقربه نصب شده، که حروف اختصاری مربوط به جهت‌های اصلی و فرعی روی آن نصب شده است.
این صفحه مدور روی عقربه مغناطیسی نصب شده است و می‌تواند همراه با عقربه مغناطیسی آزادانه در سطحی افقی نوسان و چرخش کند و جهات اصلی و فرعی را نشان دهد.

اجزای تشکیل‌دهنده یک قطب‌نمای مغناطیسی

به‌طور کلی اصول کار قطب‌نمای مستقر بر روی شناور با نوع دوم یعنی قطب‌نمای دارای صفحه مدرج لغزنده یکسان است، ولی از این نمونه بسیار پیچیده‌تر می‌باشد؛ زیرا باید به گونه‌ای طراحی شود که در هنگام غلتش‌های طولی و عرضی شناور (پیچ و رول)، صفحه مدرج قطب‌نما همچنان به‌صورت افقی قرار گیرد و مسیر حرکت را به‌صورت مداوم به سکان‌دار یا کاربر قطب‌نما نشان دهد.



شکل برش قائم قطب‌نمای مغناطیسی

تحقیق

درباره پدیده مغناطیس، میدان مغناطیسی زمین و خاصیت مغناطیسی فلزات، تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

پاسخ فعالیت:

انتظار می‌رود پس از انجام این فعالیت، هنرآموز به یافته‌های زیر دست یابد:

زمین مانند آهن‌ربای بزرگی است. از آنجایی که مواد مغناطیسی زیادی درکره زمین وجود دارد، این کره دارای خاصیت مغناطیسی است و می‌توان آن را مانند یک آهن‌ربای بزرگ تصور کرد.

شکل زیر میدان مغناطیسی کره زمین را نشان می‌دهد. میدان مغناطیسی زمین عموماً دارای جهتی از شمال و جنوب است و در قطبین شمال و جنوب متمرکز می‌شود. میدان مغناطیسی زمین را می‌توان به‌صورت خطوط نیرویی در نظر گرفت که یک سوزن مغناطیسی قطب‌نما که می‌تواند آزادانه به‌طور افقی به هر سمتی بچرخد، تحت تأثیر آن قرار می‌گیرد و خود را با آن هم جهت می‌سازد، این خطوط نیرو را «نصف‌النهارهای مغناطیسی» می‌نامند.

در شکل زیر، میدان مغناطیسی و خطوط نیروی مغناطیسی و مؤلفه‌های عمودی و افقی آن در نقاط مختلف نشان داده است.

کار در منزل

با جست‌وجو در اینترنت یا سایر منابع معتبر، مشخصات و مختصات قطب شمال و جنوب مغناطیسی زمین را پیدا کنید؟ و تفاوت آنها را با قطب شمال و جنوب حقیقی زمین مقایسه کنید.

پاسخ فعالیت:

قطب شمال مغناطیسی زمین، در حوالی مختصات جغرافیایی ۷۴ درجه عرض شمالی و ۱۰۱ درجه طول غربی و قطب جنوب مغناطیسی در ۶۸ درجه عرض جنوبی و ۱۴۴ درجه طول شرقی قرار دارد.

این مختصات را نمی‌توان محل دقیق دو قطب مغناطیسی زمین به حساب آورد. آخرین مطالعات به عمل آمده نشان می‌دهد که مختصات قطب شمال مغناطیسی ثابت نبوده و در طول روز در حال تغییر است. حرکت این قطب روی مداری بیضی شکل صورت می‌گیرد که طول قطر بزرگ آن حدود ۵۰ مایل است. قطب شمال مغناطیسی به هنگام ظهر محلی، در جنوبی‌ترین نقطه از مدار و در نیمه شب محلی، حوالی شمال مدار بیضی قرار می‌گیرد و این حرکت به وجود آورنده تغییرات روزانه مغناطیسی زمین است. تغییرات سالانه مغناطیسی هم در طول یک سال پدید می‌آید. البته تغییرات مغناطیسی دراز مدت هم وجود دارد که این تغییرات در طی سال‌های بسیار طولانی به‌وجود می‌آیند.

دانش‌افزایی

جهات اصلی و فرعی نشان داده شده بر روی صفحه قطب‌نما و حروف اختصاری مربوط به آنها را بنویسید.

جهات اصلی عبارت‌اند از: شمال (NORTH)، مشرق (EAST)، جنوب (SOUTH) و مغرب (WEST).

جهات فرعی عبارت‌اند از: شمال شرقی (NE)، جنوب شرقی (SE)، جنوب غربی (SW) و شمال غربی (NW).

دانش‌افزایی

صحیح یا غلط بودن جملات زیر را مشخص کنید.

۱	هر فلز مغناطیسی دارای دو سر است که «قطب» نام دارد (یکی قطب شمال و دیگری قطب جنوب).	ص
۲	نیروی جذب آهن‌ربا در وسط آن متمرکز است و در دو قطب آهن‌ربا، نیروی جذب مساوی می‌شود.	غ
۳	زمانی که قطب‌های غیرهمنام دو آهن‌ربا مقابل هم قرار بگیرند، دو آهن‌ربا یکدیگر را جذب می‌کنند.	ص
۴	عقربه قطب‌نما بسیار حساس است لذا در صورت قرار گرفتن در نزدیکی اشیای آهنی یا فولادی دچار خطا می‌گردد.	غ
۵	زمانی که قطب‌های همنام آهن‌ربا مقابل هم قرار بگیرند، دو آهن‌ربا یکدیگر را دفع می‌کنند.	ص
۶	قطب‌نما مغناطیسی تحت تأثیر میدان مغناطیسی زمین است و جهت شمال حقیقی را نشان می‌دهد.	غ

فعالیت کلاسی

باتوجه به نتایج تحقیق بالا و آموخته‌های خود، جای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.

پاسخ فعالیت:

الف) هرفلزی که خاصیت جذب کردن فلز دیگری را داشته باشد «فلز مغناطیس» یا به اصطلاح «آهن‌ربا» گفته می‌شود.

ب) محدوده پیرامون یک فلز مغناطیسی را که در آنجا اثر مغناطیسی وجود دارد، «میدان مغناطیسی» می‌گویند.

پ) برخی از آلیاژهای فلزی اگر تحت اثر میدان مغناطیسی شدید قرار گیرند، خاصیت آهن‌ربایی یا مغناطیسی پیدا می‌کنند.

ت) خاصیت مغناطیسی به دو دسته دایمی و القایی تقسیم می‌شود.

دانش‌افزایی

تقسیم‌بندی جایروها بر اساس نوع عملکرد

جایروهای متصل به بدنه (Strap Down Gyro): جایروهایی که برای اندازه‌گیری مقدار دوران به‌کار رفته و معمولاً مستقیم به بدنه آن متصل می‌شوند مانند یک جایرو دو درجه آزادی که به بدنه موشک متصل شده و بسته به موقعیت قرار گرفتن محورها نسبت به محورهای موشک می‌تواند دو حرکت از سه حرکت موشک را اندازه‌گیری نماید (رول، یاو، پیچ). از این جایروها برای اندازه‌گیری سرعت‌های دورانی متحرک

نیز می‌توان استفاده نمود. برای این منظور دو جایرو SDF را عمود بر هم روی پایه‌ای سوار کرده و آن را به بدنه متحرک وصل می‌کنند.

جایروهای نصب شده بر روی پایه ثابت (Stable PlatForm Mounted Gyro): این نوع جایروها عموماً از نوع یک درجه آزادی انتگرالی بوده که سه عدد از آنها در سه جهت عمود بر هم روی یک جز پایدار نصب شده و هر جایرو یک امتداد مرجع را تعریف می‌کند.

تقسیم‌بندی جایروها از نظر فرکانس ورودی

در این نوع تقسیم‌بندی جایروها براساس طیف فرکانسی حرکات ورودی به جایرو به چهار دسته تقسیم می‌گردند:

۱ـ جایروهای هدایت و ناوبری (Guidance and Navigation): این جایروها در بخش هدایت و ناوبری کاربرد داشته و وظیفه اصلی آنها ایجاد امتدادهای معین در فضای اینرسی است. این جایروها دارای دقت بالا و قابلیت حس‌کنندگی ورودی‌های بسیار ناچیز و کم را دارند و میزان انحراف آنها بسیار کم می‌باشد. موارد استفاده این جایروها در هواپیماها، بالگردها، فضاپیماها و موشک‌های دوربرد می‌باشد.

۲ـ جایروهای کنترل و پایداری (Stabilization and Control): وظیفه این جایروها حس کردن و کنترل حرکات زاویه‌ای متحرک بوده و به همین منظور قابلیت پاسخ دادن به فرکانس‌های بالاتری را نسبت به جایروهای هدایت و ناوبری دارند و از دقت کمتری برخوردار می‌باشند. از کاربرد این جایروها می‌توان به استفاده از آنها در موشک‌ها و اژدرها جهت کنترل حرکات رول و جلوگیری از چرخش اژدر و موشک حول محور خود اشاره کرد.

۳ـ جایروهای ردگیری و هدف‌یابی (Tracking and Pointing): طیف فرکانس‌های ورودی این جایروها تا ۱۰۰ هرتز بوده و از آنها می‌توان به‌عنوان یک مرجع هدف‌گیری و یا حافظه استفاده نمود. از کاربرد این جایروها می‌توان به سیستم هدف‌یابی و قفل موشک‌ها اشاره نمود.

۴ـ جایروهای آنالیز اطلاعات پروازی (Flight Data Analysis): از اطلاعات خروجی این جایروها که دامنه فرکانسی مختلفی برحسب نیاز می‌توانند داشته باشند، در تجزیه و تحلیل اطلاعات پروازی در حین پرواز و یا پس از آن می‌توان استفاده نمود. این اطلاعات می‌تواند به منظور کنترل مسیر متحرک و یا اهدافی نظیر تست و کنترل رفتار متحرک پس از طی مسیر و یا انجام آزمایش روی یک متحرک آزمایشی بدون سرنشین استفاده نمود.

۱	«فلز مغناطیس» یا «آهن‌ربا»
۲	«میدان مغناطیسی»
۳	آهن‌ربایی یا مغناطیسی
۴	دایمی و القایی

فعالیت کارگاهی

در کارگاه دریانوردی با قسمت‌های مختلف قطب‌نمای مغناطیسی موجود بر روی یک واحد شناور آشنا شوید، با راهنمایی هنرآموز خود، توضیحات و کاربرد هر قسمت را در جدول زیر بنویسید.

پاسخ فعالیت:

۱	**مغناطیس**	چهار رشته سیم‌پیچ آهنی با خاصیت مغناطیسی به صفحه مدرج متصل شده است که سمت نیروی مغناطیسی را به آن القا می‌کند.
۲	**صفحه مدرج قطب‌نما**	یک صفحه مدور آلومینیومی که از ۰ درجه تا ۳۵۹ درجه تقسیم‌بندی شده است (همچنین نشان‌دهنده چهار جهت اصلی و نقاط بین آنها می‌باشد). صفحه مدرج به مغناطیس وصل شده و نشان‌دهنده سمت و راه شناور می‌باشد.
۳	**کاسه محافظ**	کاسه محافظ از یک جسم غیرمغناطیس (ببردی یا برنزی) ساخته شده است. کاسه محافظ از یک میله مغناطیسی و مایع مخصوص قطب‌نما تشکیل شده است.
۴	**مایع مخصوص قطب‌نما**	یک مایع مخصوص بوده که میله مغناطیسی را احاطه نموده است. چون بر طبق اصل ارشمیدس وقتی جسمی وارد مایعی می‌شود به اندازه وزن مایع هم حجم خودش، از وزنش کاسته می‌شود، و با کاهش وزن، اصطکاک نیز کمتر می‌شود. بنابراین با استفاده از این مایع می‌توان سوزن قطب‌نما را دقیقاً با نصف‌النهارات مغناطیسی تنظیم نمود و دقت قطب‌نما را افزایش داد. در قطب‌نماهای قدیمی مایع مخصوص مخلوطی از الکل و آب بود، که کار الکل در این قسمت پایین بردن نقطه انجماد بود. ولی جدیدترین مایعی که در قطب‌نما استفاده می‌شود، ورسول نام دارد که به‌صورت نوعی روغن رقیق می‌باشد. این مایع یخ نمی‌زند و در هوای سرد غلیظ و چسبناک نیز نمی‌شود.

۵	**قسمت شناور**	یک محفظه پر از هوا که از جنس آلومینیوم می‌باشد و در مرکز صفحه مدرج قطب‌نما قرار دارد. این محفظه برای کم کردن وزن و اصطکاک در نقطه مرکزی به‌کار می‌رود.
۶	**فضای زیرین**	قسمت‌های زیر کاسه قطب‌نما را فضای زیرین می‌گویند که کار این قسمت پر نگهداشتن کاسه قطب‌نما از مایع مخصوص می‌باشد. ضمناً یک پیچ تنظیم به ما کمک می‌کند که در صورت نیاز، مایع مخصوص قطب‌نما را تنظیم نگه داریم.
۷	**شاخص نشان‌دهنده راه قطب‌نمایی**	یک میله باریک و کوچک در داخل قطب‌نما می‌باشد که برروی خط مرکزی شناور منطبق می‌باشد. شاخص مزبور برای خواندن راه در روی صفحه مدرج قطب‌نما به‌کار می‌رود. راه خوانده شده از صفحه مدرج، نشان‌دهنده مسیر حرکت شناور می‌باشد.
۸	**وسیله تراز نگه‌داشتن قطب‌نما**	بر اثر برخورد امواج دریا با کشتی، کشتی حول محورهای طولی و عرضی خود، حرکاتی انجام می‌دهد؛ بنابراین، باید کاری کرد که این حرکات بر کاسه محافظ که همه اجزای قطب‌نما را در خود جا داده است، تأثیری نگذارد و کاسه محافظ همواره به حالت تراز (افقی) باقی بماند و صفحه مدرج که بر روی عنصر حساس تعبیه شده، موازی سطح افق قرار گیرد و دچار خطا و بی دقتی نگردد.
۹	**پایه قطب‌نما**	قطب‌نمای مغناطیسی معمولاً بر روی پایه‌ای چوبی (یا فلزی غیرمغناطیس) قرار داده می‌شود. این پایه وسایل روشنایی مناسب صفحه قطب‌نما را تأمین می‌کند تا بتوان از قطب‌نما در هنگام تاریکی استفاده کرد و آن را خواند، و همچنین وسایل تنظیم قطب‌نما (مانند گوی‌های آهنی دو طرف آهن‌ربا) را در خود جای می‌دهد.

دانش‌افزایی

برای برطرف کردن تأثیر حرکات کشتی بر روی قطب‌نما، از وسیله‌ای ساده به نام تراز نگهدارنده؛ (Gimbal) استفاده می‌کنند. تراز نگهدارنده از دو حلقه فلزی غیرمغناطیسی که یکی در درون دیگری قرار می‌گیرد، تشکیل شده است. حلقه داخلی که قطب‌نما در آن نصب می‌شود، به‌وسیله دو میله کوتاه موازی با محور طولی شناور بر روی پایه‌های چسبیده به حلقه بیرونی سوار می‌شود و می‌تواند حول این محور (محور طولی شناور) آزادانه حرکت چرخشی انجام دهد. حلقه بیرونی هم

به‌وسیله دو میله فلزی کوتاه عمود بر محور طولی شناور (موازی محور عرضی شناور) بر روی پایه قطب‌نما نصب می‌گردد و می‌تواند آزادانه حول محور عرضی شناور، حرکات چرخشی انجام دهد. حال اگر شناور دارای هر حرکتی حول محورهای طولی و عرضی خود باشد، این وسیله ساده به راحتی آن را خنثی می‌کند و در نتیجه، قطب‌نما همیشه تقریباً موازی سطح افق باقی می‌ماند و از خطاهای ناشی از حرکات مختلف شناور حول محورهای طولی و عرضی آن حفظ می‌شود.

وقتی قطب‌نما به‌وسیله تراز نگهدارنده (Gimbal)، افقی باقی بماند، آهن‌رباها که تشکیل‌دهنده عنصر حساس آن هستند، آزادانه تحت تأثیر میدان مغناطیسی کره زمین واقع می‌شوند و خود را با مؤلفه افقی این میدان همسو می‌سازند و صرف نظر از اینکه شناور دارای چه راه و جهت و حرکاتی حول محورهای طولی و عرضی خود باشد، در سمت شمال مغناطیسی می‌ایستد، چون صفحه مدرج برروی آهن‌رباها چسبانیده شده، عدد صفر این صفحه همیشه نشان‌دهنده شمال مغناطیسی است.

بحث کلاسی

چند مورد از معایب و محدودیت‌های قطب‌نمای مغناطیسی را بیان کنید.

پاسخ:

۱ حساسیت به میدان‌های مغناطیسی اطراف آن

۲ انحراف

۳ بلا استفاده بودن در اطراف قطبین

دانش‌افزایی

الف) علت پیدایش خطای قطب‌نمای مغناطیسی (Magnetic Compass Error) چیست و چگونه محاسبه می‌شود؟

پاسخ: جهت شمالی که به‌وسیله قطب‌نمای مغناطیسی نشان داده می‌شود، از شمال حقیقی مقداری زاویه دارد. این زاویه همان خطای قطب‌نمایی (C.E) است که در اثر اختلاف مغناطیسی (VARIATION) و انحراف قطب‌نمایی (DEVIATION) به‌وجود می‌آید.

ب) اختلاف مغناطیسی و انحراف قطب‌نمایی را تعریف کرده و هرکدام چگونه محاسبه می‌شوند؟

پاسخ:

- به زاویهٔ تشکیل شده بین نصف‌النهار مغناطیسی و نصف‌النهار جغرافیایی در هر نقطه‌ای از کرهٔ زمین «اختلاف» می‌گویند.
- وجود آهن و فلزات در کشتی باعث می‌شود که عقربه قطب‌نما از نصف‌النهار مغناطیسی منحرف شود. این انحراف ممکن است به طرف راست یا چپ شمال

مغناطیسی باشد که به‌صورت زاویه شرقی یا غربی و مقدار آن با درجه و دقیقه بیان می‌شود. انحراف با تغییر مسیر کشتی تغییر می‌کند و مقدار آن برای راه‌های مختلف، متفاوت است.

ت) در یک شناور VAR=۲/۵°E و DEV=۳° W می‌باشد، مقدار خطای قطب‌نمایی را محاسبه نمایید.

پاسخ:

خطای قطب‌نمایی (C.E) حاصل جمع جبری DEV و VAR است.

- چنانچه DEV و VAR هم علامت باشند(هر دو شرقی یا هر دو غربی) عدد آن دو با هم جمع شده و حاصل برابر با خطای قطب‌نمایی است. این خطا هم با DEV و VAR هم‌علامت می‌شود.
- اما اگر علامت DEV و VAR مختلف باشد، عدد آنها از یکدیگر کسر می‌شود و مقدار خطای قطب‌نمایی به‌دست می‌آید و علامت خطای قطب‌نمایی با علامت خطای بزرگ‌تر برابر می‌شود.

با دانستن اختلاف مغناطیسی و انحراف قطب‌نمایی، در این مسئله خطای قطب‌نمای مغناطیسی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

Variation	Deviation	Compass Error (C.E) =Var. ± Dev
۲/۵°E	۳° W	C. E = ۳° W – ۲/۵°E = ۰/۵° W

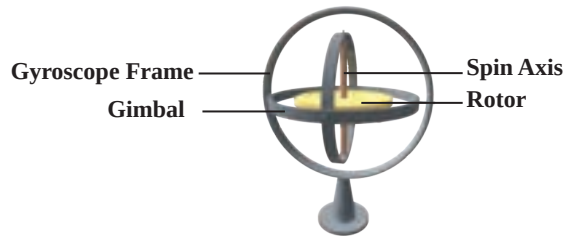
قطب‌نمای الکتریکی (جایرو): (Gyro Compass)

این نوع قطب‌نما پیوسته قطب شمال حقیقی زمین را نشان می‌دهد. و از وسیله‌ای به نام «جایرواسکوپ» به‌عنوان عنصر حساس که همسو با قطب شمال حقیقی قرار می‌گیرد، بهره می‌برد.

دانش‌افزایی

با توجه به تصویر، ترجمه هر کدام را بنویسید.

پاسخ:



الف) ژیروسکوپ

ب) «دوران‌کننده یا روتور»

پ) حلقه‌های تراز نگهدارنده (GIMBAL)

جایروسکوپ عضو اصلی سیستم‌های هدایت اینرسی است و عمدتاً برای اندازه‌گیری مقدار دوران، سرعت دوران و ایجاد محورهای مختصات مرجع در وسایل نقلیه هوایی، فضایی و دریایی (نظیر هواپیماها، موشک‌ها، ماهواره‌ها، کشتی‌ها، زیردریایی‌ها و...) به‌کار می‌رود.

فعالیت کارگاهی

با راهنمایی هنرآموز خود موارد کاربرد قطب‌نمای جایرو را در جدول زیر بنویسید.

پاسخ فعالیت:

تصویر			
نام	واحد کنترل و نمایش	تکرارکننده‌های جایرو	صفحه‌های نمایش و نشان‌دهنده جایرو
کاربرد	عمده کار این واحد جهت روشن و یا خاموش کردن سیستم تنظیمات، تعریف پارامترهای خروجی و... استفاده می‌شود. و در پل فرماندهی و در دسترس فرمانده شناور قرار دارد.	انتقال اطلاعات جایرو، این واحد در هر جایی از شناور که نیاز به اطلاعات شمال حقیقی زمین است می‌تواند قرار گیرد.	در این قسمت اطلاعات مربوط به شمال حقیقی استخراج می‌شود.

فعالیت کلاسی

در جدول زیر برخی از مزایای قطب‌نمای الکتریکی نسبت به قطب‌نمای مغناطیسی آورده شده است. با راهنمایی هنرآموز و معلومات خود جای خالی را پر کنید.

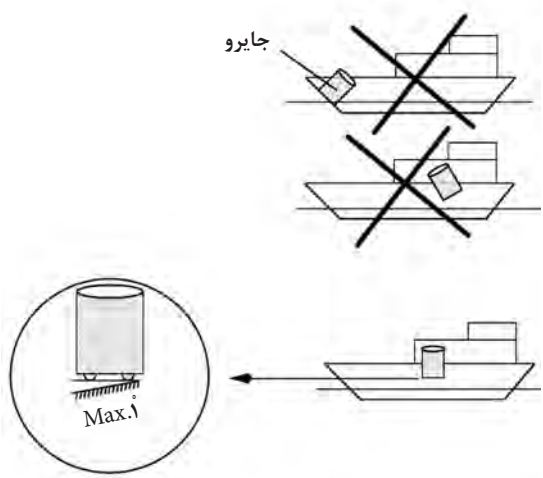
پاسخ فعالیت: در جدول زیر برخی از مزایای قطب‌نمای الکتریکی نسبت به قطب‌نمای مغناطیسی آورده شده است. با راهنمایی هنرآموز و معلومات خود جای خالی را پر کنید.

۱	قطب‌نمای الکتریکی نسبت به شمال حقیقی، جهت را نشان می‌دهد، درحالی‌که قطب‌نمای مغناطیسی نسبت به شمال مغناطیسی، جهت را اندازه‌گیری می‌نماید.
۲	نزدیک‌شدن به قطب مغناطیسی در کار قطب‌نمای مغناطیسی تأثیری ندارد، درحالی‌که قطب‌نمای الکتریکی در نزدیک قطب مغناطیسی خاصیت خود را از دست می‌دهد و هیچ‌گونه استفاده‌ای از آن نمی‌توان کرد.
۳	قطب‌نمای الکتریکی تحت تأثیر مواد مغناطیسی قرار قطب‌نمای الکتریکی و بنابراین می‌توان آن را به خوبی در زیر پل اصلی شناور نگهداری و محافظت نمود. ولی قطب‌نمای مغناطیسی نسبت به مواد مغناطیسی بالای پل اصلی شناور است و از آن باید در بالای پل اصلی شناور که نسبتاً حفاظت کمتری دارد، نگهداری نمود.
۴	اطلاعات حاصل از قطب‌نمای الکتریکی را می‌توان به‌طور الکتریکی توسط شاخص‌هایی به محل‌های دیگر منتقل نمود (تکرارکننده‌های جایرو) ولی پیاده نمودن سیستم فوق در روی قطب‌نمای مغناطیسی به سهولت امکان‌پذیر نمی‌باشد.
۵	قطب‌نمای الکتریکی یک دستگاه پیچیده الکتریکی و مکانیکی می‌باشد و همیشه در معرض قطب‌نمای الکتریکی قرار دارد. ولی قطب‌نمای مغناطیسی از نظر مکانیکی قطب‌نمای مغناطیسی است و اشکالات مکانیکی درآن خیلی کم است.
۶	قطب‌نمای الکتریکی وابسته به قطب‌نمای الکتریکی می‌باشد و در موارد مختلف اضطراری، مثل خراب شدن ژنراتور شناور و از دست دادن نیروی الکتریکی، این قطب‌نما از کار می‌افتد ولی از دست دادن نیروی برق شناور، هیچ‌گونه تأثیری در کار قطب‌نمای مغناطیسی نمی‌گذارد.
۷	برای نگهداری، تعمیر و سرویس قطب‌نمای الکتریکی نیاز به قطب‌نمای الکتریکی می‌باشد. درحالی‌که برای کار کردن و نگهداری قطب‌نمای مغناطیسی احتیاج به مهارت بسیار کمتری می‌باشد.

دانش‌افزایی

ـ محل نصب صحیح جایرو در شناور:

برای اینکه تأثیرپذیری قطب‌نمای جایرو از حرکات مختلف کشتی کمتر باشد، آن را قسمت تحتانی کشتی و در مکانی که کمترین رل و پیچ شناور بر آن تأثیرگذار است قرار می‌دهند، و آن را جایرو مادر می‌نامند و برای استفاده از خاصیت جهت‌یابی آن؛ علایم حاصل از دستگاه را به تکرارکننده‌هایی که در پل فرماندهی و قسمت‌های مختلف قرار دارند؛ منتقل می‌کنند؛ این تکرارکننده‌ها درست مانند قطب‌نما مورد استفاده قرار می‌گیرند.



مکان نصب صحیح جایرو در شناور

انواع جایرو

جایروها از لحاظ مکانیزم داخلی به دو دسته جایروهای مکانیکی و جایروهای **فیبر نوری** (فایبر اپتیکی) تقسیم می‌شوند.

جایروهای فیبر نوری (Fiber ـ Optic Gyro Compas) از جمله مدرن‌ترین جایروهای موجود می‌باشند. در این جایروها از اثر تداخل امواج دو اشعه نوری که در جهت مخالف همدیگر درون فیبر نوری حرکت می‌کنند، استفاده می‌شود.

مهم‌ترین مزیت این نوع جایرو عدم حساسیت نسبت به شوک و ارتعاش می‌باشد. همچنین دقت بسیار بیشتر این جایرو نسبت به نوع مکانیکی باعث استفاده از آن در هدایت پرنده‌های غول پیکر مانند شاتل‌ها و هواپیماهای مسافربری می‌شود.

دانش‌افزایی

سمت‌یاب: Azimuth Circle

سمت‌یاب‌ها بر روی قطب‌نمای مغناطیسی یا تکرارکننده جایرو نصب شده و برای اندازه‌گیری سمت اجسام مختلف در سطح دریا یا ساحل مورد استفاده قرار می‌گیرند.

حلقه سمت‌گیر نجومی: برای اندازه سمت ستارگان و سیارات به‌کار رفته و بر روی قطب‌نمای مغناطیسی یا تکرارکننده جایرو سوار می‌شود.

حلقه سمت‌گیر سطحی: برای اندازه‌گیری سمت اجسام مختلف در سطح دریا یا ساحل مورد استفاده قرار می‌گیرد. این حلقه هم بر روی قطب‌نما یا تکرارکننده جایرو سوارمی‌شود.

سمت‌گیر تلسکوپی: مشابه حلقه سمت‌گیر سطحی است؛ با این تفاوت که به‌جای مگسک جلو و عقب؛ یک تلسکوپ (دوربین) نصب شده است.

سمت‌گیر تلسکوپی ثابت: کشتی دارای حرکت ثابتی است و به همین علت گاه مشکل می‌توان جسمی را به‌طور دایم در دید تلسکوپ سمت‌گیر داشت. برای از بین بردن این مشکل سمت‌گیر تلسکوپی ساده (با تنظیم خودکار) به‌کار می‌بریم که پیوسته موازی با سطح افق یا به اصطلاح (پایدار) بر روی جسمی که می‌خواهیم از آن سمت بگیریم؛ باقی می‌ماند. این سمت‌گیر هم بر روی تکرارکننده‌های جایرو سوار می‌شود. به‌چند نمونه مختلف سمت‌گیر را در شکل‌های زیر مشاهده می‌کنید.

چند نمونه سمت‌یاب

قطب‌نمای مغناطیسی پایه‌دار: این قطب‌نما در قسمت‌های مختلف کشتی به‌ویژه در پل فرماندهی و سمت راست و چپ آن نصب می‌شود و برای گرفتن سمت به‌کار می‌رود. امروزه تکرارکننده‌های جایرو، جایگزین این نوع قطب‌نماها شده‌اند.

نکته

عقربه قطب‌نمای مغناطیسی که می‌تواند آزادانه به‌طور افقی حرکت کند؛ خود را با خطوط مغناطیسی زمین همسو می‌سازد و در حقیقت قطب شمال مغناطیسی را نشان می‌دهد. این وضعیت در صورتی پیش می‌آید که قطب‌نمای مغناطیسی تحت تأثیر هیچ میدان مغناطیسی دیگری غیر از میدان مغناطیسی کره زمین واقع نشود؛ درحالی‌که عملاً این‌گونه نیست و قطب‌نمای مغناطیسی (همان‌گونه که قبلاً اشاره کردیم) بر روی کشتی‌هایی قرار دارند که از فلزات دارای خاصیت مغناطیسی؛ ساخته شده‌اند و بنابراین؛ تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی دایمی و القایی می‌شوند. این میدان‌های مغناطیسی باعث انحراف عقربه قطب‌نما از نصف‌النهار مغناطیسی می‌شود و به این علت عقربه قطب‌نمای مغناطیسی نقطه‌ای را نشان می‌دهد که قطب شمال قطب‌نما نام دارد.

پیشرفت مهم بعدی در امر ناوبری کشف قطب‌نمای مغناطیسی و دستگاه زاویه‌یاب (Sextant) بود. عقربه قطب‌نما همیشه نقطه شمالی را نمایش می‌دهد، بنابراین همیشه دانستن جهت مسیری که در آن حرکت می‌کنیم را ممکن می‌سازد.

دستگاه سکستانت (Sextant)

زمانی که فناوری پیشرفته امروزی وجود نداشت، مردم و به‌خصوص افرادی مانند دریانوردان و جهانگردان گاهی اوقات در یک گستره جغرافیایی و به‌خصوص شهرها و کشورهای بیگانه، از مکان دقیق خود باخبر نبودند و حتی گاهی نیز در بیابان‌ها و دریاها مسیر خود را گم می‌کردند. از سوی دیگر در دنیای قدیم، استفاده از ستارگان، قطب‌نما و سایر عوامل طبیعی تا اندازه‌ای راهگشای بشر بود، ضمن اینکه همه این موارد، به‌طور کلی انسان عصر گذشته را مورد هدایت و راهنمای قرار می‌داد. درحالی‌که امروزه پیچیدگی‌های جغرافیایی، اصولاً زمینه استفاده از این‌گونه روش‌ها را تا حد زیادی منتفی و بی‌معنا کرده است. از پیشگامان بهره‌برداری از این روش‌های پیشرفته، دریانوردان بودند.

در دوران باستان بیشتر مسافران موقعیت خود را با مشاهده محیط اطراف تعیین می‌کردند. ناوبری از طریق رؤیت دقیق عوارض زمین، مشاهده ستارگان و شناخت دقیق منطقه نسبتاً کوچکی انجام می‌گرفت که نسل به نسل منتقل شد. اختراع قطب‌نما به تنهایی نمی‌توانست موقعیت را تعیین کند. اسطرلاب، ارتفاع‌سنج و زاویه‌یاب سکستانت دور نمای جدیدی را در زمینه سیر و سفر گشودند. این وسایل، ناوبران را قادر می‌ساخت تا به سادگی عرض جغرافیایی محل خویش را تعیین کنند. محاسبات طول جغرافیایی نیاز به جداول خاصی داشت که جزئیات موقعیت دقیق ستارگان را در زمان معین، روشن سازد. ناوبری به کمک ستارگان به تجربه و تمرین نیاز داشت و دقت آن حدود یک مایل بود و در هوای نامساعد دارای کاربری نبود. تمام این موانع با آمدن استفاده از سیگنال‌های رادیویی برطرف گردید (تعیین موقعیت با استفاده از سیگنال‌های رادیویی نیاز به اندازه‌گیری اختلاف زمان سیگنال‌هایی دارد که از مکان‌های معینی می‌آیند. اگر اپراتور موقعیت دقیق دو برج رادیویی، سرعت امواج رادیویی، سرعت امواج رادیویی، و اختلاف زمانی بین دو سیگنال را بداند می‌تواند موقعیت یک بعدی را محاسبه نماید). استفاده از سیگنال‌های رادیویی در تعیین موقعیت، پیشرفت مهمی در امر ناوبری به‌شمار می‌رفت. اما تجهیزات رادیویی از دقت زیادی برخوردار نبودند و تا زمانی که رادار به میدان آمد کافی به نظر می‌رسیدند. اطلاعات موقعیت به‌صورت یک بعدی کافی نیست. چنانچه سه برج رادیویی مورد استفاده قرار گیرد یک تعیین موقعیت دو بعدی را می‌توان انجام داد. با استفاده از موقعیت برج‌ها، سرعت سیگنال‌ها و اختلاف‌های زمانی، می‌توان یک موقعیت دو بعدی را در عرض و طول جغرافیایی محاسبه نمود.

سامانه تعیین موقعیت جهانی (GPS) براساس اصول مشابه کار می‌کند. در حقیقت ماهواره‌ها جایگزین برج‌های رادیویی شده‌اند. سیستم (GPS) بهتر از

روش‌های قبلی می‌باشد زیرا نقاط را به‌صورت سه‌بعدی یعنی طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی و ارتفاع ثبت می‌کند.

امروزه در ناوبری و موقعیت‌یابی به‌جای استفاده از ستارگان و قطب‌نماهای مغناطیسی از سیستم‌های ماهواره‌ای که از نظر فناوری پیچیده ولی از نظر کاربری ساده و سهل‌الوصول هستند استفاده می‌شود. و ناوبری به کمک ماهواره‌ها (سیستم‌های تعیین موقعیت جهانی) در تمام زمینه‌ها کاربرد پیدا کرده است، از تعیین موقعیت اجسام پرندهٔ هوایی و فضایی گرفته تا اجسام متحرک زمینی و دریایی، در زمین‌شناسی و نقشه‌برداری، در زمان سنجی و... .

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان (فصل)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
کاربری سامانه هدایت کشتی	بررسی سامانه هدایت خودکارکشتی	نگهداری وکار با سامانه هدایت خودکار کشتی	بالاتر از حد انتظار	۱ قسمت‌های مختلف سامانه هدایت خودکار کشتی را بشناسد. ۲ نحوهٔ عملکرد سامانه هدایت خودکار (اتوپایلوت) را بداند. ۳ نکات ایمنی در نگهداری سامانه هدایت خودکار (اتوپایلوت) را بداند. هنرجو توانایی بررسی همهٔ شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ قسمت‌های سامانه هدایت خودکار کشتی را بشناسد. ۲ نحوهٔ عملکرد سامانه هدایت خودکار (اتوپایلوت) را بداند. ۳ نکات ایمنی در نگهداری سامانه هدایت خودکار (اتوپایلوت) را بداند. هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حدانتظار	۱ قسمت‌های سامانه هدایت خودکار کشتی را بشناسد. ۲ نحوهٔ عملکرد سامانه هدایت خودکار (اتوپایلوت) را بداند. ۳ نکات ایمنی در نگهداری سامانه هدایت خودکار (اتوپایلوت) را بداند. هنرجو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
	نمرهٔ مستمر از ۵				
	نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳				
	نمرهٔ پودمان از ۲۰				

ارزشیابی شایستگی کاربری سامانه‌های هدایت کشتی

۱ـ شرح کار:

- شناخت انواع قطب‌نماهای مورد استفاده در شناورها و ضرورت به‌کارگیری هرکدام از آنها.
- توانایی کار با انواع قطب‌نماهای موجود در روی کشتی.
- شناخت انواع جایروهای رایج موجود و توانایی کار با آنها.
- توانایی رفع برخی از عیوب قطب‌نمای الکتریکی.

۲ـ استاندارد عملکرد:

- شناخت انواع قطب‌نماهای الکتریکی موجود در روی کشتی.

۳ـ شاخص‌ها:

- توانایی کار با انواع قطب‌نماهای موجود در روی کشتی.

۴ـ شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه ناوبری مجهز به انواع قطب‌نماهای موجود در روی کشتی، به همراه بازدید نوبه‌ای و مرتب از واحدهای شناور.

ابزار و تجهیزات: انواع قطب‌نمای مغناطیسی و الکتریکی.

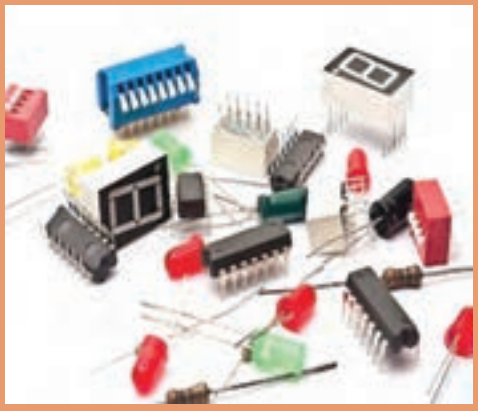
۵ـ معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	انواع قطب‌نما	۱	
۲	قطب‌نمای الکتریکی	۲	
۳	سامانه هدایت خودکار (اتوپایلوت)	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و... ۱ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها؛ ۲ دقت و تمرکز در اجرای کار؛ ۳ رعایت اصول و ایمنی اخلاق حرفه‌ای؛ ۴ استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات ناوبری.	۲	
	میانگین نمرات		*

* **حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.**

پودمان ۳

کاربری مدارهای الکترونیکی



نوع درس: نظری ـ عملی

کل ساعات: ۶۰ ساعت

ساعات نظری: ۲۰ ساعت

ساعات عملی: ۴۰ ساعت

روش تدریس پودمان

۱ عموماً در ابتدای درس و در جلسه اول به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیرشود.

۲ سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن درکارگاه بررسی شده و از هنرجویان خواسته شود درمباحث کلاسی وتمرینات کارگاهی شرکت کرده تا بتوانند این نکات را به خوبی فرا گرفته و برای همیشه به خاطر بسپارند.

۳ توصیه می‌گردد برای تدریس بهتر این فصل هنرآموز از روش تدریس **کلاس معکوس** استفاده کند. یعنی ازهنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با مدارهای الکترونیکی، مطالعه و یاد گرفته و در کلاس وکارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهد.

۴ پیشنهاد می‌گردد هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب فصل، موارد ذکر شده در بخش‌های دانش‌افزایی را مورد توجه قرار داده و هنگام آموزش آنها را به‌کار گیرد.

۵ توصیه می‌گردد با هدف **تقویت مهارت‌های خوانداری و نوشتاری هنرجویان** و نیز **درک بهتر مطالب**، از آنان خواسته شود تحقیق‌ها و گزارشات خود را به‌صورت دست نویس روی کاغذ نوشته و ارائه دهند و تا جای ممکن از کپی کردن مطالب اینترنت به‌صورت تایپ شده، آماده و خام خودداری شود.

۶ فعالیت‌هایی ازقبیل «فکر کنید»،«بحث کنید» و...برای فعال کردن هنرجویان و به‌کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.

۷ از هنرجویان خواسته شود تمامی فعالیت‌های کارگاهی را انجام دهند.

سؤالات پیشنهادی

- سالم و معیوب بودن دیود با مولتی‌متر چگونه مشخص می‌شود؟
- نام‌گذاری دیودها به چه صورت انجام می‌شود؟
- تجربهٔ عملی روی عملکرد مدارهای یک‌سوساز و صافی چگونه است؟
- تجربهٔ عملی روی عملکرد مدارهای چند برابرکننده چگونه است؟
- نحوهٔ کار با مدارهای برش‌دهنده چگونه است؟
- نحوه کار با مدارهای مهارکننده چگونه است؟
- اتصال P و N را به عنوان یک دیود شرح دهد.
- دیود را به منزلهٔ یک کلید الکترونیکی ایده‌آل معرفی کند.
- چگونگی آزمایش و سالم بودن دیود را به کمک اهم متر شرح دهد.
- پارامترهای مهم در دیود (مقادیر حد) را شرح دهد.

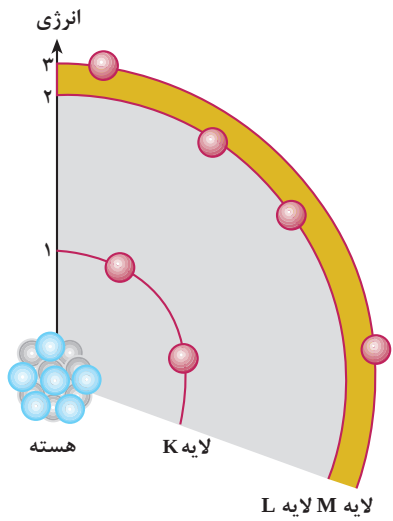
- مشخصات دیود را از روی برگهٔ مشخصات بخواند.
- کاربرد دیود را در یک‌سوسازی جریان متناوب به‌صورت نیم موج و تمام موج شرح دهد.
- مدار یک منبع تغذیه با ترانسفورماتور، یک‌سو ساز و خازن صافی را رسم کند.
- دیود زنر و کاربرد آن در تثبیت ولتاژ را توضیح دهد.
- دیود نوردهنده (LED) را شرح دهد.
- کاربرد LED در نمایش اعداد و وضعیت کار سیستم‌ها را بیان کند.
- نقش دیود، آی‌سی رگولاتور و... را در چند مثال کاربردی تشریح کند.

دانش‌افزایی

هدایت الکتریکی اجسام

اتم‌های عناصر دارای الکترون‌هایی هستند که در مدارهای مختلف به دور هسته در حال گردش‌اند. الکترون‌هایی که به هسته نزدیک‌تر هستند انرژی کمتری دارند، اما نیروی وارد شده از هسته بر آنها بیشتر است و به آسانی نمی‌توان آنها را از اتم جدا کرد.

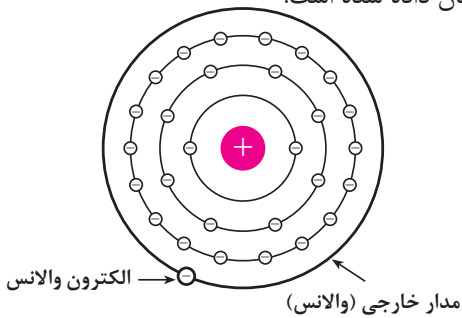
الکترون‌های آخرین مدار دارای انرژی بیشتری بوده اما وابستگی کمتری به هستهٔ اتم دارند. در شکل مشاهده می‌کنید که هرچه فاصله الکترون از هسته بیشتر باشد انرژی آن هم بیشتر است.



الکترون‌های ظرفیت یا والانس

آخرین لایهٔ هر اتم (لایهٔ ظرفیت) یا (والانس) نام دارد و الکترون‌های این لایه نیز الکترون‌های ظرفیت یا والانس نام دارند.

در شکل زیر اتم مس به همراه مدارهای آن، لایهٔ والانس، همچنین الکترون‌های لایهٔ والانس نشان داده شده است.

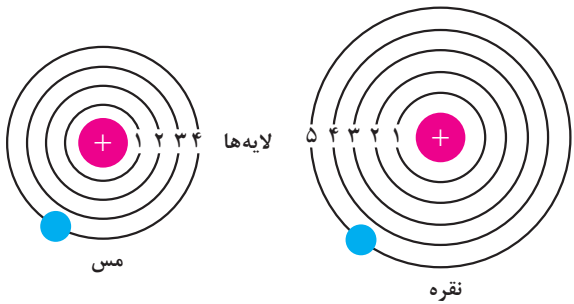


اگر الکترون‌های لایه ظرفیت در مدار بزرگی به دور هسته در حال گردش باشند و نیروی جاذبه‌ای که از هسته به این الکترون‌ها وارد می‌شود خیلی ضعیف باشد، با انرژی اندکی که از خارج به این الکترون‌ها وارد می‌شود الکترون‌ها از قید هسته آزاد می‌شوند. به الکترونی که از قید هسته آزاد می‌شود (الکترون آزاد) گویند.

خواص شیمیایی و الکتریکی اجسام به الکترون‌های لایهٔ ظرفیت عناصر آن جسم بستگی دارد. اجسام موجود در طبیعت از نظر هدایت الکتریکی به سه دسته هادی‌ها، نیمه‌هادی‌ها و عایق‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند.

هادی‌ها

هادی‌ها اجسامی هستند که الکترون‌های آنها به راحتی از قید هسته آزاد می‌شوند. این اجسام دارای الکترون آزاد زیاد هستند. الکترون‌های آزاد سبب عبور جریان برق می‌شوند. به این اجسام (رسانا) هم گویند. فلزات یک تا سه ظرفیتی هادی‌های خوبی هستند. در شکل زیر ساختمان اتمی دو فلز نقره و مس را که فقط الکترون‌های لایه ظرفیت آنها رسم شده است، مشاهده می‌کنید. این فلزات هادی‌های خوبی هستند.

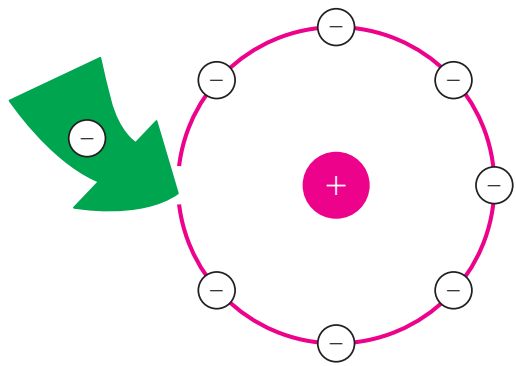


عایق‌ها

لایهٔ والانس اتم عایق‌ها معمولاً از ۴ الکترون بیشتر و حداکثر ۸ الکترون دارند. چون انرژی به‌کار رفته در اتم عایق میان تعداد زیادی الکترون لایه ظرفیت تقسیم می‌شود، انرژی هر الکترون بسیار ناچیز است. این الکترون‌ها به سختی از اتم جدا می‌شوند. پس این اجسام در وضعیت معمولی، الکترون آزاد بسیار کم دارند و از این رو عایق‌ها جریان برق را از خود عبور نمی‌دهند. در شکل لایهٔ والانس یک اتم عایق نشان داده شده است.

این اتم در لایهٔ والانس ۷ الکترون دارد و با دریافت یک الکترون لایهٔ والانس آن دارای ۸ الکترون می‌شود و به حالت پایدار درمی‌آید.

هوا، شیشه، پلاستیک، کائوچو و نظایر آن عایق هستند.



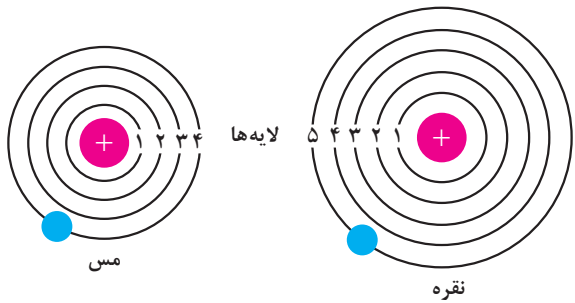
نیمه هادی‌ها

به عناصری که اتم‌های آن در مدار آخر خود چهار الکترون دارند، (نیمه هادی) گویند. نیمه هادی‌ها در صفر مطلق (۲۷۳ C-) تقریباً هادی هستند. در درجهٔ حرارت معمولی ($25^{\circ}C$) انرژی حرارتی محیط باعث آزاد شدن تعدادی از الکترون لایهٔ ظرفیت می‌شود و هدایت الکتریکی در جسم بالا می‌رود. البته افزودن ناخالصی هم می‌تواند هدایت الکتریکی جسم را بالا ببرد. عناصری نظیر کربن، سیلیکن و ژرمانیوم جزء نیمه هادی‌ها به شمار می‌آیند. دو عنصر نیمه هادی سیلیکن و ژرمانیوم در برق و الکترونیک کاربرد فراوان دارند.

ساختمان اتمی سیلیکن و ژرمانیوم

سیلیکن دارای عدد اتمی ۱۴ است. یعنی دارای ۱۴ پروتون و ۱۴ الکترون است. ژرمانیوم دارای عدد اتمی ۳۲ است. یعنی ۳۲ پروتون و ۳۲ الکترون دارد. در شکل صفحه بعد ساختمان اتمی سیلیکن (Si) و ژرمانیوم (Ge) نشان داده شده است.

هر دو عنصر سیلیکن و ژرمانیوم در لایهٔ ظرفیت دارای چهار الکترون هستند.



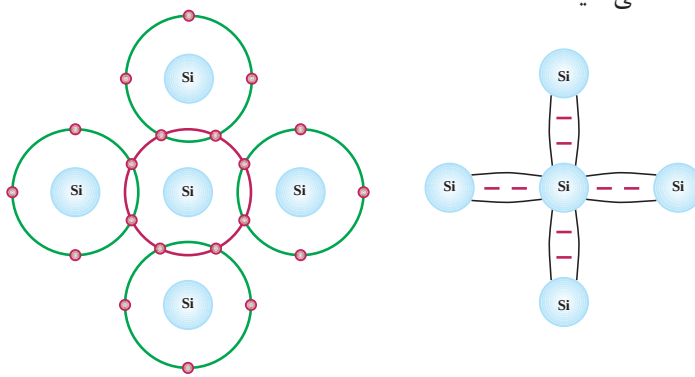
ساختمان کریستالی سیلیکن و ژرمانیوم:

وقتی اتم‌های عناصر با نظم خاصی در کنار هم قرار می‌گیرند جسم جامدی را تشکیل می‌دهند که به آن (کریستال) گویند. ژرمانیوم و سیلیکن نیز به‌صورت کریستال هستند.

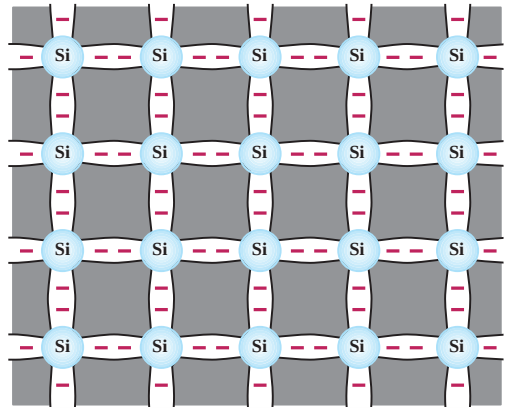
پیوند اشتراکی (کووالانس) در اتم‌های سیلیکن و ژرمانیوم هرگاه اتمی در مدار آخر خود دارای هشت الکترون باشد مدار آن کامل بوده، از نظر شیمیایی حالت پایداری پیدا می‌کند.

نیمه هادی‌ها و عایق تمایل به دریافت الکترون و تکمیل مدار آخر خود دارند چون اتم سیلیکن و ژرمانیوم در مدار آخر خود چهار الکترون دارند، می‌خواهند مدار آخر خود را کامل کنند؛ برای این منظور هر اتم یک الکترون با اتم مجاور به اشتراک می‌گذارد.

(الکترون‌های ظرفیت هر اتم علاوه بر اینکه به دور هستهٔ خود در گردش هستند به دور هستهٔ اتم مجاور هم گردش می‌کنند.). این نوع پیوند بین اتم‌ها را پیوند اشتراکی یا کووالانس گویند. در شکل زیر پیوند اشتراکی بین اتم‌های سیلیکن را مشاهده می‌کنید.



البته پیوند بین اتم‌های ژرمانیوم نیز مشابه اتم‌های سیلیکن است. چون هر اتم در مدار آخر خود هشت الکترون دارد دارای حالت پایدار بوده در صفر مطلق کریستال سیلیکن و ژرمانیوم الکترون آزاد ندارند و عایق هستند.
شکل زیر پیوند کووالانس در ساختمان کریستال را نشان می‌دهد.

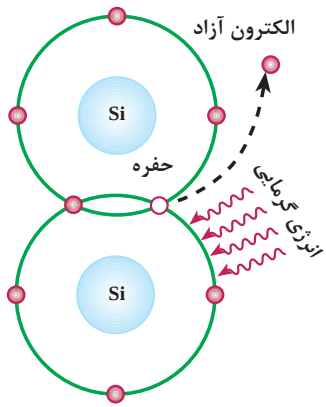


هدایت الکتریکی در سیلیکن و ژرمانیوم خالص

در صفر مطلق (۲۷۳ c-) سیلیکن و ژرمانیوم خالص عایق کامل هستند زیرا در داخل کریستال الکترون آزاد وجود ندارد. عواملی نظیر انرژی نورانی یا انرژی گرمایی می‌توانند انرژی جنبشی الکترون‌های والانس را افزایش دهند و سبب آزاد شدن الکترون‌های ظرفیت گردند و به این ترتیب هدایت را در سیلیکن یا ژرمانیوم افزایش دهند.

ایجاد حفره

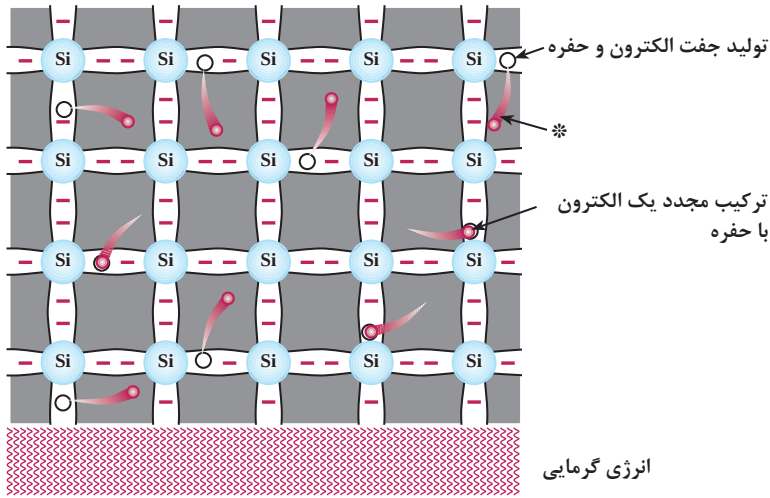
انرژی‌های خارجی نظیر حرارت می‌تواند باعث شکسته شدن پیوند شود و در نتیجه الکترون از قید هسته آزاد گردد.آزاد شدن یک الکترون از مدار ظرفیت یک جای خالی الکترون ایجاد می‌کند که به این جای خالی الکترون «حفره» گویند. در شکل مقابل الکترون آزاد و محل خالی آن یعنی «حفره» نشان داده شده است. چون محل خالی الکترون می‌تواند یک الکترون آزاد نزدیک به خود را جذب کند مانند یک بار مثبت عمل می‌کند.



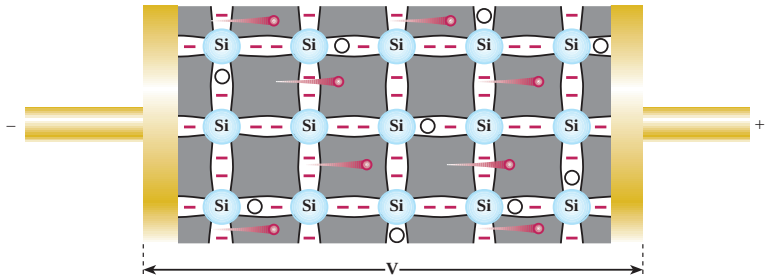
جریان الکترون‌های آزاد

الکترون‌های آزاد شده در کریستال به‌صورت نامنظم حرکت می‌کنند.اگر به‌صورت اتفاقی الکترونی به حفره‌ای نزدیک شود جذب حفره می‌گردد. به این ترتیب تا زمانی که نیرویی از خارج اعمال نشود حرکت الکترون‌ها و جذب آنها به‌وسیلهٔ حفره‌ها در کریستال به‌طور نامنظم ادامه می‌یابد.

درشکل زیر کریستال سیلیکون، تولید الکترون، حفره و ترکیب مجدد الکترون، باحفره نشان داده شده است.



وقتی مطابق شکل زیر ولتاژی به دو سر کریستال اعمال شود، الکترون‌های آزاد به طرف قطب مثبت باتری حرکت می‌کنند وجریانی را در مدار به وجود می‌آورند که ناشی از حرک الکترون‌هاست و به آن «جریان الکترون‌ها» گویند.

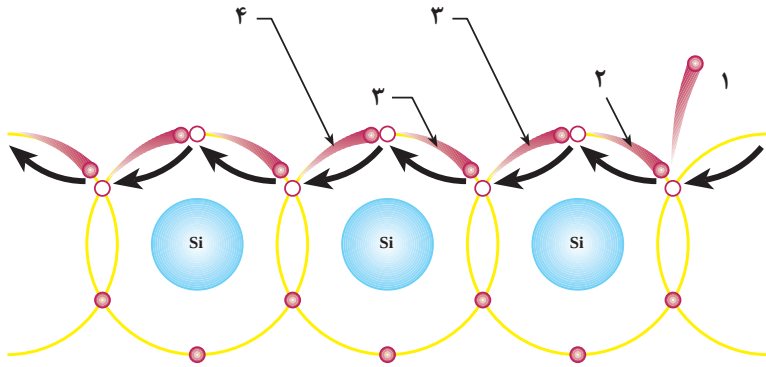


جریان حفره‌ها

جریان دیگری نیز در کریستال وجود دارد که ناشی از حرکت حفره‌هاست. وقتی در اتم حفره‌ای وجود دارد ـ به دلیل حفره گرایشی به جذب الکترون دارد ـ از اتم مجاور الکترونی را جذب می‌کند، اما جای الکترون جذب شده حفرهٔ جدیدی ایجاد می‌گردد.

به این ترتیب به نظر می‌رسد وقتی الکترون از چپ به راست حرکت می‌کند حفره از راست به چپ در حرکت است.

شکل زیر تصویری از جهت حرکت الکترون‌ها و حفره‌ها را نشان می‌دهد.



۱ـ الکترون آزاد شده و حفره در لایهٔ والانس ایجاد می‌شود.
۲ـ الکترون به داخل اولین حفره می‌افتد و دومین حفره ایجاد می‌شود.
۳ـ الکترون به داخل دومین حفره می‌افتد و سومین حفره به جا می‌ماند.
۴ـ الکترون به داخل سومین حفره می‌افتد و چهارمین حفره ایجاد می‌شود.

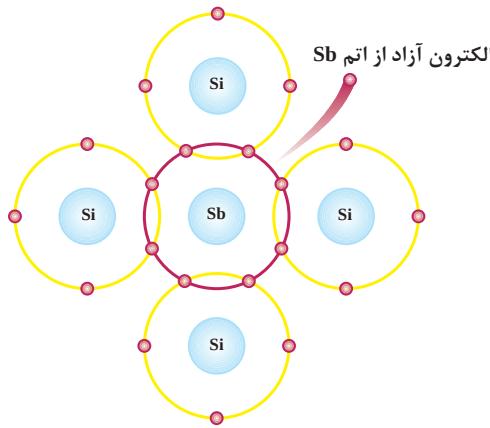
افزودن ناخالصی به کریستال نیمه هادی

چون تعداد الکترون‌های آزاد و حفره‌های ایجاد شده در کریستال نیمه‌هادی ژرمانیوم با سیلیکن در اثر انرژی گرمایی به اندازهٔ کافی نیست و ازاین نیمه‌هادی نمی‌توان برای ساختن قطعاتی نظیر دیود با ترانزیستور استفاده کرد، برای افزایش هدایت نیمه‌هادی به آن ناخالصی اضافه می‌کنند. ناخالص کردن نیمه‌هادی به دوشکل (با اتم پنج ظرفیتی و اتم سه ظرفیتی) صورت می‌گیرد.

ناخالص کردن کریستال نیمه‌هادی با اتم پنج ظرفیتی (نیمه‌هادی N)

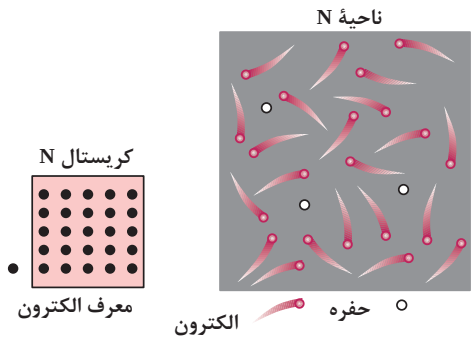
هرگاه یک عنصر پنج ظرفیتی مانند آرسنیک یا آنتیموان یا فسفر را که در لایه ظرفیت خود پنج الکترون وجود دارند به کریستال سیلیکن یا ژرمانیوم اضافه کنیم (همان‌گونه که در شکل صفحه بعد نشان داده شده است) اتم ناخالصی آنتیموان به چهار اتم سیلیکن مجاور خود تشکیل پیوند اشتراکی می‌دهند و چون در لایهٔ ظرفیت جای ۸ الکترون وجود دارد، یک الکترون از اتم ناخالصی به راحتی از قید

هسته آزاد می‌گردد و به‌صورت الکترون آزاد در می‌آید؛ پس با افزودن هر اتم ناخالصی یک الکترون آزاد در کریستال ایجاد می‌شود. با تنظیم مقدار ناخالصی تعداد الکترون‌های آزاد کریستال را کنترل می‌کنند. علاوه بر الکترون‌های آزادی که از افزودن اتم ناخالصی در کریستال به‌وجود می‌آید تعداد کمی الکترون نیز در اثر انرژی گرمایی محیط از قید هسته آزاد می‌شوند و جای خالی آنها حفره ایجاد می‌گردد. اتم ناخالصی که به کریستال یک الکترون آزاد می‌دهد و خود به‌صورت یون مثبت در می‌آید «اتم اهدا کننده» نام دارد



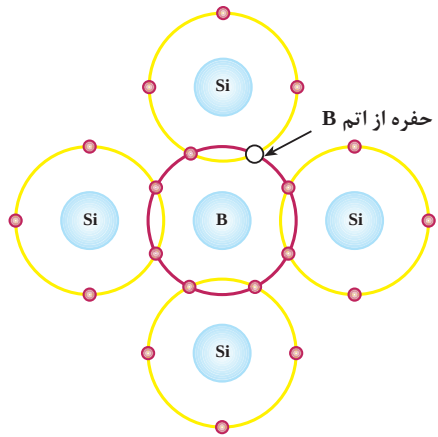
چون در کریستال تعداد الکترون‌های آزاد که عمل هدایت الکتریکی را انجام می‌دهند به مراتب بیشتر از حفره‌ها است به الکترون‌های آزاد، «حامل‌های اکثریت» و به حفره‌ها «حامل‌های اقلیت» گویند. این کریستال را که حامل‌های اکثریت آن الکترون‌ها هستند «کریستال نوعN» می‌نامند.

درشکل زیر الکترون‌ها و حفره‌های کریستال نوع N و شمای مداری آن نشان داده شده است. البته کل کریستال N از نظربار الکتریکی خنثی است، زیرا بارهای مثبت و منفی آن باهم برابرند.



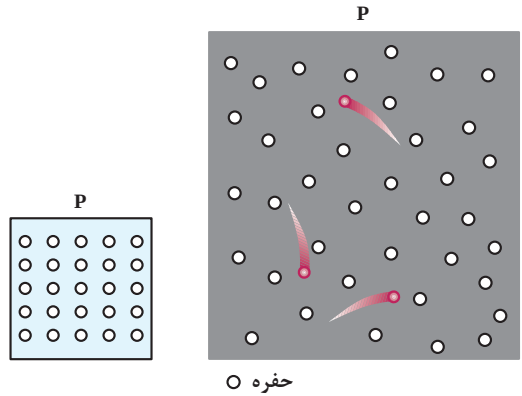
ناخالصی کردن کریستال نیمه هادی با اتم سه ظرفیتی (نیمه هادی نوع P)

هرگاه یک عنصر سه ظرفیتی مانند آلومینیوم (AI) یا بورن (B) یا ایندیم (IN) را که در مدار ظرفیت خود سه الکترون دارند به کریستال سیلیکن یا ژرمانیوم خالص اضافه کنیم، الکترون‌های مدار آخر عنصر ناخالصی مانند بورن با الکترون‌های اتم مجاور خود تشکیل پیوند اشتراکی می‌دهند. به این ترتیب، در مدار آخر اتم ناخالصی هفت الکترون درحال گردش هستند که درنتیجه یک جای خالی یا حفره اینجا می‌شود. درشکل زیر جای خالی الکترون نشان داده شده است.



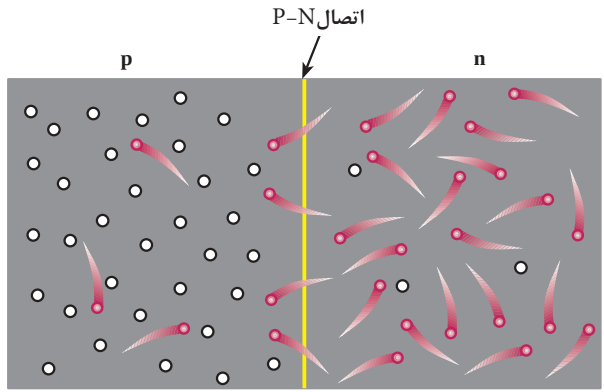
ممکن است الکترونی با داشتن انرژی جنبشی کافی از پیوند شکسته شود و محل این حفره را پر نماید. در این صورت، حفره جدیدی در کریستال ایجاد می‌شود؛ بنابراین، افزودن هر اتم ناخالصی سه ظرفیتی درکریستال یک حفره ایجاد می‌نماید. به اتم سه ظرفیتی که قادر است یک الکترون آزاد را جذب کند «اتم پذیرنده» گویند. اتم پذیرنده با دریافت الکترون به‌صورت یون منفی درمی‌آید. دراثر گرمای محیط تعداد اندکی الکترون نیز انرژی لازم را کسب می‌کنند و از هسته خود جدا می‌شوند و به‌صورت الکترون آزاد درمی‌آیند؛ بنابراین در کریستال علاوه برتعداد زیادی حفره که حامل‌های اکثریت هستند، تعداد اندکی الکترون آزاد یعنی «حامل‌های اقلیت» نیز وجود دارند. به دلیل آنکه حامل‌های اکثریت هدایت الکتریکی، حفره‌ها هستند و حفره‌ها مانند یک بار مثبت عمل می‌کنند، به این کریستال کریستال نوع P گویند.

درشکل صفحه بعد الکترون‌ها و حفره‌های کریستال P و نماد مداری کریستال نشان داده شده است. البته کل کریستال p از نظر بار الکتریکی خنثی است.



اتصال P-N (دیود کریستالی)

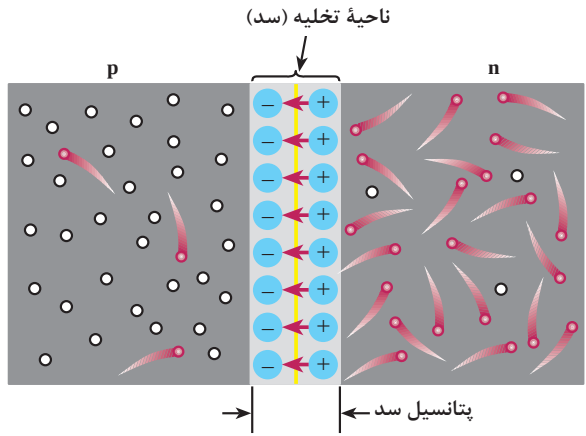
هرگاه دوکریستال نیمه هادی نوع N و P به هم اتصال یابند،الکترون‌های آزاد نیمه‌هادی نوع N که در نزدیکی محل اتصال P-N قرار دارند به منطقه P نفوذ می‌نماید و با حفره‌های کریستال نوع P ترکیب می‌شود وبه این ترتیب، حفره‌هایی از بین می‌روند و الکترون‌های آزاد به‌صورت الکترون‌های ظرفیت درمی‌آیند. در شکل زیر ترکیب الکترون‌ها با حفره‌ها نشان داده شده است.



عبور یک الکترون از محل اتصال سبب ایجاد یک جفت یون می‌شود، زیرا وقتی الکترونی از ناحیه N به ناحیهٔ P وارد می‌شود، درناحیهٔ N یک اتم پنج ظرفیتی الکترونی را از دست می‌دهد و به یون مثبت تبدیل می‌شود و در مقابل، درناحیهٔ P یک اتم سه ظرفیتی الکترونی را دریافت می‌کند و سرانجام، به یون منفی تبدیل می‌شود؛ از این رو، این ترکیب مجدد الکترون‌ها با حفره‌ها در محل پیوند تعداد زیادی یون مثبت و منفی را ایجاد می‌کند. این یون‌ها در کریستال ثابت هستند، زیرا به علت پیوند کوالانسی نمی‌توانند مانند الکترون‌های آزاد حرکت نمایند؛

سپس در محل پیوند ناحیه‌ای به نام «لایهٔ تخلیه» به‌وجود می‌آید که در آن حامل‌های هدایت الکتریکی (الکترون‌ها و حفره‌ها) وجود ندارند. به ناحیه تخلیه ناحیه سد هم گفته می‌شود.

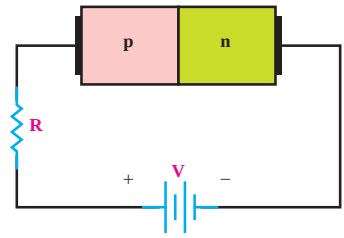
یون‌های مثبت و منفی در ناحیهٔ تخلیه سبب ایجاد میدان الکتریکی می‌شوند. این میدان الکتریکی با عبور الکترون‌های آزاد از محل اتصال مخالفت می‌کند. هرگاه میدان ایجاد شده به حدی برسد که مانع عبور الکترون از محل اتصال گردد حالت«تعادل»به وجود می‌آید و به این صورت، «دیود کریستالی» ساخته می‌شود. در ناحیهٔ تخلیه، ولتاژ ایجاد شده «پتانسیل سد» نام دارد. مقدار ولتاژ سد برای دیود سیلیکنی، حدود ۰/۷ ولت و برای دیود ژرمانیومی ۰/۲ ولت است. درشکل زیر ناحیه تخلیه و پتانسیل سد نشان داده شده است



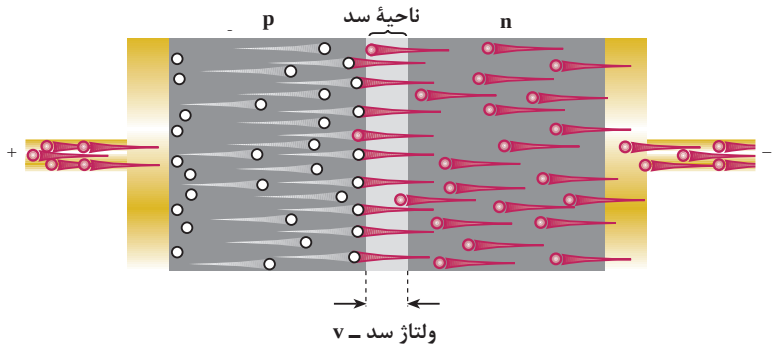
بایاس کردن اتصال P-N

هرگاه به اتصال PN ولتاژی اعمال کنیم گوییم آن را (بایاس) نموده‌ایم. بایاس کردن اتصال PN به دو صورت «مستقیم» و «معکوس» انجام می‌گیرد:

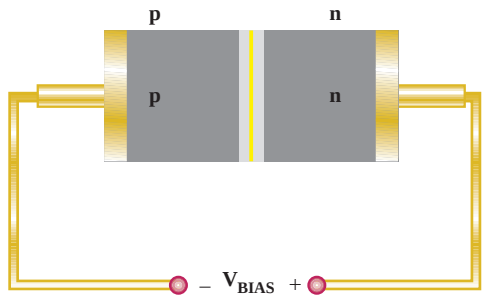
بایاس مستقیم (بایاس موافق): اگر قطب مثبت باتری را به نیمه هادی نوع P و قطب منفی باتری را به نیمه هادی نوع N وصل کنیم، این حالت اتصال ولتاژ را «بایاس مستقیم» یا «بایاس موافق» گویند. در شکل زیر این بایاس را مشاهده می‌کنید.



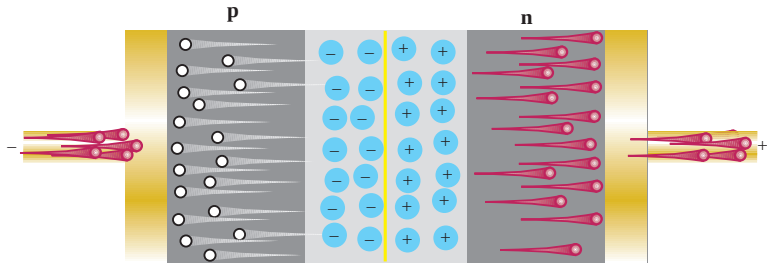
هنگامی که میدان الکتریکی ناشی از باتری خارجی میدان الکتریکی پتانسیل سد را خنثی کند، منطقه‌ای تخلیه و پتانسیل سد از بین می‌رود و الکترون‌های کریستال N به سمت محل پیوند رانده می‌شوند. این الکترون‌ها وارد کریستال P شده، در اثر ترکیب با حفره‌ها به الکترون ظرفیت تبدیل می‌شوند. الکترون‌های ظرفیت از حفره‌ای به حفره‌ای دیگر می‌روند تا به انتهای کریستال و سرانجام به قطب مثبت باتری می‌رسند. چنین به نظر می‌آید حفره‌ها در کریستال P در جهت خلاف حرکت الکترون‌ها حرکت می‌نمایند و جریانی را به‌وجود می‌آورند. در شکل زیر حرکت الکترون‌ها و حفره‌ها نشان داده شده است.



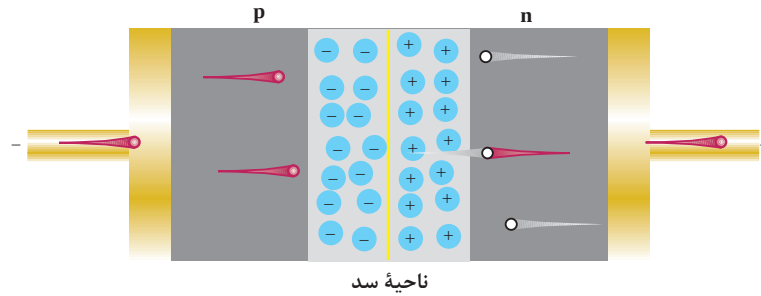
بایاس معکوس (بایاس مخالف): اگر قطب مثبت باتری را به کریستال N و قطب منفی باتری را به کریستال P وصل کنیم، این حالت اتصال ولتاژ را «بایاس معکوس» یا «بایاس مخالف» گویند. در شکل زیر این حالت نشان داده شده است.



در این حالت قطب منفی باتری حفره‌ها را به سمت خود می‌کشد؛ همچنین قطب مثبت باتری الکترون‌های آزاد را به سمت خود جذب می‌کند و به این ترتیب، حفره‌ها و الکترون‌های آزاد از ناحیهٔ اتصال دور می‌شوند و عرض ناحیهٔ تخلیه زیاد می‌شود. درشکل صفحه بعد این حالت نشان داده شده است.



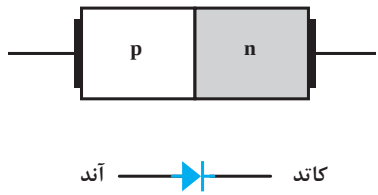
با دور شدن الکترون‌ها و حفره‌ها از منقطه تخلیه، پتانسیل سد در لایهٔ تخلیه افزایش می‌یابد و هنگامی که ولتاژ معکوس اعمال شده و پتانسیل سد ناحیه تخلیه با هم برابر شدند عمل دور شدن الکترون‌ها و حفره‌ها متوقف می‌شود. در شکل زیر این حالت نشان داده شده است.



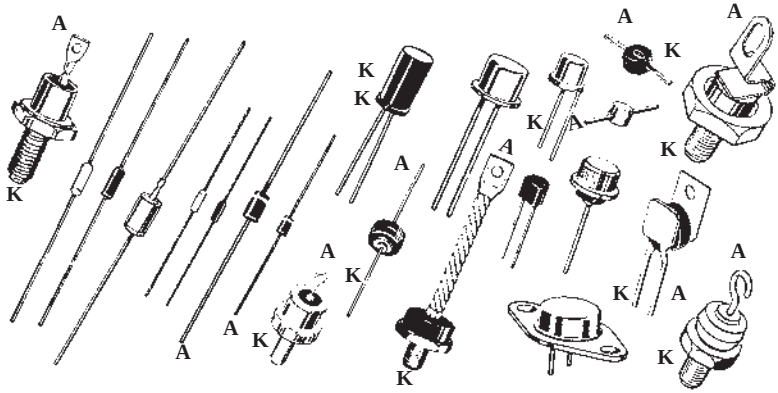
با بزرگ شدن ناحیهٔ تخلیه جریان حامل‌های اکثریت صفر می‌شود. به دلیل انرژی حرارتی، حامل‌های اقلیت ایجاد شده در دو کریستال P و N از محل اتصال عبور می‌کنند و جریان ضعیفی را ایجاد می‌نمایند که به آن «جریان اشباع معکوس» یا «نشتی» می‌گویند. این جریان در درجهٔ حرارت معین ثابت است و بستگی به ولتاژ معکوس ندارند، بلکه فقط به درجهٔ حرارت بستگی دارد. پس به‌طور خلاصه می‌توان بیان نمود: در بایاس معکوس از دیود فقط جریان ضعیف ناشی از حامل‌های اقلیت به نام «جریان اشباع معکوس» عبور می‌کند.

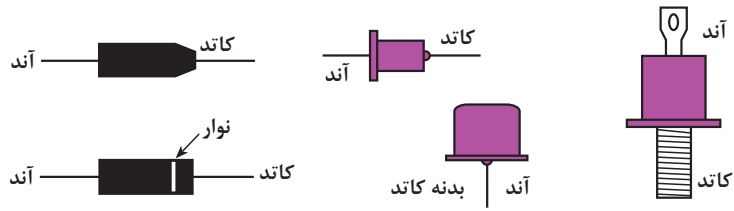
علامت اختصاری و شکل ظاهری دیود معمولی

در شکل مقابل ساختمان کریستالی و علامت اختصاری یک دیود معمولی نشان داده شده است.



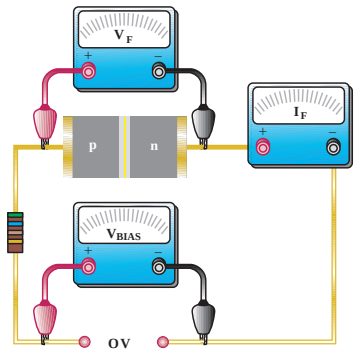
نیمه هادی نوع P «آند» و نیمه‌هادی نوع N «کاتد» نام دارد. همان‌گونه که دیده می‌شود علامت اختصاری دیود مانند یک پیکان از سمت آند به جانب کاتد بوده که معرف این نکته است که جریان قراردادی به راحتی از سمت کاتد عبور می‌کند. در شکل زیر چند دیود را مشاهده می‌کنید. در شکل زیر پای‌های آند و کاتد از روی شکل ظاهری نشان داده شده است.





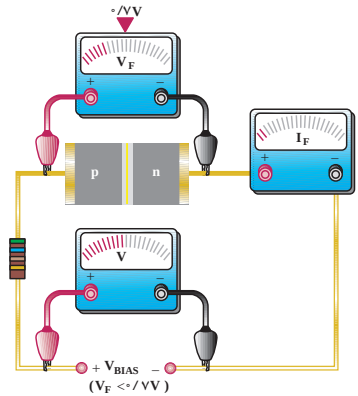
دانش‌افزایی

منحنی مشخصهٔ ولت آمپر دیود در بایاس مستقیم

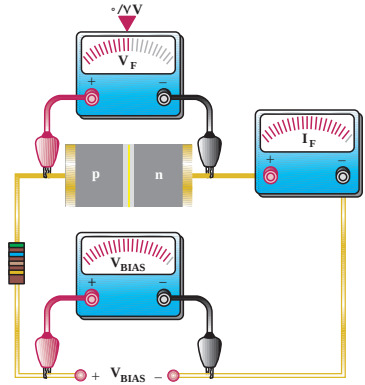


اگر به دو سر دیود ولتاژی به‌صورت بایاس مستقیم وصل کنیم و ولتاژ باتری را از صفر ولت افزایش دهیم و جریان عبوری از دیود را به‌وسیلهٔ میلی‌آمپرمتری اندازه بگیریم، در ابتدا که ولتاژ صفر بوده جریان عبوری از دیود نیز صفر است.

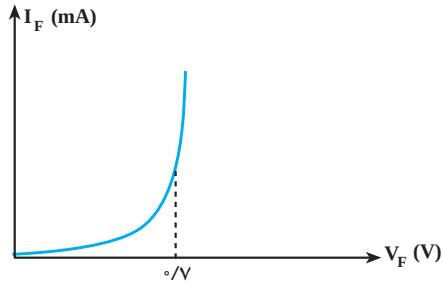
هرگاه ولتاژ افزایش یابد جریان عبوری از دیود هم افزایش می‌یابد، هنگامی که ولتاژ بایاس برای یک دیود سیلیکنی کمتر از ۰/۷ولت است جریان عبوری از دیود بسیار ناچیز خواهد بود



اگر ولتاژ بایاس زیاد شود (یعنی پتانسیل خارجی بیشتر از ۰/۷ ولت شود)، این پتانسیل بر پتانسیل سد غلبه می‌کند و سد شکسته می‌شود و در نتیجه مقاومت معادل دیود کم می‌شود و سرانجام جریان عبوری از دیود به‌طور ناگهانی افزایش می‌یابد. برای محدود کردن جریان عبوری از دیود لازم است مقاومتی را با دیود سری کنیم.

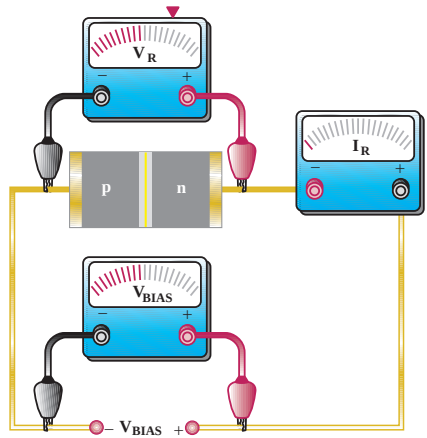


در شکل زیر منحنی ولت آمپر در بایاس موافق نشان داده شده است.

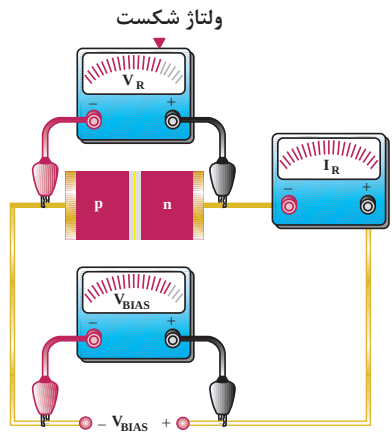


منحنی مشخصهٔ ولت آمپر دیود در بایاس معکوس

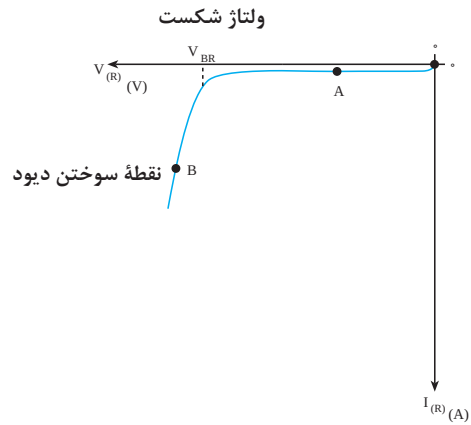
اگر دیود را به‌طور معکوس بایاس کنیم جریان بسیار ناچیز نشتی از دیود می‌گذرد. با افزایش ولتاژ معکوس، در یک ولتاژ معین که «ولتاژ شکست دیود» نامیده می‌شود
جریان به سرعت افزایش می‌یابد و دیود آسیب می‌بیند در شکل زیر ولتاژ بایاس مخالف که کمتر از ولتاژ شکست است نشان داده شده است.



در شکل زیر حالتی که ولتاژ بایاس به ولتاژ شکست رسیده نشان داده شده است. در این حالت جریان عبوری از دیود به شدت افزایش یافته است.



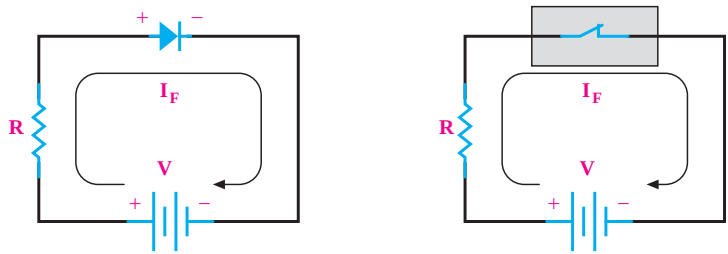
در شکل منحنی مشخصهٔ ولت آمپر دیود در مخالف نشان داده شده است: گرایش معکوس نشان داده شده است.



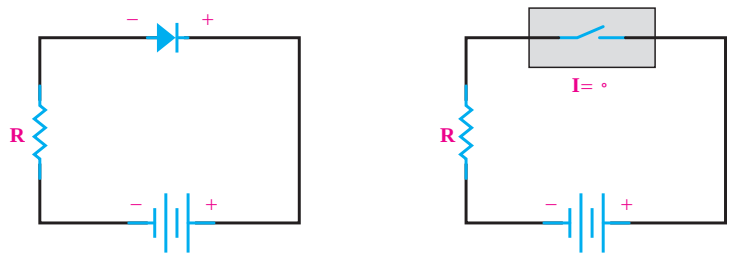
بررسی دیود در حالت ایده‌آل

چون دیود در بایاس مستقیم جریان را به راحتی عبور می‌دهد و در بایاس معکوس جریان بسیار ناچیز از دیود عبور می‌کند، پس در حالت ایده‌آل در بایاس مستقیم مانند «هادی» و در بایاس معکوس مانند «عایق» عمل می‌کند. عملکرد دیود را در حالت ایده‌آل در بایاس موافق می‌توان با یک کلید وصل مقایسه کرد. در

بایاس معکوس یک دیود ایده‌آل مانند یک کلید باز عمل می‌کند. در شکل زیر دیود ایده‌آل در بایاس موافق نشان داده شده است. مقاومت R در مدار به عنوان محدودکننده جریان به‌کار رفته است.



همچنین در شکل زیر معادل دیود ایده‌آل در بایاس در شکل منحنی مشخصهٔ ولت آمپر دیود در مخالف نشان داده شده است.



فعالیت کارگاهی

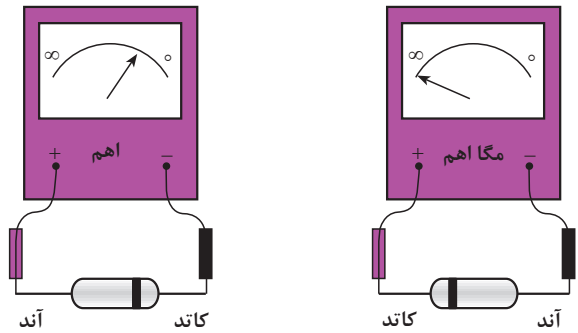
آزمایش دیود با مولتی متر عقربه‌ای

پاسخ:

تشخیص آند و کاتد و سالم بودن دیود به‌وسیلهٔ اهم‌متر و استفاده از اهم‌متر عقربه‌ای: اگر اهم‌متر عقربه‌ای را به دو سر دیود وصل کرده و اهم آن را اندازه بگیرید سپس اتصال دیود را برعکس کرده مجدداً اهم آن را اندازه بگیرید در یک حالت اهم متر، اهم کم و در حالت دیگر اهم متر، اهم زیاد را نشان می‌دهد. واضح است در حالت اهم کم دیود به‌وسیلهٔ باتری داخلی اهم‌متر در بایاس مستقیم قرار گرفته است .

در حالتی که اهم متر اهم زیاد را نشان می‌دهد دیود در بایاس معکوس قرار گرفته است که اصطلاحاً گفته می‌شود: «دیود از یک طرف راه می‌دهد و از طرف دیگر

راه نمی‌دهد».



در حالتی‌که اهم متر اهم کم را نشان می‌دهد مثبت واقعی اهم‌متر به آند دیود و منفی واقعی اهم‌متر به کاتد دیود اتصال دارد. به این ترتیب، می‌توان آند و کاتد دیود را تعیین نمود. البته مقدار مقاومتی که اهم متر نشان می‌دهد به انتخاب کلید سلکتور اهم متر بستگی دارد.

اگر دیود معیوب باشد، ممکن است قطع شده باشد ؛ در این صورت، در هر دو حالت اتصال اهم متر، اهم متر اهم بی نهایت را نشان می‌دهد. اگر دیود معیوب اتصال کوتاه شده باشد، در هر دو حالت اتصال اهم متر، اهم متر اهم صفر را نشان می‌دهد.

فعالیت کارگاهی

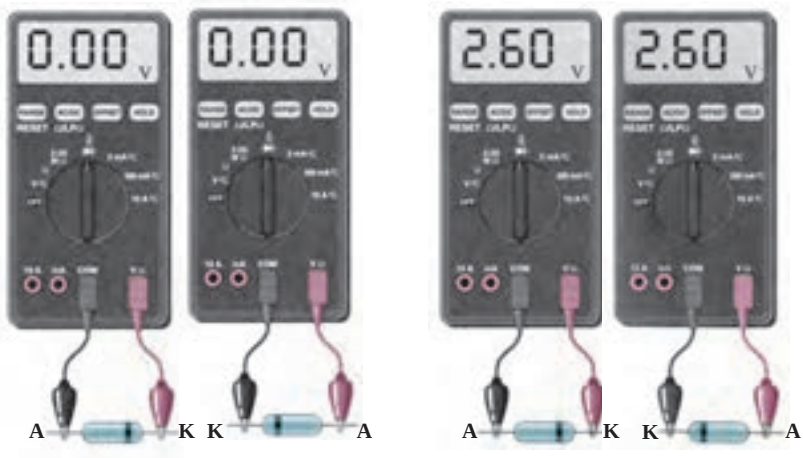
آزمایش دیود با مولتی متر دیجیتالی

پاسخ:

استفاده از مولتی‌متر دیجیتالی: اغلب مولتی‌مترهای دیجیتالی دارای وضعیت تست دیود هستند. هرگاه کلید سلکتور مولتی‌متر دیجیتالی را در وضعیت تست دیود قرار دهیم و دیود به‌وسیلهٔ مولتی‌متر در بایاس موافق قرار بگیرد مولتی‌متر دیجیتالی ولتاژ بایاس دیود را نشان می‌دهد که این ولتاژ برای دیودهای سیلیکنی حدود ۰/۷ولت و برای دیودهایی از جنس ژرمانیوم حدود ۰/۲ ولت است.

اگر دیود در بایاس مخالف قرار گیرد، مولتی‌متر ولتاژ بایاس مخالف اعمال شده به‌وسیلهٔ دستگاه را در دو سر دیود نشان می‌دهد. این ولتاژ ممکن است ۱/۵ تا ۳ ولت باشد. در شکل مقابل این حالت را مشاهده می‌کنید.

پس در حالتی که مولتی‌متر ولتاژ بایاس موافق دیود را نشان می‌دهد، سیم منفی (سیم مشترک یا Com) روی کاتد و سیم مثبت به آند دیود وصل است. اگر دیود ناسالم و قطع باشد، در هر دو وضع اتصال مولتی‌متر به دیود، روی صفحهٔ آن ولتاژ باتری داخلی نشان داده می‌شود. در شکل سمت چپ این دو حالت دیده می‌شود. اگر دیود اتصال کوتاه باشد در هر دو وضع اتصال مولتی‌متر به دیود روی صفحهٔ دستگاه ولتاژ صفر نشان داده خواهد شد. در شکل سمت راست این حالت نشان داده شده است.



دیود قطع　　دیود قطع　　دیود اتصال کوتاه　　دیود اتصال کوتاه

دانش‌افزایی

مقادیر حد در دیود

برخی از کمیت‌های دیود اگر از میزان ماکزیمم بیشتر شوند به دیود آسیب می‌رسانند. مقدار ماکزیمم این کمیت‌ها «مقدار حد دیود» نام دارد. برخی از مقادیر حد که در کتاب مشخصات دیودها آورده می‌شود و با توجه به نوع طراحی می‌توان از آنها استفاده نمود بدین قرار است:

حداکثر ولتاژ معکوس: حداکثر ولتاژی که در بایاس معکوس می‌تواند در دو سر دیود قرار گیرد؛ به گونه‌ای که دیود آسیب نبیند، «حداکثر ولتاژ معکوس» نام دارد. معمولاً در برگهٔ داده‌ها سه پارامتر برای حداکثر ولتاژ معکوس قید می‌شود.

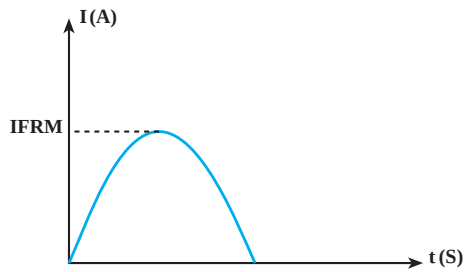
الف) ولتاژ معکوس: حداکثر ولتاژ DC اعمال شده به دو سر دیود در بایاس معکوس که دیود می‌تواند تحمل کند، VR نام دارد.

ب) ماکزیمم ولتاژ معکوس تکرار سیکل‌ها: حداکثر ولتاژ معکوس که به‌صورت تکرار سیکل‌ها در دو سر دیود قرار می‌گیرد؛ به گونه‌ای که دیود آسیب نبیند «VRRM» نام دارد.

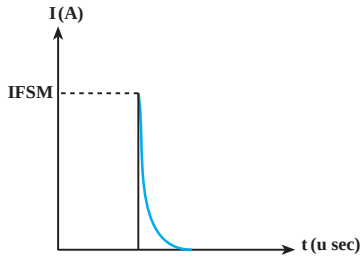
ج) ولتاژ معکوس قابل تحمل در وضعیت کار عادی: حداکثر ولتاژ معکوس در وضعیت کار عادی VRWM نام دارد.

حداکثر جریان مستقیم (IF): حداکثر جریان DC متوسط که می‌توان از دیود در گرایش مستقیم عبور داد؛ به گونه‌ای که دیود آسیب نبیند «IF» نام دارد. در اثر عبور این جریان در محل اتصال «P-N» حرارت ایجاد می‌شود. اگر در هوای آزاد حرارت ایجاد شده به‌خوبی دفع نشود باید دیود را روی گرماگیر نصب نمود (کارخانهٔ سازنده، نصب روی گرماگیر را مشخص می‌سازد.)

حداکثر جریان بایاس مستقیم تکراری (IFRM): حداکثر جریانی است که به‌صورت تکرار سیکل‌ها در گرایش مستقیم می‌تواند از دیود عبور کند. در شکل زیر این جریان را مشاهده می‌کنید.



حداکثر جریان لحظه‌ای (IFSM): حداکثر جریانی که در زمان بسیار کوتاه (حدود چند میکروثانیه) می‌تواند از دیود عبور کند؛ به گونه‌ای که به دیود آسیب نرسد، «IFSM» نام دارد. در شکل زیر این جریان نشان داده شده است.



در این جدول یکی از برگه‌داده‌های دیود را مشاهده می‌کنید.

TYPE	Manufacturer	Germanium Clicom	V_R	I_F	I_{FRM}	T_j	R_{thj-a}	I_F at V_F	C_D at V_R	t_{rr} from I_F to V_R at R_L	USE	CASE
			V	mA	mA	°C	°C/W	mA V	pF V	sec mA V Ω		
1N۹۱ شماره‌دیود	Ge	G	۶۵	۱۵۰	۲۵A	۱۰۵		۱۰۰ ۰۳۸			۸	

شماره‌دیود
نام کارخانهٔ سازنده
جنس دیود سیلیسیم S ژرمانیوم G
ماکزیمم ولتاژ معکوس مجاز
مقدار متوسط جریان مجاز
مقدار ماکزیمم جریان مجاز تکراری
ماکزیمم درجه حرارتی قابل تحمل محل پیوند PN
مقاومت حرارتی دیود از محل پیوند PN به محیط
به ازای عبور این جریان از دیود
افت ولتاژ دو سر دیود به وجود می‌آید.

شکل ظاهری و ابعاد دیود
کاربرد
مقاومت بار و
ولتاژ معکوس
جریان عبوری از مدار به ازای
زمان بازیابی دیود
این مقدار ولتاژ معکوس
ظرفیت خازن محل اتصال PN به ازای مقدار ولتاژ معکوس ردیف بالا

	حروف اختصاری	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	واحد
حداکثر ولتاژ معکوس تکراری حداکثر ولتاژ معکوس در حال کار حداکثر ولتاژ معکوس DC	V_{RRM} V_{RWM} V_R	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	ولت V
ولتاژ ماکزیمم معکوس غیرتکراری	V_{RSM}	۶۰	۱۲۰	۲۴۰	۴۸۰	۷۲۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	ولت V
ولتاژ معکوس مؤثر	$V_{R(m/s)}$	۳۵	۷۰	۱۴۰	۲۸۰	۴۲۰	۵۶۰	۷۰۰	ولت V
معدل جریان یک‌سو شده در بایاس موافق در درجه حرارت محیط $TA=25^{\circ}C$	I_F	۱/۰							آمپر A
حداکثر جریان لحظه‌ای غیرتکراری	I_{FSM}	۳۰ (for۱cycle)							آمپر A
درجه حرارت پیوند	Tj	-۶۵ to + ۱۷۵							$^{\circ}C$ درجه سانتی‌گراد

در جدول بالا بعضی داده‌های دیودهای معمولی 1N4001 تا 1N4007 آورده شده است

دانش‌افزایی

کاربرد دیود به عنوان یک‌سوساز

(مدارهای یک‌سوکنندهٔ دیودی) مدارهایی هستند که ولتاژ متناوب را به یک ولتاژ مستقیم (یک طرفه) تبدیل می‌نمایند، زیرا دیود از یک طرف جریان را عبور می‌دهد و از جهت دیگر، جریان قطع است.عنصر اصلی مدارهای یک‌سوکننده دیود است. به‌طور کلی سه نوع یک‌سو کنندهٔ تک فاز وجود دارد.

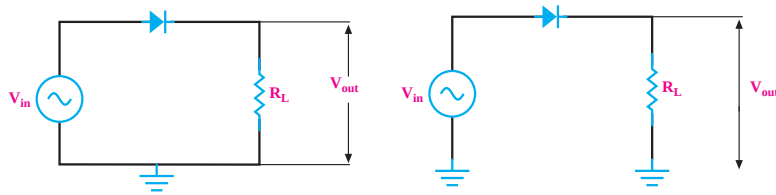
فعالیت کارگاهی

یک‌سو کننده نیم موج

پاسخ:

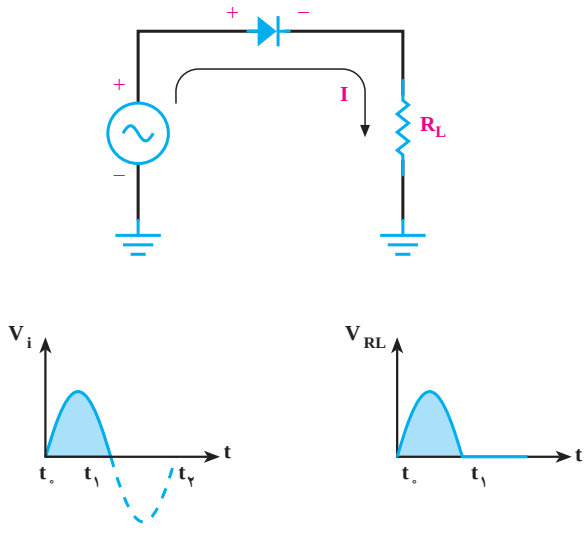
یک‌سو کننده نیم موج: ساده ترین مداری که به کمک آن می‌توان جریان متناوب را به جریان یک طرفه تبدیل نمود یک‌سو کننده نیم موج است.در شکل الف مدار یک‌سو کنندهٔ نیم موج نشان داده شده است.

علامت نشانه ⏚ اتصال زمین است.تمام اتصال زمین‌ها در یک مدار به وسیلهٔ خطوط ارتباطی به‌هم وصل هستند. پس شکل الف را می‌توان به‌صورت شکل زیرنیز رسم کرد.

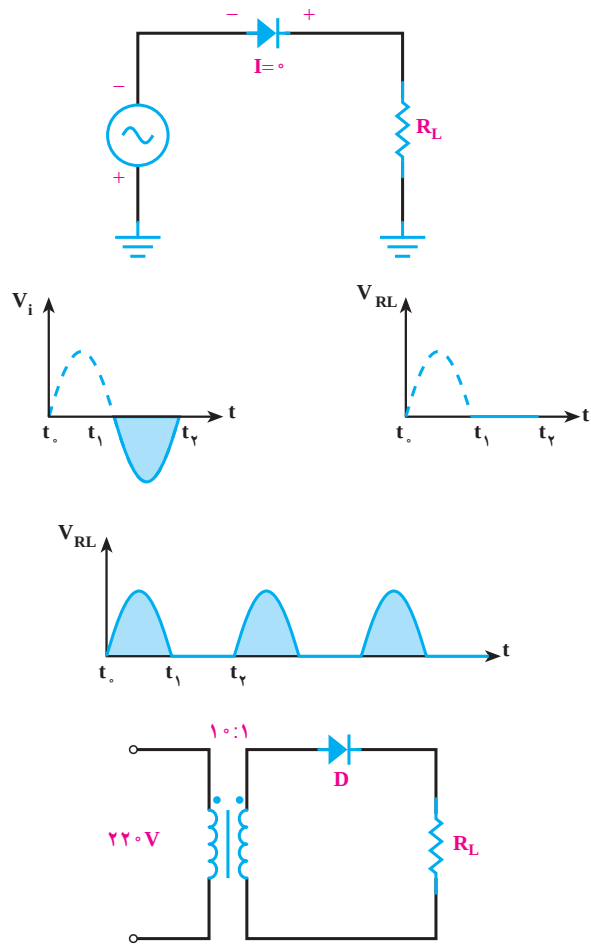


(الف) (ب)

طرز کار یک‌سو کنندهٔ نیم موج: باتوجه به شکل در زمان t_0 تا t_1 یعنی در نیم‌سیکل مثبت موج ورودی، آند دیود نسبت به کاتد دیود مثبت است و اگر دیود ایده‌آل فرض شود دیود مانند یک کلید وصل بوده و جریان مدار جاری می‌شود و در دو سر بار R_L افت ولتاژی مطابق شکل موج ورودی پدید آید.



در زمان t_0 تا t_1 دیود در گرایش قرار دارد و جریان عبوری از دیود صفر است. در دو سر بار افت ولتاژی پدید نمی‌آید. به‌طور کلی شکل موج دوسر بار مانند شکل زیر است



فعالیت کارگاهی

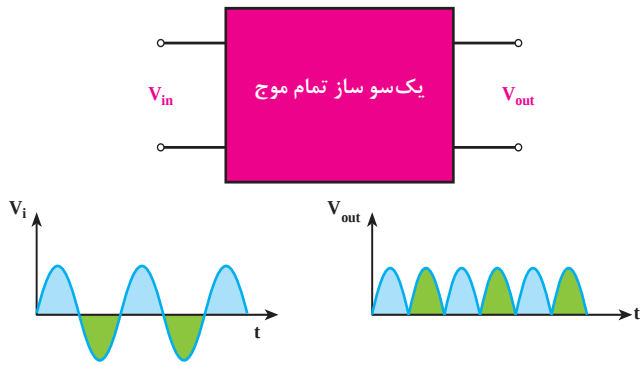
یک‌سو کننده تمام موج

پاسخ:

یک‌سو ساز تمام موج

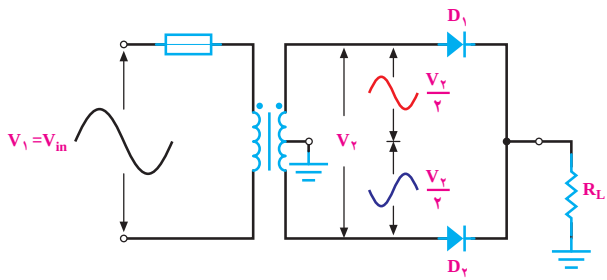
در یک‌سو ساز تمام موج بر خلاف یک‌سو ساز نیم موج که فقط در یک نیم سیکل جریان از بار عبور می‌کنددرتمام سیکل از بار جریان عبور می‌کند.در شکل بلوک

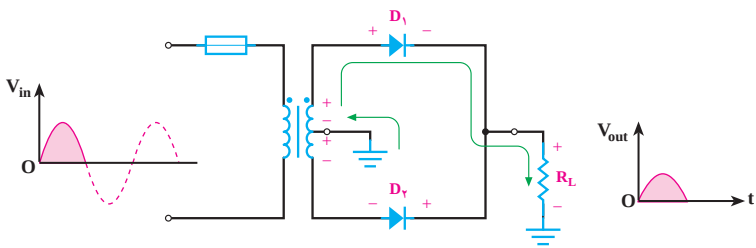
دیاگرام مدار یک‌سو ساز تمام موج به همراه شکل موج‌های ورودی و خروجی آن نشان داده شده است.



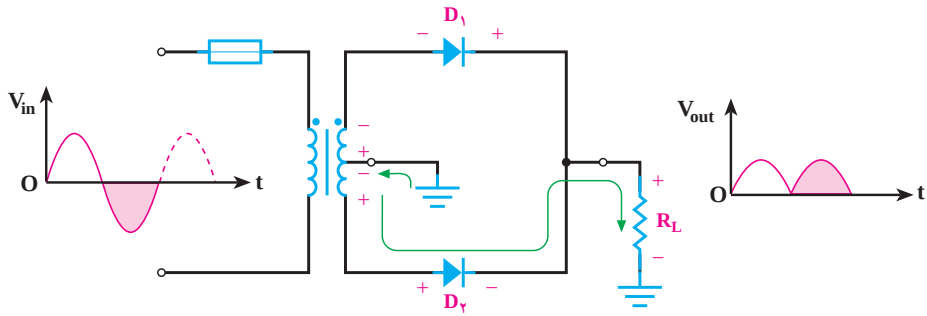
یک‌سو ساز تمام موج به دو صورت طراحی می‌شود.

یک‌سو ساز تمام موج با ترانس سر وسط: شکل زیر تصویری از مدار یک‌سو ساز تمام موج با ترانس سر وسط و شکل موج سرهای ثانویه نسبت به سروسط را نشان می‌دهد. در نیم سیکل اول وقتی آند دیود D_1 مثبت و آند دیود D_2 منفی است، دیود D_1 وصل و دیود D_2 قطع است، جریان مطابق شکل از دیود D_1 عبور کرده و در دوسر R_L افت ولتاژی به‌وجود می‌آورد.





در نیم سیکل بعدی آند دیود D_1 منفی و آند دیود D_2 مثبت است، از این رو دیود قطع و دیود وصل است و جریان مطابق شکل زیر از دیود و بارعبور می‌کند. در نتیجه شکل موج ولتاژ دوسر بار یک‌سو شده می‌باشد.

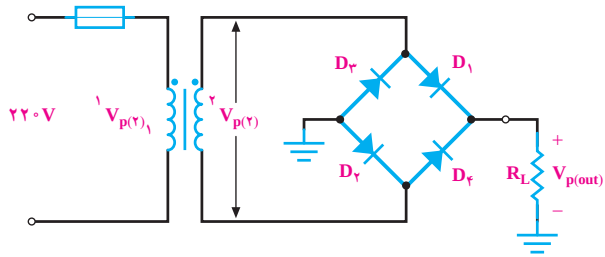


فعالیت کارگاهی

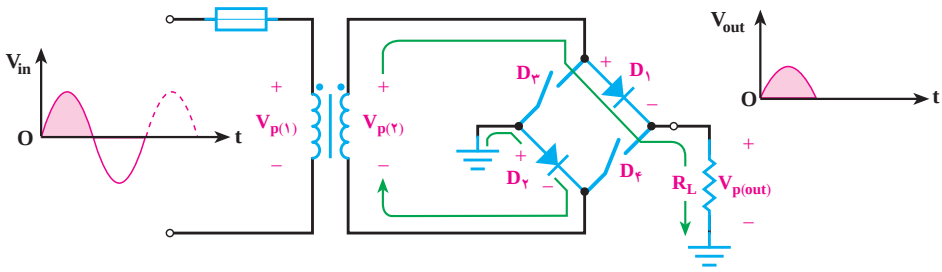
یک‌سو کننده تمام موج پل

پاسخ:

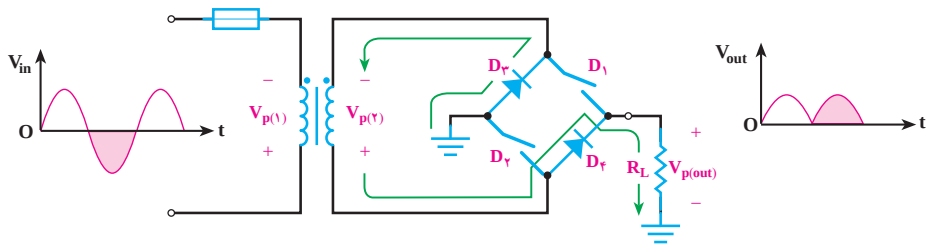
یک‌سو ساز تمام موج پل: مدار یک‌سو ساز تمام موج پل مطابق شکل زیر است.

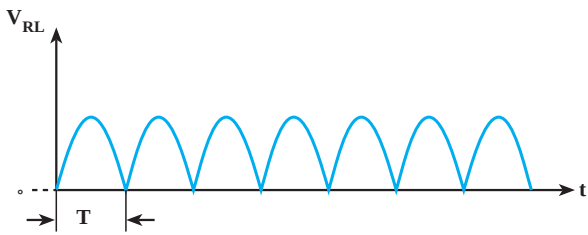


در نیم سیکل اول دیودهای D_1 و D_2 وصل و دیودهای D_3 و D_4 قطع هستند.

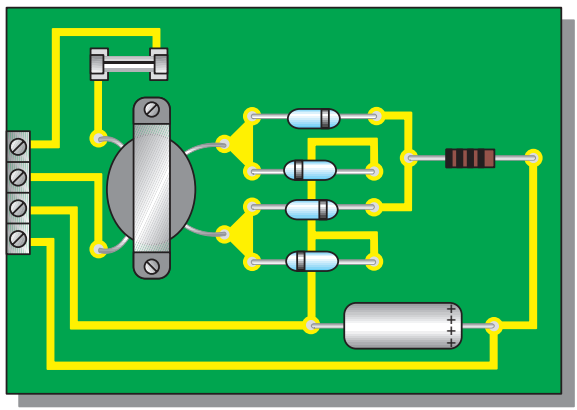


جریان مطابق شکل از دیودها و بار R_L می‌گذرد. در نیم سیکل دوم دیودهای D_1 و D_2 قطع و دیودهای D_3 و D_4 وصل هستند و جریان مطابق شکل زیر از دیودهای D_3 و D_4 و بار R_L می‌گذرد. از این رو شکل موج دوسر بار به‌صورت شکل زیر است.

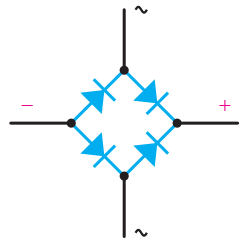




در شکل زیر برد مدار چاپی یک‌سو ساز تمام موج پل به همراه سایر قطعات آن (ترانس، خازن صافی، مقاومت بار و فیوز) در اندازهٔ واقعی نشان داده شده است.



یک‌سو ساز تمام موج پل به‌صورت مدار مجتمع: در شکل‌های زیر نمای ظاهری و مدار داخلی یک‌سو ساز پل به‌صورت مدار مجتمع نشان داده شده است.

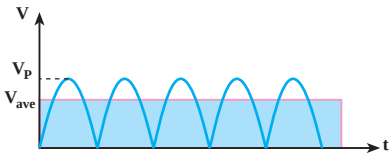


میانگین ولتاژ دوسر بار در یک‌سو سازی: اگر به‌وسیلهٔ ولت متر DC ولتاژ دوسر بار را اندازه بگیریم ولت متر میانگین ولتاژ را نشان می‌دهد میانگین ولتاژ در یک‌سو ساز نیم موج از رابطه $V_{ave} = \frac{V_P}{۰} = ۰/۳۱۸V_P$ به‌دست می‌آید. در یک‌سوساز تمام موج میانگین ولتاژ دوبرابر یک‌سوساز نیم موج است:

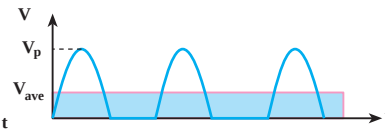
$$V_{ave} = \frac{۲V_P}{۰} = ۰/۶۳۶V_P$$

توجه: میانگین ولتاژ یک‌سو شده (V_{ave}) همان ولتاژ DC (V_{dc}) است که به‌وسیله ولت متر DC اندازه گرفته می‌شود.

در شکل‌های زیر میانگین ولتاژ دوسر بار یک‌سو شده نیم موج و تمام موج را ملاحظه می‌کنید.



میانگین ولتاژ دوسر بار یک‌سو ساز تمام موج

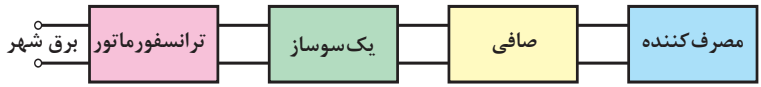


میانگین ولتاژ دو سر بار یک‌سو ساز نیم موج

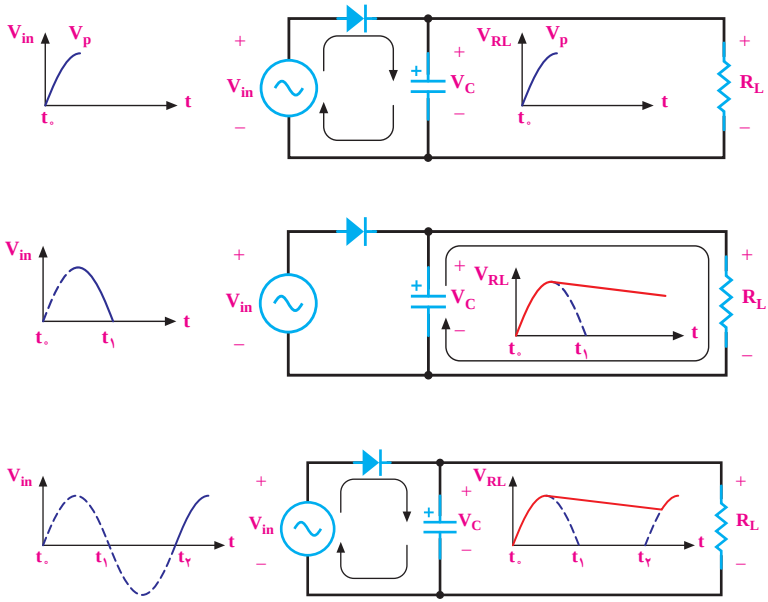
حداکثر ولتاژ معکوس دو سر هر دیود (PIV)

در مدارهای یک‌سو ساز در نیم سیکلی که دیود قطع است حداکثر ولتاژی که در دوسر دیود افت می‌کند PIV نام دارد.

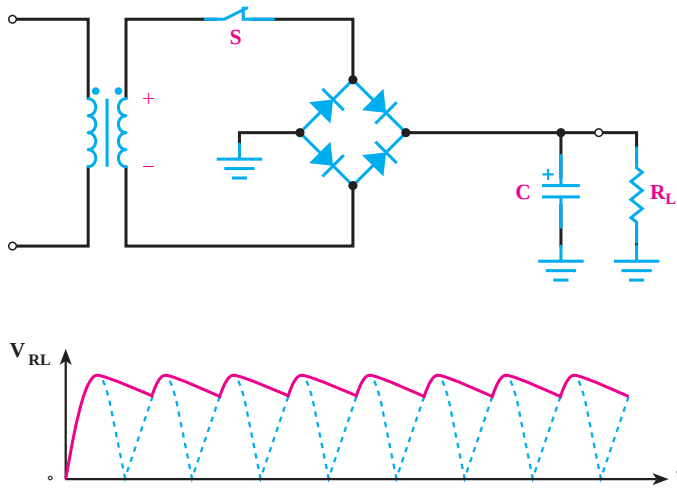
ولتاژ به دست آمده از مدار یک‌سوساز نیم‌موج و تمام‌موج یک طرفه هستند، اما این موج‌ها تغییراتی نیز دارند. دستگاه‌های برقی و الکترونیکی برای تغذیهٔ خود به ولتاژ DC و بدون تغییر (بدون ضربان) نیاز دارند؛ از این رو، از صافی برای این منظور استفاده می‌کنیم. در شکل زیر بلوک دیاگرام یک منبع تغذیه با صافی نشان داده شده است.



یک‌سوساز نیم موج با خازن صافی: در شکل زیر مدار یک‌سوساز نیم موج با خازن صافی و شکل موج دو سر بار در لحظات مختلف نشان داده شده است.

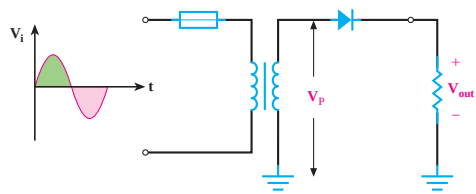


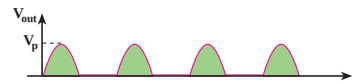
یک‌سوساز تمام موج پل با خازن صافی (آداپتور): در شکل زیر مدار یک‌سوساز تمام موج با خازن صافی نشان داده شده است و نیز تصویر موج دو سربار را مشاهده می‌کنید.



مقایسه یک‌سو کننده‌ها:

یک‌سوساز نیم‌موج

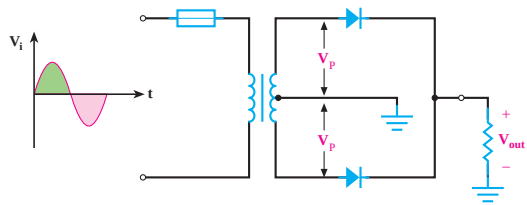


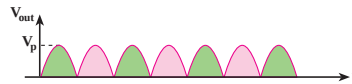


شکل موج خروجی

$$V_{out} = V_{dc} = {}^{(1)}\ V_{ave} = \frac{{}^{(2)}V_P}{\pi}$$
$${}^{(3)}PIV = V_P$$

یک‌سوساز تمام موج

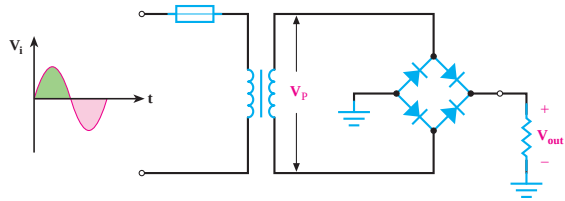


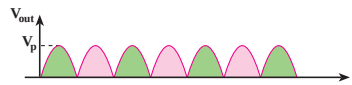


شکل موج خروجی

$$V_{out} = V_{dc} = V_{ave} = \frac{2V_P}{\pi}$$
$$PIV = 2V_P$$

یک‌سوساز تمام موج پل





شکل موج خروجی

$$V_{out} = V_{dc} = V_{ave} = \frac{2V_P}{\pi}$$
$$PIV = V_P$$

تحقیق

عملکرد مدارهای دوبرابرکننده را بررسی کنید.

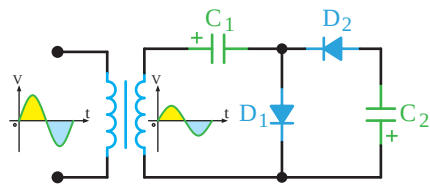
پاسخ:

چند برابر کننده‌های ولتاژ

با استفاده از دیود خازن می‌توان، ضمن یک‌سوکردن ولتاژ متناوب، آن را چند برابر نیز نمود. کاربرد چند برابرکننده‌ها، در مواردی است که جریان زیاد مورد نیاز نباشد (حدود چند صد میکرو آمپر).چند برابرکننده‌ها معمولاً در ولتاژهای بسیار بالا (حدود کیلوولت) به‌کار می‌روند. مانند قسمت ولتاژ زیاد تلویزیون،که در آنجا ولتاژی حدود ۲۵ کیلو ولت مورد نیاز است. ابتدا ولتاژی حدود ۵ کیلوولت را توسط ترانسفورماتور ایجاد می‌کنند سپس آن را توسط یک مدار پنج برابرکننده به مقدار ۲۵ کیلو ولت می‌رسانند. مزایای این عمل، صرفه‌جویی در حجم و قیمت ترانسفورماتور افزاینده ولتاژ است. زیرا عایق‌کاری ترانسفورماتور ۲۵ کیلوولت مشکل است، ضمن اینکه میدان‌های مغناطیسی زیادی را در اطراف خود تولید می‌نماید. همچنین ولتاژ معکوس دیودهای یک‌سو کننده در چند برابرکننده‌ها، نسبت به یک‌سو کنندهٔ ولتاژ زیاد ترانسفورماتور،کاهش می‌یابد. اینک مدارات دو، سه و چهار برابرکننده، مورد بررسی قرار می‌گیرند.

دوبرابرکننده‌های ولتاژ

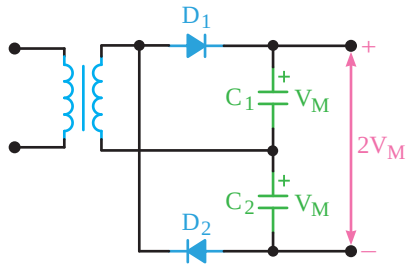
شکل زیر یک مدار دو برابر کنندهٔ ولتاژ نیم موج را نشان می‌دهد.



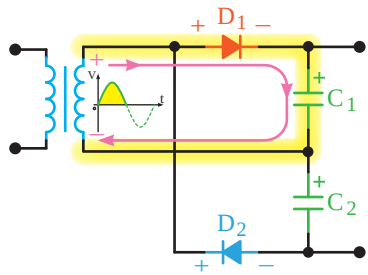
دو برابر کننده ولتاژ

در این مدار، بعد از چند سیکل خازن C_1 تا ماکزیمم ولتاژ ثانویه به ترانسفورماتور (V_m) و خازن C_2 تا $2V_m$ شارژ می‌شود. از توضیح نحوهٔ شارژ خازن‌ها صرف‌نظر شده است.

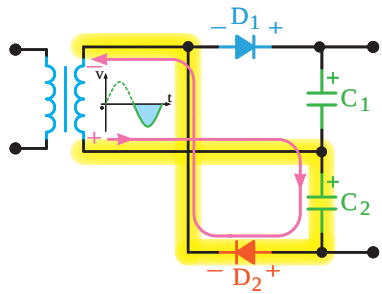
نوع دیگر مدار دو برابرکنندهٔ ولتاژ: نوع دیگر مدار دو برابرکنندهٔ ولتاژ،در شکل صفحه بعد رسم شده است.این مدار،دوبرابر کنندهٔ ولتاژ تمام موج نام دارد.



طرزکار مدار، به این صورت است که در مدت نیم سیکل مثبت ولتاژ ثانویهٔ ترانسفورماتور،دیود D_1 در بایاس مستقیم قرار گرفته و هادی است. لذا خازن C_1 تا مقدار حداکثر (V_m) شارژ می‌شود. در این حالت،دیود D_2 در بایاس معکوس قرار گرفته و قطع است.



عملکرد مدار در نیم سیکل مثبت: در مدت نیم سیکل منفی ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور، دیود D_2 در بایاس مستقیم است. خازن C_2 تا مقدار حداکثر ولتاژ (Vm) شارژ می‌شود. در این حالت، دیود D_1 در بایاس معکوس بوده، قطع است. اگر باری به مدار وصل نشود، مقدار ولتاژ خروجی برابر $2V_m$ ثابت می‌ماند در حالی که ولتاژ دو سر هر خازن V_m است و هر یک، فقط در مدت نیم سیکل شارژ می‌شوند.



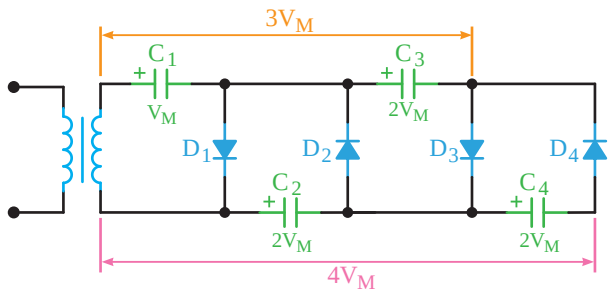
عملکرد مدار در نیم سیکل منفی: بنابراین شکل موجی که خازن‌ها را شارژ می‌کند به‌صورت تمام موج خواهد بود (به عبارت دیگر مدارتوسط ولتاژ یک‌سو شدهٔ تمام موج تغذیه می‌گردد). عیب عمدهٔ این مدار این است که دو خازن سری شده و مقدار ظرفیت کل، نصف می‌شود. مقدار حداکثر ولتاژی که دو سر هر دیود در بایاس معکوس قرار می‌گیرد، برابر $2V_m$ است.

کار در منزل

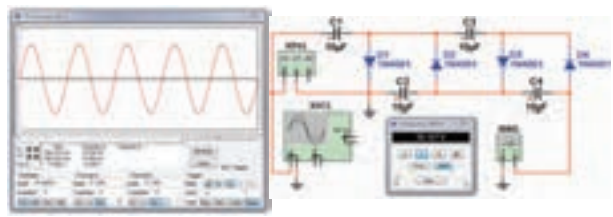
یک نمونه مدار چند برابر کننده ولتاژ را شبیه‌سازی نمایید.

پاسخ:

سه و چهار برابرکننده‌های ولتاژ: یک مدار سه و چهار برابرکنندهٔ ولتاژ، در شکل زیر نشان داده شده است. در حقیقت این مدار، یک مدار دو برابرکننده ولتاژ است که در صفحات پیش مورد بررسی قرار گرفت. با این تفاوت که به ازای هر یک برابر افزایش ولتاژ، یک خازن و یک دیود به آن اضافه شده است. این مدار می‌تواند با اضافه شدن متوالی دیودها و خازن‌ها به عنوان یک مدار پنج و شش و... برابرکننده، به‌کار آید. در شکل زیر این مدار را که توسط نرم‌افزار مولتی سیم بسته شده است، مشاهده می‌کنید.



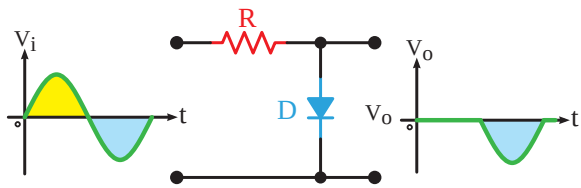
الف



ب

مدار سه و چهار برابرکنندهٔ ولتاژ: طرز کار مدار به‌طور ساده و خلاصه با توجه به شکل بالا به این‌صورت است که در مدت نیم سیکل مثبت ولتاژ ثانویهٔ

ترانسفورماتور خازن C_1 از طریق دیود D_1 به اندازهٔ ولتاژ ماکزیمم (Vm) شارژ می‌شود.خازن C_2 در مدت نیم سیکل منفی و از طریق دیود D_2 به اندازه ۲Vm شارژ می‌گردد (بعد از چند سیکل). در مدت نیم سیکل مثبت بعدی خازن C_3 از طریق دیود D_3 به اندازه ۲Vm شارژ می‌شود(بعد از چند سیکل) در این مدت نیم سیکل منفی خازن C_4 از طریق دیود D_4 به اندازه ۲Vm شارژ می‌گردد (در این حالت ولتاژ ثانویهٔ ترانسفورماتور خازن C1 و C3 با هم جمع و به اندازهٔ ۴Vm می‌شوند که دو خازن C_2 و C_4 تقسیم می‌گردد.) بنابراین در این مدار ولتاژ هر خازن به اندازهٔ $2V_m$ و ولتاژ معکوس هر دیود به اندازه ۲Vm است.شکل زیر یک مدار n برابرکننده را نشان می‌دهد. خازن‌های ردیف بالا نمایشگر اعداد فرد مقدار شارژ نسبت به ابتدای مدار و خازن‌های ردیف پایین نمایشگر اعداد زوج مقدار شارژ نسبت به ابتدای مدار است.



مدار n برابر کنندهٔ ولتاژ

فعالیت کارگاهی

برش دهنده‌ها

پاسخ:

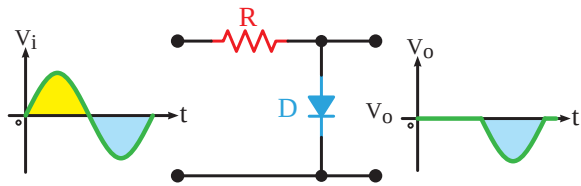
برش دهنده‌ها (Clippers)

در بسیاری از موارد از جمله در دیجیتال و کامپیوتر لازم می‌شود که دامنهٔ سیگنال‌ها از قسمت مثبت یا منفی یا هردو به اندازهٔ معینی محدود گردد. مدارات برش دهنده‌ها چنین عملی را انجام می‌دهند.

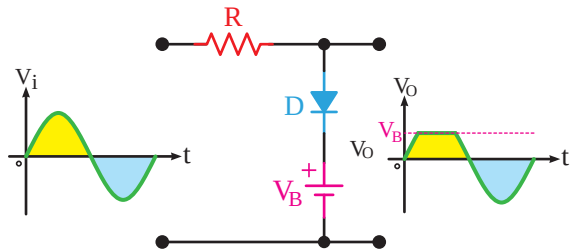
برش‌دهندهٔ موازی

الف) مدار برش‌دهندهٔ مثبت: مدار برش‌دهندهٔ مثبت، قادر است قسمت مثبت سیکل‌ها را، به هر مقدار که لازم باشد، محدود کند. شکل صفحه بعد الف و ب یک مدار برش‌دهندهٔ مثبت را نشان می‌دهد. برای سادگی کار، دیود را ایده‌آل در

نظر می‌گیریم.



الف) مدار برش‌دهندهٔ نیم‌سیکل مثبت

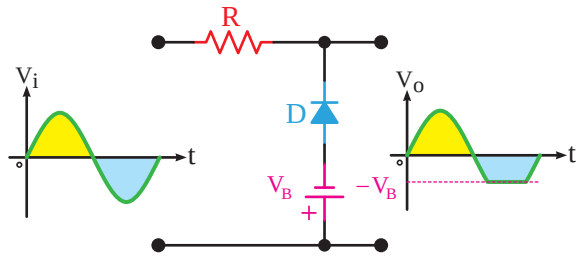


ب) مدار برش‌دهندهٔ قسمتی از نیم‌سیکل مثبت

اگر سیگنال ورودی، از V_b کوچک تر باشد دیود در بایاس معکوس قرار گرفته و قطع است. لذا ولتاژ خروجی با ولتاژ ورودی برابر است. اگر ولتاژ ورودی از V_b بیشتر شد دیود هادی می‌شود و ولتاژ خروجی، به اندازهٔ ولتاژ باتری ثابت می‌ماند (هدایت دیود، به منزلهٔ یک کلید بسته است، زمانی که کلید بسته شود ولتاژ باتری با خروجی موازی می‌گردد. در مدت نیم سیکل منفی دیود قطع و ولتاژ خروجی همان ولتاژ ورودی است.

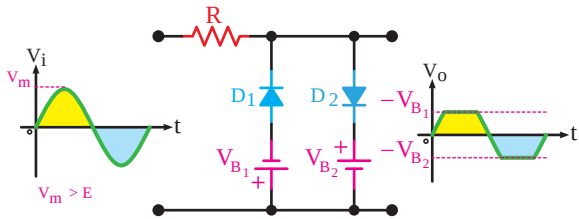
ب) برش دهندهٔ منفی: شکل صفحه بعد این مدار را همراه با شکل موج ورودی و خروجی نشان می‌دهد.

در نیم‌سیکل مثبت دیود قطع است. بنابراین، ولتاژ خروجی از نظر مقدار و جهت، با ولتاژ ورودی برابر است. در نیم سیکل منفی، زمانی که ولتاژ منفی از V_B بیشتر می‌شود ولتاژ آند دیود از کاتد آن مثبت‌تر می‌شود، همچنین دیود هادی می‌شود (کلید بسته می‌شود) و ولتاژ باتری با خروجی موازی می‌گردد. لذا ولتاژ خروجی به اندازهٔ V_B ثابت می‌ماند تا اینکه ولتاژ منفی از مقدار V_B کمتر شد. به محض اینکه ولتاژ منفی از V_B کمتر شد، دیود، قطع و ولتاژ خروجی مجدداً عین ولتاژ ورودی می‌شود.



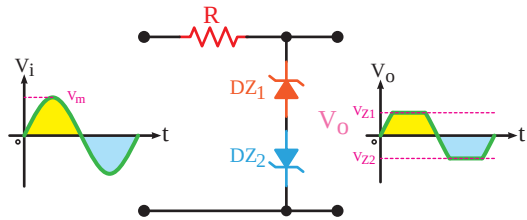
مدار برش‌دهندهٔ قسمتی از نیم سیکل منفی

برش‌دهندهٔ دو طرفه: اگر یک مدار برش‌دهندهٔ مثبت و یک برش‌دهندهٔ منفی را به‌طور موازی با یکدیگر ببندیم، می‌توانیم سیگنال را از دو طرف برش دهیم. شکل زیر، یک مدار برش‌دهندهٔ دو طرفه را همراه با ولتاژ ورودی و خروجی نشان می‌دهد. مدار برش‌دهندهٔ دو طرفه را می‌توانیم با استفاده از دو دیود زنر نیز انجام دهیم. شکل زیریک برش‌دهندهٔ دو طرفه با استفاده از دیود زنر را نشان می‌دهد.



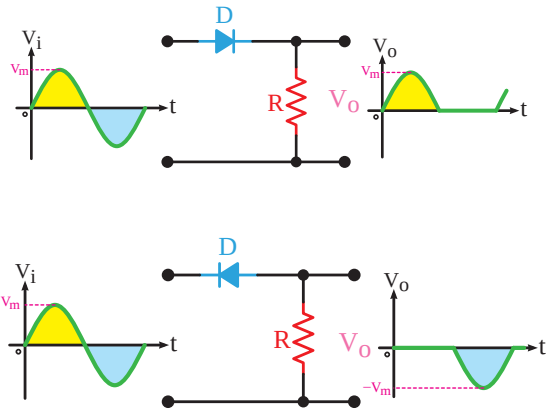
مدار برش دهنده دو طرفه

چنانچه در هر یک از مدارات برش‌دهنده (مثبت و منفی) جهت باتری یا دیود را عوض کنیم، یا اینکه خروجی را از مقاومت سری شده بگیریم، شکل موج در تمامی حالات با یکدیگر متفاوت است.



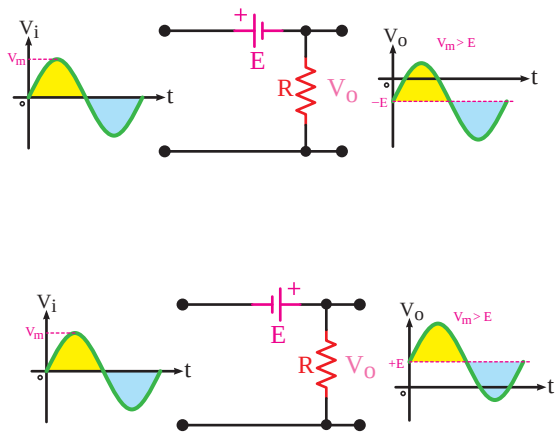
برش‌دهنده مثبت و منفی با استفاده از دیود زنر

برش‌دهنده‌های سری: در صورتی که عنصر برش‌دهنده (دیود) با خروجی به‌صورت سری بسته شود مدار را برش‌دهندهٔ سری می‌نامند. مدارهای یک‌سوساز نیم موج از هر نوع برش‌دهنده‌های سری هستند که می‌توانند نیم‌سیکل مثبت یا نیم‌سیکل منفی را برش دهند. در شکل زیر این مدارها را ملاحظه می‌کنید.



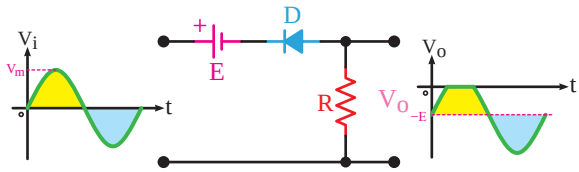
برش‌دهندهٔ سری برای نیم سیکل مثبت

برش‌دهنده سری برای نیم سیکل منفی: چنانچه طبق شکل زیر یک منبع AC را با یک باتری رسم کنیم ولتاژ خروجی از مجموع دو ولتاژ به دست می‌آید. به عبارت دیگر، موج AC روی موج DC سوار می‌شود.

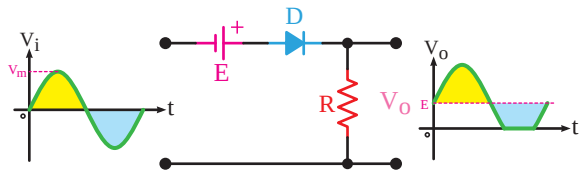


منبع ولتاژ AC سری با DC

حال چنانچه بخواهیم قسمتی از نیم سیکل مثبت یا منفی را برش دهیم، لازم است در مدار، دیودی را سری کنیم، در این حالت با توجه به اینکه دیود می‌تواند فقط نیم‌سیکل مثبت یا منفی را عبور دهد قسمتی از نیم‌سیکل بریده خواهد شد. در شکل زیر برش‌دهنده قسمتی از نیم‌سیکل مثبت و برش‌دهندهٔ قسمتی از نیم‌سیکل منفی را ملاحظه می‌کنید.



برش دهنده قسمتی از نیم سیکل مثبت



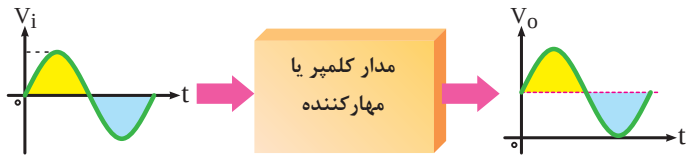
برش دهنده قسمتی از نیم سیکل منفی

فعالیت کارگاهی

مدارهای مهارکننده (Clampers)

پاسخ:

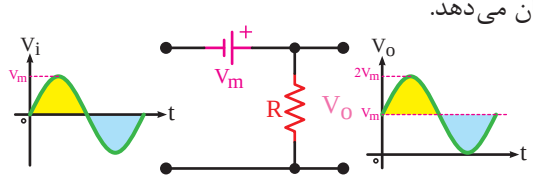
در مدار مهارکننده، تنها کاری که انجام می‌گیرد اضافه شدن مؤلفه DC به سیگنال است. عمل مهارکنندگی در شکل زیر نشان داده شده است. توجه داشته باشید که در مهارکننده‌ها باید ولتاژ DC باتری با V_m (مقدار ماکزیمم دامنهٔ موج AC) برابر باشد.



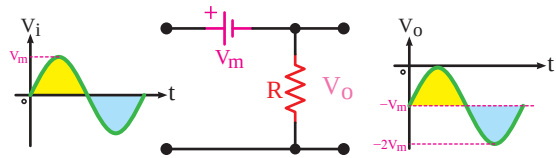
عمل مهارکنندگی

در حقیقت مهارکننده، فقط روی سیگنال، یک تغییر مکان عمودی می‌دهد. این

تغییر مکان می‌تواند به سمت بالای خط صفر (مثبت) و یا زیر خط (منفی) باشد،که به ترتیب مهارکنندهٔ مثبت و منفی نام دارند. شکل زیر مهارکنندهٔ مثبت و منفی را نشان می‌دهد.

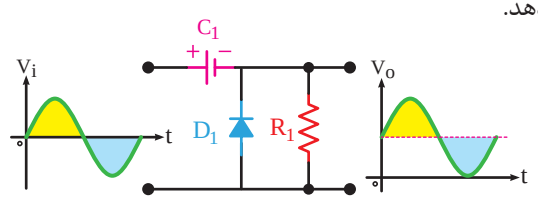


مدار مهار کنندهٔ مثبت

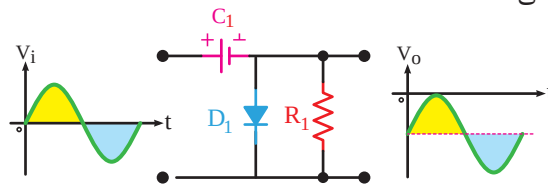


مدار مهار کننده منفی

اما در عمل، مهارکننده‌ها از باتری استفاده نمی‌شود، بلکه به جای آن خازن و دیود مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل زیر یک مهارکننده مثبت را با استفاده از خازن نشان می‌دهد.



مهار کنندهٔ منفی با استفاده از خازن: طرز کار مدار، به‌طور ایده‌آل و ساده، به این صورت است که در مدت نیم‌سیکل منفی، خازن C از طریق دیود D تا مقدار V_m شارژ می‌شود (دیود D در این مدت اتصال کوتاه است.) قطب‌های ولتاژ شارژ شده در شکل نشان داده است. در مدت نیم‌سیکل مثبت، دیود D قطع است. ولتاژ سیگنال با ولتاژ خازن جمع می‌شود (ولتاژ شارژ شده در اینجا به منزلهٔ یک باتری است.) و شکل موج به‌صورت بالا در می‌آید ($V_{dc}+V_{ac}$). شکل زیر یک مهارکنندهٔ منفی را نشان می‌دهد.



مدار مهارکنندهٔ منفی با استفاده از خازن: در مدارهای مهارکنندهٔ منفی، خازن در نیم‌سیکل مثبت شارژ می‌شود و در نیم‌سیکل منفی به منزلهٔ یک باتری محسوب می‌شود.در صورتی که بخواهیم سیگنال‌ها به اندازه V ولت بالاتر یا پایین‌تر از مبدأ (صفر ولت) باشند،کافی است منبع ثابتی با مقدار V ولت با دیود سری کنیم.

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان (فصل)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
کاربری مدارهای الکترونیکی	کاربری مدارهای دیودی	بررسی مدارهای کاربردی دیودوبستن آنها به‌صورت عملی	بالاتر از حد انتظار	۱ بررسی عملی، و آزمایش و نامگذاری انواع دیودها ۲ بررسی عملی و نحوهٔ عملکرد مدارهای یک‌سوکننده ۳ بررسی عملی و نحوهٔ عملکرد مدارهای محدودکننده ۴ بررسی عملی و نحوهٔ عملکرد مدارهای چند برابرکننده و مهارکننده هنرجو توانایی بررسی همهٔ شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ بررسی عملی و آزمایش و نامگذاری انواع دیودها ۲ بررسی عملی و نحوه عملکرد مدارهای یک‌سو کننده ۳ بررسی عملی و نحوهٔ عملکرد مدارهای محدودکننده ۴ بررسی عملی ونحوهٔ عملکرد مدارهای چند برابرکننده و مهارکننده * هنرجو توانایی بررسی سه مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حدانتظار	۱ بررسی عملی، و آزمایش و نامگذاری انواع دیودها ۲ بررسی عملی و نحوهٔ عملکرد مدارهای یک‌سو کننده ۳ بررسی عملی و نحوهٔ عملکرد مدارهای محدود کننده ۴ بررسی عملی و نحوهٔ عملکرد مدارهای چند برابر کننده و مهار کننده * هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
	نمرهٔ مستمر از ۵				
	نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳				
	نمرهٔ پودمان از ۲۰				

ارزشیابی شایستگی کاربری مدارهای دیودی

۱ـ شرح کار:

- بررسی، تجزیه و تحلیل و نام‌گذاری دیودها؛
- بررسی، تجزیه و تحلیل وکار با مدارهای یک‌سوساز دیودی؛
- بررسی، تجزیه و تحلیل وکار با مدارهای محدودکنندهٔ دیودی؛
- بررسی، تجزیه و تحلیل وکار با مدارهای چند برابرکننده‌های دیودی؛
- بررسی، تجزیه و تحلیل وکار با مدارهای مهارکنندهٔ دیودی.

۲ـ استاندارد عملکرد:

- بررسی، آزمایش وکار با مدارهای کاربردی دیودی.

۳ـ شاخص‌ها:

- شناخت کامل از تجهیزات الکترونیکی.

۴ـ شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه، مجهز به لوازم ایمنی باشد.

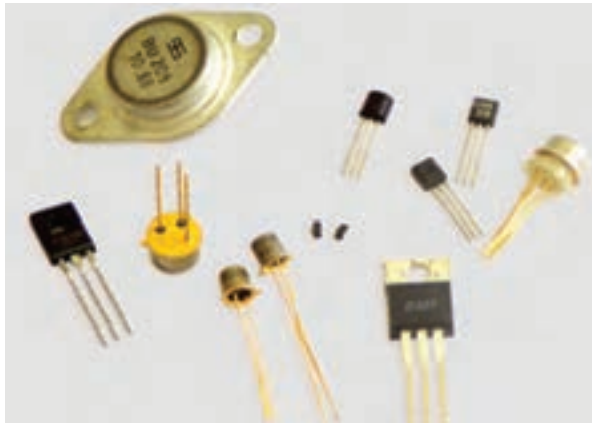
ابزار و تجهیزات: کلیهٔ دستگاه‌های الکترونیکی و قطعات الکترونیکی.

۵ـ معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی ونام‌گذاری دیود	۲	
۲	بستن سخت‌افزاری مدارهای یک‌سوساز دیودی	۱	
۳	بستن سخت‌افزاری مدارهای محدودکنندهٔ دیودی	۱	
۴	بستن سخت‌افزاری مدارهای چند برابرکننده‌های دیودی	۱	
۵	بستن سخت‌افزاری مدارهای مهارکنندهٔ دیودی	۱	
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و... ۱ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها؛ ۲ دقت و تمرکز در اجرای کار؛ ۳ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر؛ ۴ رعایت اصول و قواعد اخلاق حرفه‌ای.	۲	
	میانگین نمرات		*

* **حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.**

کاربری مدارهای ترانزیستوری



سؤالات پیشنهادی

۱ انواع روش‌های تغذیه ترانزیستور (بایاس) را تجزیه و تحلیل کند.
۲ تأثیر تغییر مقاومت‌های بایاس را روی نقطه کار ترانزیستور شرح دهد.
۳ تقویت‌کننده‌های امیتر مشترک، بیس مشترک و کلکتور مشترک و کاربرد آنها را شرح دهد.
۴ تقویت‌کننده ترانزیستوری را از نظر سیگنال تجزیه و تحلیل کند.
۵ مشخصات ویژه تقویت‌کننده بهره ولتاژ و بهره جریان را تجزیه و تحلیل کند.
۶ انواع تقویت‌کننده‌ها را از نظر مشخصات ویژه با یکدیگر مقایسه نماید.

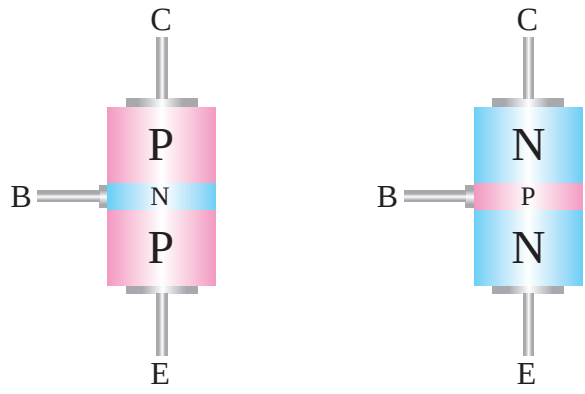
فعالیت کارگاهی

با مشاهده چند ترانزیستور از روی بدنه ترانزیستور آنها را نام‌گذاری و جنس و نوع آنها را مشخص کنید.

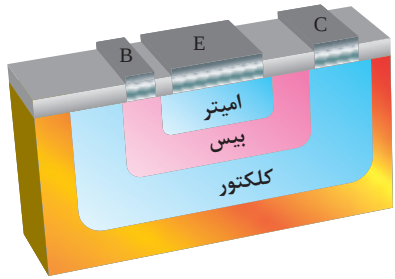
پاسخ:

ساختمان ترانزیستور

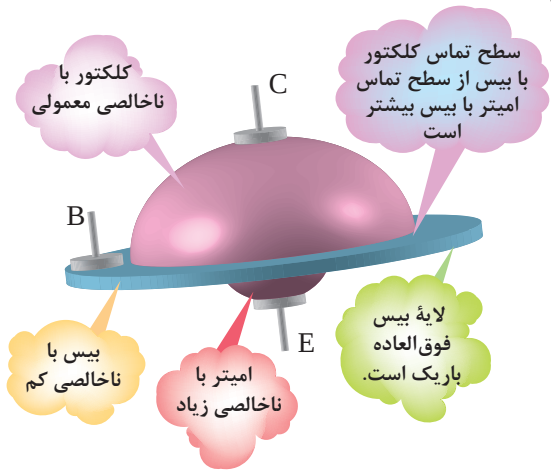
ترانزیستور معمولی یک المان سه پایه است که از سه کریستال نیمه‌هادی نوع N و P که در کنار هم قرار دارند، تشکیل شده است. ترتیب قرار گرفتن نیمه‌هادی‌ها در کنار هم، به دو صورت انجام‌پذیر است:
الف) دو قطعه نیمه‌هادی نوع N در دو طرف و نیمه‌هادی نوع P در وسط.
ب) دو قطعه نیمه‌هادی نوع P در دو طرف و نیمه‌هادی نوع N در وسط.
در حالت (الف)، ترانزیستور را NPN و در حالت (ب)، ترانزیستور را PNP می‌نامند.
شکل زیر ترتیب قرار گرفتن نیمه‌هادی‌ها را کنار هم نشان می‌دهد.



در شکل زیر، لایه‌های ترانزیستور را مشاهده می‌کنید. پایه‌های خروجی ترانزیستور را به ترتیب امیتر (منتشرکننده =Emitter)، بیس (پایه = Base) و کلکتور (جمع‌کننده =Collector) نام‌گذاری کرده‌اند.
امیتر را با حرف E، بیس را با حرف B و کلکتور را با حرفC نمایش می‌دهند.



نیمه‌هادی نوع P یا N که به عنوان امیتر به‌کار می‌رود، نسبت به لایه بیس و کلکتور، ناخالصی بیشتری دارد.
ضخامت این لایه حدود چند ده میکرون است (عملاً حدود ۲۰ـ۲۰۰ μm) و سطح تماس آن نیز به میزان فرکانس و قدرت ترانزیستور بستگی دارد.
لایه بیس، نسبت به کلکتور و امیتر، ناخالصی کمتری دارد و ضخامت آن نیز به مراتب از امیتر و کلکتور کمتر است و عملاً از چند میکرون تجاوز نمی‌کند.
ناخالصی لایه کلکتور از امیتر کمتر و از بیس بیشتر است.
ضخامت این لایه به مراتب از امیتر بزرگ‌تر است، زیرا تقریباً تمامی تلفات حرارتی ترانزیستور در کلکتور ایجاد می‌شود. شکل زیر تصویری از نسبت تقریبی لایه‌ها را نشان می‌دهد. سطح تماس کلکتور با بیس، حدوداً ۹ برابر سطح تماس امیتر با بیس است.



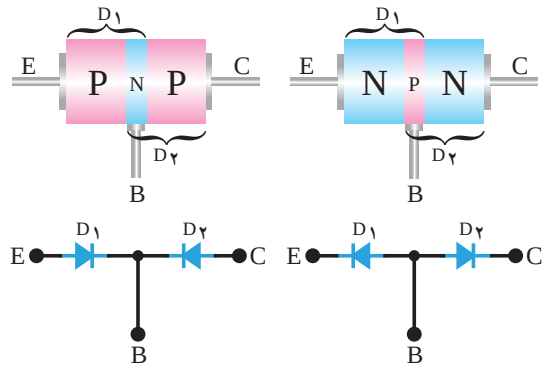
این نوع ترانزیستورها را به اختصار ترانزیستور دو قطبی تک پیوندی یا (Bipolar Junction Transistor) یا BJT می‌نامند.

پرسش

به چه دلیل این نوع ترانزیستور را Bipolar یا دو قطبی نامیده‌اند؟

معادل دیودی ترانزیستور

هرترانزیستور، دارای سه پایه و ۲ پیوند است. هر پیوند را می‌توان به‌صورت یک دیود نشان داد. در نتیجه، معادل دیودی یک ترانزیستور به‌صورت شکل زیرنشان داده می‌شود.



قطعاتی مانند مقاومت، خازن، دیود و ترانزیستور که به‌صورت تکی ساخته می‌شوند، را قطعات مجزا از هم یا دیسکریت (Discrete) می‌نامند. امروزه از قطعات دیسکریت کمتر استفاده می‌شود و اغلب به‌صورت مدار مجتمع یا آی‌سی(IC_Integrated Circuit) به بازار عرضه می‌گردد.

تحقیق

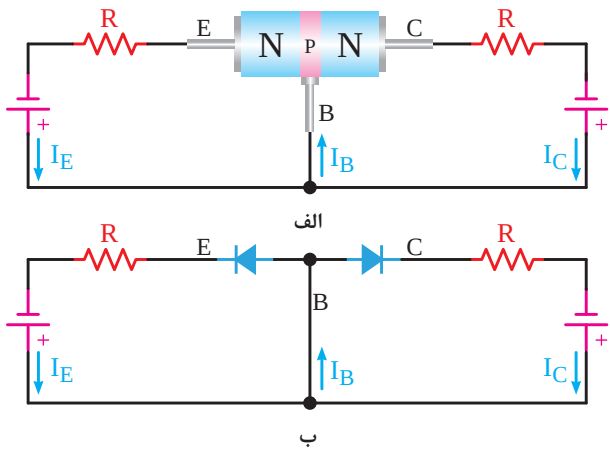
در صورتی که با استفاده از مولتی‌متر نتوانیم پایه‌های کلکتور و امیتر ترانزیستور را پیدا کنیم، با چه روش‌های دیگری می‌توانیم آنها را مشخص کنیم؟ شرح دهید.

پاسخ:

عملکرد ترانزیستور

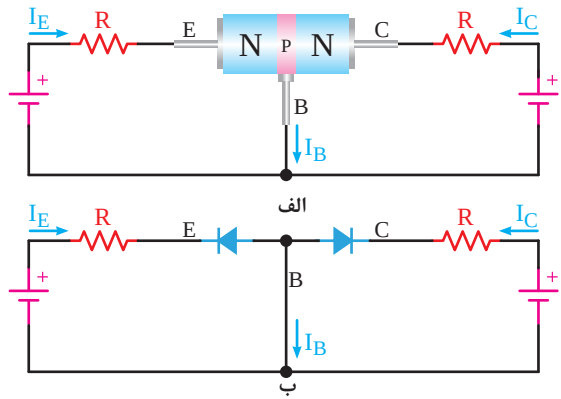
بایاس ترانزیستور: برای اینکه بتوان از ترانزیستور به عنوان مدارهایی مانند تقویت‌کننده و سوئیچ استفاده نمود، ابتدا باید ترانزیستور را از نظر ولتاژ DC تغذیه کرد، عمل تغذیه ولتاژ پایه‌های ترانزیستور را بایاس ترانزیستور می‌نامند.

با توجه به‌اینکه ترانزیستور دارای سه پایه مجزا است می‌توانیم یکی از پایه‌ها را پایه مشترک و دو پایه دیگر را ورودی و خروجی آن در نظر بگیریم.
اتصال ولتاژ DC به پایه‌های ترانزیستور، نحوه عملکرد آن را در مدار بیان می‌کند. نظر به‌اینکه تعداد پایه‌های ترانزیستور ۳ عدد است، می‌توانیم ولتاژ DC را به فرم‌های مختلف به ترانزیستور متصل کنیم. در این قسمت به شرح انواع اتصال ولتاژ DC به ترانزیستور می‌پردازیم. با این توضیح که در اینجا بیس بین ورودی و خروجی، مشترک گرفته شده است.
الف) هر دو اتصال بیس امیتر و اتصال بیس کلکتور نیز در بایاس مستقیم است. شکل الف این نوع بایاس را نشان می‌دهد. مقاومت‌های R_1 و R_2 در این شکل برای کنترل جریان به‌کار رفته است.
شکل ب مدار معادل شکل الف است.

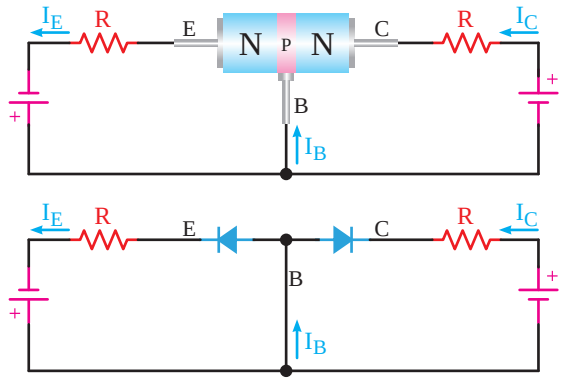


همان طوری که از شکل مدار معادل پیداست، در این حالت بایاس، دو جریان (IE جریانی که از امیتر عبور می‌کند) و (IC جریانی که از کلکتور عبور می‌کند) هر کدام مسیر جداگانه‌ای در دو حلقه طی می‌کنند، فقط در پایه بیس با یکدیگر جمع می‌شوند و دوباره تقسیم می‌گردند.
ب) هر دو اتصال بیس ـ امیتر و اتصال بیس ـ کلکتور نیز در بایاس معکوس است. این نوع اتصال در شکل الف نشان داده شده است. شکل ب مدار معادل شکل الف است. همان طوری که از مدار معادل پیداست، هر دو دیود در بایاس معکوس قرار گرفته و قطع‌اند. لذا جریان IE و IC برابر صفر است.
البته جریان بسیار ضعیفی در اثر شکستن پیوندها در دمای معمولی از مدار عبور

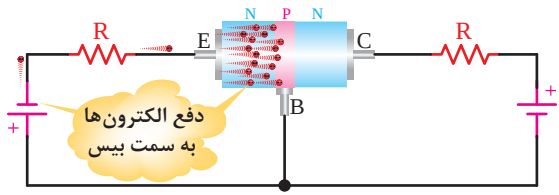
می‌کند که از آن صرف‌نظر می‌کنیم. در این حالت نیز ترانزیستور هیچ عملی انجام نمی‌دهد.



پ) اتصال بیس ـ امیتر در بایاس مستقیم و اتصال بیس کلکتور در بایاس معکوس است. شکل الف و ب این حالت بایاس را نشان می‌دهد.



همان طوری که از شکل پیداست، اتصال بیس امیتر در بایاس مستقیم است، لذا باید یک جریان در مدار بیس ـ امیتر داشته باشیم. (در این قسمت استثنائاً جهت جریان را در جهت واقعی الکترون‌ها در نظر می‌گیریم.)

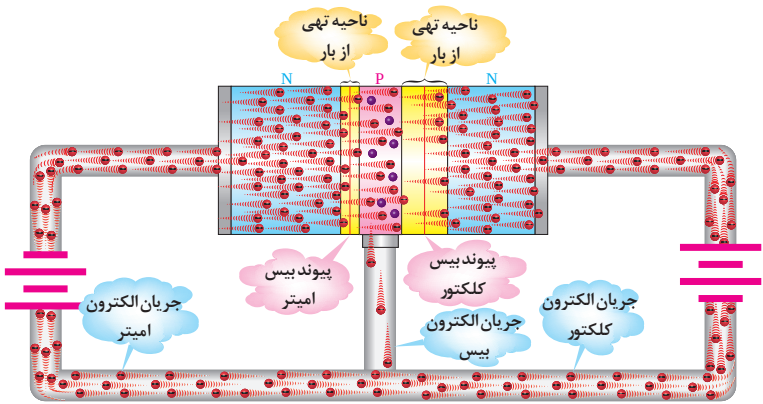


همان طوری که از شکل صفحهٔ قبل پیدا است، الکترون‌های نیمه‌هادی نوع N، توسط ولتاژ منفی باتری به سمت بیس رانده می‌شوند. گفتیم که لایه بیس نسبت به امیتر و کلکتور ناخالصی کمتری دارد و ضخامت آن نیز، نسبت به دو لایه دیگر فوق‌العاده کم است. در اینجا سؤالی پیش می‌آید که آیا این جریان الکترون‌ها مسیر خود را از طریق امیتر بیس می‌بندد یا اتفاق دیگری می‌افتد؟

در نگاه اول چنین به نظر می‌آید که جریان الکترون‌ها مسیر خود را باید از طریق بیس امیتر ببندد، ولی عملاً این طور نیست و قسمت اعظم این جریان از طریق کلکتور بسته می‌شود. دلیل این عمل به شرح زیر است:

به کلکتور ولتاژ مثبت وصل شده است و این ولتاژ قادر است، الکترون‌ها را به طرف خود جذب کند. لایه بیس بسیار نازک است و الکترون‌ها به محض وارد شدن به لایه بیس به دلیل کم بودن این فاصله با کلکتور جذب می‌شوند. ثالثاً، سطح کلکتور حدود ۹ برابر بزرگ‌تر از سطح امیتر است، لذا نسبت به ورود الکترون‌ها به لایه بیس احاطه کامل دارد و تقریباً تمام آنها را جذب می‌کند.

ناخالصی بیس کم است و الکترون‌ها با حفره‌ها کمتر ترکیب می‌شوند. لذا تقریباً بیش از ۹۵٪ الکترون‌هایی که به لایه بیس وارد می‌شوند، مدار خود را از طریق کلکتور می‌بندند. شکل زیر، نسبت تقسیم تقریبی الکترون‌ها بین کلکتور و بیس را نشان می‌دهد.



برای بررسی یک تقویت‌کننده ترانزیستوری ابتدا باید ترانزیستور را بایاس کرد، یعنی دیود بیس امیتر را در بایاس موافق و دیود کلکتور بیس را در بایاس مخالف قرار داد. ترانزیستور به عنوان تقویت‌کننده می‌تواند یکی از سه آرایش امیتر مشترک، بیس مشترک و کلکتور مشترک را داشته باشد. مقادیر امپدانس ورودی، امپدانس خروجی، بهره ولتاژ و بهره جریان ترانزیستور در آرایش‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است.

دانش افزایی

روش‌های مختلف تغذیهٔ ترانزیستور

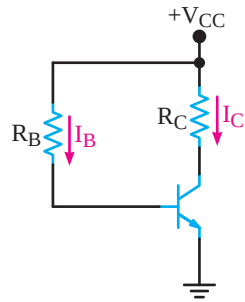
برای آنکه ترانزیستور به عنوان تقویت‌کننده درست عمل کند و در سیگنال ورودی اعوجاج به وجود نیاورد، باید به‌طور صحیح تغذیه شود. تغذیه ناکافی و نیز تغذیه بیش از حد، ممکن است در سیگنال خروجی تغییر شکل (اعوجاج) به وجود آورد. به علاوه، تغذیه بیش از حد موجب اتلاف توان می‌شود و با (Efficiency) تقویت‌کننده را پایین می‌آورد. تغذیه جریان مستقیم ترانزیستور را بایاسینگ (Biasing) می‌گویند. بایاسینگ، ترانزیستور را از نظر ولتاژ DC در یک وضعیت ثابت قرار می‌دهد، به این وضعیت ثابت حالت آرامش یا سکون (Quiescent Point) یا نقطه کارترانزیستور می‌گویند.یک ترانزیستور باید طوری بایاس شود که همواره پیوند بیس امیتر آن در گرایش مستقیم (Forward Bias) و پیوند کلکتور بیس آن در گرایش معکوس (Reverse Bias) قرار گیرد. در این شرایط است که از ترانزیستور می‌توانیم به عنوان تقویت‌کننده رگولاتور و... استفاده نماییم.

نکته

فقط در بعضی کاربردهای ویژه است که ترانزیستور به عنوان یک کلید ایده‌آل در دو حالت اشباع و قطع عمل می‌کند. در این شرایط پیوند کلکتور بیس در گرایش مستقیم قرار می‌گیرد.

بایاس ترانزیستور جهت تأمین نقطه کار مناسب با یکی از سه روش زیر انجام می‌گیرد.

تغذیهٔ ثابت (Fixed Bias): در این نوع بایاس که مدار آن در شکل زیر نشان داده شده است، مقدار جریان بیس یعنی I_B همواره ثابت باقی می‌ماند.

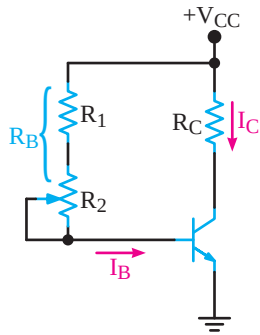


در صورتی که اگر در شکل صفحهٔ بعد معادله KVL را در حلقه ورودی بنویسیم، مقدار جریانی که از بیس ترانزیستور می‌گذرد از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

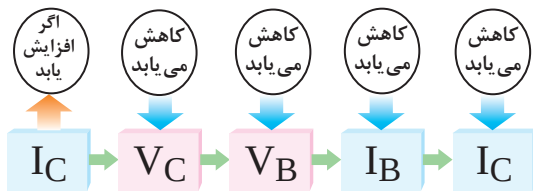
$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

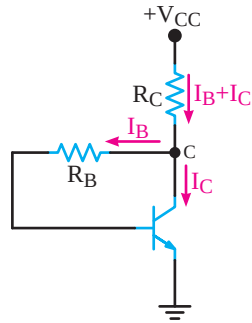
در این معادله مقدار V_{CC} ثابت و مقدار V_{BE} تقریباً ثابت است، بنابراین در صورتی که بپذیریم V_{BE} تقریباً ثابت است، می‌توانیم بگوییم که تنها عامل تعیین‌کننده جریان بیس مقدار مقاومت R_B است و با انتخاب یک مقدار معین برای R_B مقدار جریان بیس با تقریب قابل قبول تعریف می‌شود. در این مدار معادله جریانی که از کلکتور ترانزیستور می‌گذرد برابر است با معادله $I_C=\beta I_B$

با توجه به معادلهٔ بالا مقدار جریان I_C به مقدارβ ترانزیستور بستگی دارد. چون مقدار β برای ترانزیستورهای مختلف (حتی از یک نوع) تغییر می‌کند، در صورت تعویض ترانزیستور نقطه کار مدار نیز تغییر خواهد کرد. برای ثابت نگه داشتن نقطه کارترانزیستور، پتانسیومتر $R_۲$ را مطابق شکل زیر با $R_۱$ سری می‌کنیم. حال اگر نقطه کار ترانزیستور در صورت فرسودگی یا تعویض ترانزیستور تغییر کند، می‌توانیم با تنظیم پتانسیومتر مقدار جریان را به حالت اولیه برگردانیم.



تغذیهٔ خودکار(Automatic Bias): در مدار شکل زیر نقطه کار تا حد زیادی به مقدار βی ترانزیستور وابسته است و با تغییر، β نقطه کار جابه‌جا می‌شود. برای اینکه مدار فوق در برابر تغییرات β ثبات بیشتری داشته باشد، می‌توانیم به جای آنکه تغذیه بیس ترانزیستور را مستقیماً از V_{CC} تأمین کنیم، طبق شکل زیر ولتاژ تغذیه بیس را از کلکتور ترانزیستور دریافت نماییم. به این ترتیب، با افزایش مقدار جریان، I_Cولتاژ کلکتور کاهش می‌یابد. با کاهش ولتاژ کلکتور، ولتاژ بیس کم می‌شود و جریان بیس را کاهش می‌دهد. بنابراین هرگونه تغییر در، I_C اثر معکوس روی جریان I_B می‌گذارد.





برای درک بهتر موضوع، معادله حلقه خروجی را با توجه به شکل زیر می‌نویسیم و ولتاژ کلکتور ترانزیستور یعنی ولتاژ نقطه C را به‌دست می‌آوریم.

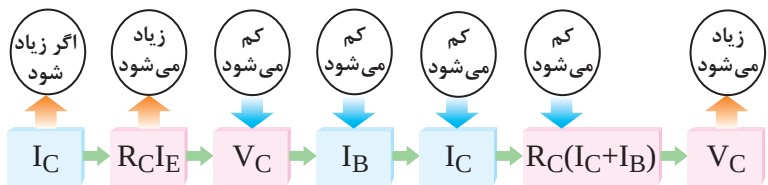
$$V_{CC}=V_{RC}+V_C \Rightarrow V_C=V_{CC}-V_{CR}$$

$$V_C=V_{CE}=V_{CC}-(I_B+I_C)R_C$$

براساس معادله بالا با افزایش مقدار جریان C ولتاژ دو سر مقاومت R_C یعنی $(I_B+I_C)RC_C$ بیشتر می‌شود و ولتاژ نقطه C کاهش می‌یابد. کاهش پتانسیل نقطه C موجب کاهش اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_B می‌شود و این امر مقدار جریان I_B را کاهش می‌دهد زیرا:

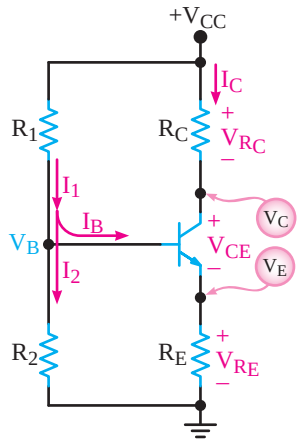
$V_{RB}= V_C - V_{BE}$ است، پس می‌توانیم بنویسیم: $I_B = \frac{V_{RB}}{R_B} = \frac{V_C - V_{BE}}{R_B}$

بنابراین، مدار به‌گونه‌ای عمل می‌کند که با کم شدن مقدار، I_B از مقدار جریان I_C کاسته می‌شود، زیرا $I_C=\beta I_B$ است. این کاهش جریان افت ولتاژ دو سر مقاومت RC را نسبت به حالت فرضی اولیه کمتر می‌کند و ولتاژ نقطه C را دوباره بالا می‌برد. افزایش ولتاژ C ولتاژ دوسر مقاومت R_B و V_{BE} را افزایش می‌دهد. با افزایش V_{BE} مقدار جریان I_B زیاد می‌شود. این نوع تغذیه را که به‌طور خودکار ولتاژ روی کلکتور، ترانزیستور را کنترل می‌کند، تغذیه خودکار می‌نامند. به علت آنکه تغذیه بیس از کلکتور ترانزیستور گرفته می‌شود تغذیه کلکتورس نیز نام‌گذاری شده است. می‌توان چرخه کنترل تغییرات جریان I_C و اثر آن روی I_B را به‌صورت زیر خلاصه کرد.



بایاس با مدار تقسیم‌کنندهٔ ولتاژ مقاومتی(Voltage divider Bias) یا تغذیهٔ سرخود(Self Bias): در مواردی که حتی تغییرات جزئی V_{CE} و V_{CC} نیز بر عملکرد مدار اثر نامطلوب می‌گذارد، می‌توان از مدار شکل زیر استفاده کرد.

در این مدار نقطه کار ترانزیستور در حد قابل قبول تثبیت شده است و در شرایط خاص تا حدودی مستقل از βی ترانزیستور است. در این مدار مقاومت‌های تقسیم‌کننده ولتاژ R_1 و R_2 ولتاژ تغذیه بیس ترانزیستور را تأمین می‌کند. برای آنکه V_B تقریباً ثابت بماند، باید مقدار جریان، I_B در مقایسه با مقدار جریان، I_2 قابل چشم پوشی باشد. برای تحقق این امر، باید مقاومت تقسیم‌کننده ولتا R_2 خیلی کوچک‌تر از مقاومت ورودی ترانزیستور (مقاومت استاتیکی، از پایه بیس ترانزیستور نسبت به شاسی) انتخاب شود.



در عمل معمولاً مقدار I_2 را ۵ تا ۱۰برابر I_B در نظر می‌گیرند. در این شرایط با توجه به کوچک بودن I_B در مقایسه با، I_2 عملاً با (تقریب قابل قبول) می‌توان معادله V_B را از تقسیم ولتاژ V_{CC} بین دو مقاومت R_1 و R_2 به دست آورد.

$$V_B = \frac{V_{CC} R_2}{R_1 + R_2}$$

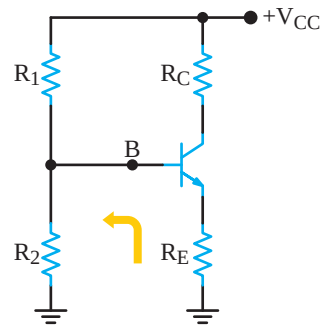
می‌دانیم V_E برابر است با $V_E = V_B - V_{BE}$ از طرفی جریانی که از پایه امیتر ترانزیستور خارج می‌شود برابر است با:

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

چون I_B خیلی کوچک‌تر از I_C است با تقریب قابل قبول می‌توان نوشت $I_C=I_E$. با توجه به کم‌بودن جریان I_B در مقایسه با I_E و I_C ملاحظه می‌شود که مقدار جریان I_C بیشتر V_{CC} و مقاومت‌های مدار وابسته است و تقریباً به βی ترانزیستور وابستگی ندارد. در صورتی که شرایط تقریب قابل قبول حاکم باشد، با تعویض ترانزیستور تغییرات جریان I_C و V_{CE} قابل توجه نخواهد بود و به راحتی می‌توان از این تغییرات صرف نظر کرد

مدار معادل تونن بایاس سرخود

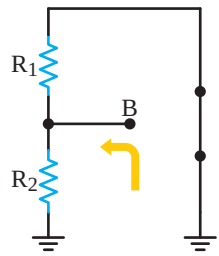
برای تشریح نقش R_1 و R_2 بررسی نحوه ایجاد پایداری حرارتی در مدار، ابتدا معادل تونن ورودی مدار را با توجه به تقریب‌های قابل قبول از نقطه B در مدار شکل زیر به‌دست می‌آوریم.



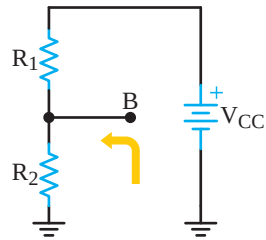
در این حالت مجموعه ترانزیستور، مقاومت R_E و مقاومت R_C به عنوان بار فرض می‌شود.

بنابراین با توجه به شکل زیر مقاومت معادل تونن (R_{th}) از موازی شدن دو مقاومت R_1 و R_2 به‌دست می‌آید.

$$R_{th} = R_1 \,||\, R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$



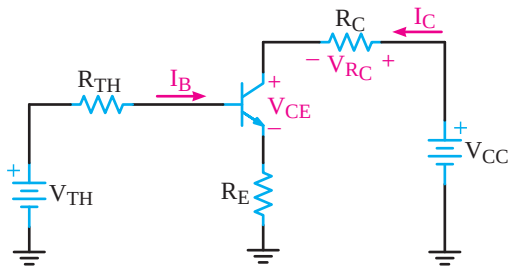
با قرار دادن باتری V_{CC} در مدار مطابق شکل زیرولتاژ معادل تونن (V_{th})را به‌دست می‌آوریم.



مقدار ولتاژ معادل تونن، افت ولتاژ دو سر مقاومتR_2 است، پس می‌توانیم بنویسیم...

$$V_{th} = \frac{V_{CC}R_2}{R_1 + R_2} +$$

با توجه به محاسبات انجام شده، مدار معادل تونن بایاس سرخود به‌صورت مدار شکل زیر به‌دست می‌آید.



در مدار معادل تونن، باتری مربوط به ولتاژ معادل تونن(V_{th}) بایاس دیود بیس امیتر را بر عهده دارد. R_E جهت پایداری حرارتی در مدار به‌کار می‌رود که در مورد نقش آن توضیح داده خواهد شد. برای افزایش پایداری حرارتی در مدار فوق، باید مقاومت در مقایسه با مقدار R_{th} نسبتاً زیاد انتخاب شود. از طرفی افزایش مقدار مقاومت R_E بهره ولتاژ مدار را به شدت پایین می‌آورد. همچنین کاهش مقدار مقاومت،R_{th}امپدانس ورودی مدار را کاهش می‌دهد.کاهش امپدانس ورودی موجب اتلاف زیاد توان DC در مدار و پایین آمدن بازده آن می‌شود.
بنابراین در تعیین مقدار R_E باید یک حد متعادلی رعایت شود. برای محاسبه مقدار R_E می‌توانیم بنویسیم:

$$V_E=V_B-V_{BE}=I_ER_E$$

$$R_E = \frac{V_B - V_{BE}}{I_E}$$

افت ولتاژ V_E در مقایسه با تغییرات احتمالی V_{BE} باید آنقدر بزرگ باشد که نتواند I_E را تحت تأثیر نوسانات ناخواسته V_{BE} در اثر حرارت قرار دهد. از سه نوع بایاس گفته شده، تغذیه سرخود مناسب‌ترین نوع آن است، زیرا با انتخاب مناسب مقادیر مقاومت‌های R_E، R_1 و R_2 می‌توان به درجه پایداری حرارتی مورد نیاز رسید.

نکته

محاسبات مربوط به R_E ، R_C ، R_1 و R_2 با در نظر گرفتن I_B قابل اجرا است. یادآور می‌شود که محاسبات دقیق تقریبی ذکر شده که بر مبنای حذف I_B صورت گرفته است، در سطح هنرستان قابل قبول و از نظر عملی قابل اجرا می‌باشد.

تأثیر تغییر مقاومت‌های بایاس روی ولتاژ و جریان پایه‌های ترانزیستور:
در این مرحله، تأثیر تغییر مقاومت‌های بایاس را روی ولتاژ و جریان پایه‌های ترانزیستور مورد بررسی قرار می‌دهیم.

تغییرات R_{B1}: افت با افزایش مقدار R_{B1} ولتاژ دوسر R_{B2} یعنی V_B کاهش می‌یابد.
با استفاده از رابطه V_B چگونگی کاهش ولتاژ V_B اثبات می‌شود.

$$V_B = \frac{V_{CC} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

اگر R_{B1} افزایش یابد مخرج کسر زیاد می‌شود و V_B را کم می‌کند.
کاهش V_B سبب کاهش I_B و به تبع آن I_E و I_C و در نهایت کاهش V_E می‌شود.
رابطه I_E و V_E نیز این تغییرات را نشان می‌دهد.

ثابت $V_E=V_B-V_{BE}$ با کاهش V_B، V_E کاهش می‌یابد

$I_E = \frac{V_E}{R_E}$ کاهش V_E سبب کاهش I_E و I_C می‌شود

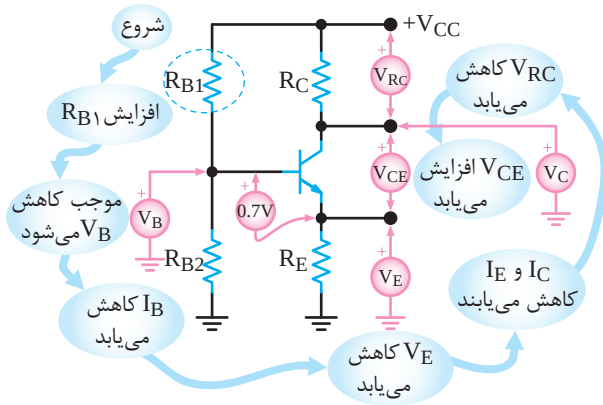
با کاهش I_C ، افت ولتاژ در دوسر مقاومت R_C کم می‌شود و ولتاژ کلکتور ترانزیستور را افزایش می‌دهد.

$V_E=V_{CC}-R_C I_C$

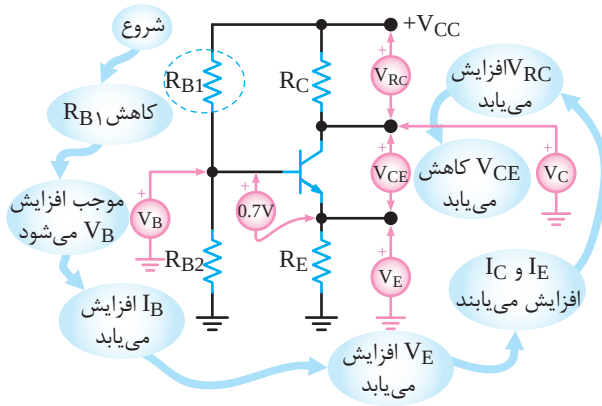
کاهش I_C سبب کاهش افت پتانسیل $R_C I_C$ می‌شود.

با کاهش R_CI_C مقدار V_C زیاد می‌شود.

مراحل چگونگی افزایش R_{B1} روی شکل زیرنشان داده شده است.

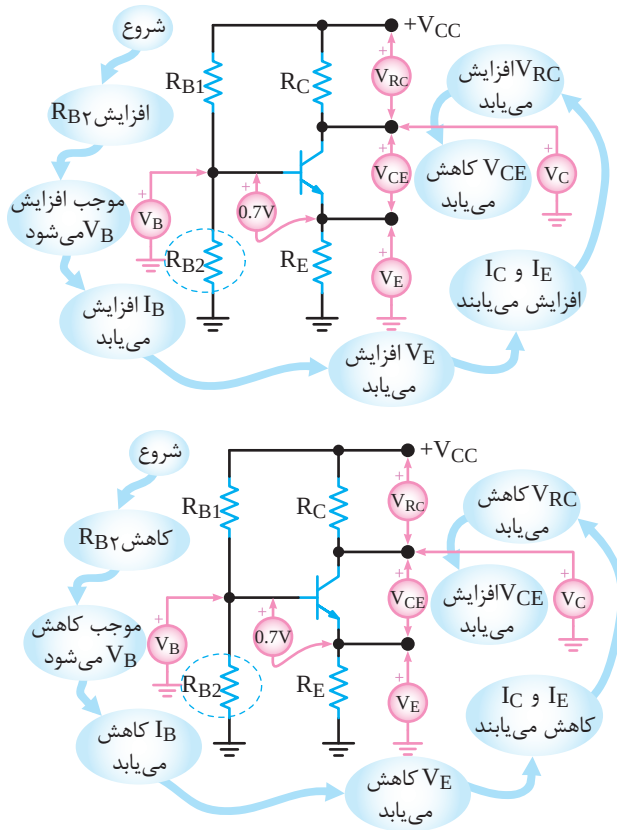


در صورتی که R_{B1} کاهش یابد روند این تغییرات به‌طور معکوس انجام می‌شود. مراحل تأثیر کاهش R_{B1} روی نقطه کار ترانزیستور در شکل زیر نشان داده شده است.



تغییرات R_{B2} : با افزایش مقدار R_{B2} افت پتانسیل دوسر آن یعنی V_B افزایش می‌یابد. افزایش V_B سبب افزایش V_E و I_B می‌شود. افزایش V_E، I_CI_E را زیاد می‌کند. با افزایش، I_C افت پتانسیل دوسر مقاومت R_C افزایش می‌یابد و پتانسیل کلکتورترانزیستور را کاهش می‌دهد. با کاهش R_{B2} روند تغییرات گفته شده معکوس می‌شود.

مراحل تأثیر تغییر $R_{B۲}$ روی نقطه کار ترانزیستور در شکل‌های زیر نشان داده شده است.



تغییرات R_C : افزایش مقدار R_C بر V_B اثر نمی‌گذارد، زیرا طبق معادله

$$V_B = \frac{V_{CC}R_{B۲}}{R_{B۱}+R_{B۲}}$$

مقدار V_B به R_C بستگی ندارد.

چون V_B تغییر نمی‌کند، در مقدار V_E نیز تغییری حاصل نمی‌شود. در نتیجه مقدار جریان I_E و همین طور مقدار I_C تقریباً تغییر نمی‌کند. چون R_C زیاد شده است، افت پتانسیل دوسر آن یعنی R_CI_C افزایش می‌یابد و موجب کاهش V_C می‌شود. زیرا

$V_C=V_{CC}-R_CI_C$

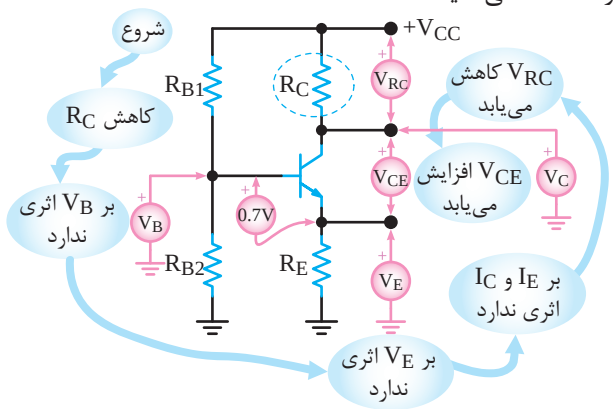
V_C: کاهش می‌یابد.

V_{CC}: ثابت است.

R_C : افزایش R_C موجب افزایش $R_C I_C$ می‌شود.

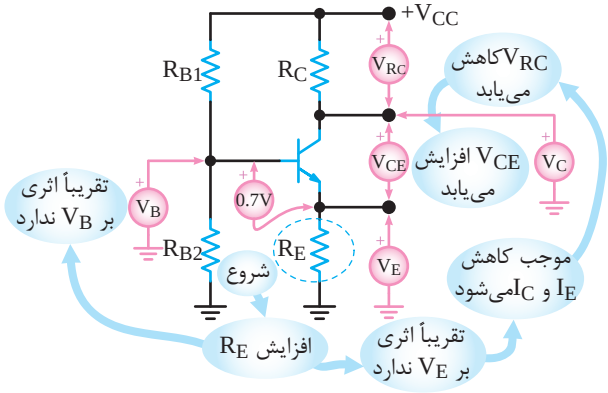
I_C : با توجه به تقریب‌های در نظر گرفته شده تقریباً ثابت است.

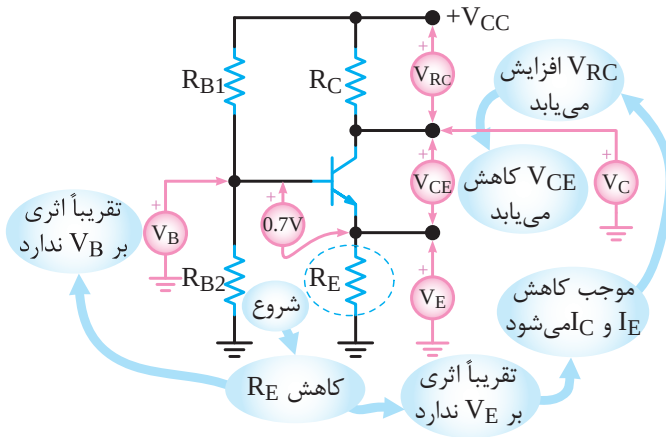
در صورتی که R_C کاهش یابد، افت پتانسیل دوسر این مقاومت کاهش می‌یابد و سبب افزایش V_C می‌شود. روند تأثیر کاهش R_C را در روی نقطه کار ترانزیستور در شکل زیر مشاهده می‌کنید.



تغییرات R_E : با توجه به معادلات $V_B = \frac{V_{CC} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$ و $V_E = V_B - V_{BE}$

با تقریب‌های در نظر گرفته شده مشاهده می‌شود که این دو معادله به R_E بستگی ندارند. لذا تغییر R_E تقریباً تأثیری بر V_B و V_E ندارد V_B و V_E تقریباً ثابت خواهند ماند. چون V_E تقریباً ثابت می‌ماند، با افزایش R_E مقدار I_E کاهش و با کاهش R_E مقدار I_E افزایش می‌یابد. افزایش یا کاهش I_E سبب افزایش یا کاهش I_C می‌شود. افت ولتاژ دوسر مقاومت R_C با افزایش I_C زیاد و با کاهش I_C کم می‌شود و ولتاژ کلکتور ترانزیستور را کاهش یا افزایش می‌دهد. روند تأثیر تغییرات R_E روی نقطه کار ترانزیستور در شکل‌های زیر نشان داده شده است.





برحسب اینکه تقویت‌کننده چه مقدار از یک پریود کامل (T) سیگنال AC ورودی را تقویت کند، آن را در یکی از کلاس‌های AB، B و A یا C بایاس می‌کنند.

تقویت‌کننده کلاس A

در این نوع آمپلی فایر سیگنال الکتریکی از دو طرف مثبت و منفی, به یک اندازه تقویت می‌شود, نقطه کار ترانزیستور باید طوری انتخاب شود که هیچ قسمتی از سیگنال (مثبت یا منفی) حذف نشود. در این کلاس تقویت‌کنندگی اعوجاج سیگنال تقویت شده در خروجی بسیار کم است.

تحقیق

در مورد انواع کلاس کار ترانزیستورها تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

پاسخ:

برحسب اینکه تقویت‌کننده چه مقدار از یک پریود کامل (T) سیگنال AC ورودی را تقویت کند، آن را در یکی از کلاس‌های AB، B و A یا C بایاس می‌کنند.

تقویت‌کننده کلاس A

در این نوع آمپلی فایر سیگنال الکتریکی از دو طرف مثبت و منفی، به یک اندازه تقویت می‌شود، نقطه کار ترانزیستور باید طوری انتخاب شود که هیچ قسمتی از سیگنال (مثبت یا منفی) حذف نشود. در این کلاس تقویت‌کنندگی اعوجاج سیگنال تقویت شده در خروجی بسیار کم است.

تقویت‌کننده کلاس B

در این کلاس کمی کمتر از سیگنال متناوب ورودی تقویت می‌شود، زیرا دیود بیس امیتر را بایاس نمی‌کنند، به علت بایاس نشدن دیود بیس امیتر قسمت کمی (حدود ۰/۶ ولت در ترانزیستور سیلیسیم از سیگنال تقویت نخواهد شد، در این کلاس اعوجاج سیگنال تقویت شده خروجی زیاد است.

تقویت کننده کلاس A/B

نقطه کار آمپلی فایر در این کلاس بین کلاس A و B قرار می‌گیرد، معمولاً دیود بیس امیتر آمپلی فایر را در آستانه هدایت سیلیسیم حدود ۰/۶ ولت بایاس می‌کنند، در این صورت این تقویت‌کننده فقط نیم سیکل‌های مثبت یا منفی را تقویت می‌کند، تقویت‌کننده نیم سیکل مثبت یا منفی بستگی به نوع ترانزیستور NPN یا PNP دارد. اعوجاج سیگنال خروجی در این کلاس اندکی کمتر از کلاس B است.

تقویت‌کننده کلاس C

در این نوع تقویت‌کننده فقط قسمت کمی از نیم سیگنال مثبت یا منفی بسته به نوع ترانزیستور NPN و PNP تقویت می‌شود بایاسینگ بیس امیتر معمولاً به‌طور معکوس انجام می‌گیرد.

بسته به طراح و کیفیت ترانزیستورها و دیگر قطعات به‌کار رفته کیفیت سیگنال خروجی در کلاس‌های AB، B و A می‌تواند نتیجه معکوس داشته باشد! این‌طور نیست یک آمپلی فایر کلاس B در خروجی اعوجاج بیشتری از کلاس A داشته باشد، صدای یک آمپلی فایر از فیلترهای مختلفی می‌گذرد تا توسط بلندگو به گوش ما می‌رسد، خود بلندگو و کراس‌آور آن گاهی بزرگ‌ترین فیلتر منفی به‌حساب می‌آید، نتیجه سیگنال به‌دست آمده در زیر اسکوپ خیلی متفاوت با آنچه است که در نهایت از بلندگو شنیده می‌شود.

فعالیت کارگاهی

تقویت‌کننده امیتر مشترک

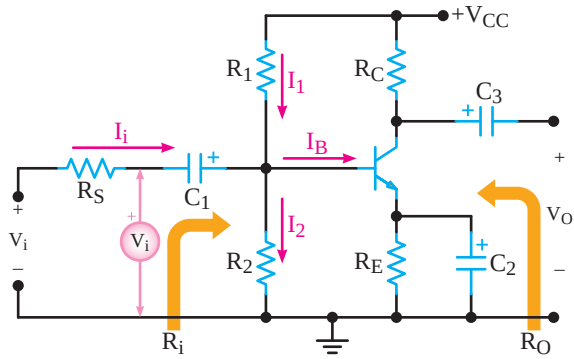
پاسخ:

تحلیل تقویت‌کنندهٔ امیتر مشترک (C_E)

تقویت‌کننده امیتر مشترک، بیشترین کاربرد در انواع تقویت‌کننده‌ها را دارد.

تقویت‌کننده امیتر مشترک علاوه برتقویت جریان، تقویت ولتاژ را نیز انجام می‌دهد

و به همین دلیل، در بسیاری از موارد، نسبت به تقویت‌کننده‌های دیگر برتری دارد. در مدار شکل زیر یک تقویت‌کننده امیتر مشترک با بایاس سرخود را مشاهده می‌کنید.



همان‌طور که ملاحظه می‌شود برای جلوگیری از افت ولتاژ متناوب در دوسر مقاومت R_E، دوسر مقاومت را توسط خازن C_2 که خازن بای پاس نامیده می‌شود، اتّصال کوتاه می‌کنند. خازن‌های C_2C_1 خازن‌های کوپلاژ هستند. این خازن‌ها مانع ورود سیگنال DC از یک طبقه به طبقه دیگر می‌شوند. مجموعه مقاومت‌های R_1 ، R_2 ، R_E و R_C ترانزیستور را در نقطهٔ کار DC مورد نظر قرار می‌دهند. مقاومت R_1 و R_2 بایاس بیس را تأمین می‌کنند. مقاومت R_E علاوه بر تثبیت ترانزیستور در مقابل حرارت، در تعیین نقطهٔ کار DC نیز دخالت دارد. مقاومت R_C نیز ضمن دخالت داشتن در تنظیم نقطه کار، به عنوان مقاومت بار کلکتور عمل نموده و جریان کلکتور را محدود می‌کند.

مقاومت R_S کنترل‌کننده جریان ورودی است.

محاسبهٔ مقاومت R_C ، R_E ، R_2 ، R_1

درباره محاسبه مقاومت‌های بایاس ترانزیستور در مباحث قبل توضیح داده شده است. نکته‌ای که در اینجا برای محاسبه مقاومت‌های فوق باید در نظر گرفت توجّه به نقطه کار DC مفروضاتی است که معمولاً برای تقویت‌کننده‌های امیتر مشترک در نظر می‌گیرند.

این مفروضات عبارت‌اند از:

$I_2=5I_B$

$$R_E = \frac{R_C}{۵}$$

$$V_{CE} = \frac{V_{CC}}{۲}$$

با معلوم بودن مختصات نقطه کار و با توجه به مفروضات فوق، می‌توان مقاومت‌های بایاس را محاسبه نمود. از بیان مثالی در این مورد صرف نظر می‌شود و از این پس از مدار بایاس سرخود با مقاومت‌های بایاس معلوم برای تجزیه و تحلیل استفاده خواهیم کرد.

بهرهٔ جریان: در تقویت‌کننده امیتر مشترک جریان ورودی، جریان بیس خروجی در حالت بی‌باری و جریان کلکتور است. همان‌طور که قبلاً گفته شد، جریان کلکتور، چندین برابر جریان بیس است؛ بنابراین، مدار امیتر مشترک، جریان را تقویت می‌کند. نسبت جریان خروجی به جریان ورودی را بهرهٔ جریان می‌گویند و آن را با حرف A_i نشان می‌دهند.

$$A_i = \frac{I_O}{I_I} \approx \frac{I_C}{I_B} = \beta$$

حرف β را برای بهره جریان DC به کار می‌برند. متناوب، برای به دست آوردن بهره جریان از پارامتر دیگری به نام hfe استفاده می‌شود که مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$A_i = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} = h_{fe}$$

در بسیاری موارد مقدار h_{fe} تقریباً با مقدار β برابر می‌شود β تابعی از جریان، درجه حرارت و مقدار ولتاژ V_{CE} است.

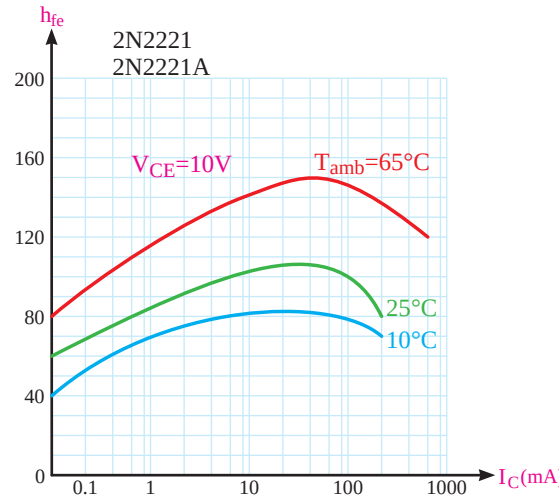
کارخانه‌های سازنده، تغییرات h_{fe} را برحسب I_C در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌دهند

شکل زیر منحنی تغییرات h_{fe} را برحسب I_C برای مقادیر $V_{CE} = ۱۰V$ در درجه حرارت‌های $۶۵^\circ C$ و $۲۵^\circ C$ و $۱۰^\circ C$ رابرای ترانزیستور ۲N۲۲۲۱ نشان می‌دهد.

در برگه‌های اطلاعات معمولاً مقدارβ را با نام h_{fe} در جریان DC نیز می‌شناسند.

منحنی تغییرات h_{fe} برحسب I_C درسه درجه حرارت

همان‌طور که در منحنی شکل مشاهده می‌شود در یک درجه حرارت معین با افزایش مقدار جریان، I_C مقدار h_{fe} افزایش می‌یابد تا به یک مقدار ماکزیمم می‌رسد. سپس مقدار h_{fe} با افزایش I_C شروع به کاهش می‌نماید، به عنوان مثال در درجه حرارت محیط که مقدار آن ۲۵ درجه سانتی‌گراد است، در جریان مقدار IC= ۱ mA مقدار $h_{fe} \simeq$ ۸۴ و در i_c =۳۰mA و h_{fe} =۱۰۸ و I_C=۱۰۰MA و مقدار h_{fe} تقریباً ۱۰۰ است.



بهرهٔ ولتاژ: اگر به ورودی تقویت‌کننده امیتر مشترک ولتاژ متناوبی اعمال کنیم با توجه به محدودیت V_{BE} تغییرات ولتاژ ورودی یعنی تغییرات ولتاژ بیس امیتر محدود و با دامنه کم است. اما ولتاژ متناوب خروجی که همان تغییرات ولتاژ کلکتور امیتر است، دامنه زیادی دارد. لذا تقویت‌کننده امیتر مشترک ولتاژ را نیز تقویت می‌کند و بهره ولتاژ آن زیاد است.

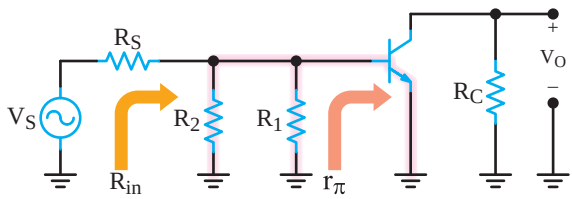
اختلاف فاز بین ولتاژ ورودی و خروجی: جریان ورودی و جریان خروجی در تقویت‌کننده امیتر مشترک، هم فازند، زیرا با افزایش جریان بیس (جریان ورودی)، جریان کلکتور (جریان خروجی) نیز افزایش می‌یابد. اما در تقویت‌کننده امیتر مشترک ولتاژ ورودی و خروجی به اندازه ۱۸۰ درجه با یکدیگر اختلاف فاز دارند؛ زیرا با افزایش ولتاژ ورودی، جریان خروجی افزایش می‌یابد. و مقدار V_{CE} را که همان ولتاژ خروجی است کاهش می‌دهد. عکس این روند نیز صادق است؛ یعنی، با کاهش ولتاژ ورودی ولتاژ خروجی افزایش می‌یابد.

مقاومت ورودی: برای تعیین مقاومت ورودی، باید مقادیر جریان و ولتاژ ورودی

را داشته باشیم. با توجه به شکل زیر جریان ورودی I_i و ولتاژ ورودی V_i است. مقاومت ورودی، از تقسیم ولتاژ ورودی به جریان ورودی به‌دست می‌آید.

$$R_i = \frac{V_i}{V_i}$$

به مدار ساده معادل ac تقویت‌کننده شکل توجه کنید.

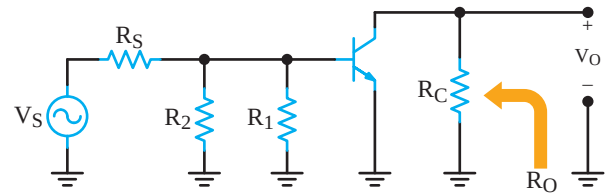


مدار سادهٔ معادل ac تقویت‌کنندهٔ امیتر مشترک

مقاومت ورودی از سه مقاومت موازی R_1 و R_2 و مقاومت ترانزیستور (r_π) تشکیل می‌شود. در صورتی که مقاومت معادل R_1 و R_2 در مقایسه با r_π زیاد باشد مقاومت ورودی به سوی مقاومت $r\pi$ (مقاومت دیود بیس امیتر) که مقدار آن کوچک است، میل می‌کند.

$$R_{in}=R_1||R_2||r_\pi$$

مقاومت خروجی: به مدار ساده معادل ac تقویت‌کننده امیتر مشترک، از خروجی توجه کنید.

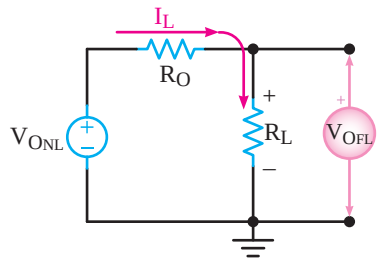


مدار سادهٔ معادل ac تقویت‌کننده

همان‌طور که مشاهده می‌شود مقاومت خروجی از موازی شدن دو مقاومت R_C و مقاومت داخلی کلکتور امیتر ترانزیستور به‌دست می‌آید. چون دیود کلکتور بیس در بایاس مخالف قرار دارد. بنابراین مقاومتی که از کلکتور امیتر دیده می‌شود بسیار بزرگ است. هنگامی که مقاومت بسیار بزرگ کلکتور امیتر با R_C (بار) موازی

می‌شود مقاومت معادل (مقاومت خروجی) به سمت مقاومت R_C (بار) میل خواهد کرد. مقدار مقاومت R_C در مقایسه با مقاومت کلکتور امیتر در حد متوسط قرار دارد. مقاومت خروجی را با R_O نمایش می‌دهند.

اندازه‌گیری عملی مقاومت خروجی: برای اندازه‌گیری و بار دیگر R_O باید یک بار ولتاژ خروجی را بدون بار R_L و بار دیگر با بار R_L اندازه بگیریم و سپس مقاومت خروجی را با روش زیر محاسبه نماییم. ولتاژ خروجی در حالت بدون با (R_L) را V_{ONL} (No load) ولتاژ خروجی در حالت بارداری (حالت طبیعی کار دستگاه) را V_{OFL} (Full load) می‌نامند. برای محاسبه R_O ابتدا مدار معادل تونن خروجی تقویت‌کننده را مانند شکل زیر رسم می‌کنیم.



مدار معادل تونن تقویت‌کننده

می‌خواهیم مقدار R_O را با توجه به مقدار ولتاژ خروجی در حالت بی‌باری و بارداری به‌دست آوریم

از تقسیم ولتاژ V_{ONL} بین R_O و R_L استفاده می‌کنیم.

$$V_{ONL}=R_O I_L+V_{OFL}$$

$$R_O=\frac{V_{ONL}-V_{OFL}}{I_L}$$

$$R_O=\frac{V_{ONL}-V_{OFL}}{\frac{V_{OFL}}{R_L}}$$

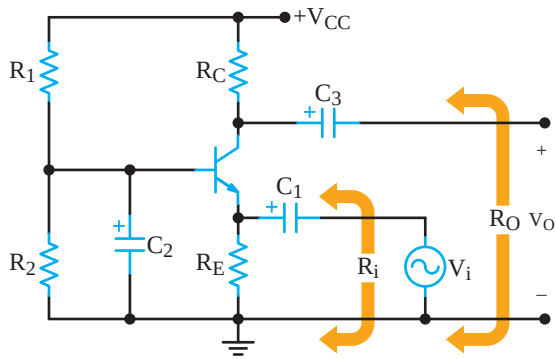
$$R_O=\frac{V_{OFL}-V_{ONL}}{V_{OFL}}\times R_L$$

فعالیت کارگاهی

تقویت‌کننده بیس مشترک

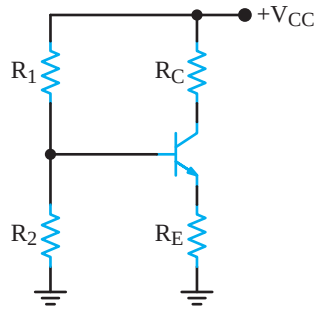
پاسخ:

بررسی تقویت‌کنندهٔ بیس مشترک (C_B): در تقویت‌کننده بیس مشترک، ورودی مدار، امیتر بیس و خروجی آن کلکتور بیس است. شکل یک تقویت‌کننده بیس مشترک با تغذیه سرخود را نشان می‌دهد.

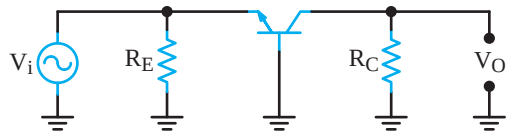


یک تقویت‌کنندهٔ بیس مشترک

اگر به مدار ساده معادل ac و DC شکل‌ها توجه کنیم، بایاس DC این مدار کاملاً مشابه مدار آرایش امیتر مشترک است و محاسبه مقاومت‌های بایاس، با توجه به نقطه کار DC و مفروضاتی که برای مدار امیتر مشترک در نظر گرفته شده است، صورت می‌پذیرد. سیگنال ac از نظر خازن کوپلاژ C۱ به امیتر داده می‌شود خروجی از طریق خازن کوپلاژ $C_۳$ از کلکتور گرفته می‌شود، و بیس نیز از طریق خازن C۲ به زمین اتصال کوتاه است. به عبارت دیگر سیگنال ac به امیتر بیس ترانزیستور داده می‌شود و سیگنال خروجی از کلکتور بیس ترانزیستور دریافت می‌گردد.



مدار سادهٔ معادل DC تقویت‌کنندهٔ بیس مشترک



بهرهٔ جریان: جریان ورودی، جریان امیتر (I_E)و جریان خروجی در حالت بی باری، جریان کلکتور (I_C) است. می‌دانیم بین جریان‌های امیتر، کلکتور و بیس رابطه زیر برقرار است:

$$I_E = I_C + I_B$$

طبق این رابطه، جریان خروجی (I_C) همیشه از جریان ورودی (I_E)، کوچک‌تر است و از طرفی بهره جریان از تقسیم جریان خروجی به جریان ورودی، طبق رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$A_I = \frac{I_O}{I_i} = \frac{I_C}{I_E} = \alpha$$

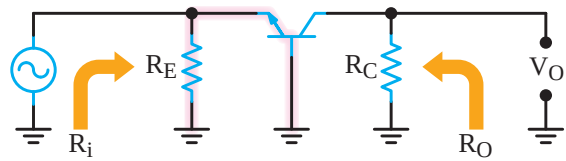
بنابراین، در تقویت‌کننده بیس مشترک، تقویت جریان وجود ندارد. به تعبیر دیگر، ضریب تقویت جریان در تقویت‌کننده بیس مشترک کوچک‌تر از (۱) است.

تقویت ولتاژ: در تقویت‌کننده بیس مشترک ضریب تقویت ولتاژ زیاد است؛ زیرا تقریباً تمام جریان ورودی (I_E) به خروجی (I_C) می‌رسد. این جریان، پس از گذشتن از مقاومت R_C (بار)، ولتاژ نسبتاً بزرگی را در مقایسه با ولتاژ ورودی در دوسر بار ایجاد می‌کند. بنابراین، در این مدار ضریب بهره ولتاژ خیلی بزرگ‌تر از (۱) است و از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$A_V = \frac{V_O}{V_I}$$

اختلاف فاز بین ولتاژ ورودی و خروجی: در تقویت‌کننده بیس مشترک جریان ورودی با جریان خروجی و همچنین ولتاژ ورودی و خروجی هم فاز هستند.

مقاومت ورودی: همان‌طور که در شکل زیر مشاهده می‌شود مقاومت ورودی (R_i) مجموعه موازی مقاومت‌های R_E و مقاومت دیود بیس امیتر به‌دست می‌آید.



مقدار مقاومت R_E و مقدار مقاومت دیود بیس امیتر که در ولتاژ موافق قرار دارد (r_e) کم است، مقدار مقاومت ورودی مدار بیس مشترک در مقایسه با مدار امیتر مشترک کوچک‌تر است.
مقدار مقاومت ورودی از رابطه زیر قابل محاسبه است:

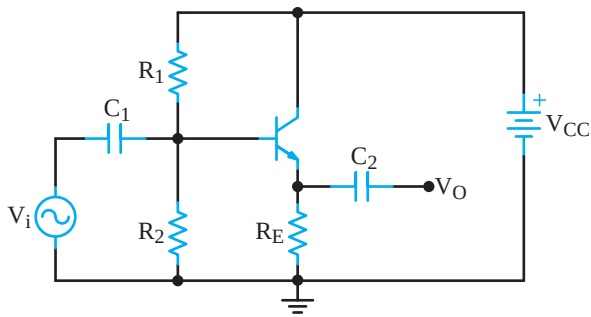
$$R_i = R_E \,||\, r_e = R_E \,||\, \frac{r\pi}{\beta}$$

مقاومت خروجی: با توجه به شکل صفحهٔ قبل که مدار ساده معادل ac تقویت‌کننده بیس مشترک است، مقاومت خروجی (R_O) از درگاه خروجی یعنی از کلکتور بیس محاسبه می‌شود. چون دیود کلکتور- بیس در بایاس مخالف قرار دارد. مقدار مقاومتی که از درگاه کلکتور بیس دیده می‌شود، بسیار بزرگ است از طرفی چون مقاومت R_C با مقاومت کلکتور بیس موازی می‌شود، مقاومت معادل آن دو به سمت مقاومت R_C میل می‌کند. محاسبه عملی R_O شبیه محاسبه عملی مقاومت R_O در مدار امیتر مشترک است.

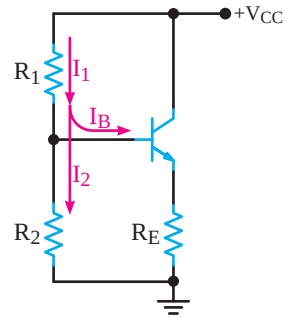
تحقیق

بررسی تقویت‌کنندهٔ کلکتور مشترک (CC)

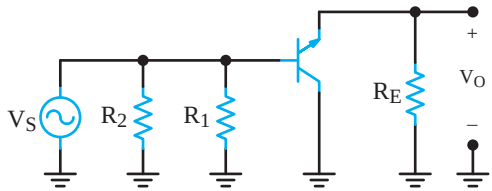
پاسخ:
اگر ورودی مدار تقویت‌کننده‌ای بیس ـ کلکتور و خروجی آن امیتر ـ کلکتور باشد. تقویت‌کننده در حالت کلکتور مشترک کار می‌کند. شکل زیر یک تقویت‌کننده CC با تغذیه سرخود را نشان می‌دهد.



مدار معادل ساده DC و ac تقویت‌کننده کلکتور مشترک



مدل سادهٔ DC تقویت‌کننده



همان‌طور که ملاحظه می‌شود در مدار ساده‌ac تقویت‌کننده کلکتور مشترک، سیگنال ورودی بین بیس و کلکتور و سیگنال خروجی بین امیتر و کلکتور قرار دارد. به عبارت دیگر پایه کلکتور بین ورودی و خروجی مشترک است. مقدار مقاومت‌های بایاسِ تقویت‌کننده کلکتور مشترک را با مفروضات خاص کلکتور مشترک که معمولاً $I_2 = I_1 I_B$ است، محاسبه می‌کنند. چون جریان I_2 بسیار کم است، مقدار مقاومت‌های بایاس R_2 و R_1 نسبتاً زیاد به‌دست می‌آیند، از این رو مقاومت ورودی تقویت‌کننده C_Cافزایش می‌یابد و در مقایسه با تقویت‌کننده‌های C_E و C_B بیشتر است.

چون مقاومت R_C وجود ندارد در شرایط ac سیگنال متناوب ورودی عیناً به پایه‌های (بیس کلکتور)اتصال می‌یابد و سیگنال متناوب خروجی از پایه‌های (امیتر کلکتور) دریافت می‌شود.

بهرهٔ جریان: در مدار کلکتور مشترک، جریان ورودی، جریان بیس و جریان خروجی، جریان امیتر است. از طرفی چون جریان امیتر خیلی بیشتر از جریان بیس است، این مدار ضریب تقویت جریان زیادی دارد. بهره جریان مدار کلکتور مشترک از نسبت جریان امیتر به جریان بیس به‌دست می‌آید و مقدار آن برابر است با:

$$A_i = \frac{I_O}{I_i} = \frac{I_E}{I_B} = 1 + \beta = \gamma$$

γ بهره جریان DC مدار کلکتور مشترک در حالت بی‌باری نامیده می‌شود.

بهرهٔ ولتاژ: با مراجعه به شکل صفحهٔ قبل مشاهده می‌شود که ولتاژ خروجی برابر با تغییرات ولتاژ (امیتر کلکتور) (V_{EC}) و ولتاژ ورودی برابر با تغییرات ولتاژ (بیس کلکتور) (V_{BC}) است. با توجه به حلقه خروجی، مقدار ولتاژ خروجی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

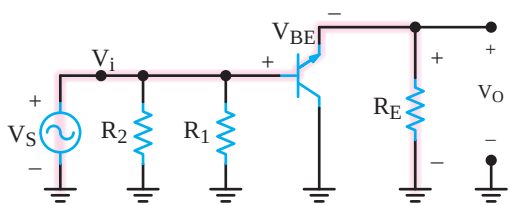
$$V_{EC} = V_{EB} + V_{BC}$$

در صورتی که مقدار V_{EB} را که برابر با V_{BE} که با علامت مخالف است، در نظر بگیریم رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$V_{BC} = V_{EC} - V_{EB} = V_{EC} + V_{BE}$$

با مقایسه دو رابطه فوق مشاهده می‌شود که تغییرات V_{BC}همواره بیشتر از تغییرات V_{EC} است. بنابراین در مدار CC مقدار AV کمتر از (۱) می‌باشد.

به شیوه دیگری نیز می‌توان اثبات نمود که در آرایش کلکتور مشترک بهره ولتاژ کوچک‌تر از واحد است. به مدار ساده معادل AC تقویت‌کننده کلکتور مشترک در شکل زیر توجه کنید.



با نوشتن معادله KVL در مسیر مشخص شده می‌توان نوشت:

$$-V_i+V_{BE}+V_o=0$$

$$V_i=V_{BE}+V_o$$

مشاهده می‌شود سیگنال ورودی به‌اندازه V_{BE} (تغییرات ac سیگنال بیس امیتر) از V_Oبیشتر است لذا:

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_o + V_{BE}}$$

بنابراین در مدار کلکتور مشترک مقدار AV کوچک‌تر از واحد به‌دست می‌آید.

اختلاف فاز بین سیگنال‌های ورودی و خروجی: در مدار کلکتور مشترک، ولتاژ خروجی تابعی از ولتاژ ورودی است؛ بنابراین، در این آرایش بین ولتاژ خروجی و ولتاژ ورودی اختلاف فازی وجود ندارد. همچنین، اختلاف فاز بین جریان‌های ورودی و خروجی صفر است.

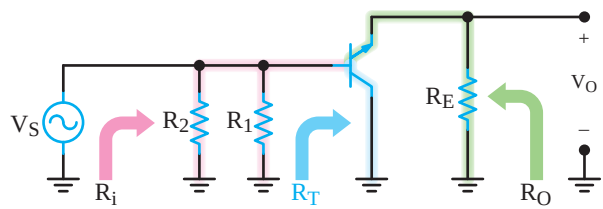
مقاومت ورودی: با توجه به شکل زیر که مدل ساده ac تقویت‌کننده است مشاهده می‌شود که از درگاه ورودی، مقاومت‌های R_1 R_2 و R_T با هم موازی هستند.

مقدار مقاومت ورودی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$R_i \simeq R_1 || R_2 || R_T$$

R_T مقاومت دیود بیس کلکتور است که در ولتاژ مخالف قرار دارد و در مقایسه با مقاومت معادل R_1 و R_2 قابل توجه و بزرگ است لذا مقاومت ورودی به سمت مقاومت معادل R_1 و R_2 میل می‌کند.

$$R_i \simeq R_1 || R_2$$



مدار سادهٔ معادل ac تقویت‌کننده

مقاومت خروجی: مقاومت خروجی تقویت‌کننده کلکتور مشترک از موازی شدن مقاومت R_E با مقاومت امیتر کلکتور ترانزیستور به‌دست می‌آید. این مقاومت از R_E کوچک‌تر است. با تقریبی قابل قبول می‌توان R_O را از رابطه زیر به‌دست آورد:

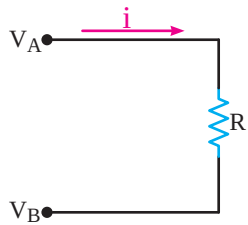
$$R_O = R_E \,||\, r_e$$

r_π مقاومت دینامیکی دیود بیس امیتر از نگاه بیس و مقاومت دینامیکی دیود امیتر بیس از نگاه امیتر است.

انجام بعضی اصلاحات در مدار تقویت‌کنندهٔ CC

خنثی‌کردن اثر مقاومت‌های بایاس با خازن بوت استراپ(Boot strap): چون مقاومت‌های تقسیم‌کننده ولتاژ R_1 و R_2 با مقاومت ورودی ترانزیستور یعنی

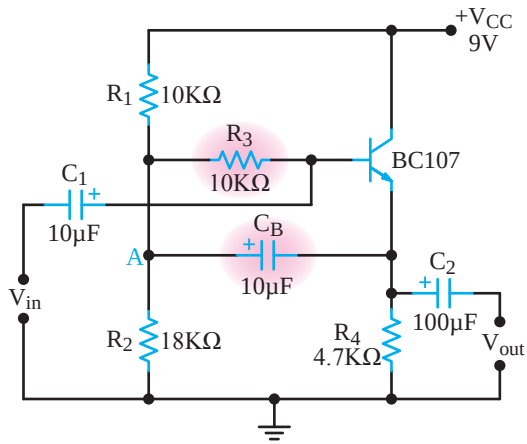
مقاومتی که از بیس کلکتور دیده می‌شود موازی است، مقاومت ورودی ترانزیستور کاهش می‌یابد. برای خنثی‌کردن اثرگذاری مقاومت‌های بایاس R_1و R_2 بر مقاومت ورودی ترانزیستور از روشی به نام **بوت استراپ‌کردن** استفاده می‌کنند.



مقاومت R و پتانسیل دوسر آن مقدار جریانی که از انتهای سر A وارد آن می‌شود طبق قانون اهم برابر است با:

$$i = \frac{V_A - V_B}{R}$$

در صورتی که دو سر این مقاومت کاملاً هم پتانسیل، یعنی $V_A = V_B$باشد، هیچ جریانی از مقاومت R نخواهد گذشت. به عبارت دیگر، مقاومت R در مسیر سیگنال به‌صورت مدار باز ظاهر می‌شود و مقدار آن به سمت بی‌نهایت $(R \to \infty)$ میل می‌کند. از این خاصیت که بوت استراپ کردن مقاومت نام دارد، برای افزایش مقدار مقاومت ورودی تقویت‌کننده‌ها در برابر سیگنال ac استفاده می‌کنند. در شکل زیر یک طبقه تقویت‌کننده کلکتور مشترک را مشاهده می‌کنید. در این تقویت‌کننده به منظور افزایش مقاومت ورودی R_3 بوت استراپ شده است.



در این مدار، سیگنال ac موجود روی پیوند امیتر ترانزیستور با سیگنال ac ورودی هم فاز و تقریباً هم دامنه است. این سیگنال از طریق خازن C_B به یک انتهای مقاومت $R_۴$ برگردانده شده است. همچنین سیگنال ورودی از خازن کوپلاژ $C_۱$ به انتهای دیگر مقاومت $R_۳$ یعنی پایه بیس ترانزیستور می‌رسد. به این ترتیب دو انتهای مقاومت $R_۳$ همواره هم پتانسیل باقی می‌ماند. این موضوع باعث می‌شود که جریان ac ناچیزی از مقاومت بگذرد. به عبارت دیگر، این مقاومت که در برابر جریان مستقیم مقداری برابر با ۱۰kΩ دارد، در مقابل سیگنال ac مقاومت خیلی بیشتری از خود نشان می‌دهد.

مقدار مقاومت بوت استراپ به ضریب تقویت ولتاژ ترانزیستور بستگی دارد و مقدار آن ممکن است تا یک مگا اهم برسد. توجه داشته باشید که در این مدار از نوعی فیدبک مثبت استفاده شده است. به این ترتیب با بوت استراپ شدن $R_۳$ اثر مجموعه مقاومت‌های $R_۱$،$R_۲$ و $R_۳$ تا حدودی خنثی شده و مقاومت ورودی به شدت افزایش می‌یابد.

تحقیق

مقادیر کمیت‌های AV،Ai،Ri،RO و φ را برای تقویت‌کننده‌های امیتر مشترک، بیس مشترک و کلکتور مشترک بررسی کنید و آنها را با هم مقایسه نموده و نتیجه را در کلاس روی پرده نگار نمایش دهید.

پاسخ:

مقایسهٔ سه نوع آرایش تقویت‌کننده‌ها از نظر مشخصات

سه نوع آرایش تقویت کننده‌ها (CB،CC و CE) از نظر میزان بهره ولتاژ و جریان و مقاومت‌های ورودی و خروجی کاملاً باهم متفاوت هستند. همچنین بهره توان این تقویت‌کننده‌ها که از رابطه $A_P = A_V \times A_I$ محاسبه می‌شود نیز باهم متفاوت است. تقویت‌کننده امیتر مشترک به علت داشتن بهره ولتاژ و بهره جریان نسبتاً زیاد، بهره توان بسیار زیاد دارد به همین دلیل کاربرد آن در مدارهای مختلف الکترونیکی بسیار زیاد است .

نکته

مقایسه مقادیر مربوط به مشخصه‌های تقویت‌کننده‌ها در قالب واژه‌های کم، زیاد و متوسط برای یک ترانزیستور خاص و در شرایط بایاس مشابه (تا حد امکان) استفاده می‌شود. به عنوان مثال اگر مقاومت خروجی یک تقویت‌کننده امیتر مشترک برابر با ۱kΩ باشد مقدار ۱kΩ حد متوسط درنظر گرفته می‌شود و مقاومت خروجی تقویت‌کننده بیس مشترک اگر ۱/۵ کیلواهم باشد حد زیاد و مدار کلکتور مشترک اگر کمتر از ۱kΩ باشد حد کم تعریف می‌شود.

در جدول زیر مشخصات این سه نوع آرایش را برای یک نوع ترانزیستور که از نظر بایاس تا حد امکان باهم تشابه دارند، آورده‌ایم.

کمیت‌ها	امیتر مشترک (CE)	بیس مشترک (CB)	کلکتور مشترک(CC)
بهره جریان	متوسط	کم و کوچک‌تر از واحد	زیاد
بهره ولتاژ	متوسط	زیاد	کم و کوچک‌تر از واحد
بهره توان	خیلی زیاد	زیاد و تقریباً برابر بهره ولتاژ	زیاد و تقریباً برابر بهره جریان
مقاومت ورودی	متوسط	کم	زیاد
مقاومت خروجی	متوسط	زیاد	کم
اختلاف فاز	۱۸۰°	۰°	۰°

کاربرد آرایش‌های مختلف تقویت‌کننده

کاربرد تقویت‌کنندهٔ امیتر مشترک: تقویت‌کننده امیتر مشترک در مقایسه با سایر آرایش‌ها دارای امپدانس (مقاومت) ورودی و خروجی متوسطی است. این تقویت‌کننده هم جریان و هم ولتاژ را تقویت می‌کند. بنابراین از این مدار می‌توان در تقویت‌کننده‌های انتهایی، میانی و ابتدایی مدارهای الکترونیکی استفاده کرد. پهنای باند تقویت‌کننده امیتر مشترک نسبتاً خوب است. همچنین بین ولتاژ ورودی و خروجی این نوع تقویت‌کننده ۱۸۰ درجه اختلاف فاز به وجود می‌آید.

کاربرد تقویت‌کنندهٔ بیس مشترک: تقویت‌کننده بیس مشترک، یک تقویت‌کننده ولتاژ است و باند فرکانسی وسیع‌تری نسبت به تقویت‌کننده امیتر مشترک دارد. این تقویت‌کننده در مواردی به‌کار می‌رود که امپدانس ورودی کم مورد نیاز باشد. در این آرایش، ولتاژهای ورودی و خروجی هم فاز هستند.

کاربرد تقویت‌کنندهٔ کلکتور مشترک: این تقویت‌کننده دارای بهره ولتاژ کم، بهره جریان زیاد، امپدانس ورودی زیاد و امپدانس خروجی کم است. از این تقویت‌کننده به عنوان تقویت‌کننده جریان در رگولاتورها و تقویت‌کننده انتهایی در طبقه تقویت صوتی استفاده می‌کنند. این تقویت‌کننده به علت دارا بودن امپدانس ورودی زیاد و امپدانس خروجی کم به عنوان تطبیق دهنده امپدانس به‌کار می‌رود و برای تطبیق امپدانس زیاد به امپدانس کم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان (فصل)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
کاربری مدارهای الکترونیکی	کاربری مدارهای ترانزیستوری	چگونگی ساخت و عملکرد و بایاس ترانزیستورها را به‌صورت عملی انجام دهد.	بالاتر از حد انتظار	۱ بررسی عملی، آزمایش و نام‌گذاری انواع ترانزیستور BJT ۲ نحوهٔ هدایت ترانزیستور BJT و بررسی منحنی‌های مشخصهٔ خروجی آن ۳ اجرای عملی مدارهای تقویت‌کنندهٔ ترانزیستوری * هنرجو توانایی بررسی همهٔ شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ بررسی عملی و آزمایش و نام‌گذاری انواع ترانزیستور BJT ۲ نحوهٔ هدایت ترانزیستور BJT و بررسی منحنی‌های مشخصه خروجی آن ۳ اجرای عملی مدارهای تقویت‌کنندهٔ ترانزیستوری * هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ بررسی عملی، آزمایش و نامگذاری انواع ترانزیستور BJT ۲ نحوهٔ هدایت ترانزیستور BJT و بررسی منحنی‌های مشخصهٔ خروجی آن ۳ اجرای عملی مدارهای تقویت‌کنندهٔ ترانزیستوری * هنرجو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱
	نمرهٔ مستمر از ۵				
	نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳				
	نمرهٔ پودمان از ۲۰				

ارزشیابی شایستگی کاربری مدارهای ترانزیستوری

۱ـ شرح کار:

- بررسی، تجزیه و تحلیل و نام‌گذاری ترانزیستورهای BJT.
- چگونگی هدایت ترانزیستور BJT و بررسی منحنی‌های مشخصهٔ خروجی آن.
- اجرای عملی مدارهای تقویت‌کنندهٔ ترانزیستوری امیتر مشترک.
- اجرای عملی مدارهای تقویت‌کنندهٔ ترانزیستوری بیس مشترک.
- اجرای عملی مدارهای تقویت‌کنندهٔ ترانزیستوری کلکتور مشترک.

۲ـ استاندارد عملکرد:

- بررسی، آزمایش وکار با مدارهای کاربردی ترانزیستوری .

۳ـ شاخص‌ها:

- تشریح کامل تجهیزات، قطعات و دستگاه‌های الکترونیکی.

۴ـ شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: مکان دارای کف عایق یا آنتی استاتیک و مناسب برای انجام کار وکارگاه مجهز به لوازم ایمنی باشد.

ابزار و تجهیزات: کلیهٔ دستگاه‌های الکترونیکی و قطعات الکترونیکی و میز آزمایشگاهی الکترونیک با تجهیزات استاندارد.

۴ـ معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی و نام‌گذاری ترانزیستورهای BJT	۲	
۲	بررسی و چگونگی هدایت ترانزیستور BJT و بررسی منحنی‌های مشخصه خروجی آن	۱	
۳	بستن سخت‌افزاری مدارهای تقویت‌کنندهٔ ترانزیستوری امیتر مشترک	۱	
۴	بستن سخت‌افزاری مدارهای تقویت‌کنندهٔ ترانزیستوری بیس مشترک	۱	
۵	بستن سخت‌افزاری مدارهای تقویت‌کنندهٔ ترانزیستوری کلکتور مشترک	۱	
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و... ۱ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها؛ ۲ـ دقت و تمرکز در اجرای کار؛ ۳ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر؛ ۴ـ رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه‌ای.	۲	
	میانگین نمرات		*

*** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.**

پودمان ۴

کاربری مدارهای دیجیتال

نوع درس: نظری ــ عملی

کل ساعات: ۶۰ ساعت

ساعات نظری: ۲۰ ساعت

ساعات عملی: ۴۰ ساعت

روش تدریس پودمان

۱ عموماً در ابتدای درس و در جلسه اول به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود.

۲ سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن درکارگاه بررسی شده و از هنرجویان خواسته شود در مباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کرده تا بتوانند این نکات را به خوبی فرا گرفته و برای همیشه به خاطر بسپارند.

۳ توصیه می‌گردد برای تدریس بهتر این پودمان هنرآموز از روش تدریس **کلاس معکوس** استفاده کند. یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با مدارهای دیجیتالی، مطالعه و یاد گرفته و در کلاس و کارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهد.

۴ پیشنهاد می‌گردد هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب فصل، موارد ذکر شده در بخش‌های **دانش‌افزایی** را مورد توجه قرار داده و هنگام آموزش آنها را به‌کار گیرد.

۵ توصیه می‌گردد باهدف تقویت مهارت‌های خانداری و نوشتاری هنرجویان و نیز درک بهتر مطالب، ازآنان خواسته شود تحقیق و گزارشات خود را به‌صورت دست‌نویس درروی کاغذ نوشته و ارائه دهند.و تا جای ممکن از کپی کردن مطالب اینترنت به‌صورت تایپ شده، آماده و خام خودداری شود.

۶ فعالیت‌های از قبیل «فکر کنید»، «بحث کنید»، و... برای فعال کردن هنرجویان و به‌کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.

۷ از هنرجویان خواسته شود تمامی فعالیت‌های کارگاهی را انجام دهد

سؤالات پیشنهادی

- در سامانه‌های دیجیتال، اطلاعات چگونه پردازش و نمایش داده می‌شوند؟
- مفهوم کمیت‌های آنالوگ و دیجیتال را توضیح دهد.
- کدام سامانهٔ اعداد در مدارهای دیجیتال بیشتر استفاده می‌شود؟
- سیستم اعداد دسی‌مال (ده دهی)، باینری (دویی)، اکتال (هشت‌تایی) و هگزادسی‌مال (شانزده‌تایی) را شرح دهد .
- مزایای استفاده از سیستم اعداد هگزادسی‌مال چیست؟
- مزایای استفاده از سیستم دیجیتال نسبت به سیستم آنالوگ چیست؟
- چگونه می‌توان باز و بسته بودن یک در را به سطوح منطقی تبدیل کرد؟
- سطوح منطقی صفر و یک برای بیان متغیرها چگونه تولید می‌شوند؟
- چه قطعاتی برای ساخت دروازه‌های منطقی به‌کار می‌رود؟

- دروازه‌های منطقی NOT، OR و AND را به‌صورت کلید الکتریکی قطع و وصل تشخیص دهد.
- توابع منطقی اصلی در مدارهای دیجیتال چگونه نوشته می‌شوند؟
- مدارهای ترکیبی را تعریف کند.
- روش طراحی مدارهای ترکیبی را توضیح دهد.
- چند نمونه مدار ترکیبی را طراحی کند.
- مدار نیم جمع‌کننده (H.A) و تمام جمع‌کننده (F.A) را تحلیل کند.
- مدار مقایسه‌کنندهٔ یک بیتی را تحلیل کند.
- مدار رمزگشا (Decoder) را تحلیل کند.
- مدار رمزگذار (Encoder) را تحلیل کند.
- مدار متمرکز کننده (مالتی پلکسر) را تحلیل کند.
- مدارهای ترتیبی را تشریح کند.
- انواع فلیپ فلاپ‌های را شرح دهد.
- رجیسترها گونه ساخته می‌شوند؟
- شمارنده‌ها چگونه مدارهایی هستند؟

دیجیتال

رایانه که هدفش جایگزینی با مغز انسان است در برابر نگاه حیرت‌زده و متعجب ما در حال تغییر و جهش‌های باز هم فوق‌العاده و بی‌سابقه است.

فناوری اطلاعات و ارتباطات، خواسته یا ناخواسته ما را وارد عصری نو می‌کند که خصوصیت اصلی آن انتقال آنی داده‌ها و گسترش ارتباطات و شبکه‌های الکترونیکی است.

شبکه‌های الکترونیکی، حجم بالای اطلاعات تولید شده را طبقه‌بندی می‌کنند و قادرند با قابلیت‌های ممتاز خود، امکان دست‌یابی آنی را برای کاربران از همهٔ نقاط جهان در زمان بسیار کم (در چند صدم ثانیه)، فراهم کنند.

به نظر می‌آید انقلاب دیجیتالی، هنوز پایانی ندارد. انقلابی که مرزها را در نوردیده و حتی محدود و محصور به مغزهای دانشمندان نیست. انقلاب دیجیتال، همهٔ ساختارهای گفتاری، نوشتاری، فنی، آموزشی و ارتباطی بشر هزارهٔ جدید را تغییر داده است، لذا باید این تغییر را پذیرفت و باور کرد.

تحقیق

در منزل، هنرستان و یا محیط کار دستگاه‌هایی را بیابید که فقط دارای سامانهٔ آنالوگ، فقط دارای سامانهٔ دیجیتال یا دارای سامانهٔ تلفیقی آنالوگ و دیجیتال هستند. نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

پاسخ:

در شکل زیر تعدادی از تجهیزات و وسایل دیجیتالی که در زندگی روزمره با آن سرو کار داریم را مشاهده می‌کنید.

تعدادی از تجهیزات و وسایل دیجیتالی

مفهوم دیجیتال

یک سیستم (سامانه) دیجیتال، سیستمی است که در آن اطلاعات به‌صورت رقمی ارائه و پردازش می‌شود. سامانه‌های پایه‌ریزی شده بر مبنای سیگنال‌های پیوسته را سامانه‌های آنالوگ می‌نامند. بعضی از ساعت‌هایی که زمان را به‌وسیلهٔ عقربه‌های ساعت، دقیقه و ثانیه شمار نشان می‌دهند و حرکتی پیوسته دارند، (نه حرکتی که عقربه‌های ثانیه شمار یک ثانیه، یک ثانیه پرش دارد) مثالی از یک وسیلهٔ آنالوگ است، شکل زیر نمونه‌ای از یک ساعت آنالوگ اتومبیل را نشان می‌دهد.

ساعت عقربه‌ای آنالوگ اتومبیل

ساعتی که زمان را با ارقام ده دهی نشان می‌دهد یک وسیلهٔ دیجیتالی است. شکل صفحه بعد نمونه‌ای از یک ساعت دیجیتالی اتومبیل را نشان می‌دهد.

ساعت دیجیتالی اتومبیل

راننده‌هایی که در حال رانندگی است و تمام تمرکز و حواسش به راندن اتومبیل خود است، برای اطلاع از زمان، ساعت دیجیتالی به دلیل نمایش اعداد، تمرکز کمتری را نسبت به ساعت عقرب‌های از او می‌گیرد.

می‌دانیم بیمارانی هستند که نیاز به کنترل مداوم فشار خون خود دارند، این افراد از دستگاه سنجش فشار خون آنالوگ و دیجیتال استفاده می‌کنند. دستگاه سنجش فشارخون عقرب‌های، میزان فشار خون را به‌صورت آنالوگ نشان می‌دهد که در این حالت نیاز به همراهی شخص دیگری است. درصورتی‌که بیمار به تنهایی می‌تواند دستگاه سنجش فشارخون دیجیتالی را مورد استفاده قرار دهد. همچنین او احتیاج به مهارت خاص برای اندازه‌گیری فشار خون توسط دستگاه دیجیتالی ندارد. شکل زیر دستگاه سنجش فشار خون عقربه‌ای را نشان می‌دهد.

ب) دستگاه سنجش فشار خون عقربه‌ای

الف) دستگاه سنجش فشار خون دیجیتالی

دستگاه سنجش فشار خون عقربه‌ای و دیجیتالی

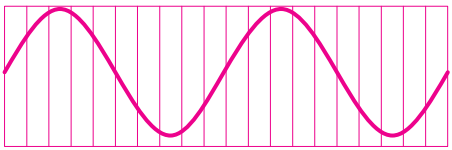
در شکل بالادستگاه سنجش فشار خون دیجیتالی که میزان فشار خون را به‌صورت واضح و دقیق نمایش می‌دهد را مشاهده می‌کنید.

اطلاعات روی نوارهای کاست صوتی به‌صورت آنالوگ ذخیره می‌شوند درحالی که دیسک‌های(CD) لیزری فشرده، اطلاعات را به‌صورت دیجیتال ذخیره می‌کنند. به

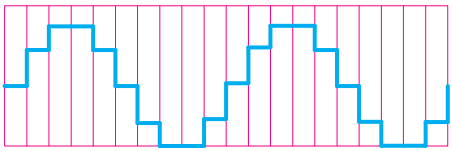
عنوان مثال شکل زیر الف یک سیگنال سینوسی آنالوگ را برای یک سیکل نشان می‌دهد که ممکن است روی یک باریکه از نوار صوتی مغناطیسی ضبط شود. شکل زیر ب همان سیگنال سینوسی که در فاصلهٔ زمانی معین و یکنواخت نمونه‌برداری و به‌صورت یک تابع پله‌ای درآمده است، را نمایش می‌دهد. شکل زیر ج این اطلاعات را به‌صورت دیجیتال نشان می‌دهد. هر نمونه به‌صورت یک عدد دودویی (بر مبنای ۲) (صفر و یک) و به‌طور عمودی بر روی نوار نوشته شده است.

نکته

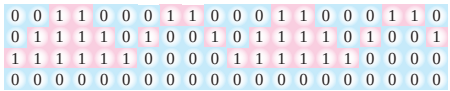
این تصاویر صرفاً برای آشنایی با امواج آنالوگ و دیجیتالی آمده است و تحلیل آن با توجه به دانسته‌های هنرجویان در این مقطع امکان‌پذیر نیست.



الف) فرم آنالوگ



ب) فرم آنالوگ نمونه‌برداری شده از یک سیگنال سینوسی



ج) فرم دیجیتال نمونه‌برداری شده از یک سیگنال سینوسی

اطلاعات ذخیره شده بر روی نوار مغناطیسی به‌صورت آنالوگ و دیجیتال

گرچه کامپیوترهای مدرن مشهودترین مثال از یک سیستم دیجیتالی هستند. مثال‌های دیگری هم چون کنترل‌کننده‌های چراغ راهنمایی، ماشین حساب‌های جیبی و پخش‌کننده‌های CD که در سطح جامعه در حد گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد و... نیز وجود دارند.

سؤالات پیشنهادی

مزایای سیستم‌های دیجیتال نسبت به آنالوگ را بیان کنید؟

کامپیوترهای آنالوگ و سایر سیستم‌های آنالوگ، قبل از اینکه تجهیزات دیجیتالی ساخته شوند به مدت طولانی، استفاده می‌شدند. پس چرا سیستم‌های دیجیتالی

جایگزین سیستم‌های آنالوگ شده‌اند؟ برای پاسخ به این سؤال چندین دلیل وجود دارد:

۱ عموماً فناوری‌های دیجیتال، قابلیت انعطاف‌پذیری بیشتری را نسبت به فناوری‌های آنالوگ ارائه می‌دهند، چون به سادگی برای اجرای هر الگوریتم (حل مسئله به‌صورت مرحله مرحله) دلخواهی برنامه‌ریزی می‌شوند یا قابل برنامه‌ریزی هستند.

۲ مدارهای دیجیتال قابلیت‌های پردازش بسیار قدرتمندتری را تحت عنوان سرعت ارائه می‌دهند.

۳ اطلاعات عددی می‌توانند به‌صورت دیجیتالی و با دقت وضوح بیشتری در مقایسه با سیگنال‌های آنالوگ ارائه شوند.

۴ ذخیرهٔ اطلاعات و بازیابی آنها در سیستم‌های دیجیتالی ساده‌تر است.

۵ ابعاد سیستم‌های دیجیتالی نسبت به سیستم‌های مشابه آنالوگ به‌طور چشمگیری کاهش یافته است.

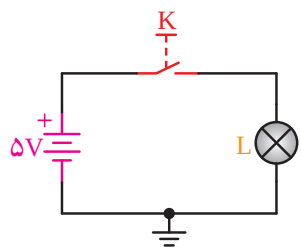
مزایای سیستم‌های دیجیتال نسبت به آنالوگ

۱ قابلیت انعطاف‌پذیری بیشتر
۲ سرعت بالاتر
۳ دقت وضوح بیشتر
۴ بازیابی آسان اطلاعات
۵ ذخیرهٔ آسان اطلاعات
۶ کاهش ابعاد

مفهوم صفر و یک منطقی

من چراغی را روشن و خاموش می‌کنم، می‌خواهم به ماشین بگویم چراغ خاموش یا روشن است، چگونه می‌توانم این مفهوم را به ماشین منتقل کنم؟ ماشین مفهوم روشن را نمی‌داند. برای فهماندن به ماشین مفهوم صفر و یک را تعریف می‌کنم.

می‌گویم اگر ولتاژ به حد معینی رسید یعنی یک است. یعنی لامپ روشن است و اگر ولتاژ در حد معینی پایین آمد و نزدیک به صفر شد مفهوم آن صفر است یعنی لامپ خاموش است. یا به عبارت دیگر ماشین چگونه می‌تواند تاریکی و روشنی را تشخیص دهد؟ روشنی به معنی ۱ و تاریکی به معنی صفر است.

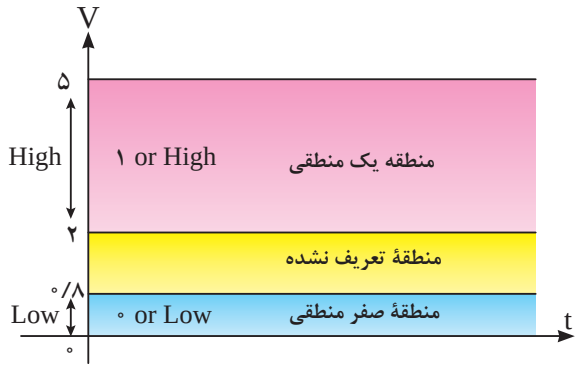


مدار الکتریکی مولد صفر و یک منطقی

اکنون می‌خواهیم این دو حالت لامپ را نام گذاری کنیم. به لغت‌های زیر که برای این منظور به‌کار رفته اند، توجه کنید.

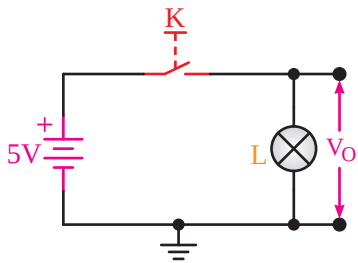
۰ ⟵ لامپ در حالت خاموش ۱ ⟵ لامپ در حالت روشن

به نظر می‌رسد پیشنهاد صفر و یک از بقیه موارد جالب‌تر باشد؛ زیرا ساده و از نظر طول کلمه بسیار کوتاه است. بنابراین، دو عدد «صفر» و «یک» نماد (سمبل)هایی هستند که برای نمایش دو وضعیت مختلف (بسته یا باز) به‌کار می‌روند. در مورد کلید می‌توان حالت باز را صفر و حالت بسته را یک درنظر گرفت. در مدارهای دیجیتالی، صفر و یک به هیچ عنوان به مفهوم صفر و یک جبری برای نمایش دادن مقدار یک شئ (مثلاً یک جلد کتاب مبانی دیجیتال) نیست. در الکترونیک و کامپیوتر صفر و یک نشان‌دهندهٔ سطوح ولتاژ است و به مفهوم خاموش یا روشن بودن لامپ نیست (هرچند در علوم مهندسی، در هر سیستم دو وضعیتی برای نمایش دادن هر حالت از صفر و یک استفاده می‌شود، مانند باز و بسته بودن یک شیر الکتروهیدرولیکی و...). بدین معنا که ولتاژ حدود صفر ولت (عملاً از صفر تا ۰/۸ ولت) به منزله صفر منطقی و ولتاژ حدود ۵ ولت (عملاً از ۲ تا ۵ ولت) به منزلهٔ یک منطقی درنظر گرفته می‌شود (سطوح صفر و یک منطقی ممکن است در سیستم‌های گوناگون با یکدیگر تفاوت داشته باشد اما ولتاژهای حوالی صفر ولت و ۵ ولت از بقیه رایج‌تر است). در شکل زیر سطح ولتاژ صفر و یک منطقی را مشاهده می‌کنید. در این نمودار یک منطقی بین ولتاژهای ۲ تا ۵ ولت و صفر منطقی بین ولتاژهای صفر تا ۰/۸ ولت قرار دارد.



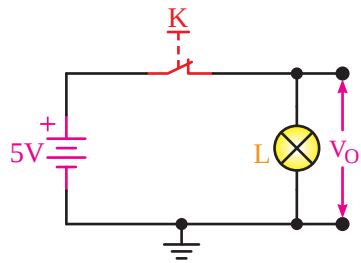
سطوح ولتاژ صفر تا یک منطقی رایج

برای تأکید بر این موضوع که صفر و یک مربوط به نمایش دو وضعیت مختلف یک سیستم است، بعد از صفر و یک، لغت منطقی را می‌آوریم. در مدار شکل روبه‌رو، اگر کلید باز باشد، $V_o = ۰$ است. به عبارت دیگر، خروجی در وضعیت صفر منطقی قرار می‌گیرد و لامپ خاموش است.



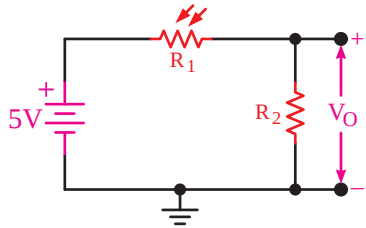
مدار الکتریکی صفر منطقی

در مدار شکل زیر، اگر کلید بسته باشد، $V_o = ۵v$ است. بنابراین، خروجی در وضعیت یک منطقی قرار می‌گیرد و لامپ روشن است.



مدار الکتریکی در حالت یک منطقی

با توجه به اینکه اساس کار کامپیوتر صفر و یک منطقی است، چنانچه بخواهیم بودن یا نبودن یک پدیدهٔ فیزیکی را به اطلاع کامپیوتر برسانیم، لازم است این پدیدهٔ فیزیکی را به صفر و یک منطقی (در کامپیوتر به سطوح ولتاژ) تبدیل کنیم. برای مثال، برای تبدیل بودن یا نبودن پدیده نور با یک و صفر منطقی، از مدار شکل زیر استفاده می‌کنیم.



مدار مولد صفر و یک منطقی با استفاده از مقاومت تابع نور

در شکل بالا هنگامی که به مقاومت تابع نور می‌تابد، مقاومت آن به شدت کاهش می‌یابد و قسمت اعظم ولتاژ منبع ۵ ولتی دو سر مقاومت $R_۲$ افت می‌کند (توزیع ولتاژ بین دو مقاومت سری). لذا خروجی این مدار در وضعیت یک منطقی قرار

می‌گیرد. برعکس اگر نور به مقاومت نتابد، مقدار مقاومت اهمی آن به شدت افزایش می‌یابد و قسمت اعظم ولتاژ منبع ۵ ولتی دو سر مقاومت تابع نور افت می‌کند بنابراین مقدار بسیار جزیی ولتاژ به دوسر مقاومت $R_۲$ منتقل می‌گردد که باتوجه به مقدار ولتاژ کم آن، خروجی در سطح ولتاژ صفر منطقی قرار می‌گیرد. در مورد پدیده‌های فیزیکی دیگر نیز با استفاده از مدارهای الکتریکی یا الکترونیکی می‌توان بودن یا نبودن آنها را به صفر یا یک منطقی تبدیل کرد.

دانش‌افزایی

سیستم‌های اعداد

اعدادی که در عصر حاضر به‌طور وسیعی از آنها استفاده می‌کنیم، شاید در حدود ۱۰ تا ۱۲ هزار سال پیش به‌وجود آمده‌اند و بعدها برای شمارش این اعداد، اسم‌ها و قوانینی وضع شد. گسترش شمارش اعداد در مبناهای مختلف، سیستم‌های مختلفی را ایجاد کرد که در حال حاضر هر یک از این سیستم‌ها در موارد خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از مبناهایی که از زمان قدیم تا کنون مورد استفاده قرار گرفته است، مبنای ۱۰ (ده‌دهی) است که بر مبنای شمارش انگشتان دست‌ها بوده و چنین ترتیب ذهنی را برای آنها به‌وجود آورده‌اند.

سیستم ده‌دهی (اعشاری Decimal): سیستم اعداد ده دهی (اعشاری) از ده علامت ۰ و ۱ و ۲و... ۹. تشکیل شده‌اند. برای شمارش از صفر تا ۹ از این علامت‌ها استفاده می‌کنیم و برای نشان دادن اعداد بزرگ‌تر از ۹، این علامت‌ها را طبق قواعد خاصی با یکدیگر ترکیب می‌کنیم (پشت سر هم قرار می‌دهیم). چنان‌که می‌دانید، موقعیت مکانی هر عدد (هر علامت) یا رقم معنی خاصی دارد؛ مثلاً با دو رقم ۶ و ۴ دو عدد ۴۶ و ۶۴ را می‌توان ساخت که از نظر معنا با هم متفاوت‌اند. در سیستم ده‌دهی، هر عدد را می‌توان به‌صورت توان‌هایی از ۱۰ نشان داد؛ به این دلیل به آنها سیستم ده‌دهی می‌گویند. مثلاً:

$$۳۲۶۹ = ۳۰۰۰ + ۲۰۰ + ۹۰ + ۶ =$$

$$۳ \times ۱۰^{۳} + ۲ \times ۱۰^{۲} + ۹ \times ۱۰^{۱} + ۶ \times ۱۰^{۰}$$

به‌طور کلی، در سیستم اعشاری (ده‌دهی) هر عدد صحیح را می‌توان به‌صورت زیر نوشت.

$$N = a_n \times ۱۰^{n} + a_{n-۱} \times ۱۰^{n+۱} + \ldots + a_۲ \times ۱۰^{۲} + a_۱ \times ۱۰^{۱} + a_۰ \times ۱۰^{۰}$$

ضرایب a_n ، $a_{n-۱}$ ، ... ، $a_۲$ ، $a_۱$ و $a_۰$ می‌توانند بین صفر تا ۹ باشند. توان ۱۰ ارزش مکانی هر یک از رقم‌ها را مشخص می‌کند.

مثلاً:

$$۴۵۵۳۱ = ۴ \times ۱۰^{۴} + ۵ \times ۱۰^{۳} + ۵ \times ۱۰^{۲} + ۳ \times ۱۰^{۱} + ۱ \times ۱۰^{۰}$$

ده‌هزارگان هزارگان صدگان دهگان یکان

در عدد ۴۵۵۳۱، رقم ۴ مربوط به an رقم ۵ مربوط به، $a_{n-۱}$ رقم ۵ صدگان مربوط به $a_{n-۲}$، ۳ مربوط به $a_{n-۳}$ و ۱ مربوط به $a_{n-۴}$ است. در این مثال n-۴ است در نتیجه $a_{n-۴} = a_{۰}$, $a_{۱}$ ... , $a_{n-۱} = a_{۳}$ $a_n = a_{۴}$ می‌شود.

سیستم دودویی (Binary): در سیستم دودویی علایم به‌کار رفته ۰ و ۱ (دوتا) هستند. برای شمارش صفر و یک از این علامت‌ها استفاده می‌کنیم و برای نمایش دادن اعداد بزرگ‌تر از یک، این دو علامت را طبق قواعد خاصی پشت سر هم قرار می‌دهیم. در این سیستم نیز هر علامت متناسب با مکانی که در آن قرار می‌گیرد (یا موقعیت رقم)، ارزش خاصی پیدا می‌کند. به‌طور کلی در سیستم دودویی هر عدد را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$N = a_n \times ۲^n + a_{n-۱} \times ۲^{n-۱} + \cdots + a_۲ \times ۲^۲ + a_۱ \times ۲^۱ + a_۰ \times ۲^۰$$

در این جا ضرایب $a_n \ldots a_۱ a_۰$ می‌توانند صفر یا یک باشند. در سیستم دوتایی به هر رقم صفر یا یک، یک بیت Binary Digit = Bit می‌گویند، مثلاً عدد ۱۱۰۱ یک عدد چهار بیتی است.

در گذشته به هر چهار بیت یک نی بل (nibble) می‌گفتند و در حال حاضر به هر هشت بیت یک بایت گفته می‌شود. واحد بزرگ‌تر از بایت، کیلوبایت (Byte) معادل $۲^{۱۰}$ بایت یا ۱۰۲۴ بایت و مگابایت معادل $۲^{۲۰}$ بایت یا ۱۰۲۴ کیلو بایت است.

برای نمایش دادن اعداد باینری (اعداد در مبنای۲) می‌توانیم باتوجه به ارزش مکانی هر بیت، آن عدد را بنویسیم.

می‌دانیم که در یک سیستم دودویی ارزش اولین بیت برابر یک، ارزش دومین بیت برابر ۲ (دو برابر رقم قبل)، ارزش سومین بیت برابر ۴ (دو برابر رقم قبلی) و ارزش چهارمین بیت برابر (۸ دو برابر رقم قبلی) و... است.

عدد باینری (در حالت کلی)	(...	$b_۶$	$b_۵$	$b_۴$	$b_۳$	$b_۲$	$b_۱$	$b_۰)_۲$
ارزش مکانی بیت	(...	(۶۴)	(۳۲)	(۱۶)	(۸)	(۴)	(۲)	(۱))۲
ارزش مکانی بیت‌ها با پایهٔ ۲	(...	$۲^۶$	$۲^۵$	$۲^۴$	$۲^۳$	$۲^۲$	$۲^۱$	$۲^۰$)۲

مثال

عدد باینری ۱۰۰۱۱، دارای ارزش مکانی و ضرایب به‌صورت زیر است.

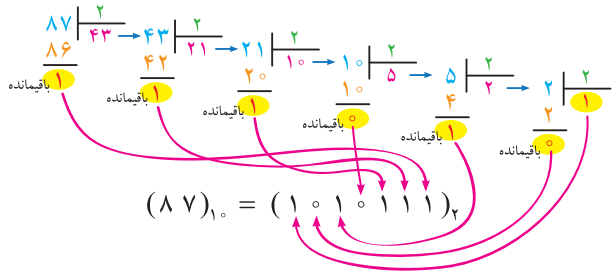
$$۱۰۰۱۱ = ۱ \times ۲^{۴} + ۰ \times ۲^{۳} + ۰ \times ۲^{۲} + ۱ \times ۲^{۱} + ۱ \times ۲^{۰}$$

یکی ۲تایی ۴تای ۸تایی ۱۶تایی

ضرایب این عدد به‌صورت:

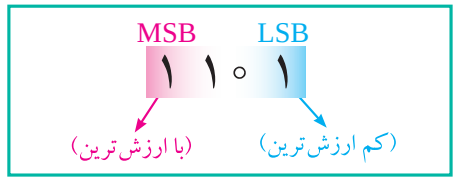
$$a_{۴} = ۱ \ , \ a_{۳} = ۰ \ , \ a_{۲} = ۰ \ , \ a_{۱} = ۱ \ , \ a_{۰} = ۱$$

برای تبدیل کردن اعداد اعشاری به باینری، می‌توانیم از تقسیمات متوالی عدد اعشاری به عدد دو استفاده کنیم. برای مثال عدد اعشاری ۸۷ را به عدد باینری تبدیل می‌کنیم.



تقسیمات را تا جایی ادامه می‌دهیم تا آخرین خارج قسمت یک شود و سپس در سمت چپ آخرین خارج قسمت را می‌نویسیم و به ترتیب باقیمانده‌های به دست آمده را در جلوی آن قرار می‌دهیم.

در یک عدد باینری مثلاً (۱۱۰۱۱۱) بیت اول از سمت راست کم‌ارزش‌ترین بیت است که به آن LSB (Least siginif icant Bit) می‌گویند. به آخرین بیت در سمت چپ که با ارزش‌ترین بیت است MSB(Most Signif icant Bit) گفته می‌شود. توجه داشته باشید که ارزش ارقام دقیقاً مشابه سیستم اعشاری است.



مثلاً در سیستم اعشاری عدد ۷۸۳۲، کم‌ارزش‌ترین رقم عدد ۲ و با ارزش‌ترین رقم عدد ۷ است.

نکته

چون عملکرد دروازه‌های منطقی پایه در دو حالت صفر و یک تعریف شده است، به همین دلیل از سیستم دودویی (باینری) استفاده می‌شود.

نکته

در سیستم دودویی هر کیلو بایت معادل $۲^{۱۰}$ بایت است و با واحد کیلو در بقیه کمیت‌هایی که تاکنون شناخته‌ایم متفاوت است: به همین ترتیب داریم:

۱ کیلوبایت = $۱KB = ۲^{۱۰}B$

۱ مگابایت = $۱MB = ۲^{۱۰}KB = ۲^{۲۰}B$

۱ گیگابایت = $۱GB = ۲^{۱۰}MB = ۲^{۲۰}KB = ۲^{۳۰}B$

۱ ترابایت = $۱TB = ۲^{۱۰}GB = ۲^{۲۰}MB = ۲^{۳۰}KB = ۲^{۴۰}B$

سیستم هشت‌تایی (اکتال Octal): درسیستم اکتال(هشت‌تایی) مبنا، عدد ۸ و تعداد علامت‌ها هشت رقم به‌صورت (۰,۱, ۲, ... , ۷) است. برای نمایش دادن اعداد از صفر تا هفت، از این علامت‌ها استفاده می‌شود. برای اعداد بزرگ‌تر از هفت، این علامت‌ها را طبق قواعد خاصی پشت سر هم قرار می‌دهیم. این قاعده‌ها را در ادامه توضیح خواهیم داد. در این سیستم مانند سیستم ده‌دهی، هر عدد موقعیت خاص خود را دارد. معادل اعشاری اعداد اکتال مشابه اعداد باینری از رابط زیر به‌دست می‌آید. با این تفاوت که به جای عدد ۲، عدد ۸ قرار می‌گیرد.

$$N = a_n \times ۸^n + a_{n-۱} \times ۸^{n-۱} + \dots + a_۲ \times ۸^۲ + a_۱ \times ۸^۱ + a_۰ \times ۸^۰$$

ضرایب $a_۰$ تا a_n می‌توانند مقادیری بین صفر تا۷ باشند، مثلاً عدد اکتال $۵۲۳۶_۸$ در سیستم اعشاری برابر است با:

$$(۵۲۳۶)_۸ = ۵ \times ۸^۳ + ۲ \times ۸^۲ + ۳ \times ۸^۱ + ۶ \times ۸^۰ =$$
$$۵ \times ۵۱۲ + ۲ \times ۶۴ + ۳ \times ۸ + ۶ \times ۱ = ۲۵۶۰ + ۱۲۸ + ۲۴ + ۶ = (۲۷۱۸)_{۱۰}$$

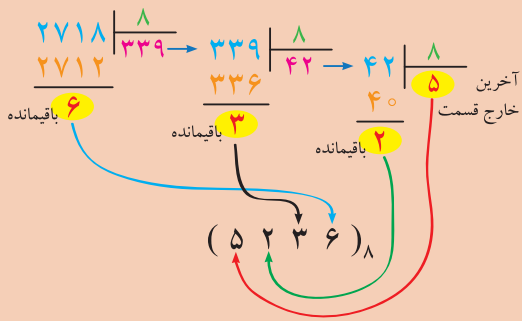
با مثال دیگری دراین رابطه موضوع را روشن‌تر می‌کنیم.

$$(۷۰۴۰)_۸ = ۷ \times ۸^۳ + ۰ \times ۸^۲ + ۴ \times ۸^۱ + ۰ \times ۸^۰ =$$
$$۷ \times ۵۱۲ + ۰ \times ۶۴ + ۴ \times ۸ + ۰ \times ۱ = ۳۵۸۴ + ۰ + ۳۲ + ۰ = (۳۶۱۶)_{۱۰}$$

برای تبدیل کردن اعداد اعشاری به اکتال، از تقسیم‌های متوالی عدد اعشاری به عدد ۸ استفاده می‌کنیم و همان قواعد خاصی را که در بالا اشاره کردیم توضیح خواهیم داد.

مثال

عدد اعشاری $۲۷۱۸_{۱۰}$ را به عدد اکتال تبدیل کنید (به مبنای ۸ ببرید).



تقسیمات را تا جایی ادامه می‌دهیم که خارج قسمت با عدد ۷ مساوی یاکوچک‌تر شود. مشابه سیستم باینری از سمت چپ شروع به نوشتن عدد می‌کنیم. به این ترتیب که آخرین خارج قسمت را سمت چپ نوشته و به ترتیب باقی‌مانده را در جلوی آن می‌نویسیم تا به اولین باقی‌ماندهٔ تقسیم برسیم.

$(۲۷۱۸)_{۱۰} = (۵۲۳۶)_{۸} = (۵۲۳۶)_{۸}$

مثال

عدد ۳۰۴۵ در مبنای اکتال را به مبنای اعشار (ده‌دهی) تبدیل کنید.

$$(۳۰۴۵)_{۸} = ۳ \times ۸^{۳} + ۰ \times ۸^{۲} + ۴ \times ۸^{۱} + ۵ \times ۸^{۰}$$
$$= ۳ \times ۵۱۲ + ۰ \times ۶۴ + ۴ \times ۸ + ۵ \times ۱$$
$$= ۱۵۳۶ + ۰ + ۳۲ + ۵ = (۱۵۷۳)_{۱۰}$$

تمرین کلاسی

اعداد زیر را که در مبنای اکتال هستند به مبنای ده دهی (اعشاری) ببرید.

الف) $۷۵۳_{۸}$ ب) $۱۴۶۲_{۸}$

تمرین کلاسی

اعداد ده دهی زیر را به مبنای اکتال و باینری ببرید.

الف) ۵۷۲ ب) ۸۴ پ) ۱۰۲۴

سیستم شانزده‌تایی (هگزادسی‌مال Hexa decimal): در این سیستم (۱۶تایی)، ۱۶ علامت شامل ۰،۱،۲،...۹ و A،B ،C ،D ،E ،F به‌کار می‌رود. در این سیستم برای نمایش عددهای بیشتر از ۹ و کمتر از ۱۶ باید از یک علامت استفاده کرد و نمی‌توان

مثلاً عدد ۱۰ را به همین صورت نشان داد چون یک عدد دو رقمی است که هم صفر و هم یک دارد و با صفر و یک اصلی اشتباه می‌شود. به همین دلیل از حروف استفاده می‌شود که:

A=۱۰، B = ۱۱، C =۱۲، D =۱۳ ،E =۱۴، F = ۱۵

برای اعداد بزرگ‌تر از ۱۶ این علامت‌ها را طبق قواعد خاصی پشت سر هم قرار می‌دهیم. مشابه همان قواعدی که در سیستم اکتال بیان شد با این تفاوت که پایه در اینجا عدد ۱۶ است. در این سیستم اعداد نیز، هر عدد موقعیت خاص خود را دارد.

معادل اعشاری اعداد هگزادسی‌مال از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.

$$N = a_n \times ۱۶^n + a_{n-۱} \times ۱۶^{n-۱} + \ldots + a_۱ \times ۱۶^۱ + a_۰ \times ۱۶^۰$$

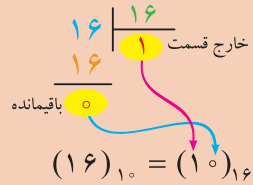
ضرایب $a_۰$ تا a_n می‌توانند مقادیری بین صفر تا F(۱۵) باشند. مثلاً عدد $(A۱۴\ E)_{۱۶}$ در مبنای ۱۶ نوشته شده است. معادل اعشاری آن برابر است با:

$$N = A \times ۱۶^۳ + ۱ \times ۱۶^۲ + ۴ \times ۱۶^۱ + E \times ۱۶^۰$$
$$= (۱۰) \times ۴۰۹۶ + ۱ \times ۲۵۶ + ۴ \times ۱۶ + (۱۴) \times ۱$$
$$= ۴۰۹۶۰ + ۲۵۶ + ۶۴ + ۱۴ = (۴۱۲۹۴)_{۱۰}$$

برای تبدیل کردن اعداد اعشاری به اعداد هگزادسی‌مال، از تقسیم‌های متوالی عدد اعشاری به عدد ۱۶ استفاده می‌کنیم. هنگام تقسیم کردن توجه داشته باشید که اگر باقی‌مانده بین ۱۰ تا ۱۵ باشد، باید از حروف A تا F استفاده کنید.

مثال

عدد ۱۶ در مبنای ده دهی را به مبنای هگزادسی‌مال تبدیل کنید.

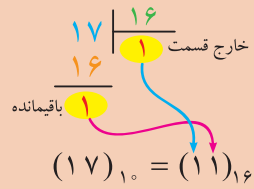


$$(۱۶)_{۱۰} = (۱۰)_{۱۶}$$

همان‌طور که ملاحظه کردید عدد ۱۶ در سیستم ده‌دهی به عدد ۱۰ در سیستم هگزادسی‌مال تبدیل شد.

مثال

عدد ۱۷ در مبنای ده دهی را به مبنای هگزادسی‌مال تبدیل کنید.

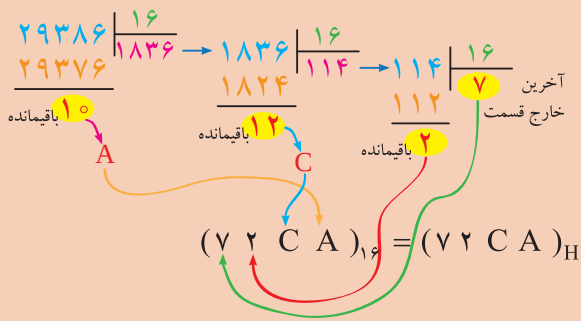


با توجه به دو مثال بالا در سیستم هگزادسی‌مال، معادل ۱۶ و ۱۷ سیستم ده‌دهی، اعداد ۱۰ و ۱۱ خواهد شد.

اگر بخواهیم ۱۱ را در مبنای هگزادسی‌مال به‌صورت $(۱۱)_H$ نشان دهیم با ۱۷، اشتباه می‌شود. لذا ناگزیریم ۱۱ را با علامت دیگری نشان دهیم که از علائم F تا A برای اعداد ۱۰ تا ۱۵ استفاده می‌کنیم.

مثال

عدد اعشاری $(۲۹۳۸۶)_{۱۰}$ را به سیستم هگزادسی‌مال تبدیل کنید.



مشابه سیستم‌های دیگر تقسیم‌های متوالی را تا جایی که آخرین خارج قسمت با ۱۵ مساوی یا کوچک‌تر شود ادامه می‌دهیم، سپس از سمت چپ ابتدا آخرین خارج قسمت را می‌نویسیم و باقی‌مانده‌ها را در جلوی آن، تا به اولین باقی‌مانده برسیم.

تمرین کلاسی

عدد ۷۵۶۸ را به مبنای هگزادسی‌مال ببرید.

تمرین کلاسی

عدد $(ABE)_{۱۶}$ در مبنای ۱۶ را به مبنای اعشاری تبدیل کنید.

نکته

موارد کاربری اعداد باینری و هگزادسی‌مال در زبان ماشین است.

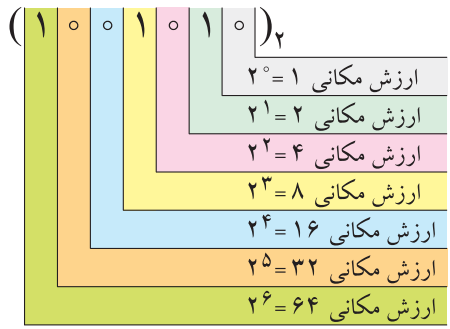
تبدیل مبناهای اعداد به یکدیگر

وقتی که ما بیشتر از یک سیستم عددی داریم، تبدیل اعداد از یک سیستم به سیستم دیگر بسیار مهم است. برای ما آسان‌تر است که با اعداد دسی‌مال سروکار داشته باشیم ولی در سیستم‌های دیجیتال اعداد دودویی (باینری) بیشتر به‌کار می‌رود.

از طرفی ما هم به اعداد دسی‌مال احتیاج داریم و هم به اعداد دودویی، زیرا ماشین اعداد دودویی را می‌شناسد درصورتی‌که روی نمایشگر باید اعداد ده‌دهی ظاهر شود. درنتیجه همواره در سیستم‌های دیجیتالی تبدیل اعداد دسی‌مال به اعداد دودویی در مورد اطلاعات ورودی و برعکس تبدیل اعداد دودویی به اعداد دسی‌مال در مورد اطلاعات خروجی مورد نیاز است.

اکثر سیستم‌های دیجیتال با اعداد در سیستم دودویی کار می‌کنند. همچنین استفاده از سیستم اعداد در مبنای اکتال (هشت تایی ۲۳) و هگزادسی‌مال (شانزده‌تایی ۲۴) که به‌صورت توان‌هایی از ۲ نوشته می‌شوند، در ساده کردن این تبدیلات بسیار مؤثر هستند.

تبدیل مبنای ۲ به ۱۰: برای تبدیل اعداد دودویی به دسی‌مال، ابتدا ارزش مکانی بیت‌های عدد باینری را مشخص می‌کنیم، سپس با توجه به مقدار بیت در آن ارزش مکانی آنها را با هم جمع می‌کنیم. به عنوان مثال ارزش مکانی عدد زیر را تعیین می‌کنیم.



$(۱۰۰۱۰۱۰)_۲ = ۱ \times ۶۴ + ۰ \times ۳۲ + ۰ \times ۱۶ + ۱ \times ۸ + ۰ \times ۴ + ۱ \times ۲ + ۰ \times ۱ =$

$۶۴ + ۰ + ۰ + ۸ + ۰ + ۲ + ۰ = ۷۴$

$\Rightarrow (۱۰۰۱۰۱۰)_۲ = ۷۴$

مثال

عدد باینری ۱۰۰۱۱۱۱۰ را به مبنای ده ببرید.

$(۱۰۰۱۱۱۱۰)_۲ = ۱\times۲۱۸+۰\times۶۴+۰\times۳۲+۱\times۱۶+۱\times۸+۱\times۴+۱\times۲+۰\times۱$

$=۱۲۸ + ۱۶+۸ + ۴ + ۲ = ۱۵۸$

$(۱۰۰۱۱۱۱۰)_۲ = ۱۵۸$

تمرین کلاسی

$(۰۱۱۰۱۱۱۰۱)_۲$ را به مبنای ده‌دهی عدد (دسی‌مال) تبدیل کنید.

تمرین کلاسی

اعداد باینری زیر را به مبنای اعشاری (دسی‌مال) ببرید.

الف) $(۱۰۱۱۱۰۰۱)_۲$ ب) $(۱۰۰۰۰۱)_۲$

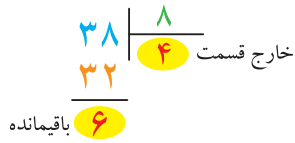
تبدیل مبنای ۲ به ۸: برای این که اعداد را از مبنای باینری به مبنای اکتال (هشت‌تایی) تبدیل کنیم، ابتدا باید عدد باینری را به مبنای دسی‌مال برده و سپس با تقسیم‌های متوالی بر ۸ به مبنای اکتال تبدیل کنیم. به‌طور مثال برای تبدیل عدد باینری ۱۰۰۱۱۰ به مبنای اکتال به روش زیر عمل می‌کنیم.

مرحله اول تبدیل به مبنای دسی‌مال:

$۱۰۰۱۱۰ = ۱\times۳۲ + ۰\times۱۶ + ۰\times۸ + ۱\times۴ + ۱\times۲ + ۰\times۱ =$

$۳۲ + ۴ + ۲ = ۳۸$

مرحله دوم تبدیل عدد اعشاری به مبنای اکتال:



تقسیم‌های متوالی را تا جایی ادامه می‌دهیم که خارج قسمت کوچک‌تر یا مساوی ۷ شود. از سمت چپ ابتدا آخرین خارج قسمت را نوشته سپس باقی‌مانده را به ترتیب تا اولین باقی‌مانده می‌نویسیم.

$(۳۸)_{۱۰} = (۴۶)_۸ = (۴۶)_{۰}$

مثال

عدد $(1110011)_2$ را به مبنای هشت‌تایی ببرید.

$(1110011)_2 = 1\times2^6+1\times2^5+1\times2^4+0\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0 =$

$1\times64+1\times32+1\times16+0\times8+0\times4+1\times2+1\times1 =$

$64+32+16+2+1 = 115$

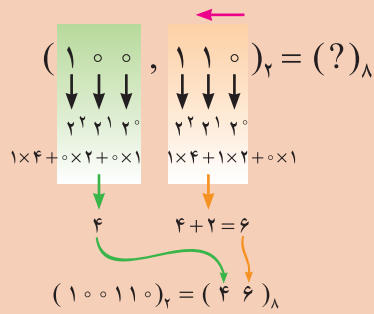
$(1110011)_2 = (163)_8 = 115$

تمرین کلاسی

اعداد باینری زیر را به مبنای اکتال تبدیل کنید.

الف) $(110111001)_2$ ب) $(100001)_2$

روش ساده‌تری نیز برای این تبدیل وجود دارد که سرعت کار را بالاتر می‌برد. می‌توان عدد باینری را از سمت راست سه بیت سه بیت جدا کنیم و معادل هر قسمت آن را به‌صورت اکتال بنویسیم، به‌طور مثال:



۱) از سمت راست سه بیت سه بیت جدا می‌کنیم.

۲) معادل اکتال هر سه بیت را می‌نویسیم.

۳) عدد به‌دست آمده در مبنای اکتال است.

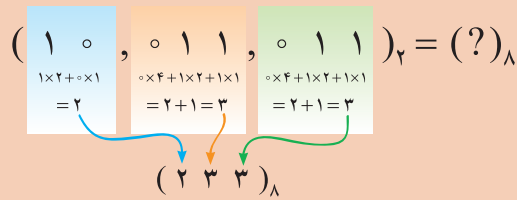
تمرین کلاسی

اعداد باینری زیر را از روش ساده‌تر به مبنای اکتال ببرید.

الف) $(110111001)_2$ ب) $(100001)_2$

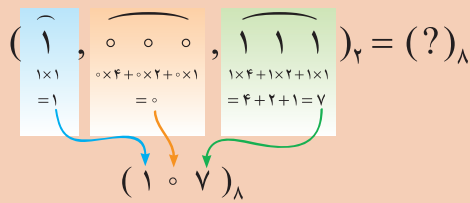
مثال

عدد $(10011011)_2$ را به مبنای اکتال ببرید (از روش ساده و سریع).



مثال

عدد $(10000111)_2$ را به مبنای اکتال از روش ساده و سریع ببرید.



نکته

وقتی سه بیت سه بیت از سمت راست جدا می‌کنیم، ممکن است در دستهٔ سمت چپ یک یا دو بیت بماند که درنتیجه فقط همان یک یا دو بیت را برای تبدیل درنظر می‌گیریم.

تمرین کلاسی

اعداد باینری زیر را از روش سریع‌تر و ساده‌تر به مبنای اکتال تبدیل کنید.

الف) $(100111111)_2$ ب) $(11000101)_2$ ج) $(10011110)_2$

همان‌طور که ملاحظه کردید در این جداسازی سه بیتی اگر هر سه بیت یک باشد، بزرگ‌ترین رقم عدد ۷ در سیستم اکتال می‌شود که خود بزرگ‌ترین رقم در سیستم اکتال است.

تمرین کلاسی

عدد $(10011011110)_2$ را از هر دو روش به سیستم اکتال تبدیل کنید. پاسخ‌ها را با هم مقایسه کنید.

تبدیل مبنای ۸ به۲: برای تبدیل اعداد در مبنای اکتال به مبنای دودویی، ابتدا باید عدد در سیستم اکتال را به سیستم دسی‌مال (اعشاری) برده، سپس با

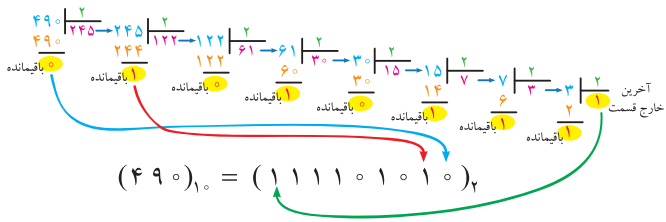
تقسیم‌های متوالی بر ۲ به مبنای دودویی تبدیل کنیم.

به‌طور مثال برای تبدیل عدد $(۷۵۲)_۸$ به مبنای دودویی به روش زیر عمل می‌کنیم.

مرحلهٔ اول تبدیل به مبنای دسی‌مال:

$$(۷۵۲)_۸ = ۷ \times ۸^۲ + ۵ \times ۸^۱ + ۲ \times ۸^۰$$
$$= ۷ \times ۶۴ + ۵ \times ۸ + ۲ \times ۱$$
$$= ۴۴۸ + ۴۰ + ۲ = ۴۹۰$$
$$(۷۵۲)_۸ = (۴۹۰)_{۱۰}$$

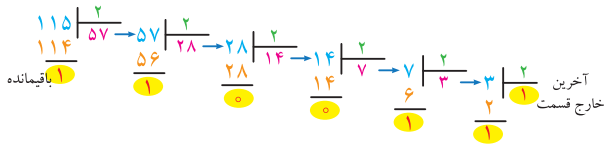
مرحلهٔ دوم تبدیل عدد اعشاری به دست آمده به مبنای باینری:



مثال

عدد اکتال ۱۶۳ را به مبنای باینری تبدیل کنید.

$$(۱۶۳)_۸ = ۱ \times ۸^۲ + ۶ \times ۸^۱ + ۳ \times ۸^۰$$
$$= ۱ \times ۶۴ + ۶ \times ۸ + ۳ \times ۱$$
$$= ۶۴ + ۴۸ + ۳ = (۱۱۵)_{۱۰}$$



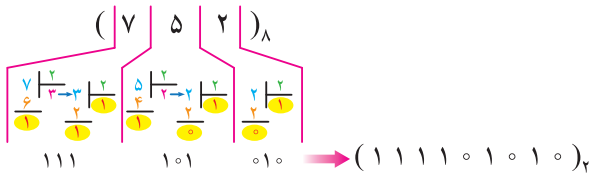
تمرین کلاسی

اعداد اکتال زیر را به مبنای باینری تبدیل کنید.

الف) $(۴۳۱)_۸$ ب) $(۵۰)_۸$ پ) $(۷۲۶)_۸$

از روش ساده‌تر و سریع‌تری نیز برای این تبدیل می‌توان استفاده کرد، به این ترتیب که هر رقم در مبنای اکتال را به یک عدد سه بیتی در مبنای باینری تبدیل می‌کنیم. برای این کار می‌توان از روش تقسیم‌های متوالی استفاده کرد و با

تمرین زیاد به راحتی می‌توانید معادل باینری هر عدد را بدون استفاده از محاسبات به‌دست آورید.
به‌طور مثال برای تبدیل عدد (۷۵۲) به مبنای ۲ از مراحل زیر استفاده می‌کنیم.

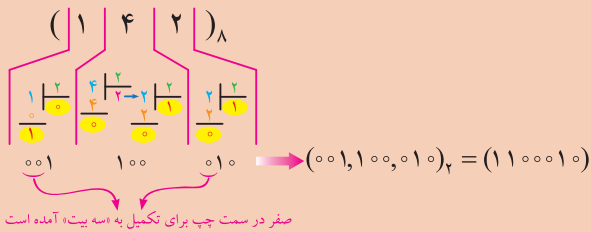


نکته

اگر در مراحل تقسیم‌های متوالی برای هر رقم، حاصل کمتر از سه بیت شد برای تکمیل آن به سه بیت، باید در سمت چپ بیت‌ها، رقم صفر را قرار دهید.

مثال

عدد $(۱۴۲)_۸$ را از روش سریع‌تر به مبنای دودویی، تبدیل کنید.



تمرین کلاسی

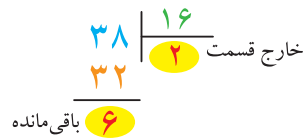
اعداد در مبنای اکتال زیر را از روش ساده‌تر به مبنای باینری ببرید.

الف) $(۵۴۲)_۸$ ب) $(۲۶۷)_۸$ پ) $(۱۳۰)_۸$

تبدیل مبنای ۲ به ۱۶: به همان روشی که در تبدیل مبنای ۲ به ۸ آموختید، ابتدا باید عدد در مبنای باینری را به سیستم ده‌دهی تبدیل کرد، سپس با تقسیم‌های متوالی بر ۱۶به مبنای هگزادسی‌مال (شانزده تایی) تبدیل کنیم.
به‌طور مثال برای تبدیل عدد باینری ۱۰۰۱۱۰ به مبنای هگزادسی‌مال به روش زیر عمل می‌کنیم.
مرحلهٔ اول تبدیل مبنای دسی‌مال

$۱۰۰۱۱۰ = ۱ \times ۳۲ + ۰ \times ۱۶ + ۰ \times ۸ + ۱ \times ۴ + ۱ \times ۲ + ۰ \times ۱ = ۲ + ۴ + ۳۲ = ۳۸$

مرحلهٔ دوم تبدیل به مبنای هگزادسی‌مال



تقسیم‌های متوالی را تا جایی ادامه می‌دهیم که خارج قسمت کوچک‌تر یا مساوی ۱۵ شود. در خارج قسمت یا باقی‌مانده اگر عدد به دست آمده از ۹ بزرگ‌تر باشد باید طبق آنچه در مبنای هگزادسی‌مال آموختیم از حروف A، B،..... و F استفاده کنیم.
در خاتمه از سمت چپ ابتدا آخرین خارج قسمت را نوشته، سپس باقی‌مانده‌ها را به ترتیب تا اولین باقی‌مانده در جلوی آن می‌نویسیم.

$$(۳۸)_{۱۰} = (۲۶)_{۱۶} = (۲۶)_{HEX} = (۲۶)_{H}$$

می دانیم که مبنای هگزادسی‌مال را با HEX یا H نمایش می‌دهند.

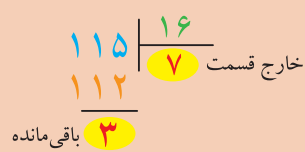
مثال

عدد $(۱۱۱۰۰۱۱)_{۲}$ را به مبنای شانزده‌تایی ببرید.

$(۱۱۱۰۰۱۱) = ۱ \times ۶۴ + ۱ \times ۳۲ + ۱ \times ۱۶ + ۰ \times ۸ + ۰ \times ۴ + ۱ \times ۲ + ۱ \times ۱ = ۱۱۵$

مثال

$(۱۱۱۰۰۱۱)_{۲} = (۷۳)_{۱۶} = (۱۱۵)_{۱۰}$

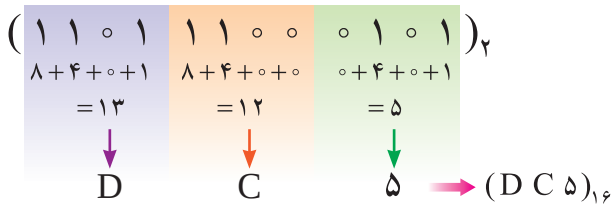


تمرین کلاسی

اعداد باینری زیر را به مبنای شانزده‌تایی تبدیل کنید.
الف) $(۱۱۰۰۱۱۰۱)_{۲}$ ب) $(۱۰۱۰۱۱۰)_{۲}$

روش ساده‌تری نیز برای این تبدیل وجود دارد که سرعت کار را بالاتر می‌برد. می‌توان عدد باینری را از سمت راست چهار بیت، چهار بیت جدا کنیم و معادل هر قسمت آن را به‌صورت شانزده‌تایی بنویسیم.

به‌طور مثال:



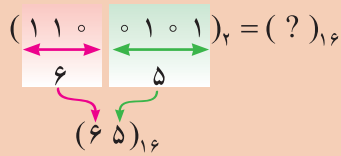
۱ از سمت راست چهار بیت چهار بیت جدا می‌کنیم.
۲ معادل هگزادسی‌مال هر چهار بیت را می‌نویسیم.
۳ عدد به دست آمده در مبنای هگزادسی‌مال است.

تمرین کلاسی

اعداد باینری زیر را از روش ساده‌تر به مبنای اکتال ببرید.
الف) $(11011001)_2$ ب) $(11000000)_2$

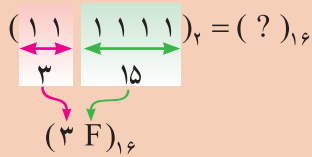
مثال

عدد $(1100101)_2$ را به مبنای هگزادسی‌مال ببرید، (از روش ساده و سریع).



مثال

عدد $(1111111)_2$ را به مبنای هگزادسی‌مال ببرید، (از روش ساده و سریع).



نکته

وقتی چهار بیت، چهار بیت از سمت راست جدا می‌کنیم، ممکن است در دستهٔ سمت چپ یک یا دو بیت را برای تبدیل در نظر می‌گیریم.

تمرین کلاسی

اعداد باینری زیر را از روش سریع‌تر و ساده‌تر به مبنای هگزادسی‌مال تبدیل کنید.

الف) $(11000111)_2$ ب) $(1101010001)_2$ پ) $(11010000011)_2$

همان‌طورکه ملاحظه کردید در این جداسازی چهار بیتی اگر هر چهار بیت یک باشد، بزرگ‌ترین رقم عدد ۵۱ در سیستم هگزادسی‌مال می‌شود که خود بزرگ‌ترین رقم در سیستم هگزادسی‌مال است که به‌صورت F می‌نویسیم.

تمرین کلاسی

عدد $(11001111)_2$ را از هر روش به سیستم هگزادسی‌مال تبدیل کنید. پاسخ‌ها را باهم مقایسه کنید.

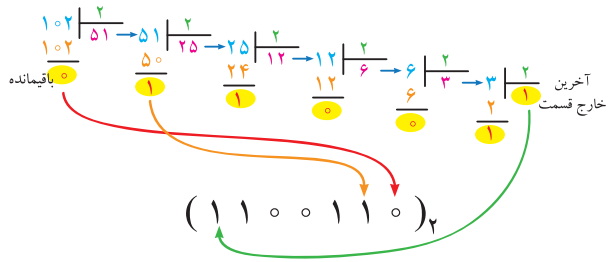
تبدیل مبنای ۱۶ به ۲: برای تبدیل اعداد در مبنای شانزده‌تایی به مبنای دودویی، ابتدا باید عدد در سیستم شانزده‌تایی را به سیستم ده دهی برده، به مبنای دودویی به ۲ سپس با تقسیم‌های متوالی بر روش زیر عمل می‌کنیم.

مرحلهٔ اول تبدیل مبنای دسی‌مال:

$$(66) = 6 \times 16^1 + 6 \times 16^0$$

$$= 96 + 6 \times 1 = 102$$

$$(66)_{10} = (102)_{10}$$



$$(66)_{16} = (102)_{10} = (1100110)_2$$

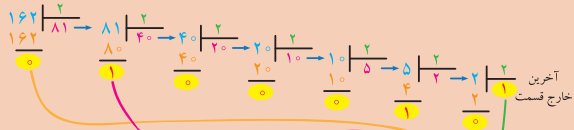
مثال

عدد هگزادسی‌مال (A۲) را به مبنای باینری تبدیل کنید.

$(A۲) = A \times ۱۶^{۱} + ۲ \times ۱۶^{۰}$

$= (۱۰) \times ۱۶ + ۲ \times ۱ = ۱۶۰ + ۲$

$(A۲)_H = (۱۶۲)_{۱۰}$



$(A۲)_H = (۱۶۲)_{F۱۰} = (۱۰۱۰۰۰۱۰)_۲$

$(A۲)_H = (۱۶۲)_{F۱۰} = (۱۰۱۰۰۰۱۰)_۲$

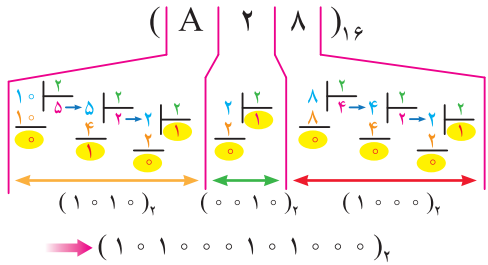
تمرین کلاسی

اعداد هگزادسی‌مال را به مبنای باینری تبدیل کنید.

الف) $(۱۴۲)_{۱۶}$ ب) $(DE)_{۱۶}$

از روش ساده‌تر و سریع‌تر نیز برای این تبدیل می‌توان استفاده کرد، به این ترتیب که هر رقم درمبنای هگزادسی‌مال را به یک عدد چهار بیتی در مبنای باینری تبدیل می‌کنیم. برای این کار می‌توان از روش تقسیم‌های متوالی استفاده کرد. با تمرین فراوان، به راحتی می‌توانید معادل باینری هر عدد را بدون استفاده از محاسبات به‌دست آورید.

به‌طور مثال برای تبدیل عدد (A۲۸) به مبنای ۲ از مراحل زیر استفاده می‌کنیم.

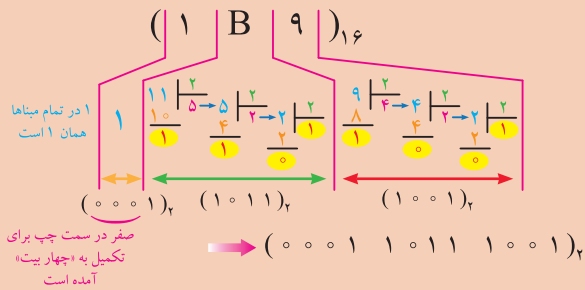


نکته

اگر در مراحل تقسیم‌های متوالی برای هر رقم، حاصل کمتر از چهار بیت شد، برای تکمیل آن به چهار بیت، باید در سمت چپ بیت‌ها رقم صفر را قرار دهید.

مثال

عدد $(1B9)_{16}$ را از روش سریع‌تر به مبنای دودویی تبدیل کنید.



تمرین کلاسی

اعداد در مبنای هگزادسی‌مال زیر را از روش ساده‌تر به مبنای باینری ببرید.

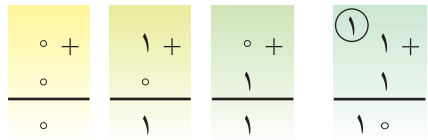
الف) $(AF)_{16}$ ب) $(21E)_{16}$ پ) $(D8)_{16}$

دانش‌افزایی

جمع باینری

کلیهٔ اعمال ریاضی بر روی تمامی سیستم‌های اعداد، مشابه اعمال ریاضی بر روی اعداد اعشاری است که ما کار داریم. همواره با آنها سر و در این جا فقط به بررسی عمل جمع و در ادامه به عمل تفریق بر روی اعداد باینری می‌پردازیم.

جمع در سیستم باینری: جمع در این سیستم، شبیه به جمع در سیستم اعشاری است. در سیستم اعشاری، هرگاه جمع دو رقم از ده بیشتر می‌شود، یک واحد به رقم بعد آن اضافه می‌کنیم که به آن ده بر یک می‌گوییم. در سیستم باینری، هرگاه جمع دو رقم دو شود (حالت ۱+۱)، ایجاد دو بر یک می‌کند و باید عدد یک را به رقم بعدی اضافه کرد. می‌دانیم که:

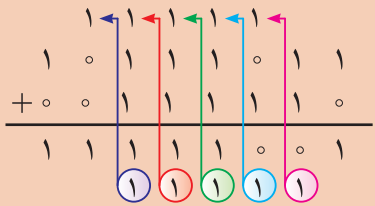


۱۰=۱+۱ یا

رقم اول نوشته می‌شود دو بر یک

یک (۱) به ستون بعدی منتقل می‌شود.

مثال



$(101110111)_۲ + (111110)_۲ = (111111001)_۲$

تمرین کلاسی

دو عدد باینری زیر را با هم جمع کنید.

$(1001101)_۲ = (11100111)_۲ = (?)_۲$

دانش‌افزایی

دروازه‌های منطقی

دروازه‌های منطقی پایه و ترکیبی به‌صورت مدارهای الکترونیکی یک پارچه یا با استفاده از رله‌ها، کلیدها و... ساخته می‌شوند.

از مزایای دروازه‌های ترکیبی این است که در آنها به جای دو یا چند دروازهٔ منطقی پایه فقط از یک دروازه استفاده می‌شود.

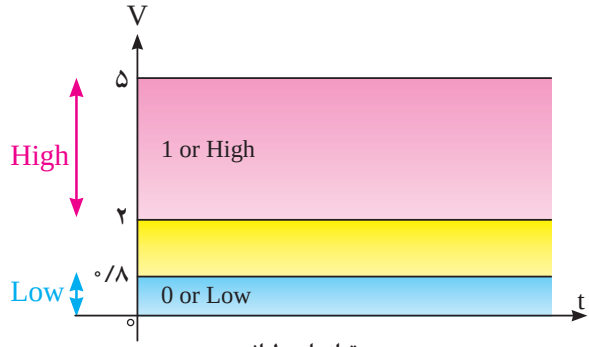
ترازهای ولتاژ(Voltage levels): مدارهای منطقی مدارهایی هستند که می‌توانند دو نوع ولتاژ زیر را از یکدیگر تشخیص دهند:

الف) ولتاژ بالا (High)

ب) ولتاژ پایین (Low)

معمولاً مقدار واقعی ولتاژ چندان مهم نیست و در یک محدودهٔ مشخصی از ولتاژ ممکن است این دو حالت اتفاق بیفتد بنابراین، این ولتاژها فقط به‌صورت بالا (High) یا پایین (Low) و یا به اختصار H و L بیان می‌شوند ولتاژهای H و L را ترازهای ولتاژ (Voltage Levels) نیز می‌گویند.

به عنوان مثال ممکن است ولتاژ بالا را بین ۲ ولت تا ۵ ولت و ولتاژ پایین را بین صفر ولت تا ۰/۸ ولت در نظر بگیرند. مقدار ولتاژها را در این دو فاصله با دو حرف H و L که مخفف High و Low است می‌شناسند.



ترازهای ولتاژ

معمولاً به جای استفاده از حروف H و L اکثراً از نمادهای ۱ و ۰ برای توصیف حالت ورودی‌ها و خروجی‌های مدارهای منطقی استفاده می‌کنند. ورودی‌ها و خروجی‌ها با دو حالت زیر تعریف می‌شوند.

الف) منطق مثبت (Positive logic)

ب) منطق منفی (Negative logic)

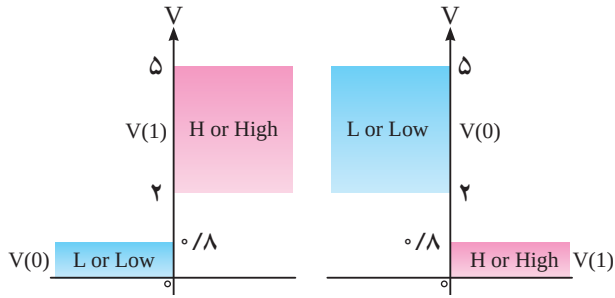
در منطق مثبت عدد «۱» نشان‌دهندهٔ ولتاژ بالا (H) و صفر نشان‌دهندهٔ ولتاژ پایین (L) است.

در منطق منفی عدد «۱» نشان‌دهندهٔ ولتاژ پایین(L) و صفر نشان‌دهندهٔ ولتاژ بالا (H) است.

تقریباً به‌صورت قراردادی، حرف L را در منطق مثبت به کمترین مقدار مثبت و حرف H را به بیشترین مقدار مثبت اختصاص می‌دهند.در منطق منفی حرف L را به بیشترین و حرف H را به کمترین مقدار ولتاژ نسبت می‌دهند.

به عنوان مثال در منطق مثبت ولتاژ ۰/۸ ولت L و ولتاژ ۵ ولت H است در صورتی‌که منطق منفی ولتاژ ۰/۸ ولت H و ولتاژ ۵ ولت L است.

شکل زیر ترازهای ولتاژ منطبق مثبت و منفی را نشان می‌دهد.



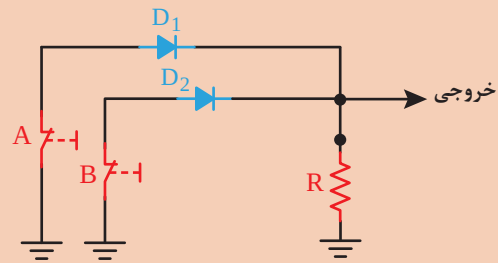
تراز ولتاژ منطق مثبت تراز ولتاژ منطق منفی

ترازهای مثبت و منفی

دروازه‌های منطقی پایه: دروازه‌های منطقی پایه یا گیت‌ها (gates) مدارهایی هستند که تعداد یک یا بیشتر از یک ورودی و یک خروجی دارند.
اگر سیگنال‌های ورودی در یک ترکیب مشخص در ورودی‌ها ایجاد شود، نتیجه را با توجه به شرایط ورودی و نوع گیت استفاده شده به خارج هدایت می‌کنند.
گیت‌هایی که در این قسمت مورد بررسی قرار می‌دهیم دارای دو ورودی هستند ولی می‌توان آنها را برای مدارهایی با بیشتر از دو ورودی نیز تعمیم داد.

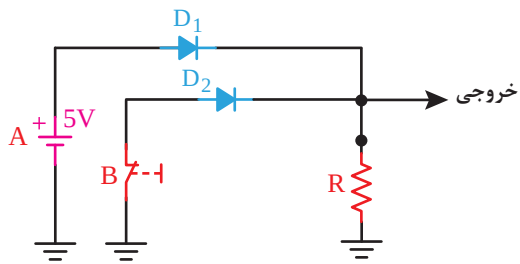
پاسخ فعالیت کارگاهی

گیت OR (یا): ساختمان مدار گیت OR با دو ورودی را با استفاده از دیود ایدئال در شکل مشاهده می‌کنیم.



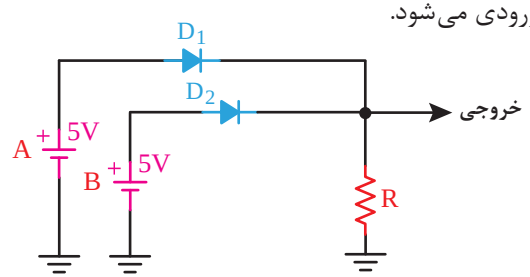
ساختمان دیودی گیت OR در حالت قطع D_1 و D_2

در مدار شکل بالا که با استفاده از دو دیود ساخته شده است، اگر به هر دو ورودی A وB ولتاژ L را اعمال کنیم، دیودها به حالت قطع می‌روند و خروجی مدار درحالت L قرار می‌گیرد.
در شکل زیر به ورودی A ولتاژ H و به ورودی B ولتاژ L را اعمال می‌کنیم، دیود D_1 هدایت می‌کند و دیود D_2 در حالت قطع قرار می‌گیرد. خروجی مدار در حالت H قرار می‌گیرد. چون در این حالت دیود D_1 مانند یک کلید بسته عمل می‌کند و ولتاژ خروجی تقریباً برابر با ولتاژ ورودی می‌شود.



ساختمان دیودی گیت OR در حالت هدایت دیود D_1

به همین ترتیب اگر به ورودی B ولتاژ H و به ورودی A ولتاژ L را اعمال کنیم، دیود D_2 هدایت می‌کند و دیود D_1 حالت قطع می‌رود. خروجی مدار در حالت H قرار می‌گیرد و ولتاژ خروجی تقریباً برابر با ولتاژ ورودی می‌شود.
اگر به هر دو ورودی A و B ولتاژ H را اعمال کنیم، هر دو دیود D_1 و D_2 هدایت می‌کنند و مانند کلید بسته عمل خواهند کرد در این حالت ولتاژ خروجی تقریباً برابر ولتاژ ورودی می‌شود.



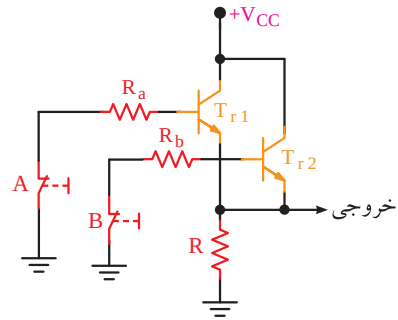
ساختمان دیودی گیت OR در حالت D_1 و D_2

جدول زیر وضعیت دیودها را در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد.

AB	D_1	D_2	V_o
LL	قطع	قطع	L
LH	قطع	هدایت	H
HL	هدایت	قطع	H
HH	هدایت	هدایت	H

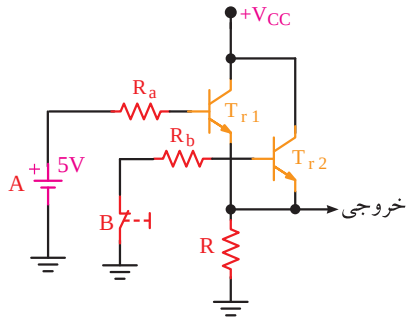
وضعیت دیودها در گیت OR

ساختمان مدار یک گیت OR با دو ورودی را با استفاده از ترانزیستور زیر مشاهده می‌کنید.
در این مدار امیترها و کلکتورهای ترانزیستورها به هم وصل شده‌اند و خروجی مدار نیز از امیتر مشترک دو ترانزیستور گرفته شده است.
اگر به هر دو ورودی A و B ولتاژ L اعمال شود هیچ یک از ترانزیستورها هدایت نمی‌کند و ولتاژ خروجی در حالت L قرار می‌گیرد.



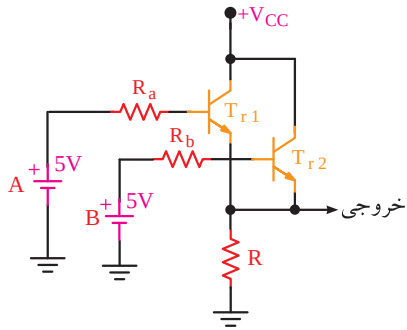
ساختمان ترانزیستوری گیت OR در حالت قطع هر دو ترانزیستور

اگر به یکی از ورودی‌های A یا B ولتاژ H اعمال کنیم، ترانزیستور مربوطه هدایت می‌کند و جریان از طریق همان ترانزیستور به مقاومت R می‌رسد، در نتیجه ولتاژ خروجی تقریباً برابر با ولتاژ داده شده به ورودی می‌شود.



ساختمان ترانزیستور گیت OR در حالت وصل ترانزیستور Tr_1 و قطع ترانزیستور Tr_2

اگر به یکی از ورودی A یا B ولتاژ H بدهیم، مدار مانند حالت قبل عمل می‌کند و ولتاژ خروجی تقریباً برابر با ولتاژ داده شده به ورودی‌ها خواهد شد.



ساختمان ترانزیستور گیت OR در حالت هدایت هر دو ترانزیستور

جدول زیر وضعیت ترانزیستورها را در حالت‌های مختلف ورودی‌ها نشان می‌دهد.

وضعیت ترانزیستورها در حالت‌های مختلف ورودی

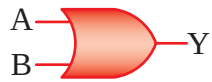
AB	Tv_1	Tv_2	V_0
LL	قطع	قطع	L
LH	قطع	وصل	H
HL	وصل	قطع	H
HH	وصل	وصل	H

برای هر گیت می‌توان جدول صحت یا جدول درستی تعریف کرد و مقادیر ورودی و خروجی را بر اساس صفر و یک منطقی در آن نشان داد.جدول زیر صحت گیت OR را نشان می‌دهد.

جدول صحت گیت OR

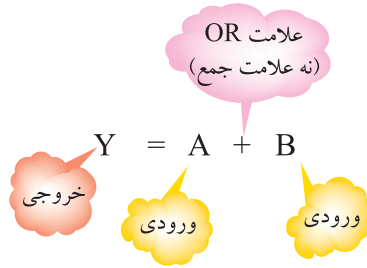
ورودی‌ها AB	خروجی Y
۰ ۰	۰
۰ ۱	۱
۱ ۰	۱
۱ ۱	۱

همان‌طورکه از جدول درستی گیت OR پیداست، خروجی دروازهٔ منطقی OR زمانی در وضعیت یک منطقی قرار می‌گیرد که دست کم یکی از ورودی‌های آن را در وضعیت یک منطقی باشد. گیت OR را با نماد. زیر نشان می‌دهند.

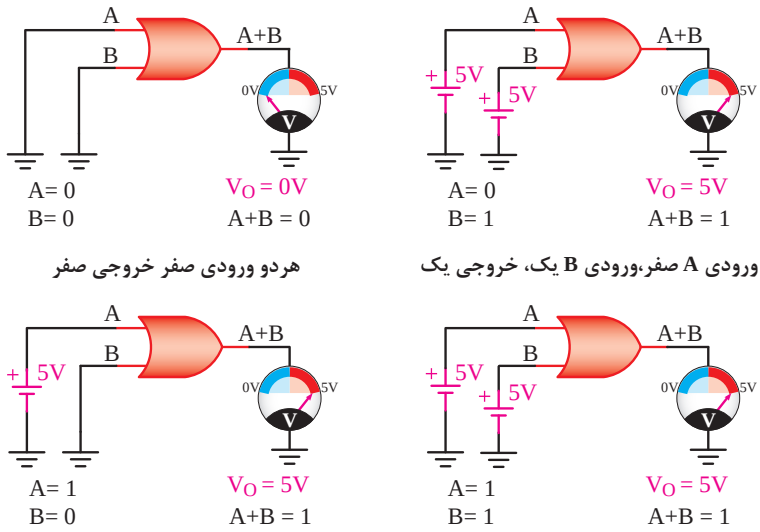


نماد دروازه منطقی OR

برای اینکه نشان دهیم متغیر A و متغیر B با یکدیگر OR شده‌اند، از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:



حاصل A+B (A OR B) یا Y (خروجی دروازهٔ OR) زمانی یک است که A یا B یا هر دو در وضعیت یک منطقی قرار گیرند. چنانچه خروجی صفر باشدA و B هردو در وضعیت صفر منطقی هستند.
شکل زیر حالات مختلف عملکرد دروازهٔ OR را با استفاده از نمادهای آن نشان می‌دهد.

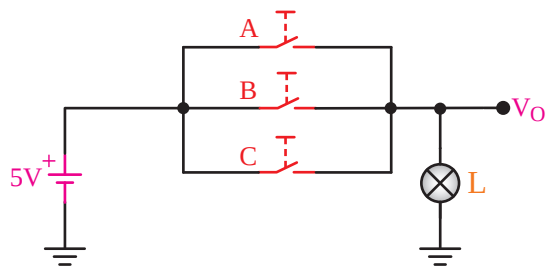


شکل عملکرد دروازه‌های OR با توجه به حالت‌های مختلف ورودی

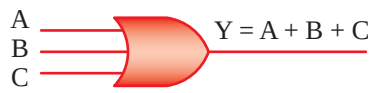
کلیدهای فشاری nc (normally closed) درحالت عادی بسته و no (normally open) در حالت عادی باز، از جمله کلیدهایی هستند که در مدار معادل کلیدی گیت‌های منطقی استفاده دارند.
شکل زیر شکل این کلیدها را نشان می‌دهد.

نماد کلیدهای no و nc

یک دروازهٔ OR می‌تواند بیش از دو ورودی داشته باشد؛ برای مثال در شکل زیر یک دروازه با سه ورودی، همراه با مدار معادل کلیدی آن نشان داده شده است:



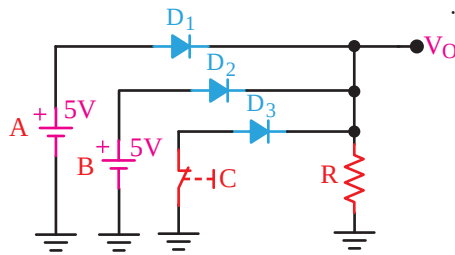
الف) مدار معادل کلیدی دروازه OR با سه ورودی



ب) نماد دروازه OR با سه ورودی

شکل مدار معادل کلید دروازه OR با سه ورودی و نماد آن

مدار دیودی گیت OR با سه ورودی را در شکل زیر مشاهده می‌کنید. دراین شکل دیودهای D_1 و D_2 در حالت هدایت و دیود D_3 در حالت قطع است، خروجی در وضعیت H قرار دارد.



شکل مدار دیودی گیت OR با سه ورودی

سؤالات پیشنهادی

مدار دیودی گیت OR با سه ورودی در حالتی‌که هر سه دیود در وضعیت قطع باشند را رسم کنید. خروجی در این وضعیت چه حالتی دارد؟

سؤالات پیشنهادی

مدار دیودی گیت OR با سه ورودی در حالتی که هر سه دیود در وضعیت وصل باشند را رسم کنید. خروجی در این وضعیت چه حالتی دارد؟

جدول زیر صحت یک دروازهٔ OR با سه ورودی را نشان می‌دهد.

جدول صحت دروازهٔ منطقی OR با سه ورودی

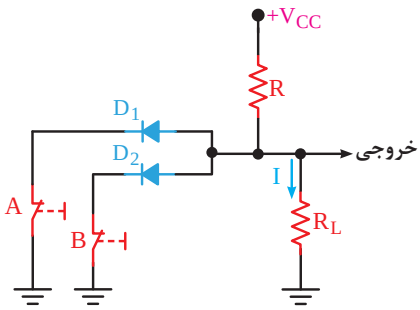
A	B	C	Y
۰	۰	۰	۰
۰	۰	۱	۱
۰	۱	۰	۱
۰	۱	۱	۱
۱	۰	۰	۱
۱	۰	۱	۱
۱	۱	۰	۱
۱	۱	۱	۱

پاسخ فعالیت کارگاهی گیت AND

ساختمان مدار دروازهٔ منطقی AND با دو ورودی را با استفاده از دو دیود می‌توان نشان داد.

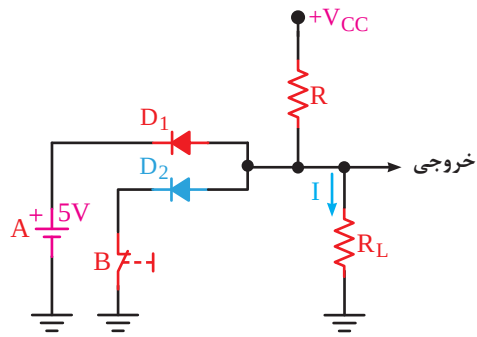
زمانی ولتاژ خروجی بیشترین مقدار(حالت H) را دارد که دیودها قطع باشند. درصورتی‌که دیودها در حالت اتصال کوتاه قرار گیرند (هدایت کنند)، ولتاژ خروجی حداقل (حالت L) می‌شود. چرا؟ شرح دهید.

شکل روبه‌رو دروازه منطقی AND را با دو دیود نشان می‌دهد.



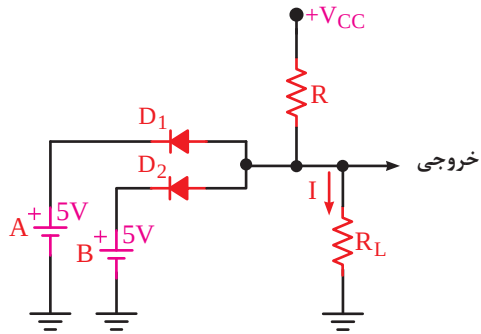
ساختمان دیودی گیت AND در حالت اتصال کوتاه دو دیود D_1 و D_2

در این شکل خروجی در حالت L قرار می‌گیرد و هیچ جریانی از مقاومت R_1 عبور نمی‌کند اگر یکی از دیودها در وضعیت وصل باشد و دیگری در حالت قطع، باز هم خروجی در وضعیت L قرار دارد و جریانی از مقاومت R_L عبور نمی‌کند.
شکل زیرگیت AND در حالتی که D_2 هدایت و D_1 قطع است را نشان می‌دهد.



گیت دیودی AND درحالت اتصال کوتاه D_2 و قطع D_1

اگر هر دو دیود D_2 و D_1 در حالت قطع باشند، یعنی ورودی‌های وضعیت H را دارند، در نتیجه خروجی در حالت H قرار می‌گیرد و جریان I از مقاومت R_L عبور می‌کند. شکل زیر این حالت را نشان می‌دهد.



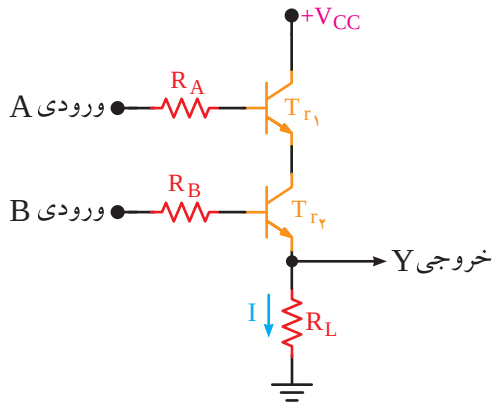
گیت دیودی AND در حالت قطع هر دو دیود

جدول زیر صحت گیت AND درحالت دیودی را نشان می‌دهد.

جدول صحت گیت دیودی AND

AB	D_1	D_2	V_o
LL	هدایت	هدایت	L
LH	هدایت	قطع	L
HL	قطع	هدایت	L
HH	قطع	قطع	H

ساختمان مدار یک گیت AND با دو ورودی را با استفاده از ترانزیستور در شکل زیر مشاهده می‌کنید. در این مدار دو ترانزیستور به‌صورت سری در مسیر ولتاژ $+V_{CC}$ و زمین قرار گرفته است. به علت قرارداشتن ترانزیستورها در وضعیت سری فقط در حالتی که ولتاژ H به هر دو ورودی A و B اعمال کنیم جریان برقرارخواهد شد و در نتیجه مقدار خروجی مدار در حالت H یا ۱ منطقی است. در غیر این حالت ولتاژ خروجی مدار برابر حالت L یا صفر منطقی خواهد بود.



ساختمان ترانزیستوری گیت AND

جهت هنرجویان علاقه مند: ساختمان ترانزیستوری گیت AND درچهار حالت:

ورودی A=L، ورودی B=L

ورودی A=L، ورودی B=H

ورودی A=H، ورودی B=L

ورودی A=H، ورودی A=H

رسم کنید و به کلاس ارائه نماید و طرز کار هر ترانزیستور رادر تمام حالت‌ها شرح دهید.

جدول زیر صحت گیت ترانزیستوری AND را نشان می‌دهد.

جدول صحت گیت ترانزیستوری AND

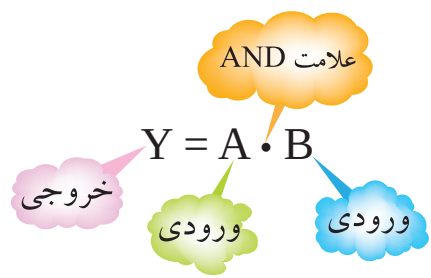
ورودی A	ورودی B	Tr_1	Tr_2	خروجی Y
L	L	قطع	قطع	L
L	H	قطع	وصل	L
H	L	وصل	قطع	L
H	H	وصل	وصل	H

برای گیت AND نیز می‌توان جدول صحت یا جدول درستی را براساس مقادیر صفر و یک منطقی تعریف کرد. جدول زیرجدول صحت گیت AND را مطابق مقادیر منطقی نشان می‌دهد.

جدول صحت گیت AND

B A	Y
۰ ۰	۰
۰ ۱	۰
۱ ۰	۰
۱ ۱	۱

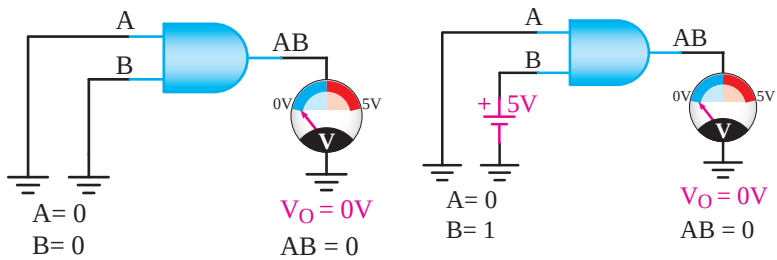
ورودی‌های A و B را متغیرهای ورودی می‌نامیم. همان طورکه ذکر شد، هر متغیر در مدارهای دیجیتالی فقط می‌تواند دو مقدار تعریف شدهٔ صفر و یک را به خود اختصاص دهد. در صورتی که در جبر معمولی این محدودیت وجود ندارد.
برای نشان دادن این موضوع که متغیر A و متغیر B با یکدیگر AND شده‌اند از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم.



برای ساده‌نویسی می‌توان علامت نقطه بین متغیرها را حذف کرد و رابطه را به‌صورت زیر نوشت:

$$Y = AB$$

حاصل AB (A AND B) یا Y (خروجی دروازه‌ای AND) زمانی که A وB هر دو یک باشند برابر با یک و چنانچه یکی یا هر دو ورودی صفر باشند، برابر با صفر است. شکل زیر عملکرد دروازهٔ AND را در حالات مختلف نشان می‌دهد.



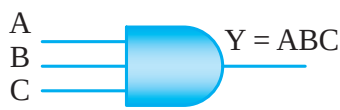
هر دو ورودی صفر، خروجی صفر — ورودی A صفر،ورودی B یک،خروجی صفر

ورودی A یک،ورودی B صفر،خروجی صفر — هر دو ورودی یک،خروجی یک

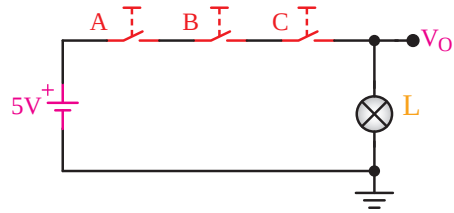
شکل عملکرد دروازهٔ منطقی AND

شکل نماد AND با سه ورودی و مدار معادل کلیدی آن

یک دروازه AND می‌تواند بیش از دو ورودی داشته باشد؛ برای مثال، درشکل زیریک دروازه با سه ورودی، همراه با مدار معادل کلیدی آن نشان داده شده است



الف) نماد دروازهٔ منطقی AND



ب) مدار معادل کلیدی دروازهٔ منطقی AND

جدول صحت مدار گیـت AND با سه ورودی در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول صحت مدار گیت AND با سه ورودی

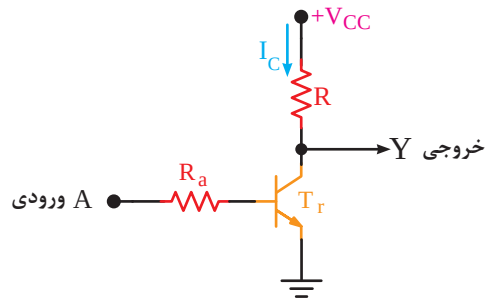
A	B	C	Y
۰	۰	۰	۰
۰	۰	۱	۰
۰	۱	۰	۰
۰	۱	۱	۰
۱	۰	۰	۰
۱	۰	۱	۰
۱	۱	۰	۰
۱	۱	۱	۱

تمرین کلاسی

مدار گیت AND با ۴ ورودی را ترسیم وتحلیل کنید، جدول صحت آن را بکشید.

پاسخ فعالیت کارگاهی گیت NOT

مدارمعادل گیت NOT منطقی را در فصل اول مشاهده کردید. برای یادآوری مجدداً آن را در شکل زیرنشان می‌دهیم.



ساختمان ترانزیستور گیت NOT

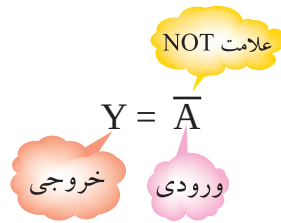
در ترانزیستور فوق اگر ولتاژ ورودی صفر باشد، ولتاژ بیس صفر می‌شود و ترانزیستور در حالت قطع قرار می‌گیرد. در این حالت به علت صفر شدن جریانی I_C از مقاومت R عبور نمی‌کند و ولتاژ روی کلکتور ترانزیستورنسبت به زمین برابر با V_{CC} می‌شود یعنی خروجی مدار در حالت H قرار می‌گیرد. اکنون اگر ولتاژ H را به ورودی مدار بدهیم، ترانزیستور به حالت اشباع می‌رود و خروجی را در حالت L می‌برد.
جدول زیر جدول صحت یک گیت NOT را نشان می‌دهد

جدول صحت گیت NOT

ورودی	Tr	خروجی Y
L	قطع	H
H	وصل	L

A	Y
۰	۱
۱	۰

همان‌طورکه مشاهده می‌شود، خروجی عکس ورودی است یعنی وقتی ورودی صفر است خروجی برابر با یک و هنگام یکه ورودی یک است خروجی صفر می‌شود.
برای نشان دادن اینکه خروجی برابر با NOT ورودی است، از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم ورودی است، از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم.



$\bar{A}$ را به‌صورت «A بار»یا «A، نات» می‌خوانیم

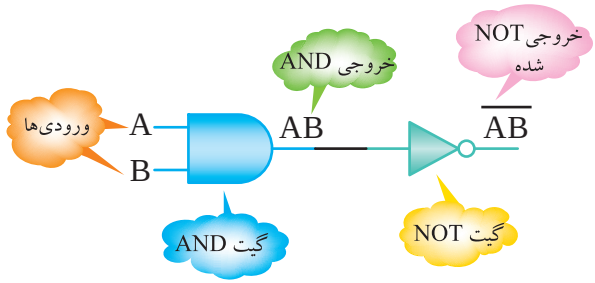
دروازه‌های منطقی ترکیبی

با ترکیب برخی از دروازه‌های اساسی با یکدیگر دروازه‌های منطقی جدیدی ساخته می‌شوند که در ساخت مدارهای الکترونیکی دیجیتالی و کامپیوتری می‌توانند بسیار مفید باشند. دروازه‌های منطقی ترکیبی نیز به‌صورت مدارهای الکترونیکی یکپارچه یا با استفاده از رله‌ها و کلیدها ساخته می‌شوند. از مزایای دروازه‌های

ترکیبی این است که به جای دو یا چند دروازهٔ اساسی می‌توانیم فقط از یک دروازه استفاده کنیم.

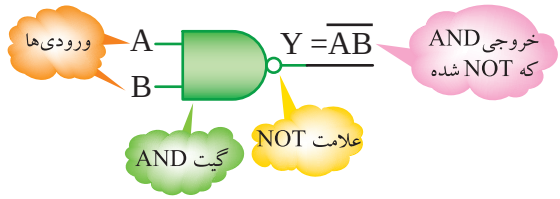
پاسخ فعالیت کارگاهی دروازه منطقی NAND (NOT AND)

دروازه منطقی NAND از ترکیب دروازه AND و NOT به‌وجود می‌آید.به عبارت دیگر، ابتدا ورودی‌های این دو دروازه با یکدیگر AND می‌شود و حاصل آن (که صفر یا یک است) NOT می‌گردد، شکل زیر عملکرد دروازه NAND را نشان می‌دهد،



عملکرد دروازهٔ NAND

همان‌طور که در دروازه‌های منطقی دیگر مشاهده کردید نماد انگلیسی نیز برای دروازه‌های منطقی وجود دارد. برای ساده شدن ترسیم دروازه منطقی NAND می‌توانیم به جای شکل قبل از نمادهای شکل زیر استفاده کنیم.



نماد منطقی NAND

جدول زیر جدول صحت دروازهٔ منطقی NAND را نشان می‌دهد.

جدول صحت دروازهٔ منطقی NAND و AND

A	B	AB	$\overline{AB}$
۰	۰	۰	۱
۰	۱	۰	۱
۱	۰	۰	۱
۱	۱	۱	۰

جدول صحت قبل را می‌توانیم به‌صورت خلاصه‌تر مطابق جدول زیر بنویسیم.

جدول خلاصه شدهٔ دروازهٔ NAND

A	B	Y
۰	۰	۱
۰	۱	۱
۱	۰	۱
۱	۱	۰

همان‌طورکه از جدول پیداست، خروجی دروازهٔ NAND زمانی در وضعیت یک منطقی قرار می‌گیرد که دست کم یکی از ورودی‌های آن در وضعیت صفر منطقی باشد.

دروازهٔ منطقی NAND نیز مانند دروازهٔ منطقی AND می‌تواند بیش از دو ورودی داشته باشد. شکل نماد یک دروازهٔ منطقی NAND با سه ورودی را نشان می‌دهد.

جدول صحت دروازهٔ منطقی NAND با سه ورودی به‌صورت جدول زیر است.

جدول صحت گیت NAND با سه ورودی

A	B	AB	$Y-\overline{ABC}$
۰	۰	۱	۱
۰	۰	۱	۱
۰	۱	۰	۱
۰	۱	۱	۱
۱	۰	۰	۱
۱	۰	۱	۱
۱	۱	۰	۱
۱	۱	۱	۰

نکته

در گیت NAND زمانی خروجی صفر می‌شود که همهٔ ورودی‌ها یک باشند.

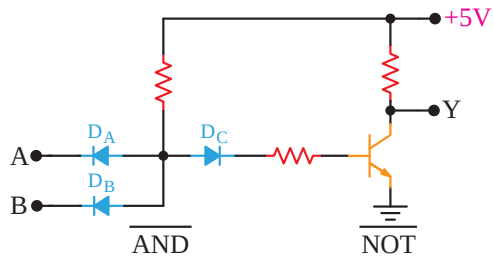
همان‌گونه که ملاحظه می‌کنید، حاصل $\overline{ABC}$ می‌تواند صفر یا یک باشد. این موضوع نشان می‌دهد که ابتدا سه متغیر A، B وC با یکدیگر AND شده‌اند و حاصل آن یعنی خروجی دروازهٔ NOT،AND شده‌اند.

تمرین کلاسی

نماد گیت NAND را با چهار ورودی رسم کنید و جدول صحت آن را تنظیم نمایید.

پاسخ فعالیت کارگاهی دروازهٔ منطقی NAND

دروازه منطقی NAND در بعضی از فناوری‌های ساخت مدارهای مجتمع، از(IC‌ها) دروازهٔ پایه محسوب می‌شود، به‌طوری که سایر دروازه‌های منطقی با استفاده از این نوع دروازهٔ منطقی ساخته می‌شوند. در شکل زیر مدار الکترونیکی یک نمونه دروازهٔ منطقی NAND را مشاهده می‌کنید.



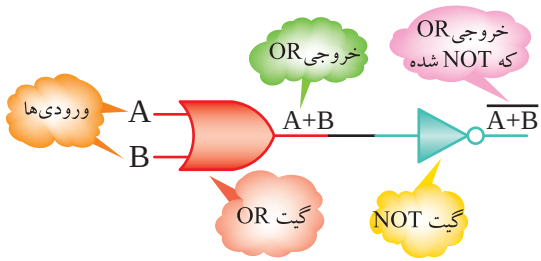
مدار الکترونیکی سادهٔ دروازهٔ منطقی NAND

همان‌طور که در شکل قبل مشاهده می‌کنید مدار الکترونیکی دروازهٔ منطقی NAND ترکیبی از مدار الکترونیکی دروازهٔ منطقی AND و مدارالکترونیکی دروازهٔ منطقی NOT است که با هم عملکرد NAND را به‌وجود می‌آورند. علت قراردادن دیود DC در مدار، جلوگیری از تأثیر ولتاژهای ناخواسته در خروجی است که به آن حاشیه نویز می‌گویند. ساختمان داخلی دروازه‌های منطقی که در الکترونیک و کامپیوتر کاربرد دارند، شامل قطعات و مدارهای الکترونیکی است. در طراحی ساختمان یک دروازهٔ منطقی به منظور افزایش سرعت عملکرد مدار، تا حد امکان از حداقل قطعات استفاده می‌شود.

پاسخ فعالیت کارگاهی دروازهٔ منطقی NOR (NOT OR)

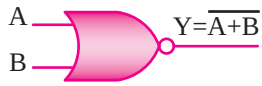
دروازه منطقی NOR از ترکیب دروازه‌های OR و NOT به‌وجود می‌آید. به عبارت دیگر، ابتدا ورودی‌های این دروازهٔ منطقی با یک دیگر OR می‌شوند و حاصل آن (که صفر یا یک است) را NOT می‌کنند.

در شکل زیر عملکرد دروازه منطقی NOR نشان داده شده است.



عملکرد دروازه منطقی NOR

برای ساده شدن ترسیم دروازهٔ منطقی NOR می‌توان به جای شکل قبل از نماد شکل زیر استفاده کرد.



نماد گیت NOR

جدول زیر جدول صحت دروازهٔ منطقی OR وNOR را نشان می‌دهد.

جدول صحت گیت‌های OR و NOR

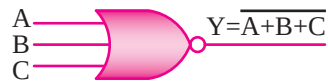
A	B	A + B	$\overline{A+B}$
۰	۰	۰	۱
۰	۱	۱	۰
۱	۰	۱	۰
۱	۱	۱	۰

جدول صحت قبل را می‌توانیم به‌صورت خلاصه‌تر مطابق جدول زیر بنویسیم.

جدول خلاصه شدهٔ دروازهٔ منطقی NOR

A	B	$Y=\overline{A+B}$
۰	۰	۱
۰	۱	۰
۱	۰	۰
۱	۱	۰

همان‌طور که از جدول صحت پیداست، خروجی دروازه NOR زمانی در وضعیت یک منطقی قرار می‌گیرد که همهٔ ورودی‌های آن در وضعیت صفر منطقی باشند. دروازه NOR نیز مانند سایر دروازه‌های منطقی می‌تواند بیش از دو ورودی داشته باشد. شکل زیر یک دروازه NOR با سه ورودی را نشان می‌دهد.



نماد گیت NOR با سه ورودی

جدول زیر صحت گیت NOR با سه ورودی را نشان می‌دهد.

جدول صحت گیت NOR با سه ورودی

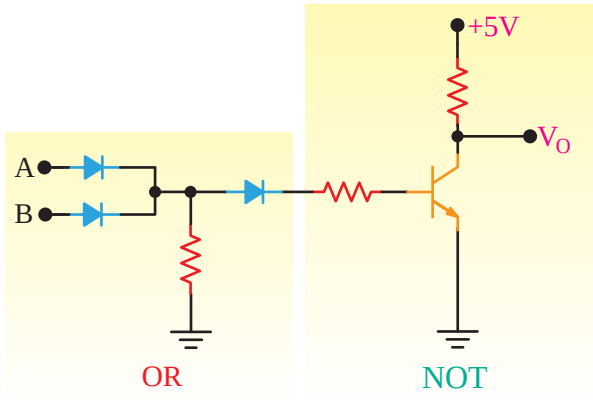
A	B	C	Y
۰	۰	۰	۱
۰	۰	۱	۰
۰	۱	۰	۰
۰	۱	۱	۰
۱	۰	۰	۰
۱	۰	۱	۰
۱	۱	۰	۰
۱	۱	۱	۰

نکته

توجه داشته باشید زمانی خروجی گیت NOR یک می‌شود که همهٔ ورودی‌ها صفر باشند.

حاصل $\overline{A+B+C}$ می‌تواند صفر یا یک باشد. این عبارت نشان می‌دهدکه ابتدا سه متغیر A، B و C با یکدیگرOR می‌شوند و حاصل آن (حاصلOR که صفر یا یک است) NOT می‌گردد. دروازهٔ NOR با بیش از سه ورودی نیز ساخته شده است.

ساختمان ورودی گیت NOR شکل زیر مدار الکترونیکی بسیار ساده‌ای از دروازهٔ منطقی NOR را نشان می‌دهد.



مدار الکترونیکی ساده گیت NOR

شکل قبل نشان می‌دهد که مدار الکترونیکی دروازهٔ منطقی NOR ترکیبی از مدار الکترونیکی دروازهٔ منطقی OR و مدار الکترونیکی دروازهٔ منطقی NOT که با هم عملکردNOR را به وجود می‌آورند.

پاسخ فعالیت کارگاهی دروازهٔ منطقی OR انحصاری XOR

(Exclusive OR): این دروازه فقط دارای دو ورودی است و خروجی آن زمانی یک است که دو ورودی در سطوح منطقی متفاوت باشند (ورودی‌ها یکسان نباشد) جدول صحت زیر مربوط به دروازهٔ OR انحصاری است.

جدول صحت دروازهٔ OR انحصاری

A	B	Y
۰	۰	۰
۰	۱	۱
۱	۰	۱
۱	۱	۰

برای بررسی عملکرد دروازه منطقی OR انحصاری می‌توان از مدار کلیدی استفاده کرد.

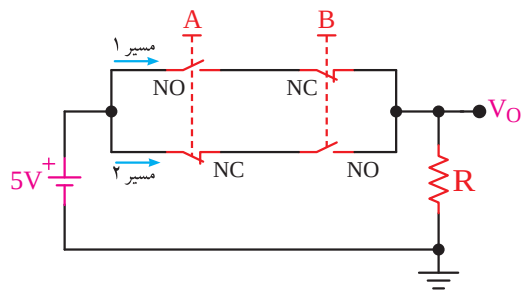
نکته

به نکتهٔ زیر توجه کنید و آن را به خاطر بسپارید.

شستی‌های درحالت عادی باز: این کلیدها در شرایط عادی و حالت آزاد، باز هستند و در صورتی که تغییر حالت پیدا کنند یا به آنها فشار وارد شود، به‌صورت حالت بسته در می‌آیند. شستی‌های در حالت عادی باز را normally open می‌نامند و آنها را با NO نمایش می‌دهند

شستی‌های در حالت عادی بسته: این شستی‌ها در حالت عادی بسته هستند و اگر به آنها فشار وارد شود باز می‌شوند.این شستی‌ها را Normally closed یا NC می‌نامند. در ادامه ازاین کلیدها با اصطلاح NO و NC نام خواهیم برد.

مدار کلیدی گیت XOR را در شکل زیر مشاهده می‌کنید.



مدار معادل کلیدی دروازه OR انحصاری

شستی‌های A و B شستی‌های دوتایی دوبله NOوNC هستند که با فشار دادن اهرم آنها، یکی از کنتاکت‌های آن بسته می‌شود و کنتاکت دیگر آن بازمی‌گردد. از این نوع شستی‌ها برای راه‌اندازی مدارهای فرمان سیستم‌های قدرت مانند موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود.

فرض می‌کنیم وضعیت صفر منطقی به‌گونه‌ای باشد که هیچ نوع فشاری به شستی وارد نشود (شستی‌ها NOوNC حالت طبیعی خود را داشته باشد) و وضعیت یک منطقی حالتی باشد که به شستی فشار وارد می‌کنیم. اکنون فرض کنید به هیچ کدام از شستی‌ها نیرو وارد نکنیم (A=۰ و B=۰) در این صورت، هر دو مسیر عبور جریان قطع و $V_o = V_.$ است.

حال اگر به هر دو شستی نیرو وارد کنیم (A = ۱ و B = ۱) وضعیت حالات اتصال NO و NC شستی‌های دوبل عوض می‌شود و باز هم هردو مسیر عبور جریان قطع می‌شود، در این حالت $V_o = V_.$ خواهد شد.

چنانچه فقط به یکی از شستی‌ها نیرو وارد کنیم (A=۰ و B=۱ یا A=۱ و B=۰) یکی از مسیرها بسته می‌شود و را به ۵ ولت می‌رساند بنابراین، خروجی این دروازه

زمانی در وضعیت یک منطقی قرار می‌گیرد که دو ورودی آن از نظر سطح منطقی به یک صورت نباشند (عکس یک دیگر باشند). برای اینکه نشان دهیم متغیر A با متغیر B، OR انحصاری شده است، از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

$$Y = \overline{A}B + A\overline{B}$$

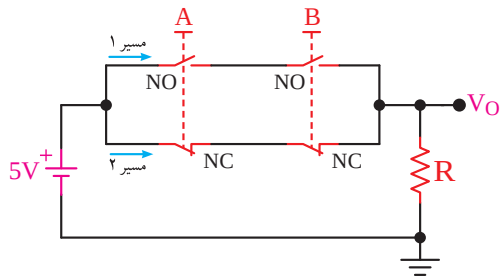
پاسخ فعالیت کارگاهی دروازهٔ منطقی NOR انحصاری

(Exclusive NOR-XNOR): این دروازه نیز مانند XOR فقط دو ورودی دارد و خروجی آن زمانی یک است که هر دو ورودی آن در یک سطح منطقی باشند(هر دو ورودی یک یا صفر باشند.) جدول صحت زیر مربوط به دروازهٔ NOR انحصاری است

جدول صحت NOR

A	B	Y
۰	۰	۱
۰	۱	۱
۱	۰	۰
۱	۱	۱

مدار کلیدی شکل زیر عملکرد دروازهٔ منطقی XNOR را نشان می‌دهد.



عملکرد دروازهٔ XNOR

همان‌طورکه از شکل پیداست، اگر هیچ نیرویی به شستی A و B وارد نگردد، (A=۰ و B=۰) مسیر جریان در مدار بسته است، $V_{\circ}=5V$ می‌شود و اگر هر دو شستی را فشار دهیم (A=۱ و B=۱) بازهم مسیر جریان مدار بسته است، $V_{\circ}=5V$ و می‌شود. حال اگر فقط یکی از شستی‌ها را فشار دهیم (A=۱ و B=۰ یا A=۰ و B =۱) مسیر جریان در مدار باز می‌شود و $V_{\circ}=0V$ می‌گردد. برای این که نشان دهیم متغیرA با متغیر B،NOR انحصاری(XNOR) شده است از رابطه زیر استفاده می‌کنیم.

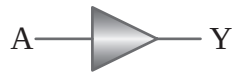
$$Y = \overline{A \oplus B}$$

خروجی — ورودی — ورودی

$$Y = \overline{A}B + A\overline{B}$$

چون دروازه‌های منطقی XNOR و XOR از ترکیب دروازه‌های منطقی NOT و OR،AND است بنابراین ساختمان ترانزیستوری آنها نیز ترکیبی از ساختمان گیت‌های اصلی است.

دانش افزایی دروازهٔ بافر Buffer: این دروازهٔ منطقی مانند گیت NOT یک ورودی و یک خروجی دارد. شکل زیر یک بافررا نشان می‌دهد



گیت بافر

رابطهٔ منطقی این گیت به‌صورت $Y = A$ است گیت بافر معمولاً به عنوان جداکننده بین دو طبقه استفاده می‌شود و از بارگذاری روی خروجی جلوگیری می‌نماید. در مدارهای دیجیتالی گیت بافر وقتی در خروجی گیت اصلی قرار می‌گیرد، تراز ولتاژ ورودی را عیناً به خروجی مدار انتقال می‌دهد. در داخل گیت بافر مدار تقویت‌کنندهٔ جریان وجود دارد که میزان جریان‌دهی خروجی را افزایش می‌دهد.

با استفاده از مدار بافر مقدار fan out افزایش می‌یابد، یعنی می‌توان تعداد گیت‌های بیشتری را به خروجی گیت اصلی وصل نمود. در این حالت تغذیهٔ خروجی آسیب نمی‌بیند و مدار بارگذاری نمی‌شود.

جدول زیر صحت گیت بافر را نشان می‌دهد.

جدول صحت گیت بافر

A	Y
۰	۰
۱	۱

دانش‌افزایی

آشنایی با سری خانوادهٔ TTL: اطلاعات کامل و جزئیات مداری خانواده‌های TTL در مراجع متعدد آمده است. حروفی که همراه با شمارهٔ تراشه (IC) می‌آید دسته‌بندی می‌شود که در این قسمت به تشریح تعدادی از این دسته‌بندی‌ها می‌پردازیم.

الف) تراشه‌های TTL استاندارد (Std TTL): در دسترس‌ترین، ارزان‌ترین و در عین حال متنوع‌ترین نوع آی‌سی‌هاست. این آی‌سی‌ها دارای تأخیر انتشار حدود ۱۰nsec و توان مصرفی هر دروازه حدود ۱۰ mw می‌باشد.

نکته

اطلاعات مربوط به دسته‌بندی تراشه‌ها صرفاً جهت آشنایی آمده است و فراگیر باید بتواند با مراجعه به منابع از اطلاعات استفاده کند. لذا نیازی به خاطر سپردن این اطلاعات نیست و در صورت پرسش درآزمون باید اطلاعات Data sheet در اختیار هنرجو قرار گیرد.

ب) تراشه‌های T TL شاتکی کم‌مصرف پیشرفت (ALS TTL): شبیه سری LS است ولی در فرایندهای ساخت آن از فناوری پیشرفته‌تری استفاده شده است. ضریب تقویت بالا، تأخیر انتشار حدود ۴nsec و توان مصرفی هر دروازه حدود ۱ mw از ویژگی‌های این نوع آی سی است.

پ) تراشه‌های TTL شاتکی پیشرفته (AS TTL): برای سرعت‌های بسیار بالا ساخته شده است که این افزایش سرعت میزان جریان مصرفی آن را زیاد کرده است. تأخیر انتشار در این نوع آی‌سی‌ها حدود ۱/۵nsec و توان مصرفی هر دروازه حدود ۲۲ mw است.

ت) تراشه‌های TTL شاتکی سریع(F TTL): از نظر سرعت و توان مصرفی مانند سری AS ا ست.

ث) تراشه‌های TTL توان بالا (H TTL): به علت جریان مصرفی بسیار بالا از رده خارج شده است.

ج)تراشه‌های TTL شاتکی توان پایین (L TTL): به علت سرعت پایین از رده خارج شده است.

چ) تراشه‌های TTL شاتکی کم مصرف (LS TTL): نسبت به سری استاندارد سرعت بیشتری دارد و توان مصرفی آن $\frac{۱}{۵}$ برابر نوع استاندارد و شبیه سری ALS است.

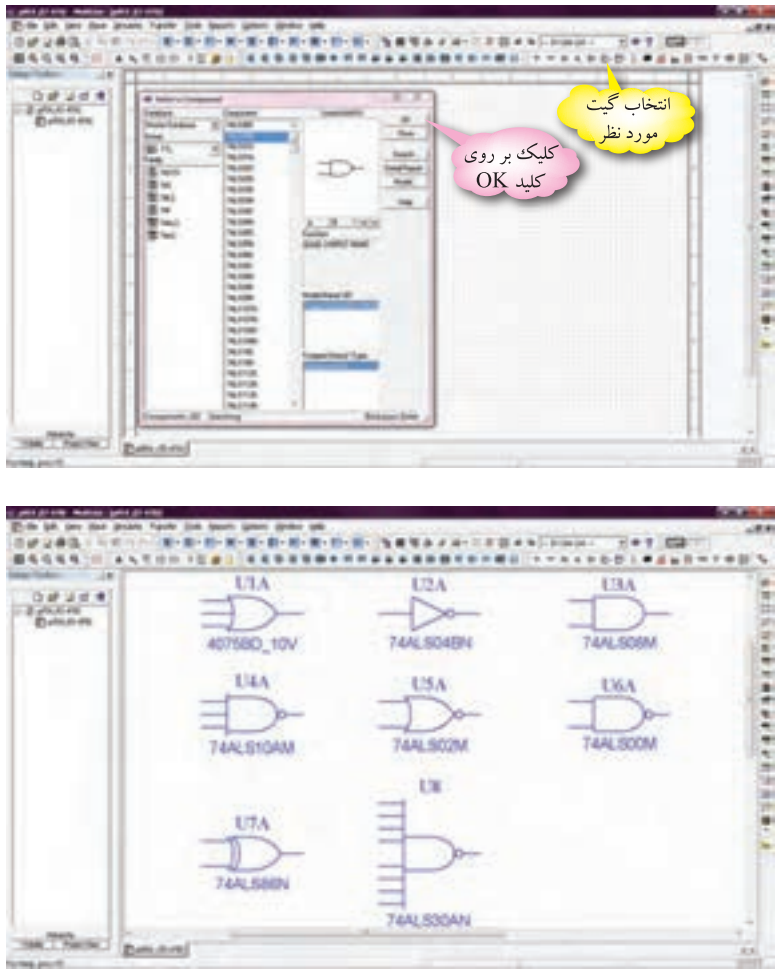
ح) تراشه‌های TTL شاتکی (S TTL): نوع اصلاح شده با سرعت بالا و مصرف پایین است.

دانش افزایی

استفاده از نرم‌افزار:

با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم می‌توانید دروازه‌های منطقی را برروی میز کار نرم‌افزار بیاورید.

در شکل زیر طریقهٔ استفاده از کلیدهای مربوط به دروازه‌های منطقی را مشاهده می‌کنید.



نمونه‌ای از دروازه‌های منطقی در نرم‌افزار

تمرین کلاسی

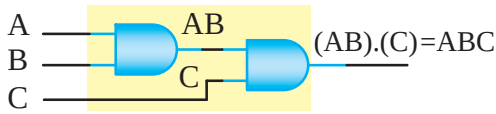
انواع دروازه‌های منطقی را در نرم‌افزار مولتی سیم شناسایی کنید.

دانش افزایی در مورد توابع ترکیبی و پاسخ فعالیت‌های کارگاهی

افزایش ظرفیت ورودی‌های دروازه‌های منطقی:

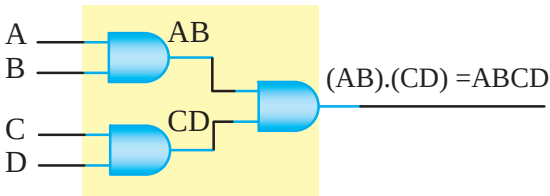
هرچند که در عمل دروازه‌های منطقی تا هشت ورودی نیز ساخته می‌شوند ولی گاهی به بیش از هشت ورودی نیاز داریم یا به دروازه‌های منطقی با ورودی حتی کمتر از هشت نیازمندیم ولی در دسترس نیستند در هر یک از این شرایط، می‌توان با استفاده از دروازه‌های منطقی موجود یک دروازهٔ منطقی با تعداد ورودی‌های دلخواه ساخت. در این قسمت به شرح روش افزایش تعداد ورودی‌های بعضی از دروازه‌های منطقی می‌پردازیم.

افزایش تعداد ورودی‌های دروازهٔ منطقی AND: فرض کنید یک سری دروازه‌های منطقی AND با دو ورودی در دسترس داریم و در عمل، به یک دروازهٔ AND با سه ورودی نیازمندیم. مدار شکل زیر این نیاز را برآورده می‌کند.



نحوهٔ ساخت دروازه AND با سه ورودی با استفاده از دو دروازهٔ AND با دو ورودی

معادل دروازهٔ منطقی AND با چهار ورودی را با استفاده از سه دروازهٔ منطقی AND با دو ورودی نشان می‌دهد.

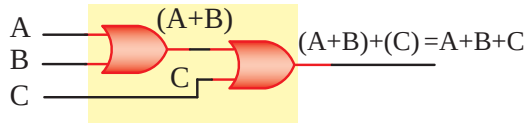


معادل دروازهٔ منطقی AND با چهار ورودی با استفاده از سه دروازهٔ منطقی AND با دو ورودی

به همین شیوه می‌توان یک دروازهٔ منطقی با هر تعداد ورودی ساخت.

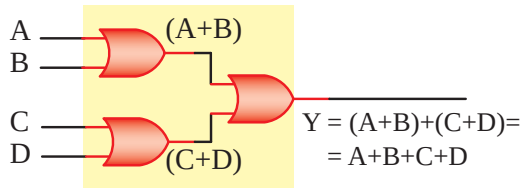
افزایش تعداد ورودی‌های دروازهٔ منطقی OR: برای افزایش تعداد ورودی‌های دروازهٔ منطقی OR، می‌توانیم از تعداد بیشتری دروازهٔ منطقی OR با تعداد ورودی

کمتر استفاده کنیم. برای مثال، شکل زیر معادل یک دروازهٔ منطقیOR با سه ورودی را با استفاده از دو دروازهٔ منطقی OR با دو ورودی نشان می‌دهد.



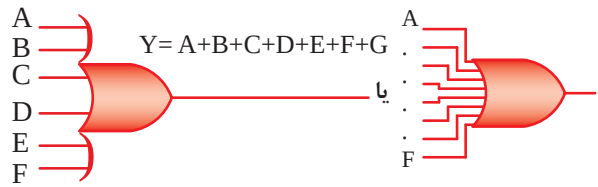
نحوهٔ ساخت دروازهٔ منطقی OR با سه ورودی با استفاده از دو دروازهٔ منطقی OR با دو ورودی

شکل معادل یک دروازهٔ منطقی OR با چهار ورودی را با استفاده از سه دروازهٔ منطقی OR با دو ورودی نشان می‌دهد.

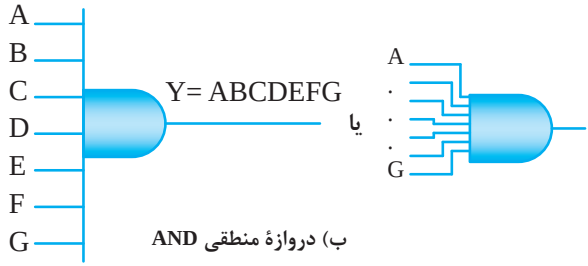


نحوهٔ ساخت دروازهٔ منطقی OR با چهار ورودی با استفاده از دروازه‌های منطقی OR با دو ورودی

به همین روش می‌توان دروازهٔ منطقی OR با هر تعداد ورودی ایجاد کرد.
اگر تعداد ورودی‌های یک دروازه منطقی زیاد شوند، معمولاً نماد آن دروازهٔ منطقی را در مقایسه با دروازهٔ منطقی معمولی بزرگ‌تر رسم نمی‌کنند بلکه آن را به اندازهٔ استاندارد به‌صورت شکل الف و ب رسم می‌کنند.



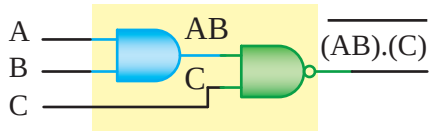
الف) دروازهٔ منطقی OR



ب) دروازهٔ منطقی AND

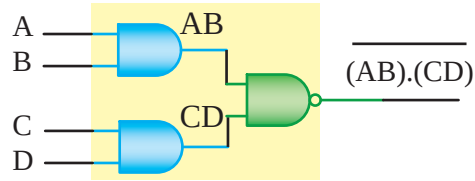
نمادهای دروازه‌های منطقی AND و OR با ورودی‌های زیاد

افزایش تعداد ورودی‌های دروازهٔ منطقی NAND: با استفاده از دروازه‌های منطقی AND و NAND می‌توان یک دروازهٔ منطقی NAND را با هر تعداد ورودی ساخت. شکل یک دروازهٔ منطقی NAND با سه ورودی را با استفاده از یک دروازهٔ منطقی AND و یک دروازهٔ منطقی NAND نشان می‌دهد.



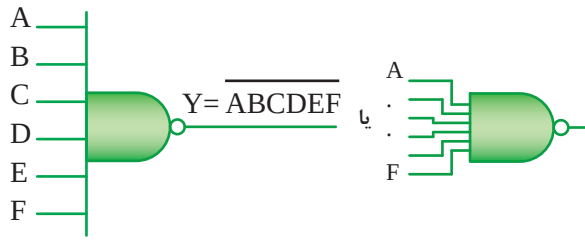
دروازهٔ منطقی NAND با سه ورودی با استفاده از دروازهٔ منطقی AND و NAND

شکل یک دروازهٔ منطقی NAND با چهار ورودی را نشان می‌دهد. در این مدار از یک دروازهٔ منطقی NAND با دو ورودی و دو دروازه منطقی AND استفاده شده است.



دروازهٔ منطقی NAND با چهار ورودی با استفاده از دروازه‌های منطقی AND و NAND با دو ورودی

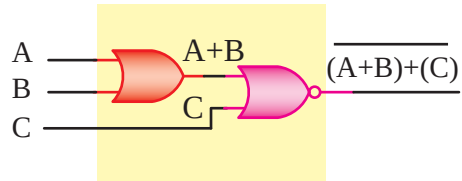
به همین روش، می‌توان دروازهٔ منطقی NAND با هر تعداد ورودی ساخت. شکل زیر نمادهای دروازهٔ منطقی NAND با شش ورودی را نشان می‌دهد.



نمادهای دروازهٔ منطقی NAND با ورودی‌های زیاد

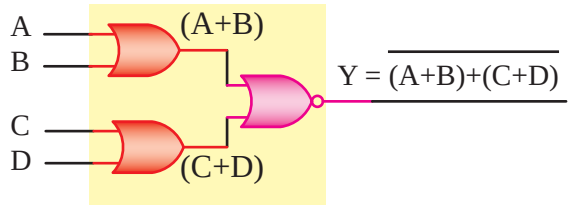
افزایش تعداد ورودی‌های دروازهٔ منطقی NOR: با استفاده از دروازه‌های منطقی OR و NOR می‌توان یک دروازهٔ منطقی NOR با هر تعداد ورودی ساخت. شکل صفحه بعد

یک دروازهٔ منطقی NOR با سه ورودی را که با استفاده از یک دروازهٔ منطقی OR و یک دروازهٔ منطقی NOR ساخته شده است، نشان می‌دهد.



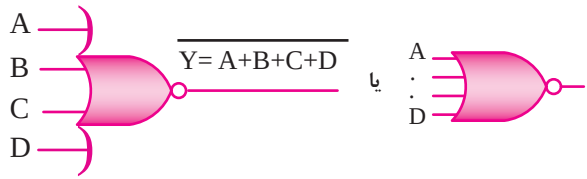
دروازهٔ منطقی NOR با سه ورودی که با استفاده از دروازه‌های منطقی OR و NOR ساخته شده است.

شکل زیر یک دروازه منطقی NOR با چهار ورودی را که با استفاده از دروازه‌های منطقی OR و NOR با دو ورودی ساخته شده‌اند را نشان می‌دهد.



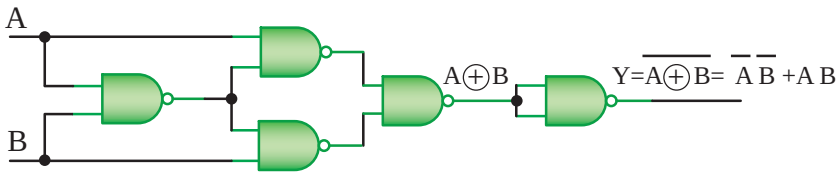
ایجاد دروازهٔ منطقی NOR با چهار ورودی با استفاده از دروازه‌های منطقی OR و NOR با دو ورودی

به همین روش، می‌توان دروازهٔ منطقی NOR را با هر تعداد ورودی ساخت. شکل زیر نمادهای دروازهٔ منطقی NOR با چهار ورودی (یا بیشتر) را نشان می‌دهد.



نمادهای دروازهٔ منطقی NOR با چهار ورودی

دروازهٔ منطقی NOR انحصاری (XNOR): برای ساخت این دروازهٔ منطقی با استفاده از دروازه‌های منطقی NAND، کافی است خروجی دروازهٔ منطقی XOR را که با استفاده از گیت NAND ساخته شده است NOT کنیم. در شکل صفحهٔ بعد دروازهٔ منطقی XNOR را با استفاده از دروازهٔ منطقی NAND مشاهده می‌کنید.

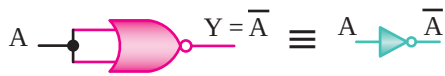


ساخت دروازهٔ منطقی **NOR** انحصاری با استفاده از **NAND**

ساخت دروازه‌های منطقی مختلف با استفاده از گیت NOR:

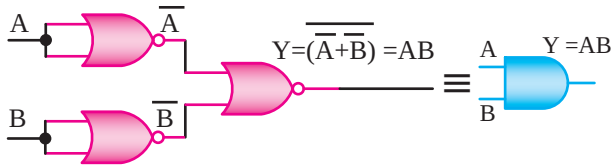
در مدارهای منطقی دروازهٔ منطقی NOR، نیز دروازهٔ منطقی پایه محسوب می‌شود. بنابراین، با این دروازهٔ منطقی می‌توان سایر دروازه‌های منطقی را ساخت. در این قسمت نحوهٔ ساخت سایر دروازه‌های منطقی به کمک دروازهٔ منطقی NOR را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

ساخت دروازهٔ منطقی NOT (نه): اگر تمامی ورودی‌های دروازهٔ منطقی NOR را به یکدیگر وصل کنیم، یک دروازهٔ منطقی NOT به‌دست می‌آید. شکل این گیت را نشان می‌دهد.



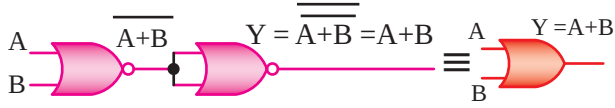
ساخت دروازهٔ منطقی **NOT** با استفاده از **NOR**

ایجاد دروازه منطقی AND: به کمک سه عدد دروازه منطقی NOR می‌توان یک دروازهٔ منطقی AND مطابق شکل ساخت:



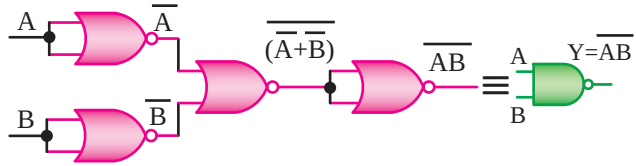
ساخت دروازهٔ منطقی **AND** با استفاده از **NOR**

تولید دروازه منطقی OR: با کمک دو عدد دروازهٔ منطقی NOR می‌توان یک دروازهٔ منطقی OR مطابق شکل زیر ساخت زیرا اگر هر تابع دو بار NOT شود خود تابع به‌دست می‌آید.



ساخت دروازهٔ منطقی **OR** با استفاده از **NOR**

دروازه منطقی NAND: در شکل زیر چگونگی ساخت دروازهٔ منطقی NAND را با استفاده از دروازهٔ منطقی NOR مشاهده می‌کنید.



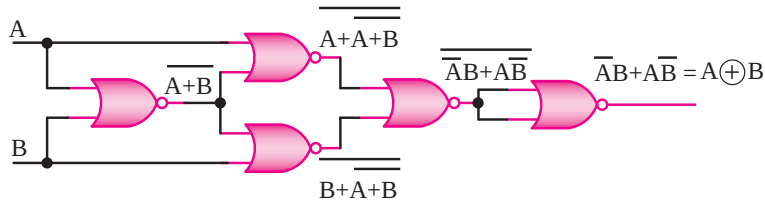
ساخت دروازهٔ منطقی NAND با استفاده از NOR

همان‌طور که مشاهده می‌شود ابتدا با استفاده از دروازهٔ NOR، دو دروازهٔ NOT تشکیل می‌دهیم. سپس خروجی‌ها را مجدداً NOR می‌کنیم خروجی را دوباره NOT می‌کنیم و خروجی نهایی گیت NAND خواهد شد.

دروازهٔ منطقی XOR: می‌دانیم رابطهٔ منطقی XOR به‌صورت زیر است.

$$Y = A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$$

و مدار ساخته شده در شکل را با گیت‌های NOR مطابق شکل رسم می‌کنیم.

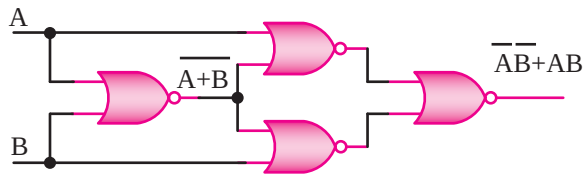


ساخت دروازهٔ منطقی XOR با استفاده از NOR

دروازهٔ منطقی XNOR: می‌دانیم رابطه XNOR به‌صورت زیر است:

$$Y = \overline{A \oplus B} = \overline{A}\,\overline{B} + AB$$

از شکل مدار استفاده می‌کنیم و با حذف آخرین NOT مدار XNOR شکل زیر طراحی می‌شود.

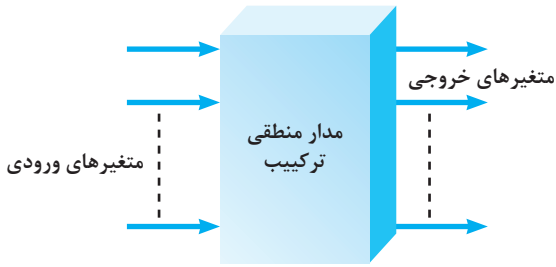


ساخت دروازهٔ منطقی XNOR با استفاده از NOR

دانش افزایی

مدارهای ترکیبی

مدارهای ترکیبی، مدارهایی هستند که خروجی‌های آنها به‌طور هم‌زمان به ورودی‌های آنها بستگی دارد. به عبارت دیگر اگر ورودی‌هایی را به شبکه اعمال کنیم و به اندازهٔ کافی صبر کنیم تا روی خروجی‌ها اثر بگذارند، در این شرایط مقادیر خروجی‌ها تحت تأثیر آخرین مجموعهٔ مقادیر ورودی‌ها قرار می‌گیرند و مقدار آنها را مشخص می‌کند. «رفتار مدار» به آنچه که از مدارهای ترکیبی بیان شد گفته می‌شود. می‌توانیم مدارهای ترکیبی را براساس ساختار مدار نیز تعریف کنیم. به عبارت ساده، مدارهای ترکیبی مدارهایی بدون فید بک (پسخورد) و بدون عنصر حافظه هستند. یک مدار ترکیبی شامل متغیرهای ورودی، دروازه‌های منطقی و متغیرهای خروجی است. شکل زیر بلوک دیاگرام یک مدار ترکیبی را نشان می‌دهد.



شکل بلوک دیاگرام یک مدار ترکیبی

روش طراحی مدارهای ترکیبی: طراحی مدارهای ترکیبی با تعریف یک مسئله شروع مجموعه‌های «یا» منطقی مدار «می‌شود و با دیاگرام که با استفاده از آنها می‌توان به سادگی» از توابع بول دیاگرام منطقی را به‌دست آورد پایان می‌یابد. مراحل زیر روند طراحی مدارهای ترکیبی را نشان می‌دهد.

۱ تعریف دقیق مسئله
۲ تعیین تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های لازم
۳ تشکیل جدول درستی مدار که ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها را برقرار کند
۴ نوشتن تابع منطقی
۵ ساده‌سازی تابع منطقی بولی به‌دست آمده برای هر یک از خروجی‌های مدار
۶ رسم مدار منطقی با حداقل گیت یا با گیت‌های خواسته شده

نکته

در طراحی مدار سعی می‌کنیم تعداد دروازه‌های منطقی و تعداد ورودی‌های آن حداقل باشد.

جدول درستی یک مدار ترکیبی از ستون‌های ورودی و ستون‌های خروجی تشکیل می‌شود. براساس صورت مسئله، با استفاده از 2^n حالت ورودی حالت‌های خروجی را به‌دست می‌آوریم. مشخصات مسئله ممکن است به‌گونه‌ای باشد که بعضی از ترکیب‌های ورودی هرگز به وجود نیایند. که این حالت‌ها را «حالت‌های بی‌اهمیت» (don't care) می‌گویند.

کار در کلاس

مداری با سه ورودی A، B و C طراحی کنید، که اگر ورودی B یک باشد خروجی یک شود.

پاسخ:

الف) رسم جدول صحت: ابتدا جدول صحت را با سه متغیر ورودی و یک خروجی رسم می‌کنیم. با توجه به‌صورت مسئله در جدول صحت، در شرایطی که ورودی B یک است، خروجی را یک می‌نویسیم.

جدول صحت مربوط به مثال

شمارهٔ سطر	A	B	C	F
۰	۰	۰	۰	۰
۱	۰	۰	۱	۰
۲	۰	۱	۰	۱
۳	۰	۱	۱	۱
۴	۱	۰	۰	۰
۵	۱	۰	۱	۰
۶	۱	۱	۰	۱
۷	۱	۱	۱	۱

ب) نوشتن تابع منطقی مدار: تابع منطقی را با توجه به حاصل نهایی که خروجی

یک است می‌نویسیم برای نوشتن تابع منطقی از حاصل جمع حاصل ضرب‌ها (مینترم) استفاده می‌کنیم.

$$F = \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}BC + AB\overline{C} + ABC$$

سطر ۷ سطر ۶ سطر ۳ سطر ۲

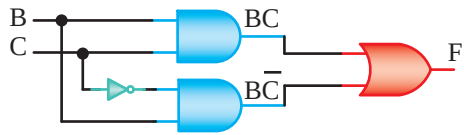
ج) ساده کردن تابع منطقی: از سطر ۲و ۶ عبارت $B\overline{C}$ و از سطر ۳ و ۷ عبارت BC را فاکتورگیری می‌کنیم.

$$F = B\overline{C}(\overline{A} + A) + BC(\overline{A} + A)$$

می‌دانیم هر متغیر که با مکمل خودش جمع شود حاصل آن یک است. همچنین اگر «یک» منطقی در عبارتی ضرب شود، حاصل همان عبارت خواهد بود. بنابراین عبارت خروجی به‌صورت زیر در می‌آید.

$$F = B\overline{C} + BC$$

د) طراحی مدار: با توجه به عبارت منطقی به‌دست آمده برای تابع F، مدار شکل زیر را طراحی می‌کنیم.

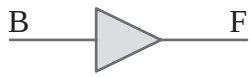


شکل مدار مربوط به مثال

کمی به عبارت خروجی F توجه کنید، در می‌یابید که می‌توانید تابع F را ساده‌تر کنید. از متغیر B فاکتورگیری می‌کنیم، حاصل به‌صورت زیر در می‌آید.

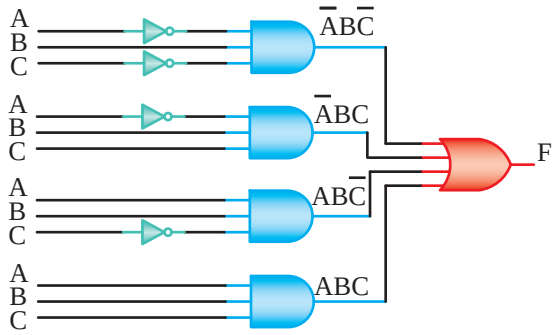
$$F = B(\overbrace{\overline{C} + C}^{1}) = B$$

در نتیجه وقتی خروجی یک است که ورودی B یک باشد. به عبارت دیگر، سایر متغیرهای ورودی تأثیری در خروجی ندارند و می‌توانند حذف شوند.
مدار شکل زیر مدار ساده شدهٔ عبارت خروجی F است.



شکل مدار ساده شدهٔ مثال

اگر از قوانین مربوط به ساده کردن عبارت‌های منطقی استفاده نمی‌کردیم باید مدار سادهٔ مثال را به‌صورت مدار پیچیدهٔ شکل زیر طراحی کنیم.



شکل مدار مثال قبل از ساده شدن

مثال

مداری طراحی کنید که یک قفل را با ۳ کلید دو وضعیتی A، B و C کنترل کند. رمز قفل در حالتی باز می‌شود که فقط یک کلید بسته باشد (بسته بودن به مفهوم «یک» منطقی است).

پاسخ:

الف) ترسیم جدول صحت: ابتدا با توجه به تعداد متغیرها (۳ متغیر) و تعداد حالت‌ها ($۸ = ۲^۳$) جدول صحت را مطابق جدول زیر رسم می‌کنیم. در این جدول ستون ۱شمارهٔ سطر و ستون ۲ حالت‌های ورودی‌ها را نشان می‌دهد.

جدول صحت مربوط به مثال

شمارهٔ سطر	A	B	C	F
۰	۰	۰	۰	۰
۱	۰	۰	۱	۱
۲	۰	۱	۰	۱
۳	۰	۱	۱	۰
۴	۱	۰	۰	۱
۵	۱	۰	۱	۰
۶	۱	۱	۰	۰
۷	۱	۱	۱	۰

ستون ۴ همان خروجی مدار یا F است که براساس تعریف کارمدار، آن را تکمیل می‌کنیم. بنابر صورت مسئله، اگر فقط یکی از ورودی‌ها، یک و بقیه صفر باشند، ستون خروجی یعنی F یک خواهد شد.

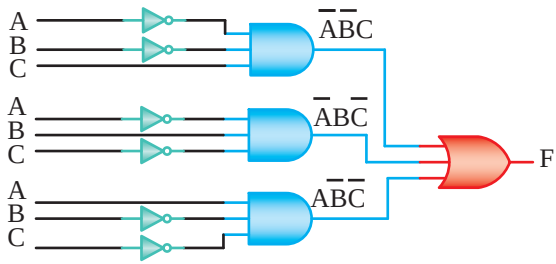
ب) نوشتن تابع منطقی مدار: حال باید تابع منطقی را برای حالت‌هایی که مقدار خروجی یک است، بنویسیم. برای نوشتن تابع منطقی می‌توانیم از حاصل جمع حاصل ضرب‌ها (مین ترم) استفاده کنیم.

$$F = \overline{A}\,\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\,\overline{C}$$

سطر ۴ سطر ۲ سطر ۱

ج) ساده کردن تابع منطقی: تابع منطقی به‌دست آمده ساده نمی‌شود.

د) طراحی مدار: برای طراحی مدار ابتدا از تابع منطقی به‌دست آمده (F) کمک می‌گیریم، سپس با استفاده از دروازه‌های منطقی AND، OR و NOT مدار را طراحی می‌کنیم.

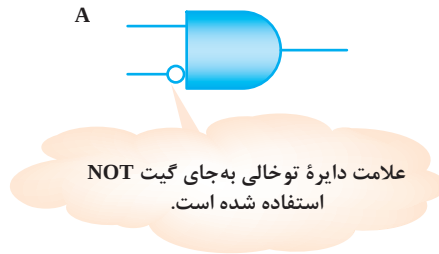


شکل مدار مثال

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید بعضی از ورودی‌ها برای اتصال به گیت بعدی، ابتدا وارد گیت منطقی NOT می‌شوند، تا به‌صورت متمم درآیند. برای هر یک از گیت‌های NOT، یک نماد مداری مشابه شکل زیر رسم شده است.

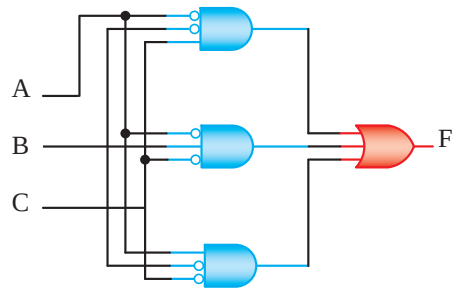
شکل دروازهٔ منطقی NOT

برای ساده‌تر شدن مدارهای ترسیمی، در رسم مدارها معمولاً گیت NOT را با یک دایرهٔ تو خالی در ورودی گیت مورد نظر (مثلاً گیت AND) نشان می‌دهند، در شکل این اتصال را مشاهده می‌کنید.



شکل نماد گیت NOT به‌صورت دایرهٔ تو خالی

با استفاده از نماد جدید، مدار شکل بالا را می‌توان به‌صورت ساده‌تر در آورد.



مدار سادهٔ مثال

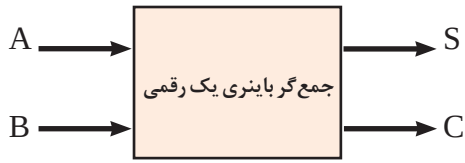
پاسخ و دانش افزایی فعالیت کارگاهی جمع کنندهٔ ناقص H.A (Half Adder):

جمع دو رقم دودویی را می‌توان بامداری به نام جمع کنندهٔ ناقص یا به اختصار H.A انجام دهیم. مدارH.A مداری است که دو ورودی (A و B) و دو خروجی (S و C) دارد. رقم اول S حاصل جمع SUM و C رقم نقلی یا Carry را مشخص می‌کند.
جدول صحت جمع دوبیت A و B را در جدول زیر مشاهده می‌کنید.

جدول صحت نیم جمع‌کننده

A	B	C	S	
۰	۰	۰	۰	۰+۰=۰
۰	۱	۰	۱	۰+۱=۱
۱	۰	۰	۱	۱+۰=۱
۱	۱	۱	۰	۱+۱=۱۰

بلوک دیاگرام مداری که بتواند دو رقم باینری را با هم جمع کند، در شکل زیر نشان داده‌ایم.



شکل بلوک دیاگرام جمع‌کنندهٔ ناقص

با توجه به جدول به این نتیجه می‌رسیم که اگر فقط دو بیت با هم جمع شوند، رقم نقلی از قبل وجود ندارد و جمع‌کنندهٔ ناقص (نیم جمع‌کننده) می‌تواند این عمل جمع را انجام دهد.

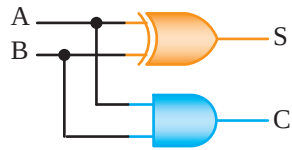
مطابق جدول صحت مدار، تابع S شامل دو جملهٔ $\overline{A}B$ و $A\overline{B}$ است یعنی:

$$S = \overline{A}B + A\overline{B} = A \oplus B$$

از طرفی تابع C فقط شامل یک جملهٔ AB است یعنی:

$$C = AB$$

با استفاده از مقادیر S و C به کمک یک دروازهٔ XOR و یک دروازه AND می‌توانیم مداری مطابق شکل زیر را طراحی کنیم.



شکل مدار نیم جمع‌گر باینری یک رقمی

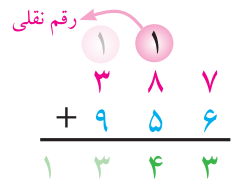
در این جمع‌گر، ورودی رقم نقلی پیش‌بینی نشده است. به همین دلیل، به آن جمع‌گر ناقص یا نیم جمع‌گر می‌گویند.

پاسخ و دانش افزایی فعالیت کارگاهی جمع‌کنندهٔ کامل F.A (Full Adder):

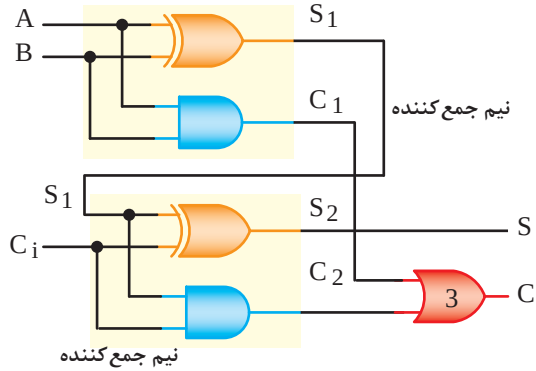
برای انجام عملیات جمع اعداد دودویی نیاز به مداری داریم که بتواند ۳ رقم یک بیتی باینری را با هم جمع کند. چنین مداری را جمع‌کنندهٔ کامل می‌گویند و با F.A نشان می‌دهند.

جمع‌کنندهٔ کامل یا تمام جمع‌گر مداری است که ۳ خط ورودی (A، B و C_i) و دو خط خروجی (S و C) را دارد. به این ترتیب مدار جمع‌کنندهٔ کامل می‌تواند دو رقم دودویی و یک Carry که از مرحلهٔ قبل حاصل شده است را با هم جمع کند.

با بیان مثالی در جمع اعداد ده دهی درک موضوع را ساده‌تر می‌کنیم.
در جمع دو عدد ۹۵۶ و ۳۸۷ وقتی می‌خواهیم دو رقم دهگان ۵ و ۸ را جمع کنیم ابتدا باید حاصل جمع دو رقم یکان را به‌دست آوریم از حاصل جمع دو رقم یکان ۶ و ۷ عدد ۱۳ حاصل می‌شود که ۳ را در ستون یکان می‌نویسیم و رقم یک را به ستون دهگان انتقال می‌دهیم که اصطلاحاً ده بر یک می‌گوییم.

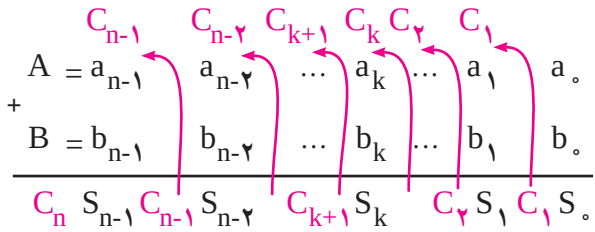


عدد یک، رقم نقلی است که در جمع ۸ و ۵ تأثیر می‌گذارد در سیستم باینری نیز به همین ترتیب رقم نقلی وجود دارد و روی عمل جمع اثر می‌گذارد. به کمک دو نیم جمع‌کننده می‌توان یک تمام جمع‌گر یا یک جمع‌گر یک بیتی کامل مطابق شکل ساخت.



شکل مدار تمام جمع‌گر یک بیتی

به‌طور مثال برای جمع دو عدد باینری چهار بیتی ۱۰۱۱ و ۱۱۰۱ خواهیم داشت:



یعنی، تمام جمع‌گری که در موقعیت مکانی K قرار می‌گیرد، باید سه بیت، C_k ، a_k و b_k را با یک دیگر جمع کند.

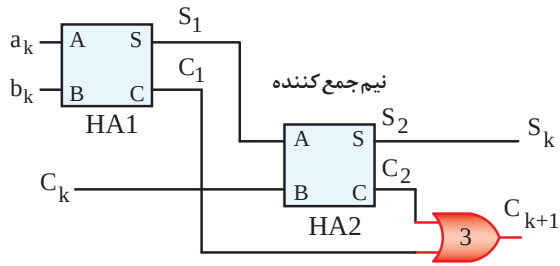
$C_k + a_k + b_k$

رابطهٔ بالا را می‌توانیم به‌صورت زیر بنویسیم.

$C_k + a_k + b_k = C_k + (a_B + b_k)$

یعنی، ابتدا ارقام a_k و b_k را با هم جمع کنیم و سپس حاصل جمع آنها را با C_k جمع می‌کنیم. در طراحی مدار نیز باید به همین ترتیب عمل کنیم. در شکل زیر مدارهای نیم جمع‌کننده شکل به‌صورت بلوک دیاگرام نشان داده شده است در این مدار ابتدا نیم جمع‌کننده AH_1 ارقام a_k و b_k را با هم جمع می‌کند و سپس نیم جمع‌کننده AH_2 حاصل جمع این دو رقم را با C_k به‌دست می‌آورد.

توجه داشته باشید که هرگز ورودی‌های دروازهٔ OR (گیت شمارهٔ ۳) هم زمان یک نمی‌شود، زیرا این امر مستلزم آن است که هر دو نیم جمع‌کننده رقم نقلی یک ایجاد کنند، و این تنها در صورتی تحقق می‌یابد که هر دو ورودی نیم جمع‌کننده یک باشند.

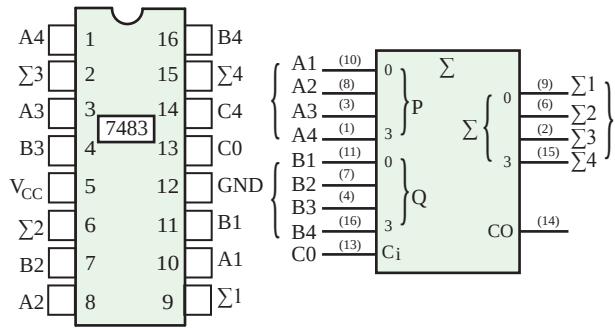


شکل بلوک دیاگرام تمام جمع‌گر

حال اگر هر دو ورودی a_k و b_k برابر یک باشند، خروجی $s_۱=۰$ و $c_۱=۱$ می‌شود. چون خروجی $s_۱=۰$ است، خروجی $c_۲=۰$ می‌شود، (آیا می‌دانید چرا؟)
اگر ورودی‌های a_k و b_k هم‌زمان یک نشوند، خروجی $c_۱=۰$ می‌شود؛ یعنی، هرگز خروجی‌های $c_۱$ و $c_۲$ هم‌زمان یک نمی‌شوند.

پاسخ و دانش افزایی فعالیت کارگاهی جمع کننده چهار بیتی:

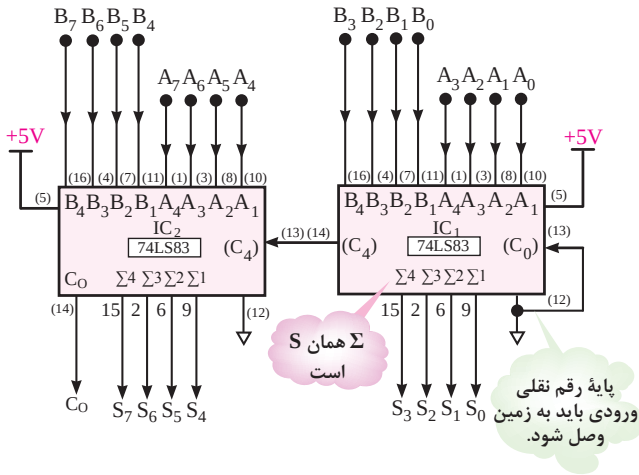
جمع‌گرهای باینری چهار بیتی با رقم نقلی موجی به‌صورت آی سی عرضه می‌شود. نمونه‌هایی از این آی سی‌ها به‌صورت تجارتی ۱۶ پایه با شماره‌های LS۸۳ ۴۷، A۳A ۷۴۸۳ ،۷۴HC در بازار وجود دارند. در شکل زیر مشخصات تراشهٔ ۷۴۸۳A را مشاهده می‌کنید.

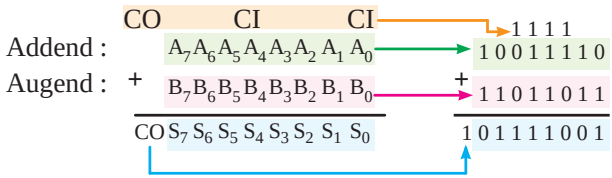


شکل مشخصات جمع‌گر چهار بیتی ۷۴۸۳A

برای جمع کردن اعداد بزرگ‌تر از چهار رقم می‌توان از چند تراشهٔ تجارتی استفاده کرد.
در شکل بالا چگونگی انجام دادن عمل جمع دو عدد هشت بیتی را با استفاده از دو جمع‌گر چهار بیتی LS ۸۳ ۴۷ مشاهده می‌کنید. در تراشهٔ سمت راست چون رقم نقلی از مرحلهٔ اولی وجود ندارد پایهٔ ۱۳ این آی سی به زمین اتصال داده می‌شود. دو عدد هشت بیتی $A_۷A_۶A_۵A_۴A_۳A_۲A_۱A_۰$ و $B_۷B_۶B_۵B_۴B_۳B_۲B_۱B_۰$ را با هم جمع می‌کنیم. ابتدا در آی سی $IC_۱$ (سمت راستی) ارقام $A_۳\ A_۲\ A_۱\ A_۰$ با $B_۳\ B_۲\ B_۱\ B_۰$ جمع می‌شوند و اگر رقم نقلی ایجاد شود به پایهٔ ۱۴ آی سی سمت چپ انتقال می‌یابد. سپس ارقام $A_۴\ A_۵\ A_۶\ A_۷$ با $B_۴\ B_۵\ B_۶\ B_۷$ جمع شده و در صورتی که رقم نقلی ایجاد شود در پایهٔ ۱۴ آی سی دوم ظاهر می‌شود. حاصل جمع چهار بیت کم‌ارزش‌تر در پایه‌های ۹، ۶، ۲ و ۱۵ آی سی سمت راست و حاصل جمع چهار بیت با ارزش بالاتر را در پایه‌های ۹، ۶، ۲ و ۱۵ آی سی سمت چپ مشاهده می‌کنید.

کار پیشنهادی: با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم یا پروتئوس دو عدد آی سی ۷۴۸۳ مدار شکل را ببندید و با تغییر ورودی‌ها به حالت صفر و یک نتیجه را در خروجی‌های مدار مشاهده کنید.





شکل چگونگی انجام دادن عمل جمع دو عدد هشت بیتی به کمک دو جمع‌گر ۷۴ SL ۸۳

کار پیشنهادی: با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم مدار تمام جمع‌گر ۴ بیتی و تمام جمع‌گر هشت بیتی را ببندید و نتیجهٔ جمع را در آزمایشگاه مجازی تجربه کنید. مدار شبیه‌سازی شده را به کلاس ارائه نمائید.

مقایسه‌کنندهٔ یک بیتی: درمقایسهٔ دو بیت، اگر فقط قرار باشد که تساوی یا عدم تساوی نشان داده شود، ساده‌ترین مدار استفاده ازگیت XNOR است. در این مقایسه‌کننده اگر دو بیت مساوی باشند خروجی «۱» و در غیر این صورت خروجی «۰» می‌شود.

جدول صحت گیت XNOR را نشان می‌دهد.

جدول صحت گیت X ـ NOR

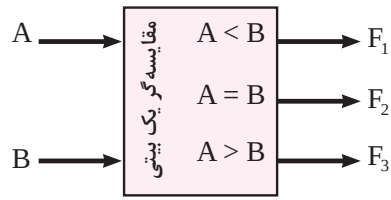
A	B	F
۰	۰	۱
۰	۱	۰
۱	۰	۰
۱	۱	۱

در مقایسه بین دو بیت، ممکن است بزرگ‌تر، کوچک‌تر و مساوی بودن بیت‌ها مورد نظر باشد. شکل زیر جدول مقایسه بین دو بیت A و B را نشان می‌دهد. مطابق جدول زیر سه خروجی داریم.

جدول مقایسه دو بیت A و B

A	B	F_1 A<B	F_2 A=B	F_3 A>B
۰	۰	۰	۱	۰
۰	۱	۱	۰	۰
۱	۰	۰	۰	۱
۱	۱	۰	۱	۰

در شکل بلوک دیاگرام مقایسه کنندهٔ یک بیتی را مشاهده می‌کنید:



شکل بلوک دیاگرام مقایسه‌گر یک بیتی

فعالیت کلاسی

با توجه به جدول صفحه قبل تابع منطقی F۲، F۱ و F۳ را بنویسید.

F۱ = ...

F۲ = ...

F۳ = ...

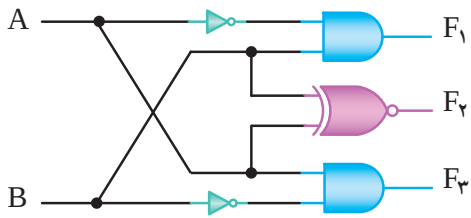
پاسخ: L به معنی Lower (کمتر)، E به معنی Eequal (معادل) و G به معنی Greater (بزرگ‌تر) است.

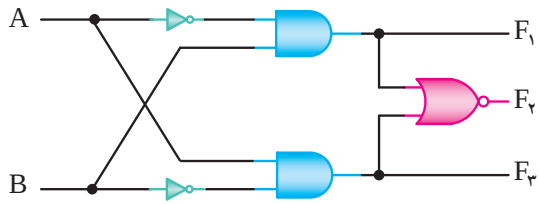
$FL = AB$

$FE = AB+AB$

$FH = AB$

با استفاده از توابع به‌دست آمده از خروجی‌ها می‌توان مدار شکل زیر را طراحی کرد.



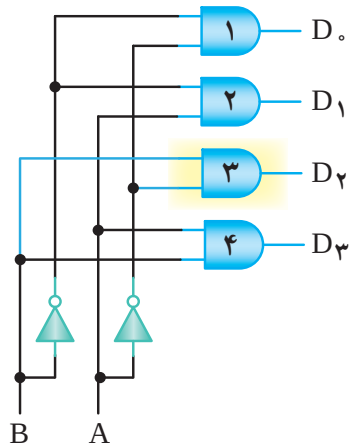


مدار مقایسه‌گر یک بیتی

دانش افزایی مدارهای رمزگشا (decoder)

برای دریافت اطلاعات از دستگاه‌های محاسباتی دیجیتالی مداری مورد نیاز است که اطلاعات را از حالت دودویی به اعشاری تبدیل کند. خروجی این مدارها وصل می‌شود. این تبدیل‌کننده‌ها را به نمایشگرها معمولاً رمزگشا و عملی را که انجام می‌دهند رمزگشایی می‌نامیم. خروجی است و n۲ ورودی دارای حداکثر n هر رمزگشا با خروجی فعال است. به عبارت n۲ در هر لحظه تنها یکی از دیگر، هر یک از خروجی‌های آن متناظر با یک ترکیب خاص ورودی (یک جمله حاصل ضرب نرمال یا مینترم) است.

در شکل زیر یک رمزگشای ۴ ← ۲ مشاهده می‌شود.



مدار رمزگشای ۴ ← ۲

جدول صحت مدر رمزگشا

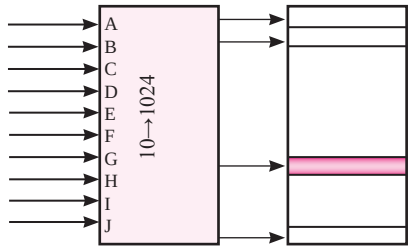
B	A	D_0	D_1	D_2	D_3
۰	۰	۱	۰	۰	۰
۰	۱	۰	۱	۰	۰
۱	۰	۰	۰	۱	۰
۱	۱	۰	۰	۰	۱

ورودی‌های A و B را ورودی‌های آدرس و خروجی‌های D۰،D۱،D۲ و D۳ را خروجی‌های داده می‌نامیم. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، خروجی دروازهٔ شمارهٔ ۱ فقط به‌ازای ترکیب ورودی AB =۰۰ فعال می‌شود. (۱ می‌شود) یعنی $D_0 = AB$

به همین ترتیب، می‌توانیم بنویسیم: $D_3 = AB$،$D_2 = AB$،$D_1 = AB$.

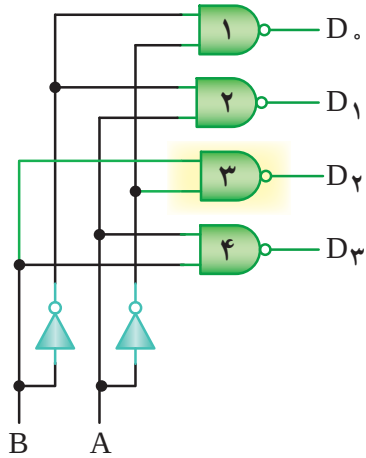
(توجه کنید که در اینجا A کم ارزش‌تر و B_1 متغیر با ارزش‌تر از آن است یعنی $A=2^0=1$, $B=2^1=2$) از رمزگشاها برای آدرس دهی اجزای مختلف گیرنده یا فرستندهٔ اطلاعات یک سیستم نیز استفاده می‌شود؛ مثلاً اگر بخواهیم کلمه‌ای را در یک سطر معینی از حافظه بخوانیم، نخست باید محل سطر مورد نظر را مشخص کنیم.

در شکل زیر سطر ۳۰۵ از یک حافظه با ظرفیت ۱۰۲۴ کلمه آدرس داده شده است (در بخش مدارهای ترتیبی با ساختمان حافظه‌های نیمه‌هادی آشنا خواهید شد).



آدرس‌دهی مکان یک کلمهٔ معین از حافظه

ممکن است رمزگشا با دروازه‌های NAND ساخته شده باشد. در این صورت، حالت فعال خروجی‌ها «۰» خواهد بود. در شکل یک رمزگشای ۴ ← ۲ نشان داده شده است.

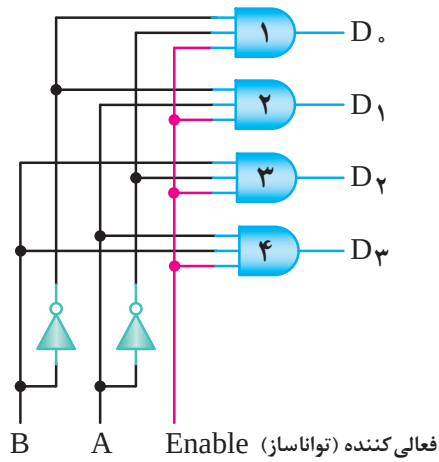


رمزگشای ۴ ← ۲

جدول صحت رمزگشا ۴ ← ۲

B	A	D_0	D_1	D_2	D_3
۰	۰	۰	۱	۱	۱
۰	۱	۱	۰	۱	۱
۱	۰	۱	۱	۰	۱
۱	۱	۱	۱	۱	۰

جدول صحت دکو در ۴ ←۲ با حالت فعال LOW را نشان می‌دهد.
همان‌طورکه در شکل نشان داده شده، دروازهٔ شماره ۳ در حالت فعال است، ورودی‌های این دروازه از A , B گرفته شده است.
در بعضی از رمزگشاها علاوه‌بر ورودی‌های آدرس، یک ورودی فعال‌کننده (تواناساز) (Enable) نیز پیش‌بینی شده است. اگر این ورودی در حالت غیرفعال نگه داشته شود، رمزگشایی انجام نخواهد شد.
در شکل زیر یک رمزگشا ۴←۲ با خط تواناساز به همراه جدول صحت آن را در جدول زیر مشاهده می‌کنید.



رمزگشای ۴ ← ۲ با خط تواناساز

جدول صحت دکو در ۴←۲ با خط تواناساز

E	B	A	D_0	D_1	D_2	D_3
۰	X	X	۰	۰	۰	۰
۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰
۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰
۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰
۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱

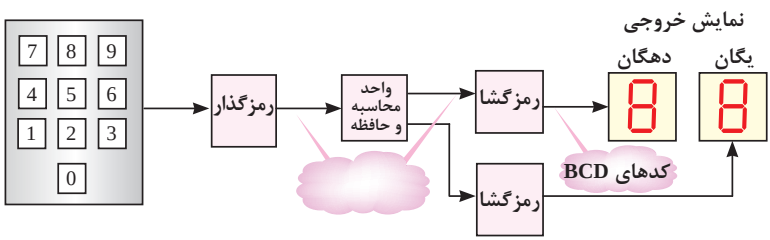
نکته

در آی سی‌ها از کلمات Enable و Disable استفاده می‌کنند. کلمهٔ Enable به معنی فعال‌کننده و Disable به معنی غیرفعال‌کننده به‌کار می‌رود.

با توجه به جدول صحت صفحه قبل هرگاه یک ورودی را با X نشان دهند به معنای این است که اگر ارزش منطقی صفر یا یک باشد برای خروجی مدار بی‌تفاوت است. و درسطر اول جدول صحت چون ورودیE در صفر منطقی قرار گرفته است عمل رمزگشایی انجام برابر E نمی‌شود. در سطرهای دوم تا پنجم چون ورودی با «یک» است عمل رمزگشایی انجام خواهد شد.

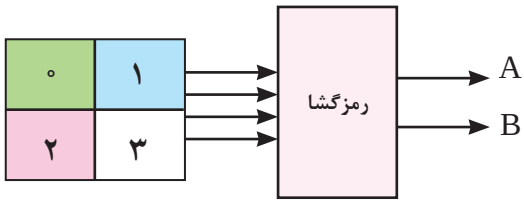
دانش افزایی مدارهای رمزگذار (Encorder)

اعدادی که به کامپیوترها یا سامانهٔ دیجیتالی داده می‌شوند، در سیستم ده دهی هستند. چون کامپیوترها با اعداد باینری کار می‌کنند، اعداد ده دهی باید به اعداد باینری تبدیل شوند. مداری که اطلاعات را از حالت ده دهی به باینری تبدیل می‌کند، رمزگذار نام دارد. شکل زیر یک سامانهٔ دیجیتال را نشان می دهد.



یک‌سامانهٔ دیجیتال

یک رمزگذار با m ورودی ده دهی باید دارای n خروجی باشد؛ به‌طوری که همواره نامساوی $m \leq ۲$ برقرار باشد. برای مثال یک صفحه کلید با شماره‌های صفر تا سه را می‌توان به دو خط باینری تبدیل کرد. در شکل زیر بلوک دیاگرام یک رمزگذار به همراه جدول صحت در جدول زیر نشان داده شده است.



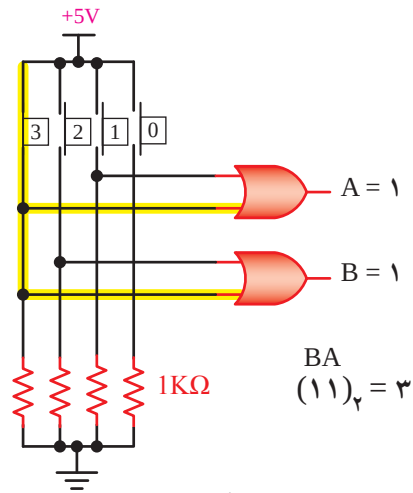
بلوک دیاگرام رمزگذار ۲→ ۴

جدول صحت رمزگذار ۲←۴

I_3	I_2	I_1	I_0	B	A
۰	۰	۰	۱	۰	۰
۰	۰	۱	۰	۰	۱
۰	۱	۰	۰	۱	۰
۱	۰	۰	۰	۱	۱

همان‌طورکه مشاهده می‌کنید، در هرلحظه باید فقط یکی از ورودی‌های رمزگذار در حالت فعال قرار گیرد تا درست عمل کند. ورودی I۰ و I۱ و... معرف کلیدهای ورودی است و ۱ در جدول نشان‌دهندهٔ فعال بودن آن کلید است.

مدار رمزگذار ۲ ←۴ را می‌توان مطابق شکل زیر طراحی کرد. چنانچه کلید ۳ فشرده شود یکی از خطوط «۱» منطقی می‌شود. که سبب ایجاد عدد OR دو گیت باینری سه «۱۱» در خروجی رمزگذار می‌شود.



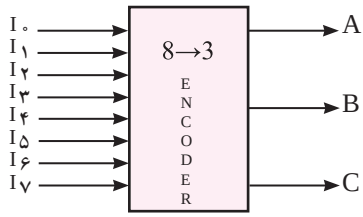
مدار رمزگذار ۲← ۴

تحقیق

با مراجعه به منابع معتبر، آی سی با عملکرد رمزگذار ۸ به ۳ را بیابید. شمارهٔ فنی آی سی، مشخصات پایه‌ها و جدول صحت آن را به‌صورت گزارش به کارگاه ارائه دهید.

پاسخ:

در شکل زیر دیاگرام یک رمزگذار۳←۸ (بخوانید ۸ به ۳) و در جدول زیر جدول صحت شده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در هر لحظه باید فقط یکی از ورودی‌های رمزگذار در حالت فعال باشد.



بلوک دیاگرام رمزگذار ۳←۸

جدول صحت یک رمزگشا ۳←۸

ورودی‌ها								خروجی‌ها		
$I_۷$	$I_۶$	$I_۵$	$I_۴$	$I_۳$	$I_۲$	$I_۱$	$I_۰$	D	B	A
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱
۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰
۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱
۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱
۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱

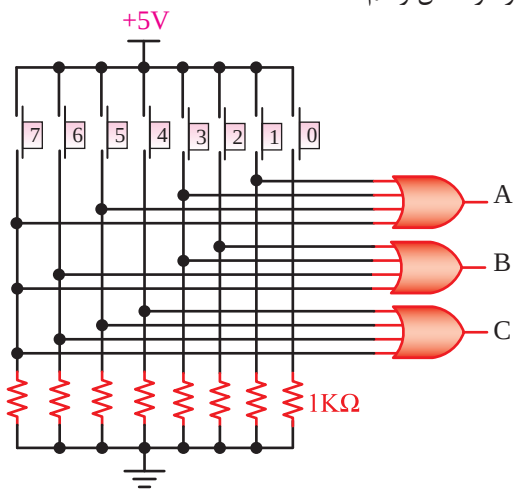
مطابق جدول فوق، معادلات بول هر یک از خروجی‌های B،A و C را می‌نویسیم:

$A = I_۱+I_۳+I_۵+I_۷$

$B = I_۲+I_۳+I_۶+I_۷$

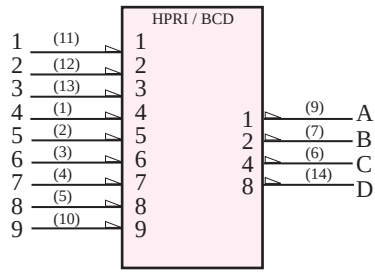
$C = I_۴+I_۵+I_۶+I_۷$

مدار این رمز گذار در شکل رسم شده است.

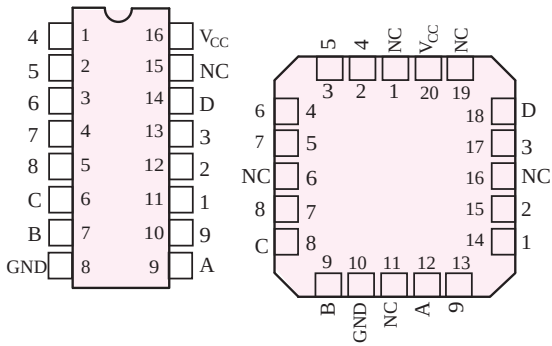


مدار رمزگذار ۳←۸

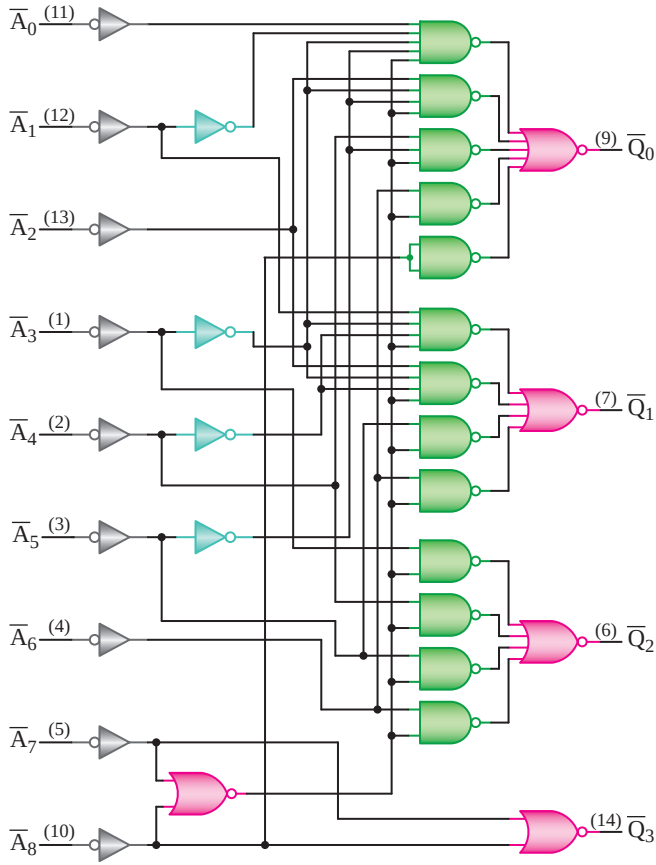
تراشه (آی سی) SN ۷۴۱۴۷ یک رمزگذار ده دهی به باینری با رعایت تقدم است. مشخصات کامل آن را در شکل زیر مشاهده می‌کنید. در شکل الف علامت استاندارد آی سی، در شکل ب نمای بالا و شماره پایه‌های آی سی و در شکل پ مدارهای داخلی آن را ملاحظه کنید.



الف) علامت استاندارد IEEE/ANSI



ب) نمای بالا و شمارهٔ پایه‌ها



پ) مدارهای داخلی

رمزگذار تقدمی SN۷۴۱۴۷

جدول زیر جدول صحت آی سی SN ۷۴۱۴۷ را نشان می‌دهد.

جدول صحت رمزگذار تقدّمی SN۷۴۱۴۷

INPUTS									OUTPUTS			
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	$A_۳$	$A_۲$	$A_۱$	$A_۰$
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	H	H	L
X	X	X	X	X	X	X	L	H	L	H	H	H
X	X	X	X	X	X	L	H	H	H	L	L	L
X	X	X	X	X	L	H	H	H	H	L	L	H
X	X	X	X	L	H	H	H	H	H	L	H	L
X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
X	X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

نکته

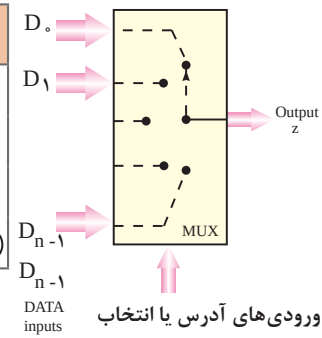
هدف از نمایش مدارهای داخلی آی سی‌ها آشنایی با مدارهاست و به هیچ عنوان در آزمون‌ها نباید سؤالی در این رابطه طراحی شود.

تحقیق

با مراجعه به رسانه‌های مختلف، نمونه‌های دیگری از آی سی مالتی پلکسر بیابید و عملکرد آنها را با استفاده از برگهٔ اطلاعات تجزیه و تحلیل کنید. نتیجه را در قالب یک گزارش به کارگاه ارائه دهید.

مدارهای متمرکزکننده یا تسهیم‌کننده (Multiplexer): مالتی پلکسر یکی از پرکاربردترین مدارهای ترکیبی است که مانند یک انتخاب کننده Slector عمل می‌کند. این مدار با توجّه به آدرسی که برای آن انتخاب می‌شود، به یکی از ورودی‌ها اجازهٔ عبور می‌دهد. به عبارت دیگر، عملکرد آن درست شبیه یک کلید چند حالته است؛ با این تفاوت که حالت کلید به‌صورت دیجیتالی انتخاب می‌شود. دیاگرام عملیاتی یک مالتی پلکسر در شکل صفحه بعد نشان داده شده است.

A_1	A_0	$f = \overline{A}_1\overline{A}_0 D_0 + \overline{A}_1 A_0 D_1 + A_1\overline{A}_0 D_2 + A_1 A_0 D_3$
۰	۰	۱ D_0 + ۰ D_1 + ۰ D_2 + ۰ D_3
۰	۱	۰ D_0 + ۱ D_1 + ۰ D_2 + ۰ D_3
۱	۰	۰ D_0 + ۰ D_1 + ۱ D_2 + ۰ D_3
۱	۱	۰ D_0 + ۰ D_1 + ۰ D_2 + ۱ D_3

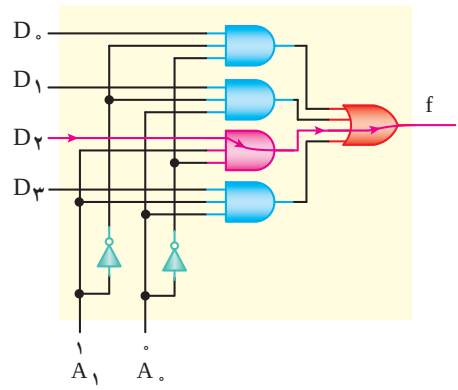


جدول ۲۱ـ۴ـ مدار تسهیم‌کننده در رمزگذار ۱←۴

A_1	A_0	f
۰	۰	D_0
۰	۱	D_1
۱	۰	D_2
۱	۱	D_3

ورودی‌های انتخاب حالت و ورودی‌های آدرس (Address Inputs) را ورودی‌های اصلی مالتی پلکسر ورودی‌های داده (Data inputs) ا خروجی مالتی پلکسر را خروجی تابع یا به اختصارخروجی می‌نامند. یک مالتی پلکسر با n خط آدرس می‌تواند یکی از 2^n ورودی اصلی را انتخاب کند.

در شکل زیر مدار یک مالتی پلکسر ۱←۴ (بخوانید ۴ به ۱) نشان داده شده است. در این شکل ورودی‌های اصلی مالتی پلکسر با D_0 و D_1 و D_2 و D_3 ورودی‌های آدرس آن با A_0 و A_1 و خروجی مدار با F مشخص شده است.



مدار متمرکزکننده ۱←۴

با توجه به شکل قبل معادله بولی تابع F را می‌نویسیم.

$$F = \overline{A}_1\overline{A}_0D_0 + \overline{A}_1A_0D_1 + A_1\overline{A}_0D_2 + A_1A_0D_3$$

تابع F به فرم مجموع حاصل ضرب‌ها است. یعنی در هر حالت فقط یکی از آنها ممکن است (۱) باشد. مثلاً اگر حالت A_0=۰ و A_1=۱ را انتخاب کنیم، فقط جمله $\overline{A}_1\overline{A}_0$ برابر (۱) است. لذا خواهیم داشت

$$F=0 \times D_0+0 \times D_1+1 \times D_2+0\times D_3 = D2$$

یعنی F عیناً از D_2 تبعیت می‌کند. به عبارت دیگر آدرس $\overline{A}_1\overline{A}_0$ =۱۰ دروازه شماره ۳ را برای عبور D_2 باز می‌کند. بقیه حالت‌های تابع را نیز به همین ترتیب می‌توانیم مشخص کنیم. در جدول کلیه حالت‌های تابع مشخص شده است.

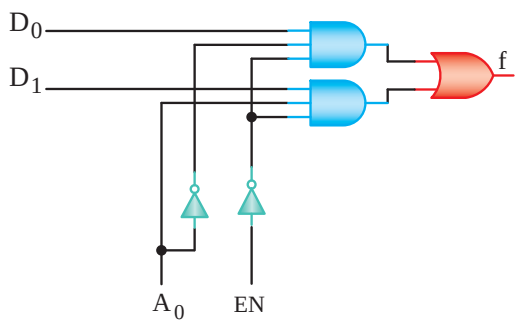
در اغلب مالتی پلکسرها علاوه‌بر ورودی‌های آدرس، یک خط کنترل اضافی نیز پیش‌بینی شده است. این ورودی اضافی با نام های فعال ساز، تواناساز، مشخص می‌شود.

چنانچه این ورودی در یک حالت از پیش تعریف شده <۰> یا <۱> باشد. همه دروازه‌های AND را مسدود می‌سازد و از انتقال اطلاعات ورودی به خروجی مدار پیش‌گیری می‌کند. به عبارت دیگر، این ورودی مقدم بر ورودی‌های آدرس است.

در شکل زیر مالتی پلکسر ۱←۲ با ورودی تواناساز به همراه جدول صحت آن نشان داده شده است.

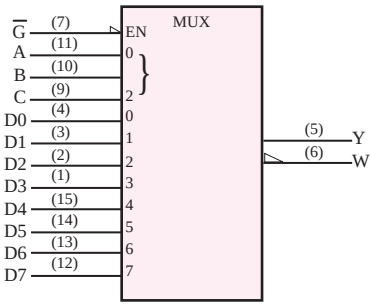
جدول صحت مالتی پلکسر ۱←۲

A_0	EN	f
X	۱	۰
۰	۰	D_0
۱	۰	D_1

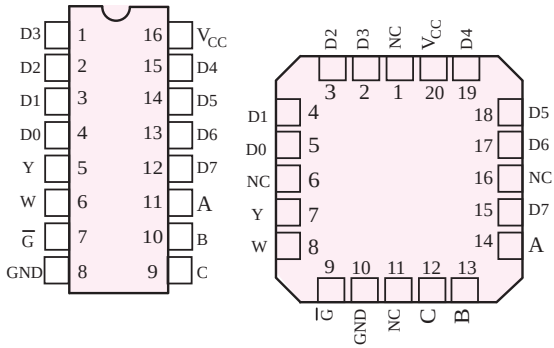


مدار یک مالتی پلکسر ۱←۲

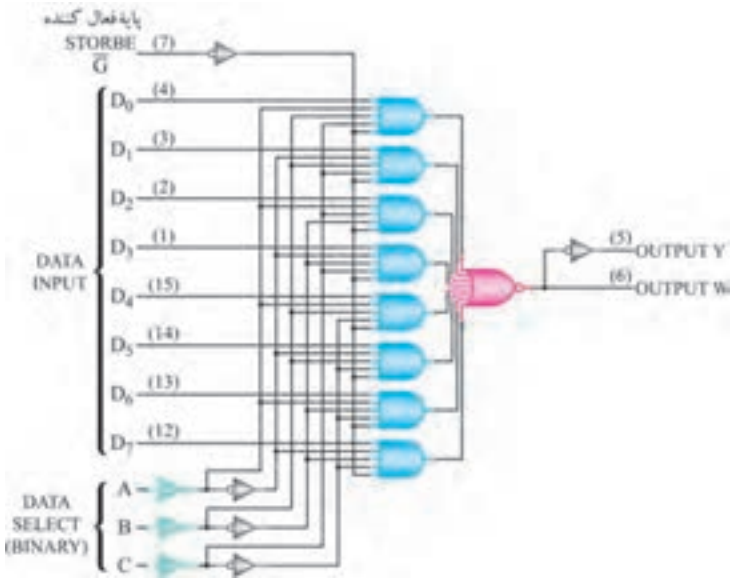
در شکل روبه‌رو مدار یک مالتی پلکسر ۱←۸ را که با شماره تجارتی ۷۴۱۵۱ به بازار عرضه می‌شود مشاهده می‌کنید. در شکل الف نماد استاندارد آی سی، در شکل ب نمای بالا و شماره پایه‌های آی سی و در شکل پ مدارهای داخلی آی سی نشان داده شده است.



الف) نماد استاندارد IEEE/ANSI



ب) نمای بالا و شمارهٔ پایه‌ها



پ) مدارهای داخلی

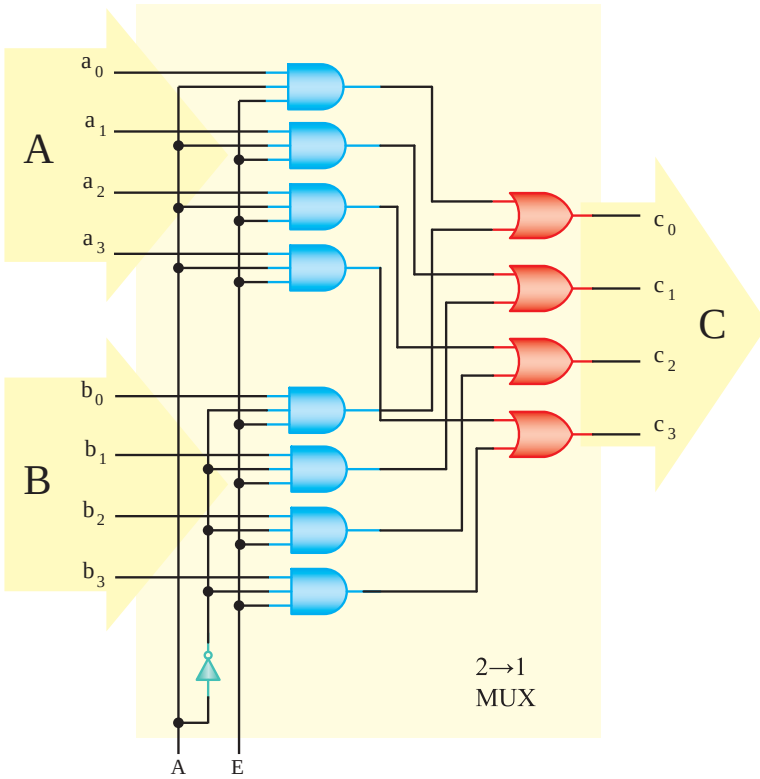
مدار مالتی پلکسر ۱←۸ تجارتی (SN۷۴۱۵۱)

جدول صحت آی سی SN۷۴۱۴۷ را در جدول زیر مشاهده می‌کنید.

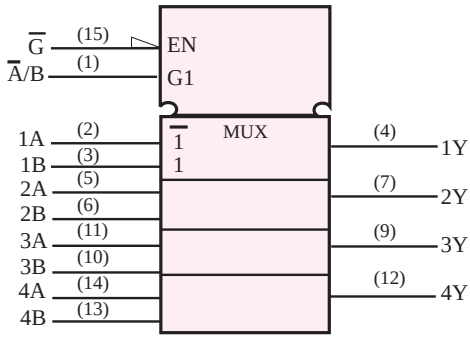
جدول صحت مالتی‌پلکسر SN۷۴۱۵۱

inputs				outputs	
SELECT			STROBE $\overline{G}$	Y	W
C	B	A			
X	X	X	H	L	H
L	L	L	L	D0	$\overline{D0}$
L	L	H	L	D1	$\overline{D1}$
L	H	L	L	D2	$\overline{D2}$
L	H	H	L	D3	$\overline{D3}$
H	L	L	L	D4	$\overline{D4}$
H	L	H	L	D5	$\overline{D5}$
H	H	L	L	D6	$\overline{D6}$
H	H	H	L	D7	$\overline{D7}$

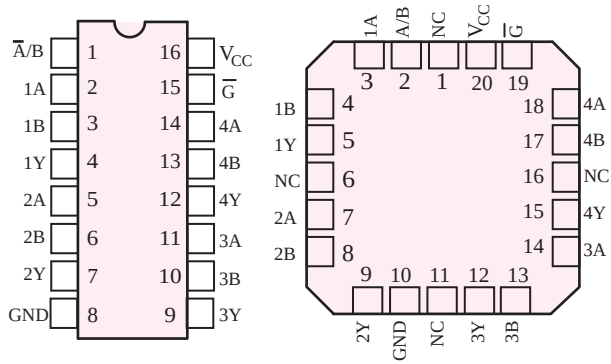
همان‌طور که در جدول بالا مشاهده می‌کنید. خروجی W معکوس خروجی Y است. در کامپیوترها مالتی پلکسرها به عنوان گذرگاه داده‌ها Data Bus ایفای نقش می‌کنند. در این موارد، معمولاً به مالتی پلکسرهای چند بیتی نیاز داریم؛ مثلاً، اگر بخواهیم اطلاعات را توسط یک خط انتقال از دو سیستم B و A به سیستم C برسانیم و این اطلّاعات در قالب کلمات چهار بیتی باشند، به یک مالتی پلکسر ۱←۲، ۴ بیتی نیاز داریم. امکان عرضهٔ مالتی پلکسرهای چند بیتی به‌صورت تراشه‌های تجارتی وجود ندارد دلیل این امر، افزایش تعداد پایه‌های ضروری آنهاست. لذا باید با استفاده از مالتی پلکسرهای یک بیتی، مالتی پلکسر مورد نیاز خود را طراحی کنیم. در مورد مثال فوق، با استفاده از یک تراشهٔ ۷۴۱۵۷ که شامل چهار مالتی پلکسر ۱←۲ یک بیتی است، یک مالتی پلکسر ۱←۲ چهار بیتی مطابق شکل الف، ب، پ، ت، و ث طراحی می‌کنیم: یعنی کلاً چهار مالتی پلکسر یک بیتی را به‌صورت موازی به‌کار می‌بریم.



الف) مدار اصلی یک Mux، ۱←۲ چهار بیتی که با استفاده از چهار Mux، ۱←۲ یک بیتی ساخته شده است.



ب) نماد استاندارد IEEE/ANSI

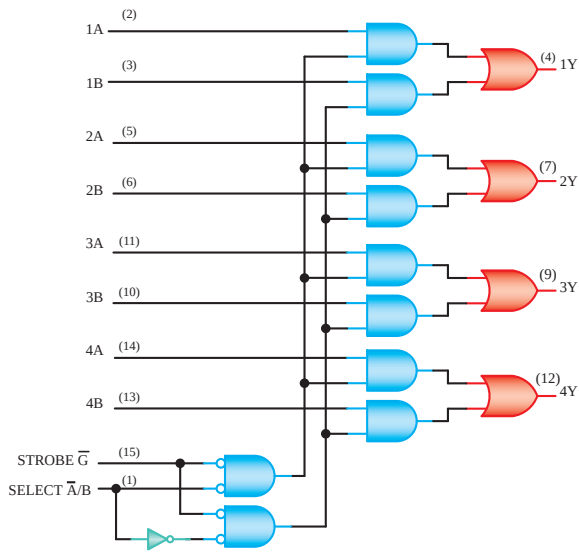


پ) نمای بالا و شمارهٔ پایه‌ها

INPUTS				OUTPUT Y
STROBE $\overline{G}$	SELECT $\overline{A}$/B	A	B	"157, "LS157, "S157
H	X	X	X	L
L	L	L	X	L
L	L	H	X	H
L	H	X	L	L
L	H	X	H	H

H = high level , L = Low level , X = irrelevant

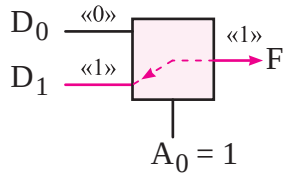
ت) جدول صحت



ث) مدارهای داخلی

الف) چگونگی ساخت Mux جند بیتی؛ ب تا ث) مشخصات تراشهٔ تجارتی SN۷۴۱۵۷

همان‌طور که گفته شد، افزایش تعداد پایه‌های ورودی مالتی پلکسر در طراحی مدارهای منطقی ضروری است. بنابراین در این بخش نحوهٔ توسعهٔ ورودی‌های یک مالتی‌پلکسر را با طراحی یک مالتی‌پلکسر ۱←۴ به وسیلهٔ سه عدد مالتی‌پلکسر ۱←۲ تشریح می‌کنیم. در شکل زیر بلوک دیاگرام یک مالتی پلکسر ۱←۲ را همراه با جدول صحت آن در جدول بعد مشاهده می‌کنید. در این مدار به ازای آدرس A_0=۱ ورودی D_1 به خط خروجی وصل شده است.



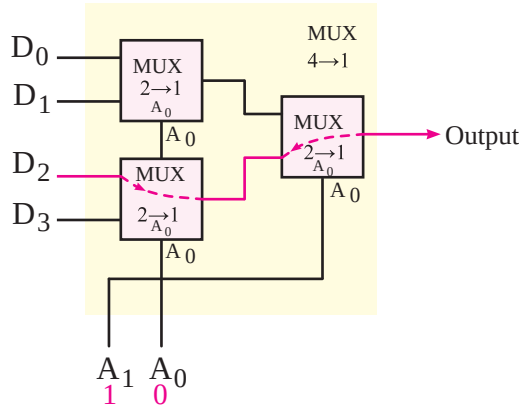
بلوک دیاگرام پلکسر ۱←۲

جدول صحت مالتی پلکسر ۱←۲

A_0	f
۰	D_0
۱	D_1

اگر سه عدد مالتی پلکسر ۱←۲ را مطابق شکل زیر به یکدیگر اتصال دهیم یک مالتی پلکسر ۱←۴ شکل می‌گیرد.

شکل صفحه بعد خط آدرس A_0 مالتی پلکسرهای ورودی با یکدیگر موازی شده‌اند و خط آدرس کم ارزش تر A_0 مالتی پلکسر ۱←۴ را تشکیل می‌دهد و خط آدرس A_0 مالتی پلکسر سوم (خروجی) با ارزش‌تر A_1 مالتی پلکسر ۱←۴ قرار می گیرد.



A_1	A_0	out
0	0	D_0
0	1	D_1
1	0	D_2
1	1	D_3

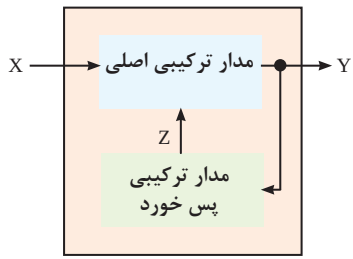
یک مالتی‌پلکسر ۱←۴ همراه جدول صحت آن

مدارهای ترتیبی

به‌طور کلی مدارهای ترکیبی توانایی نگهداری حالت‌های ورودی را ندارند. ماشین‌های حسابگر و سیستم‌های کنترل، برای نگهداری اطلاعات و استفاده مکرّر از آنها نیاز به حافظه دارند. مدارهای دارای حافظه را مدارهای ترتیبی می‌نامند. این مدارها قابلیت نگهداری (در حافظه نگه داشتن) ترتیب پیامدها را دارند. یک مدار ترتیبی شامل دو بخش اساسی به شرح زیر است:

الف) بخشی که بر اساس وضعیت قبلی خروجی‌های مدار، توابعی را ایجاد می‌کند. این بخش، مدار پس خورد نامیده می‌شود.

ب) بخشی که وضعیت مدار را بر اساس حالت ورودی‌های مدار و ورودی‌های دریافتی از مدار فیدبک مشخص می‌کند و وضعیت جدید سیستم را به‌وجود می‌آورد. این بخش را مدار اصلی می‌نامند. شکل روبه‌رو بلوک دیاگرام مدار ترتیبی را نشان می‌دهد.



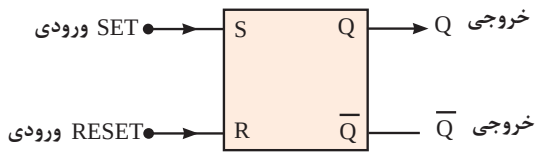
بلوک دیاگرام یک مدار ترتیبی

ممکن است یک مدار ترتیبی بیش از یک ورودی یا خروجی داشته باشد. در اغلب مدارهای ترتیبی زمان تغییر وضعیت یا پذیرش اطلاعات جدید را به کمک یک سیگنال کنترل خاص، که پالس ساعت (Clock pulse) نامیده می‌شود تعیین می‌کنند.

فلیپ فلاپ‌ها (Flip – Flops): مدار ترتیبی که دو وضعیت پایدار دارند را فلیپ فلاپ می‌گویند. فلیپ فلاپ‌ها را در چهار دستهٔ RS، JK، D و T تقسیم بندی می‌کنند.

فلیپ فلاپ RS (Reset Set Flip-Flop): مدارهای ترتیبی هستندکه دو وضعیت Set و Reset پایدار دارند.

فلیپ فلاپ RS حافظه: سلول‌های حافظه ساده‌ترین مدارهای ترتیبی هستند. این سلول‌ها را فلیپ فلاپ می‌نامند. بلوک دیاگرام مدار فلیپ فلاپ RS در شکل زیر مشاهده می‌کنید.



بلوک دیاگرام مدار فلیپ فلاپ RS

در این مدار R حرف اول Reset به معنی باز گرداندن به حالت اولیه و S حرف اول Set به معنی ایجاد حالت موردنظر است.

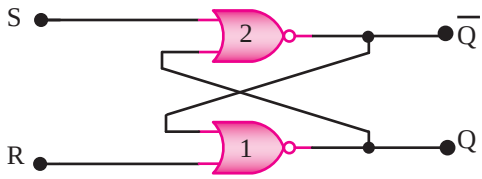
یک سلول حافظه باید قابلیت حفظ اطلاعات ثبت شده (نگهداری) را داشته باشد. به عبارت دیگر، یک سلول حافظه باید دارای قابلیت‌های زیر باشد:

پذیرش اطلاعات در هر زمان، حفظ اطلاعات پذیرفته شده تا هر زمان،

جایگزینی اطلاعات جدید به جای اطلاعات قبلی در هر زمان.

پاسخ فعالیت کارگاهی فلیپ فلاپ RS:

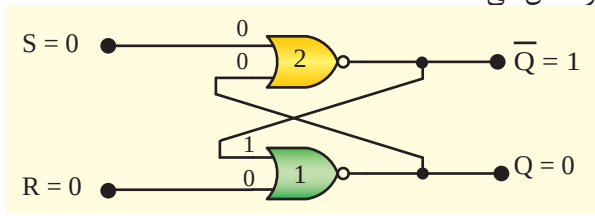
با استفاده از گیت NOR: درشکل زیر مدار معادل فلیپ فلاپ که با دروازهٔ NOR اجرا شده است را مشاهده کنید. در این شکل خروجی گیت شماره ۱ به ورودی گیت شماره ۲ و خروجی گیت شماره ۲ به ورودی گیت شماره ۱ فیدبک شده است. تفکیک مدارهای پس خورد (فیدبک) و اصلی از یکدیگر امکان‌پذیر نیست. این‌گونه مدارها را مدارهای ادغام شده در یکدیگر می‌نامند.



مدار SR-FF با گیت‌های NOR

مدار دارای دو ورودی اصلی S و R و دو ورودی Q و $\overline{Q}$ از طریق مدار فیدبک است. لذا می‌تواند $۲^۳=۸$ حالت مختلف داشته باشد. می‌دانی در دروازه NOR اگر یکی از ورودی‌ها در حالت یک منطقی باشد،خروجی آن درحالت صفر منطقی قرار می‌گیرد با در نظر گرفتن این نکته و با توجه به تأخیر در انتشار گیت‌های منطقی به تشریح مرحله به مرحله مدار می‌پردازیم.

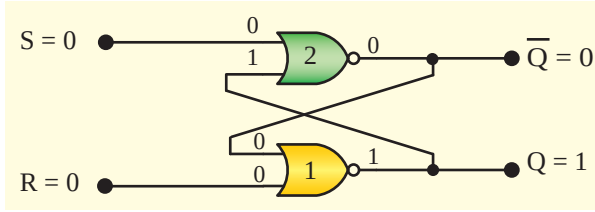
حالت اول: اگر ورودی‌های S وR هر دو در حالت صفر منطقی باشد و حالت قبلی فیلیپ فلاپ به صورت Q=۰ و $\overline{Q}$=۱ باشد: هر دو ورودی دروازهٔ ۲ در حالت صفر قرار می‌گیرند لذا خروجی آنها در حالت صفر قرار می‌گیرد لذا خروجی آن در حالت یک باقی می‌ماند (سطر اول جدول صحتNOR) از سوی دیگر یکی از ورودی‌های دروازه ۱ در حالت یک قرار دارد لذا خروجی این دروازه نیز در حالت صفر باقی می‌ماند.به عبارت دیگر، وضعیت خروجی‌ها تغییر نمی‌کند. شکل زیر این حالت را نشان می‌دهد.



حالت اول ۰ = S و ۰ = R

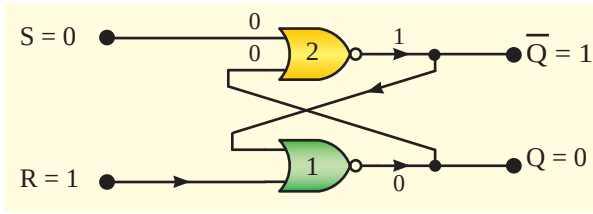
حالت دوم: حال اگر S=R=۰ و حالت قبلی فیلیپ فلاپ به‌صورت Q=۱ و $\bar{O}$ =۱ باشد، ورودی‌های دروازه ۱هر دو در حالت صفر منطقی قرار دارد و خروجی آن در حالت یک باقی می‌ماند، از طرفی چون یکی از ورودی‌های دروازه ۲ در حالت یک منطقی است، خروجی این دروازه نیز در حالت صفر باقی می‌ماند. به این ترتیب باز هم وضعیت خروجی‌ها تغییر نمی‌کند.

شکل زیر این حالت را نشان می‌دهد.



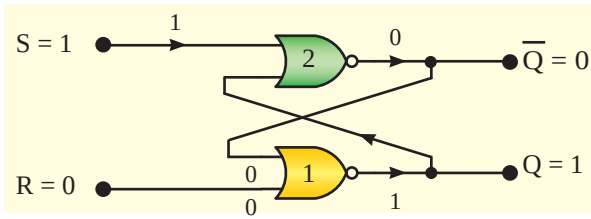
حالت دوم ۰ = S و ۰ = R

حالت سوم: اکنون حالتی را درنظر می‌گیریم که S = ۰ و R=۱ باشد. در این حالت بدون توجه به وضعیت قبلی فلیپ فالپ، به‌دلیل اینکه یکی از ورودی‌های دروازهٔ ۱ در حالت یک منطقی است، خروجی این دروازه صفر می‌شود. با صفرشدن خروجی دروازهٔ ۱ هر دو ورودی دروازهٔ ۲ درحالت صفر منطقی قرار می‌گیرد و خروجی آن به‌حالت یک منطقی می‌رود. به‌بیان دیگر اگر S = ۰ و R=۱ باشد، بدون توجه به‌وضعیت قبلی، سیستم به‌حالت Q=۰ و $\overline{Q}$ =۱ می‌رود ، شکل زیر ین حالت را نشان می‌دهد.



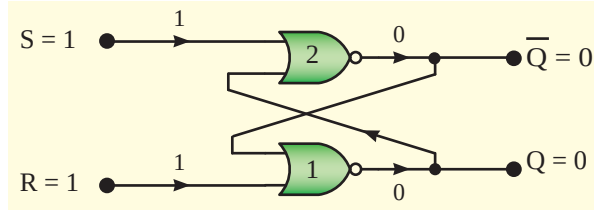
حالت سوم S = ۰ و R = ۱

حالت چهارم: اگر S =۱ و R=۰ باشد، چون یکی از ورودی‌های دروازهٔ ۲ در حالت یک منطقی است و خروجی آن به حالت صفر منطقی می‌رود. در این صورت، هر دو ورودی دروازهٔ ۱ در حالت صفر منطقی قرار می‌گیرد و خروجی این‌دروازه نیز یک می‌شود به‌بیانی دیگر اگر R=۰ و R = ۱ باشد، بدون‌توجه به وضعیت قبلی‌سیستم، Q=۱ و $\overline{Q}$ =۰ می‌شود. شکل زیر این حالت را نشان می‌دهد.



حالت چهارم S =۱ و R = ۰

حالت پنجم: حالتی را در نظر می‌گیریم‌که S=R=۱ شود. در این حالت نیز چون دست‌کم یکی ازورودی‌های هر دو دروازهٔ ۱ و ۲ درحالت‌یک منطقی‌است، خروجی‌های هر دو دروازه در حالت صفر منطقی قرار می‌گیرد.
شکل زیر این‌حالت را نشان می‌دهد.



حالت پنجم S =۱ و R =۱

اگر وضعیت‌خروجی‌های فلیپ فلاپ را قبل از تغییر حالت با Q(t-۱) و Q(t) نشان دهیم ، تحلیل فوق را می‌توانیم به صورت جدول زیر خلاصه کنیم.

	وضعیت فعلی FF-RS خروجی		وضعیت قبلی FF-RS خروجی		وضعیت ورودی‌ها	
	$\overline{Q}_{(t)}$	$Q_{(t)}$	$\overline{Q}_{(t-1)}$	$Q_{(t-1)}$	R	S
فلیپ‌فلاپ وضعیت قبل خود را حفظ می‌کند حالت ذخیره	۱ ۰	۰ ۱	۱ ۰	۰ ۱	۰ ۰	۰ ۰
فلیپ فلاپ بدون توجه به حالت قبلی Reset می‌شود	۱ ۱	۰ ۰	۱ ۰	۰ ۱	۱ ۱	۰ ۰
فلیپ فلاپ وارد حالت قبلی set می‌شود	۰ ۰	۱ ۱	۰ ۱	۱ ۰	۰ ۰	۱ ۱
فلیپ فلاپ وارد حالت‌غیرمجاز می‌شود	۰ ۰	۰ ۰	۱ ۱	۰ ۰	۱ ۱	۱ ۱

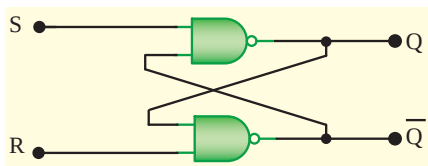
برای بهتر به‌خاطر سپردن جدول بالا آن‌رابه صورت جدول زیر خلاصه می‌کنیم.

مختصر شدهٔ SR-FF با دروازه‌های NOR

S	R	$Q_{(t)}$	
۰	۰	$\overline{Q}_{(t-1)}$	← حفظ وضعیت قبلی
۰	۱	۰	← Reset
۱	۰	۱	←Set
۱	۱	*	← غیرمجاز

پاسخ فعالیت کارگاهی فلیپ فلاپ RS با استفاده از گیت NAND:

فلیپ فلاپ SR را می‌توان با دروازه‌های NAND نیز طراحی کرد. در شکل زیر مداریک فلیپ فلاپ که‌با دروازه‌های NAND طراحی‌شده‌است را مشاهده می‌کنید، در جدول صحت آن دیده می‌شود.



فلیپ فلاپ SR گیت NAND

جدول صحت فلیپ فلاپ SR با گیت NAND

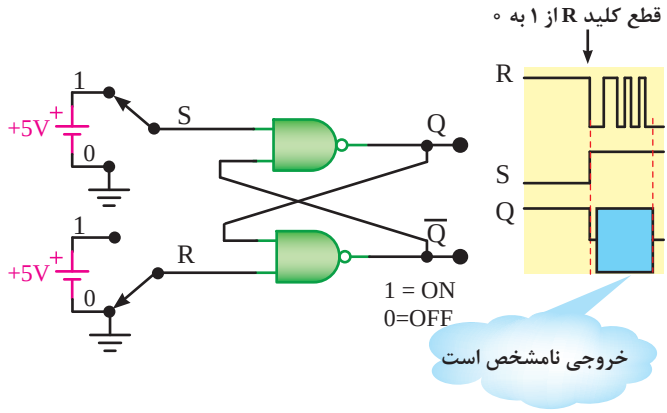
S	R	$Q_{(t)}$	
۰	۰	*	← غیرمجاز
۰	۱	۱	←Set
۱	۰	۰	← Reset
۱	۱	$\overline{Q}_{(t-1)}$	← حالت ذخیره

فلیپ فلاپ SR را به نام قفل SR(Latch-SR) نیز می‌نامند. زیرا پس از، از بین رفتن فرمان‌های Set یا Reset فلیپ فالپ طبق‌جدول زیر در آخرین وضعیت خود قفل‌می‌شود.

جدول فلیپ فلاپ قفل SR

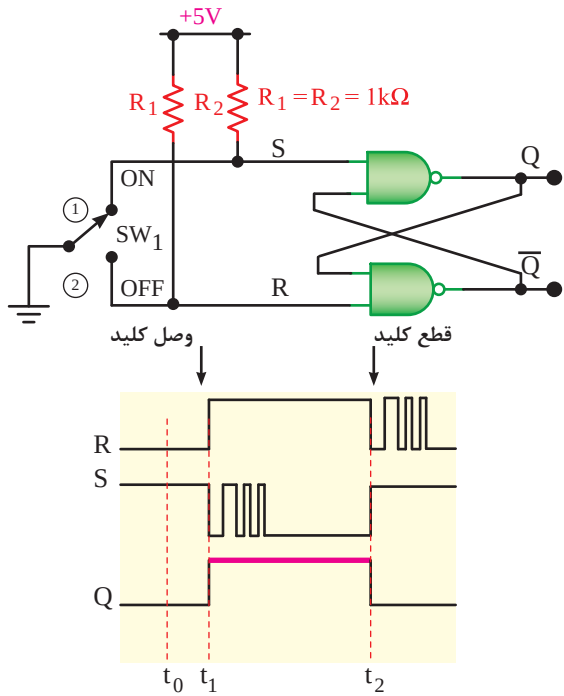
S	R	$Q_{(t)}$	
۰	۰	*	← غیرمجاز
۰	۱	۱	←Set
۱	۰	۰	← Reset
۱	۱	$\overline{Q}_{(t-1)}$	← حالت ذخیره

یکی از کاربردهای مدار شکل حذف لرزش کلیدهای مکانیکی (Bounce) است. وقتی یک کلید ،تغییر وضعیت می‌دهد به دلیل لرزش ناشی از این تغییر وضعیت، در طی چند میلی ثانیهٔ اول قطع و وصل‌های مکرر دربین کنتاکت ثابت وکنتاکت متحرک کلید پدید می‌آید، شکل زیر وضعیت اثر لرزش کلیدها را نشان می‌دهد.



این‌قطع و وصل‌ها ممکن است باعث بروز اشتباهاتی در عملکرد مدارهای منطقی ترتیبی شود برای حذف این لرزش‌ها از مدار شکل زیر استفاده می‌کنیم.

مقاومت‌های Pull up یا افزاینده سطح ولتاژ



مدار فلیپ فلاپ SR بدون اثر لرزش کلید

در شکل اگر کلید را در حالت ۱ فرض کنیم فلیپ فلاپ Set می‌شود.حال‌اگر کلید تغییر وضعیت دهد، به محض اوّلین اتّصال با کنتاکت ۲ مقدار S =۱ می‌شود و فلیپ فلاپ را Reset می‌کند. جداشدن‌کنتاکت‌متحرک کلید از کنتاکت ثابت ۲ در فلیپ فالپ حالت‌ذخیره (S=R=۱) به‌وجود می‌آید. لذا خروجی‌های آن تغییر وضعیت نمی‌دهد. همین طور به هنگام تغییر وضعیت از ۲ به ۱ نیز با اولین تماس کنتاکت متحرک با کنتاکت ثابت ۱ فلیپ‌فلاپ Set می‌شود.

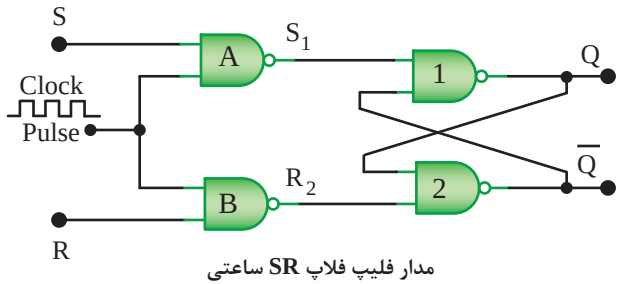
فلیپ فلاپSR ساعتی: فلیپ‌فلاپ SR دو اشکال اساسی دارد:

۱ عکس العمل نشان دادن فوری نسبت به تغییر وضعیت‌ورودی‌ها

۲ وجود حالت تعریف نشده (غیر مجاز)

نخستین اشکال، عکس‌العمل نشان‌دادن فوری نسبت به تغییر وضعیت ورودی‌ها است. یعنی به محض آن که ورودی‌های مدار تغییر کند، خروجی‌های آن نیز

متناسب با این تغییر وضعیت‌ها، تغییر می‌کند. برای رفع این مشکل، مدار فلیپ‌فلاپ SR را مطابق شکل اصلاح می‌کنیم. در این مدار پالس ساعت (PulseClock) به عنوان یک سیگنال فعال‌ساز عمل می‌کند.

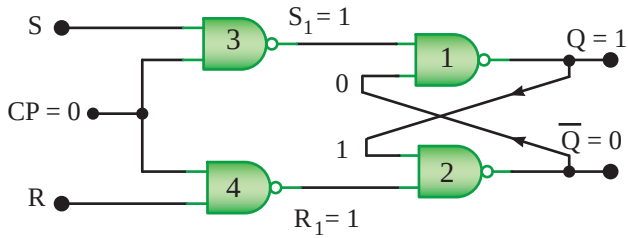


مدار فلیپ فلاپ SR ساعتی

جدول صحت فلیپ فلاپ SR ساعتی

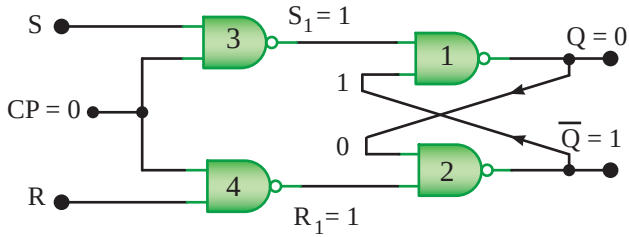
Clock	S	R	Q
۰	۱	۰	تغییر نمی‌کند
۰	۰	۱	تغییر نمی‌کند
۰	۱	۰	تغییر نمی‌کند
۰	۱	۱	تغییر نمی‌کند
۱	۰	۰	تغییر نمی‌کند
۱	۰	۱	۰ Reset
۱	۱	۰	۱ Set
۱	۱	۱	غیرمجاز

Pulse Clock یا پالس ساعت ورودی (CP) به عنوان‌یک سیگنال فعال‌ساز عمل‌می‌کند. هنگامی‌که CP = ۰ است، S۱ و R۱ در این شرایط یک می‌شود.
خروجی Q و $\overline{Q}$ تغییر وضعیت نمی‌دهند و حالت قبل خود را حفظ می‌کنند، شکل‌های زیر این حالت‌ها را نشان می‌دهد در واقع این شکل‌ها نشان می‌دهد که وضعیت S و R هرچه باشد چون پالس ساعت در وضعیت صفر منطقی است، خروجی حالت قبل خود را حفظ می‌کند و ثابت می‌ماند.



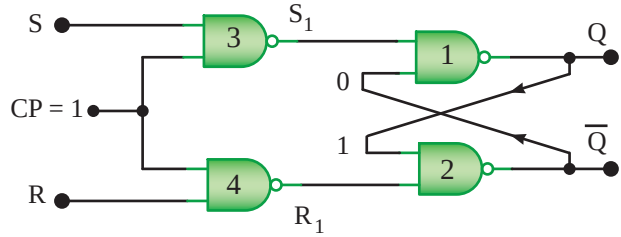
خروجی Q = ۱ حالت قبل را حفظ می‌کند و ثابت می‌ماند.

ورودی‌های S و R اثری در خروجی ندارند

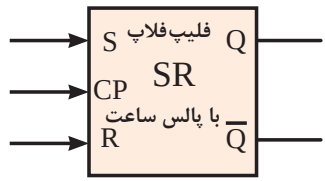


خروجی Q = ۰ حالت قبل را حفظ می‌کند و ثابت می‌ماند.

اگر CP =۱ شود خروجی‌گیت NAND شمارهٔ ۳ و ۴ براساس ورودی‌های S و R تغییر می‌کند و در این‌حالت خروجی Q و $\overline{Q}$ مطابق جدول درستی فلیپ‌فلاپ R-S ساعتی را در زمان اعمال پالس ساعت نشان می‌دهد.



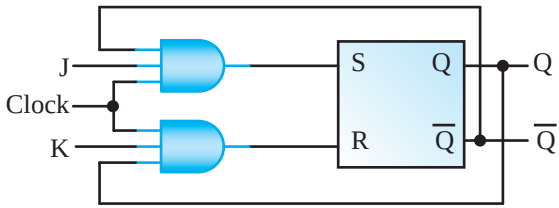
CP = ۱ است. Q و $\overline{Q}$ از مقادیر S و R تبعیت می‌کنند.



بلوک دیاگرام فلیپ‌فلاپ SR ساعتی

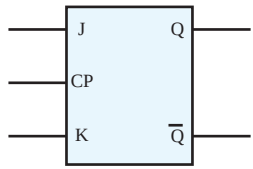
پاسخ فعالیت کارگاهی فلیپ فلاپ J-K :

یکی از اشکال‌های فلیپ فلاپ S-R مربوط به حالت تعریف نشدهٔ آن یعنی وضعیت S=R=۱ است. زیرا دراین حالت وضعیت غیر مجاز پیش می‌آید.
برای اصلاح این حالت از فلیپ فلاپ J-K استفاده می‌شود. در شکل پ مدار فلیپ فلاپ J-K رسم شده است. فلیپ فلاپ دارای مدار داخلی با گیت NOR است.



فلیپ فلاپ J-K

بلوک دیاگرام فلیپ فلاپ J-K را در شکل مشاهده می‌کنید.



نماد بلوکی فلیپ فلاپ J-K

جدول درستی فلیپ فلاپ J-K در جدول آمده است.

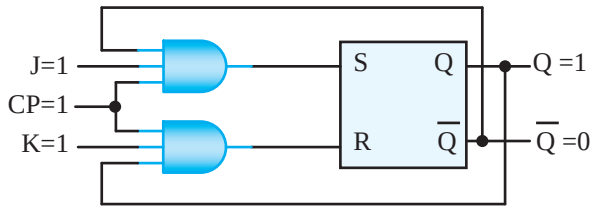
جدول صحت فلیپ فلاپ J-K

ورودی J — ورودی K — خروجی قبل از اعمال پالس ساعت

J	K	$Q_{(t)}$
۰	۰	$Q_{(t-۱)}$
۰	۱	۰
۱	۰	۱
۱	۱	$\overline{Q}_{(t-۱)}$

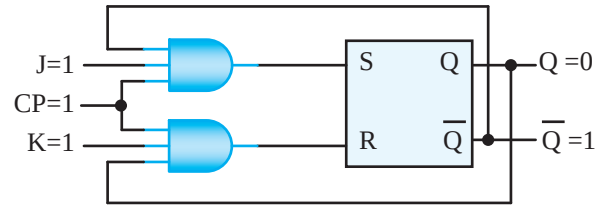
خروجی بعد از اعمال پالس ساعت: $\overline{Q}_{(t-۱)}$

این‌جدول نشان‌می‌دهد حالت ممنوعه برطرف‌شده است یعنی هنگامی‌که K = J =۱ می‌شود، اگر فلیپ‌فلاپ مطابق شکل زیر درحالت Set یعنی Q=۱ قرار داشته باشد، وضعیت آن تغییر می‌کند و Reset می‌شود.



J=۱ و K=۱ خروجی Q، ۱ است.

بنابراین مطابق شکل، خروجی Q=۱ به‌حالت Q=۱ تغییر حالت می‌دهد.



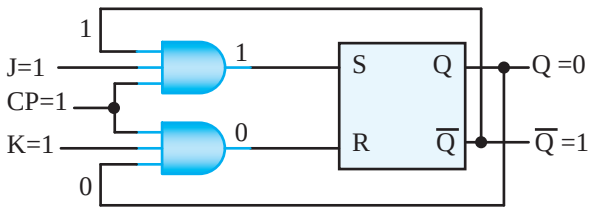
در وضعیت J=۱ و K=۱

Q و $\overline{Q}$ برعکس‌حالت قبل شده‌است. همچنین اگر فلیپ فلاپ در وضعیت Reset یعنی Q=۰ باشد با برقراری K=J=۱ به‌وضعیت Set می‌رود یعنی Q=۱ می‌شود به عبارت دیگر حافظه به حالتی برعکس وضعیت قبلی خود تغییر حالت می‌دهد. این وضعیت را که شبیه قطع و وصل‌کردن یک کلیداست حالت کلیدی می‌نامند.

باید توجه داشت تغییر وضعیت Q و $\overline{Q}$ زمانی رخ می‌دهد که پالس ساعت فعال باشد، (CP=۱) طبیعی است اگر پالس ساعت فعال نباشد یعنی CP =۰ شود Q و $\overline{Q}$ تغییر وضعیت نمی‌دهند و حالت اولیه خود را حفظ می‌کنند.

عیب فلیپ فلاپ J-K: همان‌طور که مشاهده کردید فلیپ‌فلاپ J-K توانسته است حالت تعریف نشدهٔ فلیپ فلاپ S-R را برطرف کند. چون خروجی‌های Qو $\overline{Q}$ مستقیماً به ورودی‌ها فیدبک شده‌اند. اگر در این حالت پالس ساعت برابر با (۱) باقی بماند، به دلیل وجود فیدبک، مقادیر مرتباً تغییر می‌کنند و خروجی فلیپ‌فلاپ دائماً بین صفر و یک نوسان می‌کند. درشکل صفحه بعد الف و ب تغییر وضعیت Q و $\overline{Q}$ نشان داده شده است.

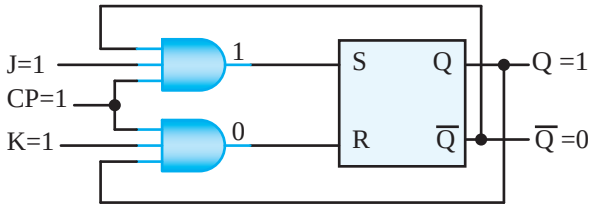
۱ فیدبک می‌یابد.



Q = ۰ , K = ۱ , J = ۱

۰ فیدبک می‌یابد.

(الف)



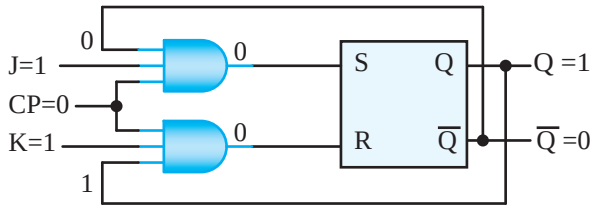
(ب)

با فیدبک خروجی Q و $\overline{Q}$ به ورودی وضعیت جدید Q =۱ و $\overline{Q}$ = ۰ ظاهر شده است.

حال اگر مطابق شکل پالس ساعت مساوی صفر (CP =۰) شود، در این لحظه Q روی آخرین وضعیت خود ثابت می‌ماند. این حالت فلیپ فلاپ را پدیدهٔ دورخود چرخیدن Around Race می‌گویند.

در این حالت وضعیت خروجی بین‌صفر و یک درحال نوسان است. برای برطرف کردن این عیب از فلیپ فلاپ JK-MS استفاده می‌شود.

۰ فیدبک می‌یابد.



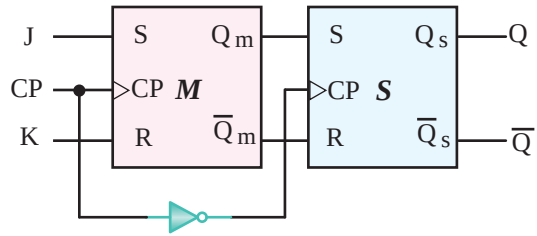
۱ فیدبک می‌یابد

Q و $\overline{Q}$ فیدبک می‌شوند چون CP = ۰ است خروجی تغییر نمی‌کند.

پاسخ فعالیت کارگاهی فلیپ فلاپ JK-MS (JK-Master salve):

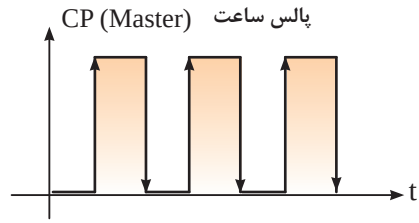
فلیپ‌فالپ JK-MS از دو فلیپ‌فلاپ R-S مجزا و مشابه هم درست شده‌است که یکی مستر (اصلی ـ Master) و دیگری اسلیو (فرعی ـ Slave) نام دارد. این فلیپ‌فلاپ‌ها هر دو با لبه بالارونده عمل می‌کنند. شکل صفحه بعد بلوک دیاگرام این

فلیپ‌فلاپ را نشان می‌دهد. خطوط فیدبک از Q و $\overline{Q}$ به‌ورودی‌ها رسم نشده است.

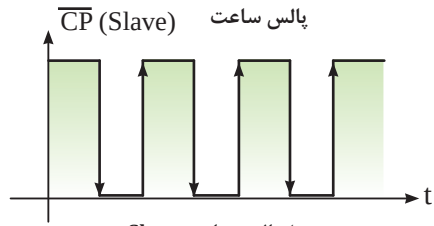


بلوک دیاگرام فلیپ‌فلاپ JK-MS بدون رسم مسیر فیدبک

با توجه به بلوک دیاگرام شکل بالا درمی‌یابیم پالس ساعت فلیپ‌فلاپ Master معکوس (NOT) می‌شود و به عنوان پالس ساعت فلیپ‌فلاپ Slave عمل می‌کند. شکل‌های الف و ب وضعیت پالس ساعت Masterو Slave را نسبت به‌هم نشان می‌دهد.



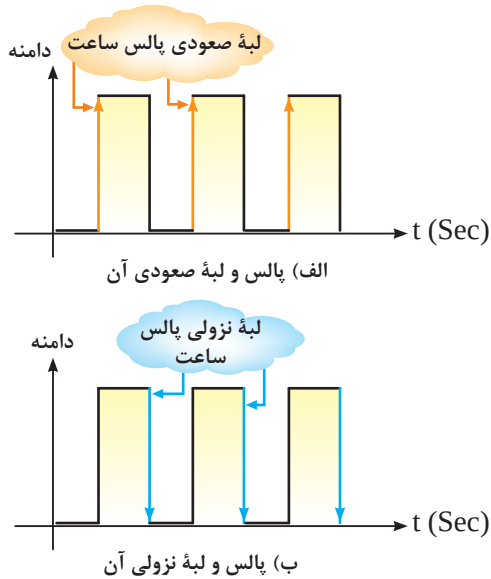
الف) پالس ساعت Master



ب) پالس ساعت Slave

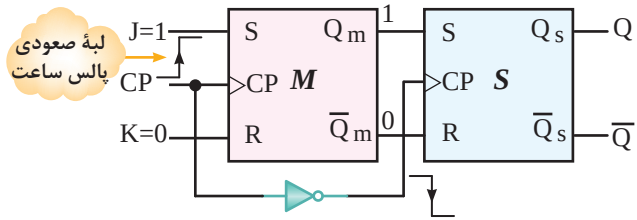
پالس‌های Master و Slave

هنگامی‌که‌پالس از ولتاژ صفر به سمت سطح ولتاژ زیاد تغییر می‌کند، به این بخش لبه صعودی پالس(لبه بالارونده) گویند. شکل الف لبه صعودی پالس را نشان‌می‌دهد. هنگامی که پالس از سطح ولتاژ زیاد به سمت سطح ولتاژ صفر نزول می‌کند این بخش، لبه نزولی پالس (پایین‌رونده) نام دارد. شکل ب لبه نزولی پالس را نشان می‌دهد.



پالس ساعت و لبه‌های صعودی و نزولی

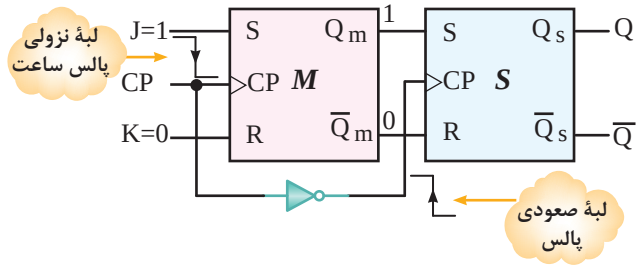
درفلیپ‌فلاپ JK-MS در هنگام لبه صعودی پالس Master، اطلاعات ورودی وارد حافظه Master می‌شود. شکل زیر نشان می‌دهدکه اطلاعات ورودی وارد حافظهٔ Master شده است.



در هنگام لبهٔ صعودی پالس ورودی، اطلاعات ورودی وارد حافظهٔ Master می‌شود.

در هنگام لبه نزولی پالس‌ساعت ورودی، پالس‌ساعت فلیپ‌فالپ Slave صعود می‌کند و اطلاعات حافظه Master، وارد حافظه Slave که حافظه خروجی است می‌شود. در شکل زیر لبه نزولی پالس ساعتMaster و لبه صعودی پالس ساعت Slave و ورود اطلاعات حافظه Master به‌حافظه Slave نشان داده شده است. مشاهده می‌شود هنگامی که اطلاعات به خروجی فلیپ فلاپ Slave انتقال می‌یابد و می‌خواهد به ورودی فلیپ‌فلاپ Master فیدبک شود، دروازه فلیپ‌فلاپ Master بسته است یعنی CP= ۰ است بدین ترتیب اطلاعات برگشتی نمی‌تواند

وارد حافظهMaster شود و حافظه را به نوسان درآورد.

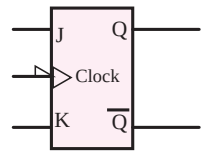


در هنگام لبهٔ نزولی پالس ساعت ورودی، پالس ساعت Slave صعود می‌کند و اطلاعات وارد حافظهٔ Slave می‌شود.

جدول درستی فلیپ‌فلاپ JK-MS مانند جدول درستی فلیپ‌فلاپ JK است. فقط در فلیپ فلاپ JK-MS اطلاعات در لبه نزولی پالس ساعت وارد حافظه می‌شوند. جدول زیر جدول درستی فلیپ‌فلاپ JK- MS را نشان می‌دهد بلوک دیاگرام فلیپ فلاپ JK-MS را در شکل زیر ملاحظه می‌کنید.

درستی فلیپ‌فلاپ JK-MS

J	K	CP	$Q_{(t)}$
۰	۰	⊓	$Q_{(t-1)}$ حالت قبلی را حفظ می‌کند
۰	۱	⊓	۰ RESET
۱	۰	⊓	۱ SET
۱	۱	⊓	$\overline{Q}_{(t-1)}$ حالت قبلی عکس می‌شود



بلوک دیاگرام فلیپ‌فلاپ JK-MS

دانش افزایی

رجیسترها یا ثبات‌ها مدارهایی هستند که اطلاعات باینری را به‌صورت موقتی ذخیره می‌کنند و موارد کاربردی آن به شرح زیر است:

- انجام محاسبات ریاضی و منطقی روی اطلاعات
- نگهداری اطلاعات ورودی به یک رمزگشا
- نگهداری اطلاعات خروجی از یک رمزگذار
- نگهداری اطلاعات ورودی و خروجی در کامپیوتر

شیفت رجیسترها (SHIFT Registers) و شمارنده‌ها (COUNTERS):

یک ثبات یا رجیستر مجموعه‌ای از فلیپ فلاپ‌ها (سلول‌های حافظه) است که می‌تواند اطلاعات دودویی (باینری) را در خود نگه دارد. رجیستری که قادر است اطلاعات باینری ذخیره شده در خود را به سمت راست یا چپ انتقال دهد، شیفت رجیستر نامیده می‌شود.

اتصال فلیپ فلاپ‌ها به گونه‌ای است که یک رشته ارقام باینری به آنها وارد یا از آنها خارج می‌شود. این نوع مدارها را معمولاً شیفت رجیستر یا ثبات انتقالی می‌نامند.یک شیفت رجیستر n بیتی از n فلیپ فلاپ تشکیل می‌شود و می‌تواند n بیت اطلاعات را در خود ذخیره کند. یک نمونه از کاربرد شیفت رجیستر در ماشین حساب است.

با ورود هر رقم از صفحه کلید اعداد روی نمایشگر به چپ جابه‌جا می‌شوند. مثلاً برای ورود عدد ۲۶۸ ابتدا با فشار دادن کلید ۲ و رهاسازی آن رقم ۲ در سمت راست نمایشگر ظاهر می‌شود. سپس با فشردن کلید ۶ و رهاسازی آن رقم ۲ یک مکان به چپ می‌رود و برای ظهور ۶ روی صفحه کلید جا باز می‌کند. نهایتاً اگر کلید ۸ را بفشارید و رها کنید عدد ۲۶۸ روی صفحه نمایش ظاهر خواهد شد. ذکر این مثال دو مشخصه مهم یک شیفت رجیستر را نشان می‌دهد.

۱ مدار داخلی ماشین حساب یک ثبات موقت است.به طوری که حتی اگر دکمه صفحه کلید را رها کنید اعداد روی نمایشگر باقی می‌ماند.

۲ هربار که یک رقم جدید را روی صفحه کلید می‌فشارید مدار داخلی اعداد روی صفحه نمایش را یک رقم به چپ جابه‌جا می‌کند. مدارهایی که عمل جابه‌جایی و ذخیره سازی را انجام می‌دهند شیفت رجیستر نام دارند.مدار شیفت رجیستر در سیستم‌های الکترونیکی دیجیتالی کاربرد دارد.

تحقیق

در مورد انواع شیفت رجیسترها و کاربرد آنها تحقیق کرده و نتیجه را به‌صورت پرده نگار نمایش دهید.

پاسخ:

انواع شیفت رجیستر: برحسب این که اطلاعات چگونه ثبت (نوشته) و به چه صورت خوانده شود، شیفت رجیسترها را به چهار گروه زیر دسته‌بندی می‌کنند:

۱ ورودی سری ـ خروجی سری (SISO) یا متوالی ـ متوالی یا سری ـ سری
SERIA OUTPUT - SERIA INPUT

۲ ورودی سری ـ خروجی موازی (SIPO) یا متوالی ـ موازی یا سری ـ موازی
SERIA INPUT ـ PARAIEII OUTPUT

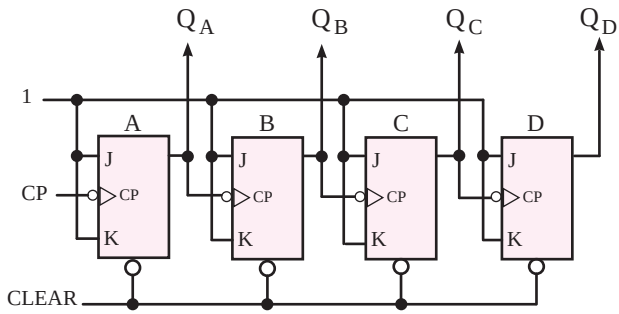
۳ ورودی موازی ـ خروجی سری(PISO) یا موازی ـ متوالی یا موازی ـ سری
PARAIEII INPUT ـ SERIA OUTPUT

۴ ورودی موازی ـ خروجی موازی(PIPO) یا موازی ـ موازی PARAIEII INPUT
PARAIEII OUTPUT

دانش افزایی

شمارنده‌ها (Counters):

شمارنده‌ها مدارهایی هستند که از تعدادی فلیپ فلاپ که به‌صورت سری به هم متصل شده‌اند، تشکیل می‌شود و عملاً پالس‌های ورودی به مدار را شمارش می‌کنند. شمارنده‌ها به‌عنوان تقسیم‌کننده فرکانس نیز به کار می‌روند. شمارش ممکن است برمبنای ۱۰یا هرمبنای دیگری انجام شود عنصر اصلی هرشمارنده فلیپ‌فلاپ است. یک شمارنده با n طبقه فلیپ فلاپ حداکثر می‌تواند 2^n حالت تعریف شده داشته باشد. شکل زیر یک شمارنده ۴بیتی را نشان می‌دهد. تعداد وضعیت‌هایی را که یک شمارنده قبل از رسیدن به حالت اولیه طی می‌کند، مدول(modules) یا پیمانه شمارنده می‌نامند. مثلاً یک شمارنده باینری ۳ بیتی از مدول ۸ یعنی ۸ وضعیتی و یک شمارنده باینری ۴ بیتی از مدول ۱۶ یعنی۱۶ وضعیتی است.



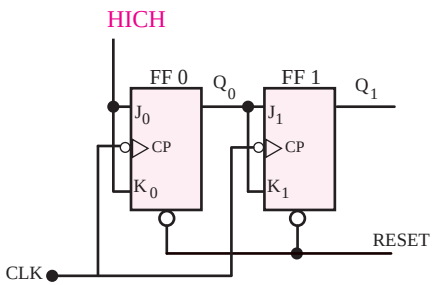
مدار شمارندهٔ ۴ بیتی

دانش افزایی

انواع شمارنده‌ها: شمارنده‌ها براساس نحوه کار به شمارنده آسنگرون (Asynchronous) غیرهم‌زمان و شمارنده‌های سنگرون (synchronoun) هم‌زمان تقسیم‌بندی می‌شوند.

شمارنده آسنگرون: در شمارندهٔ آسنگرون پالس ساعت فلیپ فلاپ به‌طور هم‌زمان به آنها اعمال نمی‌شود و هر طبقه پالس ساعت خود را از خروجی طبقه ماقبل خود دریافت می‌کند. شمارندهٔ آسنگرون به شمارندهٔ ضربانی (Ripple Counter) نیز معروف است. فلیپ فلاپ‌های به‌کار رفته در این نوع شمارنده از نوع T است و باید همواره T=۱ باشد.

شمارنده سنگرون (هم‌زمان): در شمارنده آسنگرون تغییر وضعیت هر فلیپ فلاپ به تغییر وضعیت فلیپ فلاپ ما قبل آن بستگی دارد. به همین جهت سرعت عمل در این نوع شمارنده کم است.همچنین اگر فرکانس پالس ساعت زیاد شود، در شمارش خطا به‌وجود می‌آید. در شمارندهٔ سنگرون، پالس ساعت کلیهٔ فلیپ فلاپ‌ها ازیک منبع تأمین می‌شود. بدین ترتیب اشکال مربوط به شمارندهٔ آسنگرون را برطرف می‌کند. در شمارندهٔ سنگرون از گیت‌های بیشتری نسبت به شمارندهٔ آسنگرون استفاده می‌شود. در شکل زیر یک شمارندهٔ سنگرون دوبیتی نشان داده شده است، که در آن از دو فلیپ فلاپ نوع T استفاده شده است.



شمارندهٔ دوبیتی هم‌زمان

درفلیپ فلاپ FF_0 ورودی‌های J_0 و K_0 هردو در وضعیت یک منطقی (High) قراردارند.این نوع فلیپ فلاپ در لبه پایین رونده (نزولی) پالس ساعت تغییروضعیت می‌دهد .چون Q به J_1 متصل است لذا FF_1 زمانی تغییر وضعیت می‌دهد که Q_0 در حالت یک قرار دارد.

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان (فصل)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
کاربری مدارهای الکترونیکی	تبدیل مبنای اعداد به یکدیگر و بررسی گیت‌های منطقی و مدارهای ترکیبی و ترتیبی	بستن انواع گیت‌های منطقی به‌صورت کاربردی در مدارهای ترکیبی و ترتیبی	بالاتر از حد انتظار	۱ تبدیل اعداد از یک مبنا به مبنای دیگر ۲ بررسی دروازه‌های منطقی و بستن سخت‌افزاری دروازه‌های منطقی با آی‌سی ۳ بررسی و بستن کلی مدارهای ترکیبی و ترتیبی * هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌ها را داشته باشد	۳
			در حد انتظار	۱ تبدیل اعداد از یک مبنا به مبنای دیگر ۲ بررسی دروازه‌های منطقی و بستن سخت‌افزاری دروازه‌های منطقی با آی‌سی ۳ بررسی و بستن کلی مدارهای ترکیبی و ترتیبی * هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ تبدیل اعداد از یک مبنا به مبنای دیگر ۲ بررسی دروازه‌های منطقی و بستن سخت‌افزاری دروازه‌های منطقی با آی‌سی ۳ بررسی وبستن کلی مدارهای ترکیبی و ترتیبی * هنرجو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد	۱
	نمرهٔ مستمر از ۵				
	نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳				
	نمرهٔ پودمان از ۲۰				

ارزشیابی شایستگی کاربری مدارهای دیجیتالی

۱ـ شرح کار:

- تشریح سامانهٔ اعداد؛
- تشریح عملکرد دروازه‌های پایه و ترکیبی؛
- ساده سازی توابع مدارهای منطقی؛
- شرح کلی مدارهای ترکیبی؛
- شرح کلی مدارهای ترتیبی.

۲ـ استاندارد عملکرد:

- کار با دروازه‌های منطقی و مدارهای ترکیبی دیجیتالی و بستن مدارهای کاربردی دیجیتالی با رعایت استانداردهای حاکم بر آنها.

۳ـ شاخص‌ها:

- تشریح کامل تجهیزات، قطعات ودستگاه‌های الکترونیکی.

۴ـ شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: مکان دارای کف عایق یا آنتی استاتیک و مناسب برای انجام کار وکارگاه مجهز به لوازم ایمنی باشد.
ابزار و تجهیزات: کلیهٔ دستگاه‌های الکترونیکی و قطعات الکترونیکی و میز آزمایشگاهی الکترونیک با تجهیزات استاندارد.

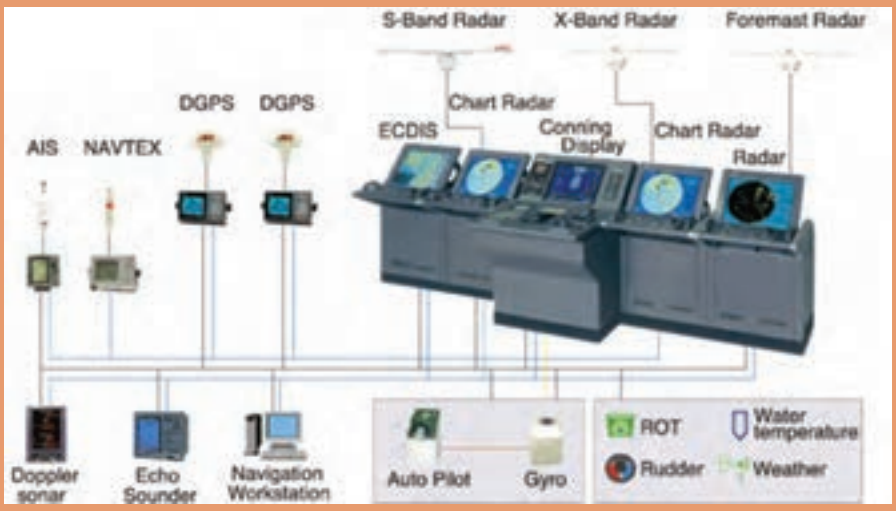
۵ـ معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تبدیل اعداد از یک مبنا به مبنای دیگر	۱	
۲	تشریح دروازه‌های منطقی	۲	
۳	بستن سخت افزاری مدار دروازه‌های منطقی با آی سی	۱	
۴	تشریح کلی عملکرد مدارهای ترکیبی	۱	
۵	بستن سخت افزاری مدارهای ترکیبی	۱	
۶	تشریح کلی عملکرد مدارهای ترتیبی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و ... ۱ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها؛ ۲ دقت و تمرکز در اجرای کار؛ ۳ شایستگی تفکر و یادگیری مادام العمر؛ ۴ رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه‌ای.	۲	
	میانگین نمرات		*

* **حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.**

پودمان ۵

کاربری سامانه‌های انتقال اطلاعات



نوع درس: نظری ـ عملی

کل ساعات: ۶۰ ساعت

ساعات نظری: ۲۰ ساعت

ساعات عملی: ۴۰ ساعت

سؤالات پیشنهادی

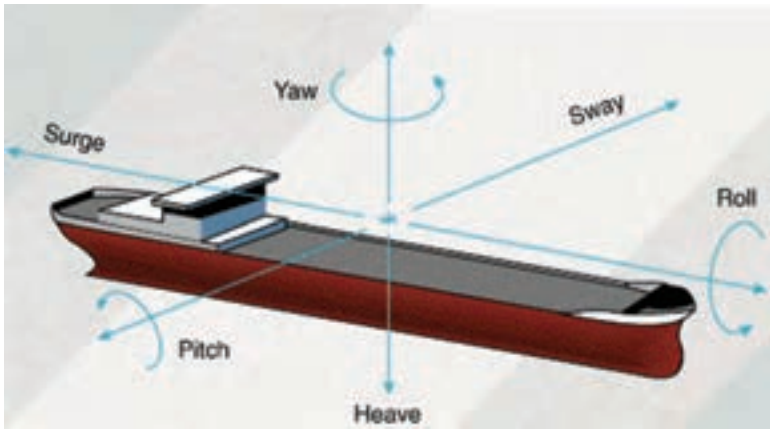
۱ AIS بر چه اساسی و در چه بستری کار می‌کند؟
۲ اجزا و مؤلفه‌های AIS کدام اند؟
۳ انواع اطلاعات ارسالی و نحوهٔ ارسال آنها چگونه می‌باشد و چه شناورهایی ملزم به داشتن AIS هستند؟
۴ نحوهٔ عملکرد سیستم AIS چگونه است؟
۵ LRIT چگونه و بر چه اساسی کار می‌کند و اجزا و مؤلفه‌های آن کدام‌اند؟
۶ کاربران مجاز سیستم LRIT چه کسانی هستند و به چه اطلاعاتی دست می‌یابند؟
۷ VDR چیست و چه کاربردی در شناورها دارد؟
۸ اجزا و مؤلفه‌های یک VDR کدام‌اند؟
۹ VDR در شناورها چه اطلاعاتی را و با چه هدفی ذخیره می‌کند؟

روش تدریس

عنوان این پودمان تحت عنوان «سامانه‌های انتقال اطلاعات» یک عنوان کلی برای سیستم‌هایی است که در این بخش تشریح می‌شوند؛ یعنی در واقع هر کدام از سیستم‌های معرفی شده، به نوعی اطلاعات خاصی را جمع‌آوری نموده و به جای خاصی منتقل می‌کنند. این عنوان یک عنوان متعارف یا معروف نیست. با توجه به اینکه همه سیستم‌هایی که در این بخش معرفی می‌شوند به نوعی اطلاعات را انتقال می‌دهند، این نام برای این بخش انتخاب شده است. در تصویر ابتدایی این پودمان سامانه‌های مختلف کمک ناوبری و ناوبری الکترونیک، ازجمله برخی سامانه‌های انتقال اطلاعات را می‌بینید. در تصویر دوم نیز یک مرکز کنترل اطلاعات مانند مرکز کنترل ترافیک شناورها را ملاحظه می‌کنید. یک نکته مهم این است که کلیه سیستم‌های کمک ناوبری که با هدف ارتقای سطح ایمنی دریانوردی طراحی شده‌اند قابلیت ارتقا و تعویض با سیستم جایگزین بهتر را پس از ثبت جهانی دارا می‌باشند.

در این پودمان تلاش شده است که همه اجزا و قواعد و کاربری سه سامانه مهم کمک ناوبری، که هر یک اطلاعات خاصی را با توجه به اهداف و روش‌های از پیش تعیین شده ذخیره و ارسال می‌نمایند، شرح داده شود. همچنین مانند سایر پودمان‌ها به دلیل شرایط خاص دریایی و تجهیزات ویژه دریایی و ارتباطات کارکنان کشتی‌ها با ملیت‌های مختلف، ارتقای سطح زبان خارجه هنرجویان و هنرآموزان، جزو اهداف این پودمان بوده و تلاش شده است تا از زبان انگلیسی زیاد استفاده شود.

در بخش اول این پودمان در ابتدا تعاریف و کاربردهای سامانه AIS و همچنین اهداف و اجزای مرتبط با این سیستم شرح داده می‌شود، سپس کلاس‌های مختلف کشتی‌ها و شناورها یا سایر قسمت‌هایی که قواعد بین‌المللی دریانوردی در مورد نحوه ارتباط آنها با این سامانه درنظر دارد، تشریح می‌شود.
در ادامه اهداف و مزایای سامانه AIS و اطلاعات مختلفی در این سامانه بین مشترکان تبادل می‌شود که دسته‌بندی و نحوه ارسال این اطلاعات، بیان می‌شود.
در ادامه نحوه عملکرد سامانه و انواع صفحات نمایش اطلاعات این سامانه در شناورها نشان داده می‌شود. بعد از شرح کامل آنها کاربری یک نمونه از این سیستم شرح داده می‌شود و نحوه بازپرسی از راه دور به‌وسیله این سامانه توضیح داده می‌شود. هدف، دستیابی هنرجویان به همان سطح از اطلاعاتی است که در کتاب آمده و همچنین به‌کارگیری این سامانه در صورت امکان در داخل یک شناور بسیار کمک‌کننده است. همچنین سایت اینترنتی معرفی شده فضای مناسبی برای دیدن اطلاعات کشتی‌های در حال دریانوردی و تمرین کاربری است.
در بخش بعد، سامانه LRIT که بسیار مشابه AIS اما در برد وسیع‌تر و با اهداف کلان‌تر و اطلاعات بیشتر می‌باشد، تشریح می‌شود. در این بخش نیز اجزای سامانه LRIT ، گستره آن، قواعد و الزامات آن و کشتی‌ها و سایر مراکز مجاز دستیابی به اطلاعات و تنظیمات این سامانه معرفی می‌شوند و اطلاعاتی که باید در این سامانه بین اجزای مجاز آن تبادل شود، تبیین می‌شود. همچنین برای نشان دادن سیر تولد و تکمیل و رشد و رونق گرفتن این سامانه در روند تاریخ، بیان می‌گردد. به‌طور کلی این سامانه برای کنترل و زیر نظر گرفتن تردد کشتی‌ها و داشتن اطلاعات مختلف آنها می‌باشد. بعضی از محاسن این سامانه اطلاع یافتن صاحبان کشتی‌ها و شرکت‌های طرف قرارداد از آخرین وضعیت تردد کشتی خود از طریق این سامانه می‌باشد، از طرف دیگر کار مراکز کنترل ترافیک دریایی اعم از سازمان‌های نظارت تردد و یا امنیتی راحت‌تر می‌شود. توجه داشته باشید که با توجه به اینکه اطلاعات کشتی‌ها توسط صاحبان آنها در اختیار این سامانه قرار می‌گیرد ممکن است بنا به دلایلی از جمله انواع قاچاق، نادرست باشد که البته در صورت کشف، کشور صاحب پرچم ملزم به پاسخ‌گویی است.
در بخش آخر نیز سامانه VDR و اجزای مختلف آن و وظایف هر واحد یا بخش بیان می‌شود. هدف از کاربری این سامانه همان هدف از جعبه سیاه در هواپیماست که در کتاب به‌طور مفصل به آن پرداخته شده است. همچنین اطلاعاتی که این سامانه باید آنها را ثبت نماید بیان شده است. در ادامه کشتی‌هایی که ملزم به نصب این سیستم در کشتی خود هستند معرفی می‌شوند همچنین نحوه عملکرد و اهداف آن نیز شرح داده می‌شود.
در شکل صفحهٔ بعد حرکت رول و پیچ و یاو شناور، مشاهده می‌شود. این حرکات در کتاب اشاره شده است و کارکنان کشتی‌ها آنها را بسیار خواهند شنید.



حرکات اصلی در یک شناور در آب

تحقیق کنید

درخصوص IMO تحقیق نماید.

پاسخ:

IMO مخفف چندین نهاد و موضوع می‌باشد اما در اینجا که بحث دریا و دریانوردی می‌باشد، INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION موردنظر است. طرح تأسیس سازمان بین‌المللی دریانوردی(IMO) در ۶ مارس ۱۹۴۸ در کنفرانسی که در ژنو برگزار شده بود به تصویب رسید. سازمان مذکور سابقاً سازمان مشورتی دریایی بین الدول خوانده می‌شد، اما از سال ۱۹۸۲ به سازمان بین‌المللی دریانوردی تغییر نام داد. هدف سازمان بین‌المللی دریانوردی، تسهیل همکاری و مبادله اطلاعات میان کشورهای عضو در زمینه موضوعات فنّی مربوط به کشتیرانی و به وجود آوردن عالی‌ترین معیارهای ایمنی دریایی است. سازمان بین‌المللی دریانوردی به‌طور کلی صلاحیت دارد درخصوص کلیه مسائل اداری و حقوقی مربوط به دریانوردی، اقدامات و تصمیمات لازم را انجام دهد و تاکنون پس از ۵۳ سال فعالیت مستمر توانسته است ۵۰ کنوانسیون و پروتکل و بیش از ۱۰۰۰ کد و توصیه‌نامه در رابطه با ایمنی و امنیت دریانوردی، جلوگیری از آلودگی دریاها و موضوعات مرتبط دیگر را به تصویب برساند.

سازمان بین‌المللی دریانوردی از یک مجمع به عنوان عالی‌ترین رکن سازمان، شورا به عنوان بازوی اجرایی سازمان و پنج کمیته اصلی تشکیل شده است. همچنین، تعداد زیادی کمیته‌های فرعی کارهای تخصصی سازمان را پیگیری می‌کنند. کمیته‌های اصلی سازمان شامل کمیته امنیت دریایی، کمیته حفاظت از محیط‌زیست دریایی، کمیته مسایل حقوقی، کمیته همکاری‌های فنی و کمیته

تسهیل می‌باشد. کارهای مقدماتی کنوانسیون معمولاً توسط یک کمیته صورت می‌پذیرد سپس، پیش‌نویس سند به کنفرانس دیپلماتیک تسلیم می‌شود. در این کنفرانس از تمامی اعضای سازمان ملل دعوت می‌شود که در آن متن نهایی تصویب و به دولت‌ها نیز تسلیم می‌شود تا مورد تصویب آنها قرار گیرد. این سند پس از انجام مقدماتی لازم‌الاجرا می‌شود.

اجرای الزامات کنوانسیون برای کشورهای عضو الزامی است. کنوانسیون‌های مصوب سازمان بین‌المللی دریانوردی در چهار گروه کلی کنوانسیون‌های ایمنی، کنوانسیون‌های آلودگی، کنوانسیون‌های مسئولیت و جبران خسارت و سایر کنوانسیون‌ها دسته‌بندی می‌شود. براساس همین کنوانسیون‌ها بسیاری از مجوزها و گواهینامه‌های دریانوردی صادر می‌شوند که نگهداری آنها در کشتی‌ها الزامی است.

در اینجا آشنا شدن با چند کنوانسیون دریایی خالی از لطف نیست.

کنوانسیون‌های ایمنی

از دهه‌های پایانی قرن نوزدهم نگرانی‌های فزاینده در مورد ایمنی و امنیت دریانوردی موجب تقاضا برای تأسیس یک سازمان بین‌المللی دریایی بوده است. پس از غرق شدن کشتی تایتانیک در سال ۱۹۱۴ میلادی و جان باختن تعداد زیادی از مسافرین آن به علت کمبود قایق‌های نجات، اولین نسخه‌های مقررات ایمنی دریانوردی ارائه شد که به علت شروع جنگ جهانی اول مورد توجه کشورها قرار نگرفت. پس از جنگ جهانی دوم ضرورت و اهمیت ایمنی دریانوردی زمینه‌های تشکیل سازمان بین‌المللی دریانوردی را به وجود آورد. پس از تشکیل سازمان بین‌المللی دریانوردی موضوعات مرتبط با ایمنی در اولویت کاری این سازمان قرار گرفت. مهم‌ترین کنوانسیون‌های مربوط به ایمنی شامل موارد زیر می‌شود.

کنوانسیون ایمنی جان اشخاص در دریا(SOLA): کنوانسیون ایمنی جان اشخاص در دریا مهم‌ترین کنوانسیون بین‌المللی دریانوردی است که هدف آن کسب اطمینان از رعایت استانداردهای لازم در ساخت کشتی‌ها، نصب تجهیزات و کاربری آنها توسط کشورهای عضو می‌باشد. این کنوانسیون شامل دوازده قسمت است که به موضوعاتی نظیر تعادل کشتی، نصب تجهیزات مکانیکی و الکتریکی، اطفای حریق، تجهیزات بقا در دریا، ارتباطات رادیویی، ایمنی ناوبری، حمل بار و کالاهای خطرناک، امنیت دریانوردی و... می‌پردازد. بخش یازدهم این کنوانسیون در مورد مقررات بین‌المللی امنیتی بنادر و کشتی‌ها (ISPS Code) است که در پی‌حوادث یازدهم سپتامبر و از سال ۲۰۰۴ با بهانه اقدامات ضدّ تروریستی لازم‌الاجرا شده است.

کنوانسیون بین‌المللی جلوگیری از تصادم در دریا (COLREG): این کنوانسیون

به منظور تأمین حداکثر ایمنی تردد در دریا در ۳۸ ماده به تصویب رسیده است و قواعد مربوط به تردد ایمن کشتی‌ها از کنار هم، چراغ‌های ناوبری، علائم روز و سیگنال‌های صوتی در شرایط مختلف را مشخص کرده است.

کنوانسیون استانداردهای آموزش، صدور گواهینامه و نگهبانی دریانوردان (STCW): این کنوانسیون با تمایل به افزایش ایمنی جان و مال اشخاص در دریا و حفاظت محیط‌زیست دریایی با ایجاد استانداردهای آموزش و صدور گواهینامه و نگهبانی دریانوردان از طریق توافق مشترک، مشتمل بر ۱۷ ماده در تاریخ ۱۷ جولای ۱۹۷۸ در لندن به تصویب سازمان بین‌المللی دریانوردی رسید. این کنوانسیون در مورد دریانوردانی اعمال می‌شود که در کشتی‌هایی خدمت می‌کنند که مجاز به برافراشتن پرچم یک کشور عضو هستند.

کنوانسیون تجسس و نجات دریایی (SAR): این کنوانسیون سازماندهی مراکز تجسس و نجات عملیات تجسس و نجات در یک منطقه مشترک پیش‌بینی کرده است. علاوه بر این مقدماتی در رابطه با اقدامات آمادگی، ایجاد نقشه‌ها و تعیین منطقه‌های عملیاتی، ایجاد مراکز اصلی و فرعی تجسس و نجات و همچنین در صورت بروز سانحه، روش‌های عملیاتی مؤثر را به‌طور کامل مورد پیش‌بینی قرار داده است. هدف این کنوانسیون به وجود آوردن یک سیستم هماهنگ بین‌المللی در زمینه تجسس و شیوه‌های نجات کشتی‌ها و اشخاص مضطر در دریا است.

کنوانسیون ایجاد سازمان بین المللی ماهواره‌های دریایی (INMARSAT) براساس این کنوانسیون، سازمان بین‌المللی ماهواره‌های دریایی تأسیس شد که هدف آن، فراهم آوردن بخش فضایی لازم به منظور بهبود ارتباطات دریایی و در نتیجه کمک به بهبود کمک‌رسانی به کشتی‌های آسیب دیده و نجات زندگی در ارتباطات دریایی، کارایی و مدیریت کشتی‌ها، خدمات مکاتباتی عمومی دریایی و امکانات تعیین محل وسیله بی‌سیم است و سازمان تلاش می‌کند که در همه مناطقی که به ارتباطات دریایی نیاز باشد، خدمات خود را ارائه کند.

کاربری سامانه شناسایی خودکار (Automatic Identification System) AIS

در این بخش، با عملکرد AIS و اطلاعات آن آشنا خواهیم شد. کاربری یکی از مدل‌های این سامانه نیز به‌طور مختصر شرح داده می‌شود. به‌طور کلی کار با هر مدل از این دستگاه‌ها مشابهت زیادی با سایر مدل‌ها دارند، همانند موبایل‌ها که کار با آنها شباهت‌های زیادی با هم دارند و اغلب نیاز به آموزش جداگانه ندارند.

سیستم AIS

در شکل ۱ کتاب (شکل فوق) چگونگی یک ارتباط کلی و کامل در یک سامانه AIS و مسیرهای ارتباطی بین اجزای آن و همچنین اجزای این مسیر ارتباطی دیده می‌شود. از سمت چپ به ترتیب یک مرکز کنترل ترافیک شناور و شبکه ارسال اطلاعات AIS و سپس ایستگاه‌های ساحلی ارسال و تکرارکننده‌ها و بعد ارتباط برمبنای VHF بین اجزای این سامانه که در شکل مشاهده می‌شود و و مفهوم و مخفف اغلب آنها در متن کتاب آمده و شرح داده شده است. لینک ارتباطی و کلاس‌های مختلف و مراکز مجاز بهره‌برداری که در متن کتاب شرح داده شده و مرکز شبکه ارسال اطلاعات و ایستگاه‌های ارسال و چگونگی ارتباط بین آنها را می‌توان مشاهده کرد.

تحقیق

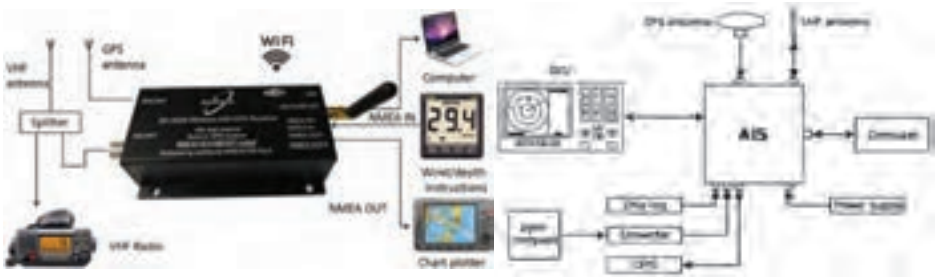
درخصوص کلیات کنوانسیون SOLAS بیشتر تحقیق نمایید.

پاسخ:

کنوانسیون ایمنی جان اشخاص در دریا مهم‌ترین کنوانسیون بین‌المللی دریانوردی است که هدف آن کسب اطمینان از رعایت استانداردهای لازم در ساخت کشتی‌ها، نصب تجهیزات و کاربری آنها توسط کشورهای عضو می‌باشد. این کنوانسیون شامل دوازده قسمت است که به موضوعاتی نظیر تعادل کشتی، نصب تجهیزات مکانیکی و الکتریکی، اطفای حریق، تجهیزات بقای در دریا، ارتباطات رادیویی، ایمنی ناوبری، حمل بار و کالاهای خطرناک، امنیت دریانوردی و ... می‌پردازد. بخش یازدهم این کنوانسیون در مورد مقررات بین‌المللی امنیتی بنادر و کشتی‌ها است و از سال

۲۰۰۴ لازم‌الاجرا شده است. (در ابتدای این فصل شرح داده شده است.)

اجزای کلی در سامانه شناسایی خودکار



دو تصویر از اجزای یک سیستم AIS

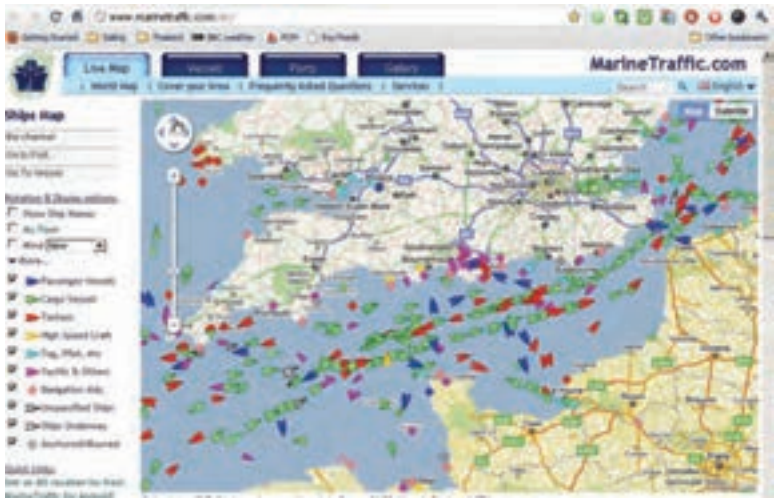
در شکل فوق آنتن‌های GPS و VHF برای دریافت اطلاعات موقعیت و ارتباط با سایر کلاس‌ها می‌باشد. همچنین برخی سیستم‌های کمک ناوبری مثل جایرو و سرعت‌سنج و قسمت میکروپروسسور که ورودی‌ها و خروجی‌ها را دریافت و پردازش نموده و به‌صورت خودکار ارسال می‌کند و یک کامپیوتر که برای ارتباط با کاربران جهت ورود اطلاعات می‌باشد، مشاهده می‌شود.

فعالیت کلاسی

به سایت MarineTraffic مراجعه کنید و اطلاعات چند شناور در خلیج‌فارس را بیابید و در کلاس ارائه نمایید.

پاسخ:

در این سایت می‌توان با روش‌های مختلف، مثلاً فراخوانی نام کشتی، یا فراخوانی برحسب بار کشتی یا برحسب پرچم کشتی یا مکان و یا بسیاری موارد دیگر، کشتی را انتخاب نمود و اطلاعات کشتی‌های دارای این سامانه را در هر نقطه جهان مشاهده نمود.



نمایی از صفحه سایت marinetraffic و مشخصات اولیه کشتی‌ها

فعالیت کلاسی

ترجمه کنید.

پاسخ:

Ship Name	نام کشتی
Vessel Type	نوع شناور
Speed	سرعت
Course	مسیر حرکت
Destination	مقصد
Eta (UTC)	زمان تقریبی رسیدن به مقصد
Current Port	بندر فعلی
Current Area	منطقه فعلی

Position Received (UTC) موقعیت دریافت شده (حسب زمان مرجع)

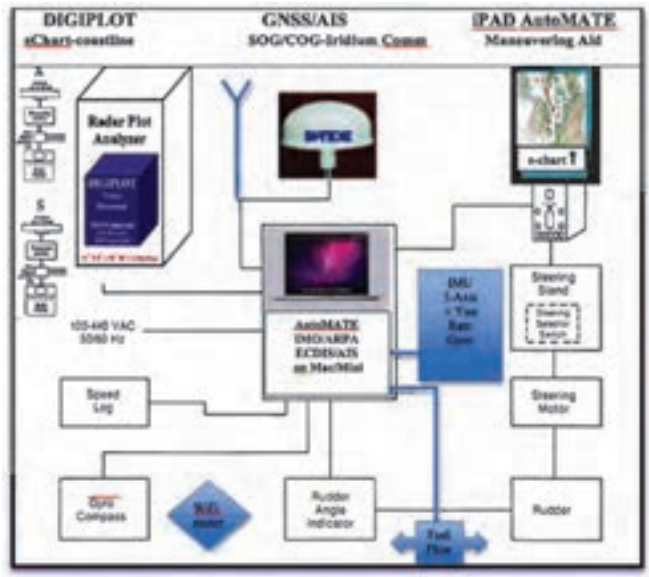
فعالیت کارگاهی

به یک واحد شناوری مراجعه نموده و با همکاری کاربر AIS با آن کار کنید و اجزای آن را شناسایی کنید.

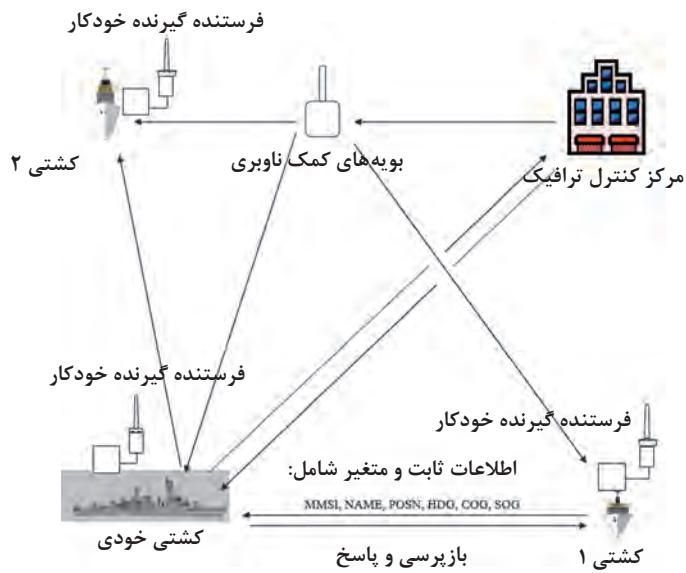
پاسخ:

برخی از شناورها دارای این سیستم هستند، در صورت در اختیار داشتن

آن در کارگاه می‌توانید آن را مشاهده و کار کنید و با مراجعه به شناورهای شهرهای بندری می‌توانید این سیستم را ببینید و با کمک متصدی آنها با دستگاه کار کنید.



نگاه دیگر به اطلاعات انتقالی از سامانه AIS



ارتباط بازپرسی از راه دور در سامانه AIS

در این شکل ارتباط بین اجزا و اطلاعات دریافتی و کانال ارتباطی بین اجزا را در یک بازپرسی دریایی از راه دور مشاهده می‌کنید.

صفحه نمایش ICD سامانه AIS

صفحه نمایش گرافیکی (مانند صفحه نمایش سایت marinetraffic)

کاربری سامانه شناسایی و ردیابی برد بلند کشتی (LRIT (Long Range Identification and Tracking

فعالیت کلاسی

ترجمه کنید.

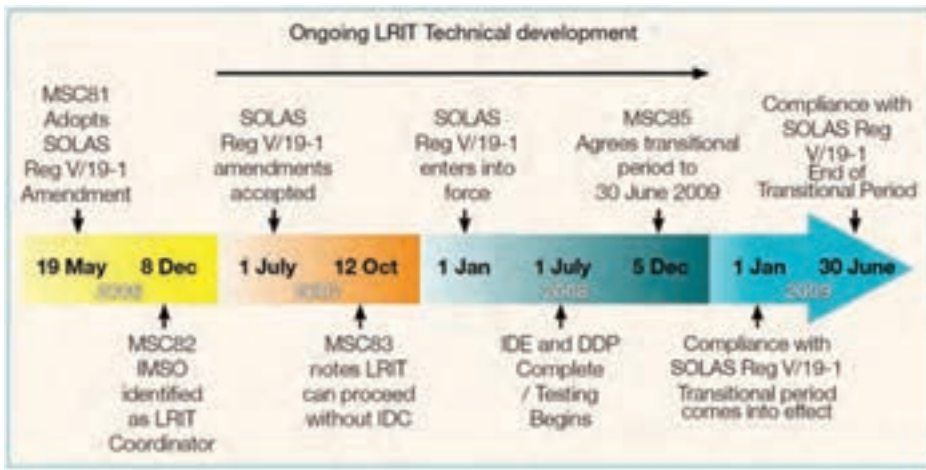
پاسخ:

acronym	definitions	ترجمه
APR	Automatic Position Report	گزارش خودکار موقعیت
ASP	Application Service Provider	مهیاکننده خدمات کاربری
CDC	Cooperative Data Centre	مرکز هماهنگی اطلاعات
CSP	Communications Service Provider	مهیاکننده خدمات ارتباطات
CTR	Conformance Test Report	مطابقت گزارش تست
DC	Data Centre	مرکز اطلاعات
DDP	Data Distribution Plan	نقشه توزیع اطلاعات
IDC	International Data Centre	مرکز اطلاعات بین‌المللی
DSC	Digital Selective Calling	فراخوان انتخابی دیجیتال
GISIS	Global Integrated Shipping Information System	سیستم اطلاعات جامع کشتی سراسری
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System	سیستم ایمنی و اضطرار دریایی سراسری
IDE	International Data Exchange	تبادل اطلاعات بین‌المللی
IMO	International Maritime Organization	سازمان بین‌المللی دریانوردی
IEC	International Electrotechnical Comission	کمیسیون بین‌المللی الکتریکی
IMSO	International Mobile Satellite Organization	سازمان ماهواره متحرک بین‌المللی

LRIT	Long-Range Identification and Tracking	سامانه شناسایی و رهگیری برد بلند
MDA	Maritime Domain Awareness	هوشیاری (آگاهی) حوزه دریایی
MSC	Maritime Safety Committee (of the (IMO	کمیته ایمنی دریایی
NDC	National Data Centre	مرکز اطلاعات ملی
PSC	Port State Control	کنترل وضعیت بندرگاه
RCC	Rescue Coordination Centre	مرکز هماهنگی امداد
RDC	Regional Data Centre	مرکز اطلاعات منطقه‌ای
SAR	Search And Rescue	عملیات تجسس و نجات
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea	کنوانسیون بین‌المللی برای ایمنی زیست در دریا

توسعه در حال پیشرفت صنعت LRIT (از نگاه تکنولوژی یک صنعت محسوب می‌شود.)

در شکل ۱۳ کتاب (شکل زیر) روند تاریخی پیشرفت و تجدد سامانه LRIT در طول زمان‌های مشخص شده دیده می‌شود. این شکل در کتاب اصلی آمده است و در اینجا ترجمه آن را مشاهده می‌کنید.



روند تاریخی توسعه LRIT

ترجمه تصویر سیر تاریخی LRIT

ردیف	مراحل تاریخی
۱	نوزدهم می ۲۰۰۶ کمیته ایمنی دریایی تبصره ۱۹-۱ اصلاحیه سولاس را پذیرفت.
۲	هشتم دسامبر ۲۰۰۶ کمیته ایمنی دریایی IMSO را هماهنگ‌کننده LRIT کرد.
۳	یکم جولای ۲۰۰۷ تبصره ۱۹-۱ اصلاحیه‌های سولاس تأیید شد.
۴	دوازدهم اکتبر ۲۰۰۷ اقدامات LRIT بدون IDC توسط MSC رسمیت یافت.
۵	اول ژوئن ۲۰۰۸ تبصره ۱۹-۱ سولاس، آغاز اجباری شدن LRIT
۶	اول جولای ۲۰۰۸ تکمیل DDP و IDE ، تست و آغاز به کار
۷	پنجم دسامبر ۲۰۰۸ کمیته ایمنی دریایی با انتقال به بازه ۳۰ ژوئن ۲۰۰۹ موافقت کرد.
۸	اول ژوئن ۲۰۰۹ به اجرا در آمدن بازه انتقالی طبق تبصره ۱۹-۱ سولاس
۹	سی ام ژوئن ۲۰۰۹ پایان بازه انتقالی طبق تبصره ۱۹-۱ سولاس

شناورهایی که ملزم به ارسال اطلاعات خود به‌صورت خودکار در سیستم LRIT هستند:

فعالیت کلاسی

ترجمه کنید.

پاسخ:

ترجمه	انگلیسی
کشتی باربری بالای ۳۰ تن	Cargo ships over 300 tons
کشتی مسافربری	Passenger ships
واحدهای حفاری سیار فراساحل	Mobile offshore drilling units (MODU)

فعالیت کلاسی، ترجمه شناورهای ملزم به داشتن LRIT

اطلاعاتی که باید در سیستم LRIT ارسال گردد:

فعالیت کلاسی

زبان انگلیسی را بنویسید.

پاسخ:

ترجمه	انگلیسی
شماره شناسایی شناور	Identity of the ship
موقعیت جغرافیایی	Position of the ship
ساعت و روز ارسال موقعیت جغرافیایی	Date and time of the position provided

فعالیت کلاسی، اطلاعات ارسالی در سامانه LRIT

فعالیت کلاسی

ترجمه کنید.

پاسخ:

فعالیت کلاسی، اجزای یک سامانه LRIT

ترجمه	اجزا(انگلیسی)
تجهیزات ماهواره‌ای کشتی	Shipborne LRIT information transmitting equipment
مهیا کننده سرویس ارتباطی	Communication Service Provider(s)
مهیا کننده خدمات کاربردی	Application Service Provider(s)
مرکز داده LRIT	LRIT Data Centre(s), including any related Vessel Monitoring System(s)
طرح توزیع اطلاعات LRIT	LRIT Data Distribution Plan
تبادل اطلاعات بین‌المللی LRIT	International LRIT Data Exchange

انتظار می‌رود با توجه به استفاده پیوسته از عبارات مخفف و زبان منتخب دریایی (انگلیسی) هنرآموزان و فراگیران بتوانند ترجمه تصاویر را به راحتی انجام داده و درک نمایند. تقریباً ترجمه همه مفاهیم در متن آمده است و برای تعداد کمی از آنها به مراجع اینترنتی مراجعه کنید.

تحقیق

درخصوص قواعد LRIT در کشور ما تحقیق کنید.

پاسخ:

برای یافتن این موضوع تحقیق، به سایت سازمان بنادر و کشتیرانی قسمت LRIT مراجعه نمایید. در این قسمت به این موضوع پرداخته شده است. بخشی از آن در زیر می‌آید:

بهره‌برداران سیستم LRIT چه کسانی هستند؟

مطابق قوانین و مقررات سیستم LRIT بهره‌برداران سیستم چهار دسته می‌باشند:

- کشور صاحب پرچم: مجاز به دریافت اطلاعات شناورهایی که پرچم آن کشور هستند می‌باشد.
- کشور صاحب بندر: مجاز به دریافت اطلاعات شناورهایی که قصد ورود به بندر آن کشور را دارند می‌باشد.
- کشور ساحلی: مجاز به دریافت اطلاعات شناورهایی که در فاصله ۱۰۰۰ مایل دریایی از سواحل آن کشور تردد می‌نمایند، می‌باشد.
- بهره‌بردار ایمنی: از جمله نهادهای جست‌وجو و نجات دریایی

ساختار سیستم LRIT

مدیریت و اجرای سیستم LRIT در کشور: مدیریت و اجرای سیستم LRIT در کشور از سوی اداره کل عملیات و ایمنی دریایی ـ اداره ارتباطات دریایی صورت می‌پذیرد. در همین راستا افرادی که در سایت سازمان بنادر و کشتیرانی معرفی شده‌اند، جهت پیاده‌سازی قوانین مربوطه، نظارت و اجرای سیستم در کشور تعیین گردیده و به سازمان جهانی دریانوردی نیز معرفی شده‌اند.

نصب تجهیزات و دریافت گزارش CTR : با توجه به اینکه سیستم LRIT از الزامات کنوانسیون سولاس می‌باشد، مالکین شناورها می‌بایست جهت مطابقت با الزامات کنوانسیون و دریافت گواهینامه‌های مرتبط با سیستم LRIT نسبت به:

- نصب یک پایانه ماهواره‌ای مطابق با استانداردها و الزامات سیستم اقدام نموده و جهت فعال‌سازی آن اقدام نمایند.
- پس از نصب تجهیزات مربوطه جهت آزمایش آن و دریافت گزارش آزمایش

مطابقت تجهیزات (CTR) از شرکت‌های ASP مجاز از سوی سازمان اقدام نمایند.

- نسبت به ارائه CTR به مؤسسات رده‌بندی جهت تمدیدگواهینامه‌های مرتبط با سیستم LRIT و همچنین دیگر مراجع مربوطه عندالزوم اقدام نمایند.
- از آماده به‌کاری تجهیزات به‌صورت دائم اطمینان حاصل نموده و در صورت ابطال گواهینامه CTR نسبت به اخذ مجدد آن اقدام نمایند.

اعلام توقف و یا آغاز مجدد ارسال اطلاعات: مالکان و یا فرماندهان شناورها می‌بایست در شرایط ذیل ۲۴ ساعت قبل جهت توقف در دریافت اطلاعات LRIT مراتب را از طریق تکمیل فرم شماره ۱ و پس از برطرف شدن موضوع جهت برقراری مجدد ارتباط از طریق فرم شماره ۲ مراتب را به مدیریت سیستم LRIT در کشور اعلام نمایند:

- در زمان انجام تعمیرات و یا بازرسی‌ها در حوضچه خشک و کارگاه‌های تعمیرات کشتی.
- انجام تعمیرات در سواحل و یا بنادر با اعلام مدت توقف
- در زمان توقف برای مدت بیش از ۱۰ روز در سواحل و یا بنادر بدلایل فنی، تجاری و یا قضایی.
- زمانی که شناور برای مدتی از انجام فعالیت دریایی کنار گذاشته شود. Laid Up

در حال حاضر ارسال اطلاعات شناورها در سیستم LRIT از طریق تجهیزات ماهواره‌ای صورت می‌پذیرد و این تجهیزات می‌بایست پوشش لازم در کلیه مناطقی که شناور مجاز به فعالیت می‌باشد را فراهم نمایند. برای اینکه تجهیزات به عنوان تجهیزات ارسال اطلاعات شناور از سوی مراجع دریایی کشورها پذیرفته شوند مالکان شناورها می‌بایست نسبت به اخذ گزارش آزمایش مطابقت تجهیزات Conformance Test Report اقدام نمایند. CTR سندی است که پس از انجام موفقیت‌آمیز آزمایش مربوطه براساس بخشنامه شماره ۱۳۰۷ کمیته ایمنی دریانوردی توسط شرکت‌های Application Service Provider که از سوی مرجع دریایی کشور مجاز به انجام آزمایش مربوطه می‌باشند، صادر می‌گردد. اخذ گزارش مذکور به منزله مطابقت شناور مشمول سیستم با الزامات فصل پنجم کنوانسیون سولاس می‌باشد.

فعالیت کارگاهی

به یک واحد شناوری مراجعه نموده و با همکاری کاربر LRIT با آن کار کنید و اجزای آن را در شناور شناسایی کنید.

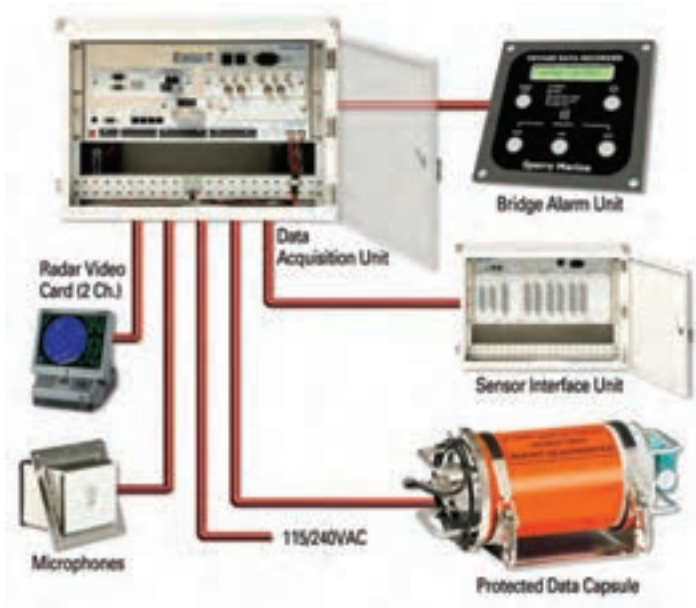
فعالیت کارگاهی

به یک واحد LRIT ساحلی یا مرکز VTS مراجعه نموده و با کمک کاربر اجزای دستگاه و نحوه فعالیت آنها را مشاهده کنید.

پاسخ:

در این فعالیت‌ها می‌بایست در صورت امکان به اماکن مشخص شده مراجعه شود. هدف، مشاهده این دستگاه‌ها و تشخیص اجزا و در صورت امکان کاربری آنها در شناورها یا مراکز نصب آنهاست. این فعالیت می‌تواند طی یک بازدید انجام شود و یا با یک هماهنگی در طی چند روز آموزش داده شود.

کاربری سامانه ثبت اطلاعات سفرهای دریایی (VDR (Voyage Data Recorder



شکل کلی ساختار یک سیستم VDR

در شکل کتاب (بالا) اجزای یک سامانه VDR به‌صورت ساده نشان داده شده است. ترجمه هر کدام نیز ساده است و شرح آنها در متن کتاب آمده است.

میکروفون، صفحه رادار (اطلاعات موجود در رادار) ، واحد دریافت اطلاعات، واحد آلارم پل فرماندهی، واحد رابط (اینترفیس) سنسورها، خط تغذیه این سیستم و کپسول محافظت شده اطلاعات از اجزای نشان داده شده در شکل صفحهٔ قبل هستند.

فعالیت کلاسی

ترجمه کنید.

پاسخ:

فعالیت کلاسی، اطلاعات ذخیره شده در VDR و SVDR

اطلاعات	ترجمه
Date and time (SVDR)	تاریخ و زمان
Ship's position (SVDR)	موقعیت کشتی
Speed and heading (SVDR)	سرعت و راه کشتی
Bridge audio (SVDR)	صداهای پل فرماندهی
Communication audio (radio) (SVDR)	صداهای سیستم‌های مخابراتی(رادیویی)
Radar data (SVDR)	اطلاعات رادار
ECDIS data (SVDR)	اطلاعات ECDIS
Echo sounder	عمق‌یاب
Main alarms	آلارم‌های اصلی
Rudder order and response	فرامین سکان و پاسخ (و فرامین موتور)
Hull opening (doors) status	وضعیت درهای کشتی
Watertight and fire door status	وضعیت درهای ضد آب و حریق
Speed and acceleration	سرعت و شتاب
Hull stresses	تنش‌های بدنه کشتی
Wind speed and direction	سرعت و جهت باد

در جدول زیر اطلاعاتی را که سامانه SVDR می‌بایست داشته باشد داخل پرانتز جلوی آن نوشته شده است؛ اینها اطلاعات مشترک با VDR است و مابقی اطلاعات مختص VDR می‌باشد.

فعالیت کارگاهی

به یک واحد شناوری مراجعه نموده و با کمک کاربر اجزای VDR را شناسایی نمایید و در صورت امکان تست نمایید.

این سیستم روی بعضی از کشتی‌ها نصب شده است و می‌توان با مراجعه به آنها، اجزای مختلف این سیستم را مشاهده نمود.

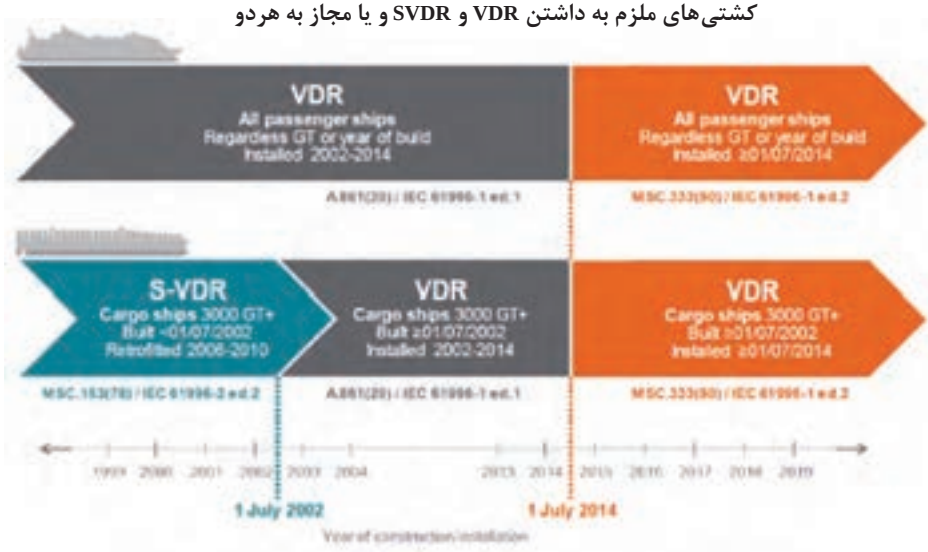
فعالیت کلاسی

ترجمه کنید.

پاسخ:

فارسی	انگلیسی
کشتی‌های مسافربری ساخته شده ۱جولای ۲۰۰۲ به بعد	Passenger ships constructed on or after 1 July 2002(VDR)
کشتی‌های خودرو ـ مسافربری ساخته شده قبل از ۱ جولای ۲۰۰۲	Ro-ro passenger ships constructed before 1 July 2002(VDR)
کشتی‌های مسافربری غیر خودرو بر ساخته شده قبل از ۱ جولای ۲۰۰۲	Passenger ships other than ro-ro constructed before 1 July 2002(VDR)
کشتی‌های غیر مسافری ۳۰۰۰ تن و بالاتر ساخته شده در ۱ جولای ۲۰۰۲ به بعد	Ships other than passenger ships of 3000 GT and upwards constructed on or after 1 July 2002(VDR)
کشتی‌های باربری ۲۰۰۰۰ تن و بالاتر ساخته شده قبل از ۱ جولای ۲۰۰۲	Cargo ships of 20000 GT. and upwards constructed before 1 July 2002(S&VDR)
کشتی‌های باربری بالای ۳۰۰۰ تن و همچنین بالای ۲۰۰۰۰ تن ساخته شده قبل از ۱ جولای ۲۰۰۲	Cargo ships of 3000 GT and up to 20000 GT constructed before 1 July 2002(S&VDR)
کشتی‌های باری ساخته شده قبل از ۱ جولای ۲۰۰۲ باید از مقررات برای باربری مستثنی شوند. (زیر ۲۰۰۰۰تن)	Cargo ships built before 1 July 2002 may be exempted from requirements to carry (S&VDR)

کشتی‌های ملزم به داشتن VDR و SVDR و یا مجاز به هردو



تاریخچه تکامل و نصب VDR در شناورهای مسافری و باربری

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
کاربری سامانه‌های انتقال اطلاعات	کاربری سامانهٔ ثبت اطلاعات سفرهای دریایی	بررسی سامانهٔ ثبت اطلاعات سفرهای دریایی	بالاتر از حد انتظار	۱ شرح VDR و شناسایی همهٔ اجزا و قطعات آن ۲ شناسایی وظایف هر واحد در سیستم VDR و جانمایی آنها ۳ دانستن اطلاعات ذخیره شده در VDR و شناورهای ملزم به داشتن آن *هنرجو توانایی بررسی همهٔ شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ شرح VDR و شناسایی همهٔ اجزا و قطعات آن ۲ شناسایی وظایف هر واحد در سیستم VDR و جانمایی آنها ۳ دانستن اطلاعات ذخیره شده در VDR و شناورهای ملزم به داشتن آن *هنرجو توانایی انجام دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ شرح VDR و شناسایی همهٔ اجزا و قطعات آن ۲ شناسایی وظایف هر واحد در سیستم VDR و جانمایی آنها ۳ دانستن اطلاعات ذخیره‌شده در VDR و شناورهای ملزم به داشتن آن *هنرجو توانایی انجام یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
	نمرهٔ مستمر از ۵				
	نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳				
	نمرهٔ پودمان از ۲۰				

ارزشیابی شایستگی کاربری سامانه‌های انتقال اطلاعات

۱- شرح کار:

- شناخت عملکرد AIS و تشخیص اجزا و مؤلفه‌های آن ؛
- تشخیص و توان خواندن اطلاعات مورد تبادل در سیستم AIS ؛
- شناسایی شناورهای هدف سیستم AIS ؛
- کاربری یک نمونه از سیستم AIS موجود در شناورها ؛
- شناخت سیستم LRIT و تشخیص اجزا و مؤلفه‌های آن ؛
- تشخیص و توان خواندن اطلاعات مورد تبادل در سیستم AIS ؛
- خواندن و تشخیص عبارت‌ها و مخفف‌های انگلیسی مطرح‌شده در این فصل ؛
- شناخت سیستم VDR ، اجزا و مؤلفه‌های آن و وظایف هر یک ؛
- تشخیص و توان خواندن اطلاعات ذخیره‌شده در VDR به زبان اصلی و ترجمهٔ فارسی ؛

۲ـ استاندارد عملکرد:

- بررسی، تشخیص، شناخت و کار با تجهیزات کمک ناوبری معرفی‌شده در این فصل.

۳ـ شاخص‌ها:

- تشریح کامل سیستم‌های کمک ناوبری انتقال اطلاعات در این فصل.

۴ـ شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: مکان مناسب انجام کار و حتی‌الامکان استفاده در شناور یا شبیه‌ساز و مکان کارگاهی نیز مجهز به لوازم ایمنی باشد.

ابزار و تجهیزات: کلیهٔ دستگاه‌های نام برده شده و در صورت نیاز، بازدید از مراکز در دسترس و دارای تجهیزات استاندارد.

۵ـ معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	کاربری سامانه شناسایی خودکار	۱	
۲	کاربری سامانه شناسایی و ردیابی برد بلند کشتی	۲	
۳	کاربری سامانه ثبت اطلاعات سفرهای دریایی	۱	
	۱ رعایت کلیهٔ نکات ایمنی دستگاه‌ها ۲ دقت و تمرکز در اجرای کار ۳ تفکر و یادگیری مستمر ۴ رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه‌ای (صداقت، احترام، پشتکار و جدیت و ....)	۲	
	میانگین نمرات		*

*** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.**

منابع

۱ جی. یوریک، «اصول صوت زیر آبی برای مهندسین»؛ انتشارات مک گروهیل (ترجمهٔ گل محمد بهاری دانشکدهٔ جوادالائمه علیه‌السلام ندسا)

۲ لارنس، کینزلر و آستین آز فرای ، «مبانی اکوستیک» ؛ترجمهٔ دکتر ضیاءالدین اسماعیل بیگی و مهدی برکشکی؛ انتشارات امیرکبیر.

۳ «کارگاه و آزمایشگاه الکترونیک عمومی» (جلد اول) مؤلفان: یدالله رضازاده، غلامحسین نصری، سید محمود صموتی، شهرام نصیری سوادکوهی؛ تهران، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران ۱۳۹۴.

۴ «جزوه سونار»، محمودرضا عباسی؛ انتشارات دانشکده جوادالائمه علیه‌السلام ندسا.

۵ م. م. نشاطی, «معرفی سیستم موقعیت یاب جهانیGPS» ، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۳.

۶ ف. نصری و م. فراست، «ناوبری الکترونیکی»، نوشهر: دانشگاه علوم دریایی امام خمینی,۱۳۸۷.

۷ برنامهٔ درسی رشتهٔ الکترونیک و مخابرات دریایی (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش.

۸ استاندارد شایستگی حرفه رشتهٔ الکترونیک و مخابرات دریایی (۱۳۹۲)؛ سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش.

۹ استاندارد ارزشیابی حرفه رشتهٔ الکترونیک و مخابرات دریایی (۱۳۹۲)؛ سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش.

۱۰ شیوه نامهٔ نحوهٔ ارزشیابی دروس شایستگی‌های فنی و غیرفنی شاخه‌های فنی و حرفه‌ای.

۱۱ برنامهٔ درسی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۹۱.

۱۲ P. C. litter, “Underwater Acoustic Modeling, Principles, Techniques and
Applications”, E & FN Span, Chapmann and Hall, 1996.

۱۳ W. S. Burdic, “Underwater Acoustic System Analysis”, 2nd ed. , Peninsula
Pub. , 2003.

۱۴ X. Lurton, “An Introduction to Underwater Acoustics: principles and applications”, Springer, 2002.

۱۵ H. Sato, and M. C. Fehler, “Seismic Wave Propagation and Scattering in
the Heterogenous Earth”, American Institute of Physics, 1997.
۱۶ R. F. W. Coats, “Underwater Acoustic Systems”, Macmillan, 1990.
[ii]. W. C. Knight, R. G. Pridham and S. M. Kay, “Digital signall processing
for sonar”, Proceedings of the IEEE, vol. 69, no. 11, Nov. 1981.
۱۷ P. Wille, “Sound Images of the Ocean: in Research and Monitoring”,
Springer, 2005.
۱۸ R. E. Miller and H. Schmidt, “Observation and inversion of seismo-
acoustic waves in a complex arctic ice environment,” Journal o, Acoustical Society ofAmerica, vol. 89, pp. 1668-1685, 1991.
۱۹ S. Stergiopoulos, “Advanced Signal Proceltsinigy Handbook,” CRC Press,
2000.
۲۰ H. Schmidt, and A. B. Baggeroer, “Environmentally tolerant beamforming for high-resolution
matched field processing:
Deten-ninistic mismatch”, Journal of Acoustical Society of America, vol.
88, pp. 1851-1862, 1990.
۲۱ J. R. Daugherty and J. F. Lynch, “Surface wave, internal wave and source
motion effects on matched field processing in a shallow water waveguide”, Journal ofAcoustic-al Society qfAmerica, vol. 87, pp. 2503-
2526,
11990.
۲۲ N. R. Chapman, R. M. Dizaji, and R. L. Kirlin, “Advance Signal Processing Handbook”, CRC Press, 2000.

ارگان‌ها و مؤسساتی که در فرآیند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت داشته‌اند:

۱ اداره کل امور دریایی و سازمان‌های تخصصی بین‌المللی سازمان بنادر و دریانوردی

۲ مؤسسه آموزشی کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران

۳ نیروی دریایی راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران

۴ نیروی دریایی سپاه پاسداران انقلاب اسلامی ایران

۵ مرزبانی نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران

۶ دبیرخانه کشوری هنرستان‌های علوم و فنون دریایی