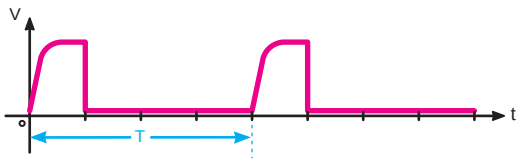
شده فقط به R_B و C بستگی دارد. اگر مقاومت‌های دوطبقه تقویت‌کننده و نیز ظرفیت خازن‌های C_1 و C_2 باهم برابر نباشند موج مربعی ایجاد شده نامتقارن است. شکل موج مربعی نامتقارن به‌صورت شکل ۹ــ۳۱ است.



شکل ۹ــ۳۱ــ موج مربعی نامتقارن

در موج مربعی نامتقارن زمان تناوب موج از رابطهٔ $T = ۰/۷(R_{B۱}C_۱ + R_{B۲}C_۲)$ به‌دست می‌آید.

لذا $F = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{۰/۷(R_{B۱}C_۱ + R_{B۲}C_۲)}$ می‌شود.

۹ــ۱۶ــ دستورهای حفاظت و ایمنی

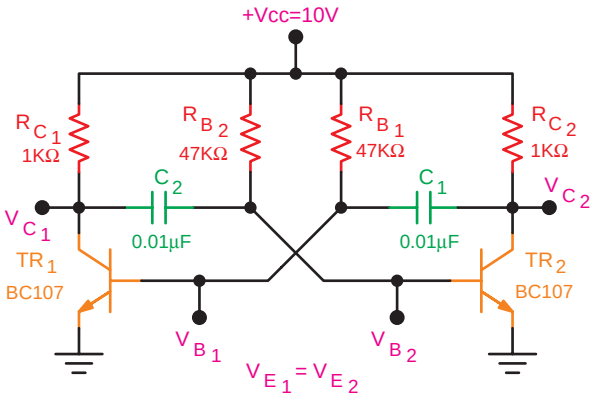
▲ دستورهای حفاظت و ایمنی مطرح شده در ردیف ۹ــ۲ را به دقت مطالعه کنید و آن‌ها را در اجرای این آزمایش نیز به‌کار ببرید.

۹ــ۱۷ــ قطعات و تجهیزات مورد نیاز

- اسیلوسکوپ دوکاناله، یک دستگاه
- مولتی‌متر دیجیتالی، یک دستگاه
- منبع تغذیه DC ، یک دستگاه
- ترانزیستور BC۱۰۷، دو عدد (یا هر نوع ترانزیستور با hFe بالاتر از ۷۵ موجود در بازار)
- خازن ۰/۰۱μF، ۰/۰۰۱μF و ۰/۴۷μF از هرکدام دو عدد
- مقاومت ۱KΩ، ۴۷KΩ از هرکدام دو عدد

۹ــ۱۸ــ مراحل اجرای آزمایش نوسان‌ساز موج مربعی

*۹ــ۱۸ــ۱ــ مدار شکل ۹ــ۳۲ را روی بردبرد ببندید. مدار را رسم کنید.



شکل ۹ــ۳۲ــ مدار مولتی ویبراتور

۹ــ۱۸ــ۲ــ منبع تغذیه را به مدار وصل کنید و مدار را راه‌اندازی کنید.

*۹ــ۱۸ــ۳ــ به کمک ولت‌متر DC ، ولتاژ پایه‌های بیس و امیتر و کلکتور هر ترانزیستور را، نسبت به شاسی اندازه بگیرید و جدول ۹ــ۱ را کامل کنید.

*۹ــ۱۸ــ۴ــ به کمک اسیلوسکوپ ضمن مشاهدهٔ شکل موج‌های $V_{C۱}$ و $V_{B۱}$ و $V_{C۲}$ و $V_{B۲}$، آن‌ها را در نمودارهای ۹ــ۷ تا ۹ــ۱۰، با حفظ رابطهٔ زمانی رسم کنید.

*۹ــ۱۸ــ۵ــ مقدار پیک‌تا پیک هریک از موج‌ها را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

*۹ــ۱۸ــ۶ــ زمان تناوب هریک از سیگنال‌ها را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

*۹ــ۱۸ــ۷ــ با استفاده از رابطهٔ $T = ۱/۴R_BC$ ، مقدار پریود سیگنال را محاسبه و با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید.

*۹ــ۱۸ــ۸ــ مقادیر مقاومت‌های $R_{B۱}$ ، $R_{B۲}$ ، $C_۱$ و $C_۲$ را مطابق جدول ۹ــ۲ تغییر دهید و در هر حالت زمان تناوب T را اندازه بگیرید. سپس جدول را تکمیل کنید.

جدول ۲ــ۹

مرحله	$R_{B1} = R_{B2} = R_B$	$C_1 = C_2 = C$
۱	۱۰KΩ	۰/۰۰۱μF
۲	۱۰KΩ	۰/۴۷μF
۳	۴۷KΩ	۰/۰۱μF

* ۱۹ــ۹ــ نتایج آزمایش

نتایج به دست آمده از آزمایش را به‌طور خلاصه یادداشت کنید.

۲۰ــ۹ــ الگوی پرسش

پاسخ پرسش‌های زیر را در دفتر گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی بنویسید.

۱ــ۲۰ــ۹ــ نام دیگر مولتی ویبراتور آاستابل (بدون تحریک خارجی) چیست؟

۲ــ۲۰ــ۹ــ در مولتی‌ویبراتور آاستابل هر ترانزیستور در چه آرایشی به‌کار رفته است؟ (CE، CB، CC)

۳ــ۲۰ــ۹ــ مولتی‌ویبراتور آاستابل مولد چه نوع سیگنال‌هایی است؟

۴ــ۲۰ــ۹ــ در مولتی‌ویبراتور آاستابل، «فرکانس نوسان‌ها» با کاهش ظرفیت خازن‌ها چه تغییری می‌کند؟

۵ــ۲۰ــ۹ــ یک مولتی ویبراتور آاستابل دارای ثابت زمانی ثانیه $\tau_1 = R_{B1}C_1 = ۰/۶۸$ و ثانیه $\tau_2 = R_{B2}C_2 = ۰/۵$ است. شکل موج‌های تقریبی V_{C1} و V_{C2} را در نمودارهای ۹ــ۱۱ و ۹ــ۱۲، با مقیاس مناسب، رسم کنید.

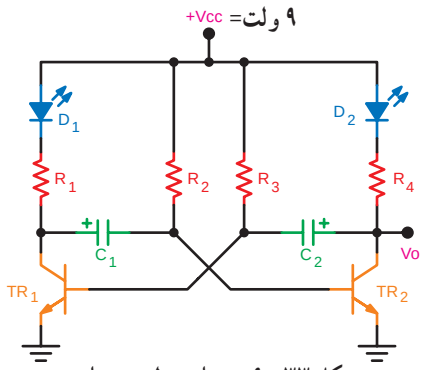
۶ــ۲۰ــ۹ــ فرکانس موج رسم شده را در سؤال ۹ــ۲۰ محاسبه کنید.

۲۱ــ۹ــ کار عملی برای هنرجویان علاقه‌مند

۱ــ۲۱ــ۹ــ در صورت داشتن وقت اضافی مدار شکل ۹ــ۳۳ را روی بردبرد ببندید و سپس مدار را راه‌اندازی کنید.

* **۲ــ۲۱ــ۹ــ** شکل موج کلکتور ترانزیستور TR_2 را، با مقیاس صحیح و مناسب، در نمودار ۹ــ۱۳ رسم کنید.

* **۳ــ۲۱ــ۹ــ** پریود موج را اندازه بگیرید. سپس فرکانس موج را محاسبه کنید.



شکل ۹ــ۳۳ــ مدار مولتی‌ویبراتور

$TR_1 = TR_2 = BC۱۰۷$

$R_1 = R_4 = ۴۷۰\Omega$

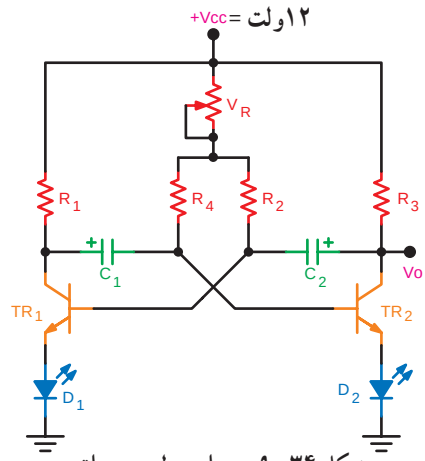
$R_2 = R_3 = ۲۲K\Omega$

$C_1 = C_2 = ۴/۷\mu F$

$D_1 = D_2 = LED$

$V_{CC} = ۹\,Volt$

* **۴ــ۲۱ــ۹ــ** مدار را به‌صورت شکل ۹ــ۳۴ تغییر دهید. سپس با تغییر V_R کم‌ترین و بیش‌ترین فرکانس موج خروجی را اندازه بگیرید.



شکل ۹ــ۳۴ــ مدار مولتی ویبراتور

$R_1 = R_3 = 330\Omega$ $V_R = 100K\Omega$

$R_2 = R_4 = 47K\Omega$ $V_{CC} = 12Volt$

$C_1 = C_2 = 22\mu F$ $D_1 = D_2 = LED$

$TR_1 = TR_2 = BC107$

قسمت سوم نوسان‌ساز موج مربعی با آی‌سی ۵۵۵

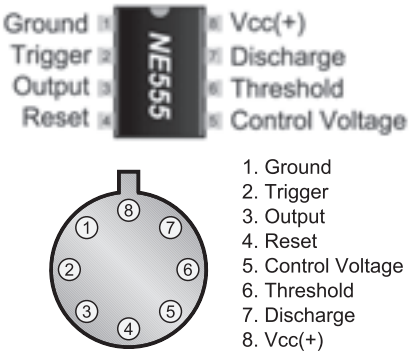
۹ــ۲۲ــ اطّلاعات اوّلیه

یک نمونهٔ دیگر نوسان‌ساز موج مربعی را می‌توان به کمک آی‌سی ۵۵۵ ساخت.

آی‌سی ۵۵۵ نیز یک آی‌سی ۸ پایه به صورت شکل ۹ــ۳۵ است.

شکل ۹ــ۳۵ــ شکل ظاهری و سوکت آی‌سی ۵۵۵ NE

شمارهٔ پایه‌های آی‌سی در شکل ۹ــ۳۶ نشان داده شده است.



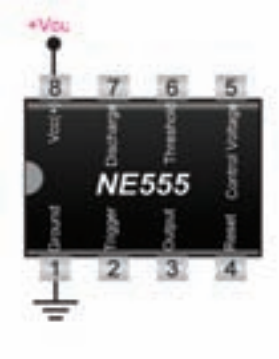
شکل ۹ــ۳۶ــ شماره پایه‌های آی‌سی

اکنون به شرح عملکرد پایه‌های آی‌سی می‌پردازیم.

۹ــ۲۲ــ۱ــ عملکرد پایه‌های آی‌سی

الف ــ پایه‌های تغذیهٔ آی‌سی: پایهٔ ۱ پایهٔ مشترک یا پایهٔ زمین آی‌سی و پایهٔ ۸ محل اتصال مثبت تغذیه، یعنی $+V_{CC}$ است.

مقدار ولتاژ تغذیه می‌تواند بین ۵ تا ۱۸+ ولت باشد (شکل ۹ــ۳۷).



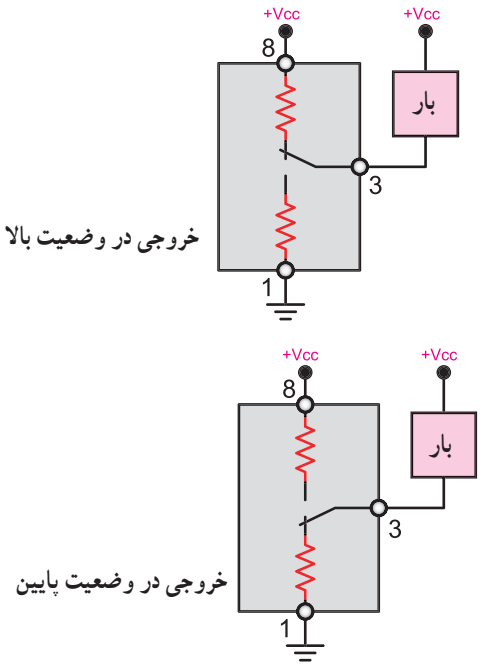
شکل ۹ــ۳۷ــ پایه‌های تغذیهٔ آی‌سی

ب ــ پایهٔ خروجی: پایهٔ ۳ پایهٔ خروجی آی‌سی است. از این پایه موج خروجی را می‌توان دریافت نمود (شکل ۹ــ۳۸). وقتی خروجی آی‌سی در وضعیت پایین قرار دارد این پایه از طریق یک مقاومت ناچیز (حدود ۱۰Ω) به زمین متصل می‌شود. وقتی خروجی در وضعیت بالا قرار دارد مقاومتی معادل ۱۰ اهم بین این پایه و $+V_{CC}$ قرار می‌گیرد.

شکل ۹ــ۳۸ــ پایهٔ خروجی آی‌سی

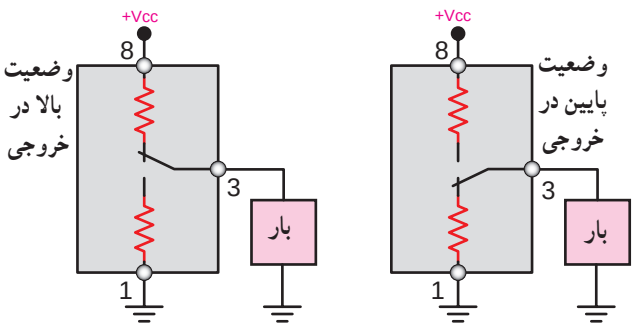
اتصال بار را به خروجی می‌توان به دو صورت انجام داد :

الف ــ بار مانند شکل ۳۹ــ۹، بین خروجی و $+V_{CC}$ قرار داده می‌شود.



شکل ۳۹ــ۹ــ نحوهٔ اتصال بار به خروجی

ب ــ می‌توان بار را، مانند شکل ۴۰ــ۹، بین خروجی و زمین وصل نمود.

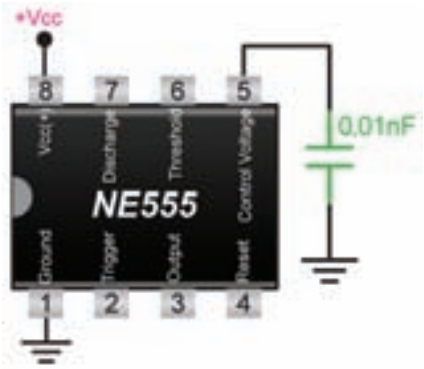


شکل ۴۰ــ۹ــ نحوهٔ اتصال بار به خروجی

ج ــ پایهٔ راه‌انداز: پایهٔ ۲ پایهٔ راه‌انداز آی‌سی است. اگر ولتاژ این پایه در بیش از $\frac{۲}{۳}V_{CC}$ نگه داشته شود، خروجی آی‌سی در سطح پایین باقی می‌ماند. اعمال یک ولتاژ منفی رو، به پایهٔ ۲ موجب صعود خروجی به ولتاژ بالا می‌شود.

د ــ پایهٔ تنظیم دوباره: پایهٔ ۴ پایهٔ تنظیم دوباره نام دارد. از طریق این پایه می‌توان اثر فرمان داده شده را از طریق پایه راه‌انداز (پایه شماره ۲) خنثی کرد. در صورتی که از این پایه استفاده نشود، باید این پایه به $+V_{CC}$ متصل گردد. اگر پایه تنظیم دوباره زمین شود یا ولتاژ آن به کم‌تر از ۰/۴ ولت کاهش یابد، پایهٔ خروجی (پایهٔ ۳) و پایهٔ تخلیه (پایهٔ ۷) تقریباً با زمین هم پتانسیل می‌شوند. به عبارت دیگر خروجی در سطح پایین نگه داشته می‌شود.

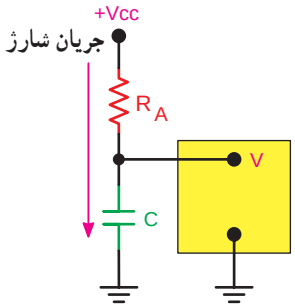
هـ ــ پایهٔ ولتاژ کنترل: پایهٔ شماره ۵، پایهٔ ولتاژ کنترل نام دارد (شکل ۴۱ــ۹). معمولاً یک خازن صافی با ظرفیت ۰/۰۱ میکروفاراد این پایه را به زمین اتصال می‌دهد تا پارازیت‌های تغذیه را حذف نماید. از طریق این پایه می‌توان سطح ولتاژ راه‌انداز و آستانه را تغییر داد. به عنوان مثال، اگر یک مقاومت ۵KΩ بین پایهٔ ۵ و ۸ قرار داده شود ولتاژ آستانه



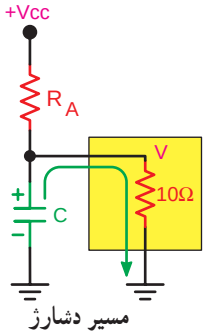
شکل ۴۱ــ۹ــ پایهٔ ۵ آی‌سی با خازنی به زمین وصل می‌شود.

$۰/۸V_{CC}$ و ولتاژ راه‌انداز به $۰/۲V_{CC}$ تغییر می‌کند.

و ــ پایهٔ تخلیه: پایهٔ شمارهٔ ۷، پایهٔ تخلیه نام دارد. وقتی ولتاژ خروجی آی‌سی در سطح بالاست، پایهٔ شمارهٔ ۷ (مطابق شکل ۴۲ــ۹) به صورت مدار باز عمل می‌کند و خازن C به میزان تعیین شده از طریق مقاومت R_A شارژ می‌شود. وقتی خروجی آی‌سی در حالت پایین قرار می‌گیرد خازن (مطابق شکل ۴۳ــ۹) از طریق پایهٔ ۷ تخلیه می‌گردد.



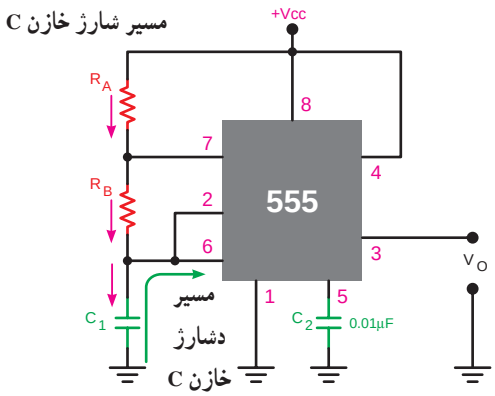
شکل ۴۲ــ۹ــ مسیر شارژ خازن



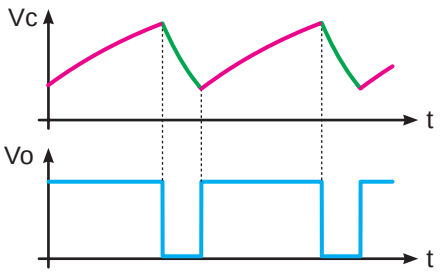
شکل ۴۳ــ۹ــ مسیر تخلیه خازن C

زــ پایهٔ آستانه: پایهٔ ۶، پایهٔ آستانه نام دارد. این پایه میزان شارژ و دشارژ ولتاژ خازن C را تحت کنترل دارد. زمانی که ولتاژ خازن C به ولتاژ آستانه، که تقریباً $\frac{۲}{۳}V_{CC}$ است، برسد خازن شروع به تخلیه می‌کند و خروجی آی‌سی را به وضعیت پایین تغییر حالت می‌دهد.

۲ــ۲۲ــ۹ــ مدار مولد موج مربعی توسط آی‌سی ۵۵۵: در شکل ۴۴ــ۹، مدار یک مولتی ویبراتور آاستابل توسط آی‌سی ۵۵۵ رسم شده است. شکل موج خروجی و دوسر خازن C به صورت شکل ۴۵ــ۹ است.



شکل ۴۴ــ۹ــ مدار مولتی ویبراتور آاستابل



شکل ۴۵ــ۹ــ موج دوسر خازن و VO

۳ــ۲۲ــ۹ــ فرمول محاسبه پریود و فرکانس موج ایجاد شده توسط آی‌سی ۵۵۵: پریود موج ایجاد شده (توسط آی‌سی ۵۵۵)از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$T = ۰/۶۹۵(R_A + ۲R_B)C$$

لذا رابطهٔ فرکانس موج ایجاد شده برابر است با :

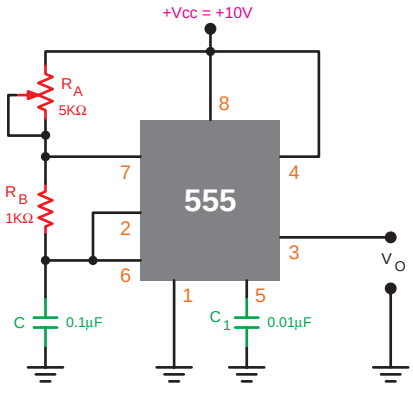
$$F = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{۰/۶۹۵(R_A + ۲R_B)C} = \frac{۱/۴۴}{(R_A + ۲R_B)C}$$

۲۳ــ۹ــ قطعات و تجهیزات مورد نیاز

منبع تغذیه ۰ــ۳۰ ولت، یک دستگاه
اسیلوسکوپ دوکاناله، یک دستگاه
مولتی‌متر دیجیتالی، یک‌دستگاه
بردبرد
آی‌سی ۵۵۵، یک عدد
سوکت آی‌سی ۸ پایه، یک عدد
پتانسیومتر ۵KΩ خطی، یک عدد
مقاومت ۱KΩ، یک عدد
خازن ۰/۱µF و ۰/۰۱ میکروفاراد، از هر کدام یک عدد

۲۴ــ۹ــ مراحل اجرای آزمایش نوسان‌ساز با آی‌سی ۵۵۵

*۱ــ۲۴ــ۹ــ مدار شکل ۴۶ــ۹ را روی بردبرد ببندید. شکل مدار را رسم کنید.



شکل ۴۶ــ۹ــ مدار نوسان‌ساز

۲ــ۲۴ــ۹ــ منبع تغذیه را روی ولتاژ ۱۰ ولت تنظیم کنید.

۳ــ۲۴ــ۹ــ منبع تغذیه را به مدار وصل و مدار را راه‌اندازی کنید.

* **۴ــ۲۴ــ۹ــ** اسیلوسکوپ را به خروجی مدار وصل و اسیلوسکوپ و پتانسیومتر R_A را طوری تنظیم کنید که موج خروجی روی صفحهٔ آن به درستی و با مقیاس مناسب ظاهر شود.

* **۵ــ۲۴ــ۹ــ** ضمن رسم مدار در دفتر گزارش و فعالیت‌های آزمایشگاهی، شکل موج خروجی را در نمودار شمارهٔ ۹ــ۱۴ رسم کنید.

* **۶ــ۲۴ــ۹ــ** پریود موج را اندازه بگیرید. سپس فرکانس موج را محاسبه و یادداشت کنید.

* **۷ــ۲۴ــ۹ــ** فرکانس موج را با استفاده از فرمول محاسبه کنید.

* **۸ــ۲۴ــ۹ــ** فرکانس محاسبه شده را با فرکانس اندازه‌گیری شده مقایسه کنید و توضیح دهید.

جهت هنرجویان علاقه‌مند

برای ساخت یک نوسان‌ساز VCO می‌توانید ولتاژ پایه ۵ آی‌سی ۵۵۵ را توسط یک پتانسیومتر تغییر داد تا در خروجی تغییرات فرکانس را مشاهده کرد.

* ۲۵ــ۹ــ نتایج آزمایش

نتایج به‌دست آمده از آزمایش را به اختصار جمع‌بندی کنید.

۲۶ــ۹ــ الگوی پرسش

۱ــ۲۶ــ۹ــ در جدولی کار هریک از پایه‌های آی‌سی ۵۵۵ را به اختصار توضیح دهید.

۲ــ۲۶ــ۹ــ شکل موج دوسر خازن C و V_O را زیر هم، با مقیاس مناسبی، در نمودارهای ۹ــ۱۵ و ۹ــ۱۶ در دفتر گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی رسم کنید.

۳ــ۲۶ــ۹ــ پریود موج‌ها از چه رابطه‌ای به‌دست می‌آید؟

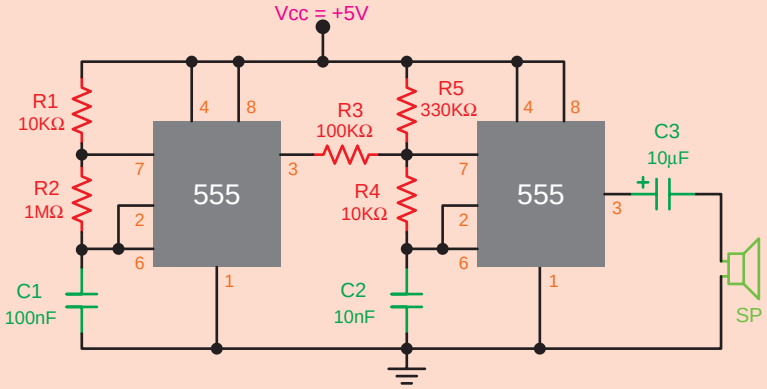
۴ــ۲۶ــ۹ــ اگر $R_A = ۶/۸K\Omega$ و $R_B = ۳/۲K\Omega$ و $C = ۰/۱\mu F$ باشد پریود و فرکانس موج مربعی ایجاد شده توسط آی‌سی را محاسبه کنید.

۵ــ۲۶ــ۹ــ فرکانس موج ایجاد شده توسط آی‌سی را با تغییر چه قطعاتی می‌توان تغییر داد؟

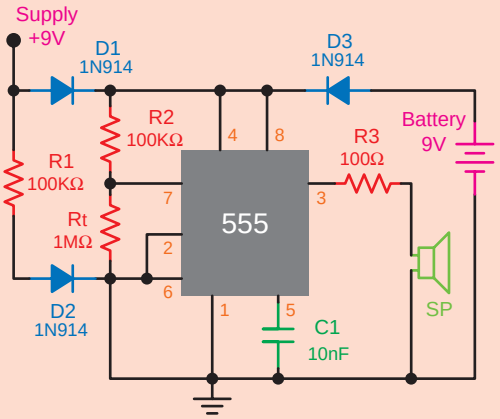
۶ــ۲۶ــ۹ــ تغییر مقدار V_{CC} چه تأثیری روی موج نوسان‌ساز دارد؟

۲۷ـ۹ـ کار برای هنرجویان علاقه‌مند (فعالیت فوق برنامه)

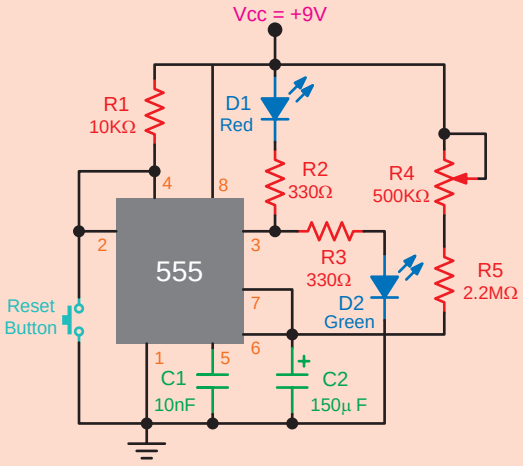
۱ـ۲۷ـ۹ـ هنرجویان علاقه‌مند می‌توانند، در صورت داشتن وقت اضافی، کار هریک از مدارهای زیر را تجزیه تحلیل کنند. سپس مدار را از لحاظ عملی مورد آزمایش قرار دهند و نتایج را یادداشت کنند.



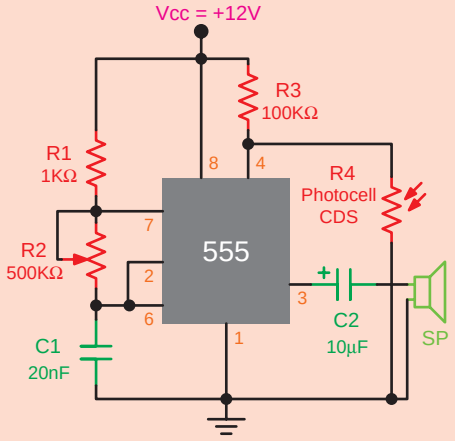
شکل ۴۷ـ۹ـ نوسان‌ساز با دوتُن صوتی



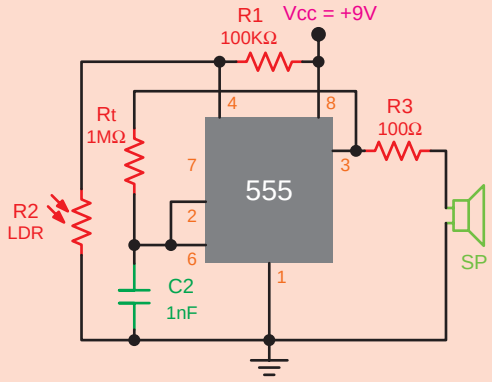
شکل ۴۸ـ۹ـ مدار هشداردهندهٔ ساده



شکل ۴۹ـ۹ ـ مدار تایمر



شکل ۵۰ـ۹ـ آشکارساز تاریکی



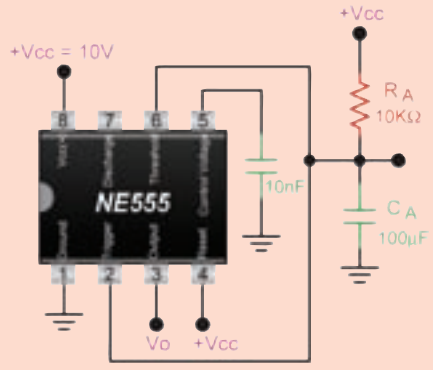
شکل ۵۱ـ۹ـ مدار هشداردهندهٔ نوری

۲ـ۲۷ـ۹ـ زمان‌سنج تأخیری: یکی دیگر از موارد کاربرد آی‌سی ۵۵۵ زمان‌سنج تأخیری است. از مدار شکل ۵۲ـ۹ می‌توان به‌عنوان کلید تأخیری استفاده نمود. مدار، بعد از مدت زمان T ثانیه، به‌حالت پایین (Low) می‌رود.

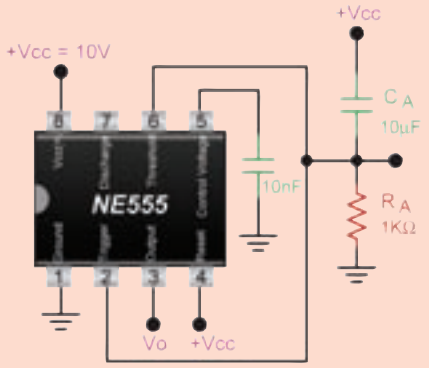
مدار را روی بردبرد ببندید. مدار را راه‌اندازی کنید. سپس شکل موج دوسر خازن C_A و خروجی را، با حفظ رابطهٔ زمانی، در نمودارهای ۱۷ـ۹ و ۱۸ـ۹ زیر هم، رسم کنید. برای رسم شکل موج از لحظهٔ روشن کردن تغذیهٔ مدار شروع کنید.

اگر بخواهیم خروجی بعد از زمان T ثانیه به حالت بالا (high) برود از مدار شکل ۵۳ـ۹ استفاده می‌کنیم.

این مدار را هم روی بردبرد ببندید. مدار را راه‌اندازی کنید. سپس شکل موج دوسر R_A و V_O را با حفظ رابطهٔ زمانی در نمودارهای ۱۹ـ۹ و ۲۰ـ۹ زیر هم، رسم کنید.



شکل ۵۲ـ۹ـ مولتی ویبراتور به عنوان تأخیردهنده



شکل ۵۳ـ۹ـ مولتی ویبراتور به عنوان تأخیردهنده

توجه

چند نمونه از نوسان‌سازهای آزمایش شده را به کمک نرم‌افزار مولتی‌سیم مجدداً مورد آزمایش قرار دهید و نتایج آن‌را در دفتر گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی بنویسید.