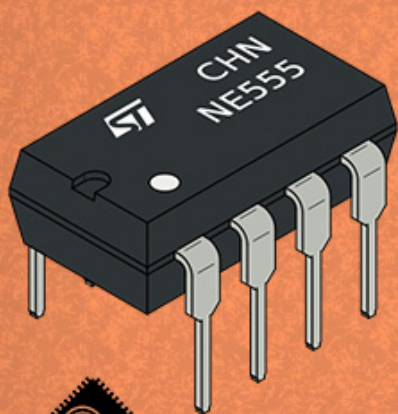




ساخت PWM با آی سی 555 در حالت آستابل (ASTABLE) و کنترل دور موتور

ساخت PWM با آی سی 555 در مد کاری آستابل (Astable) و کنترل دور موتور



<https://blog.microele.com>

تاریخ انتشار ۱۷ مرداد، ۱۴۰۰ توسط محمد جواد رشیدیانفر

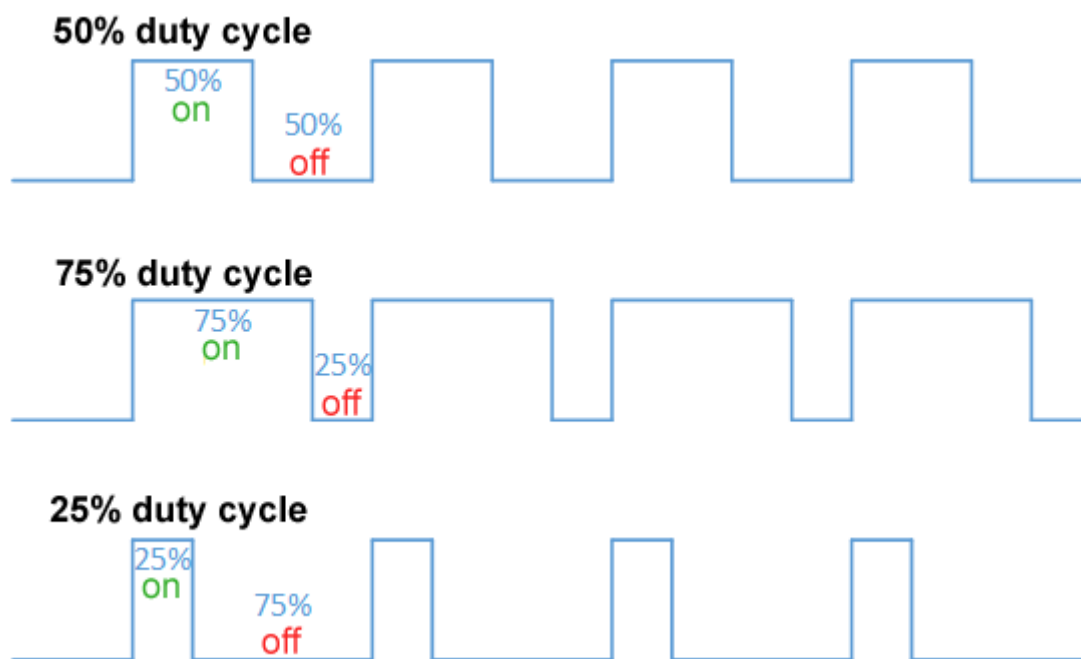
سلام به همه مایکروالکامی ها. PWM یا مدولاسیون عرض پالس یک نوع تغییر پالس هست. وقتی صحبت از کنترل دور موتور، کنترل میزان روشنایی، راه اندازی LED های RGB اینجور موارد میشه پای PWM میاد وسط. برای تولید PWM میتونیم با استفاده از میکروکنترلر اینکار رو انجام بدیم یا اینکه مستقیم از آی سی تایمر 555 در مد کاری A-Stable استفاده کنیم. در این مطلب نحوه طراحی مدار بهمراه تحلیل دقیق و عملکرد آن خواهیم پرداخت. پس با من تا انتهای



مطلب همراه باشید. همچنین شما میتونید سایر مطلب من رو از [این قسمت](#) مطالعه کنید.

PWM چیست؟

PWM مخفف Pulse Width Modulation به معنی مدولاسیون پهنای باند می باشد. همانطور که از این عبارت مشخص هست در واقع با استفاده از تکنیک هایی پهنای پالس تولیدی را کنترل میکنیم. با استفاده از کنترل پهنای پالس یا مدت زمان فعال بودن یا مدت زمان غیر فعال بودن پالس میتونیم به پارامتری تحت عنوان دیوتی سیکل دست یابیم. با استفاده از دیوتی سیکل های مختلف و کنترل آن براحتی میتونیم سرعت و دور موتور، میزان روشنایی LED و این دسته موارد رو کنترل کنیم. در تصویر زیر یک موج تولید شده PWM با دیوتی سیکل های مختلف را مشاهده می کنید.



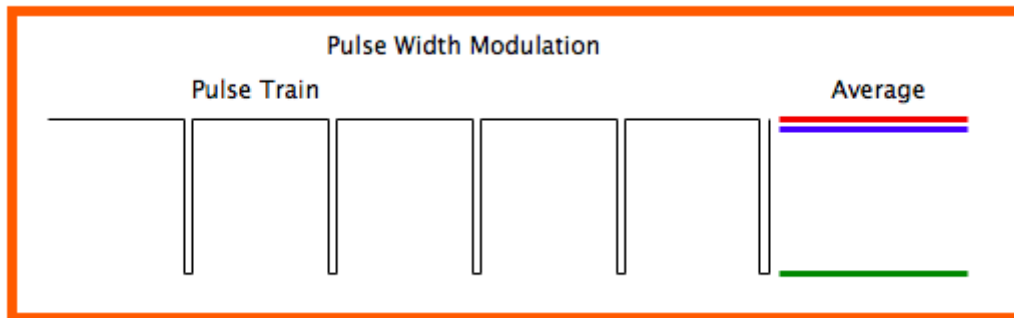
PWM با دیوتی سیکل های مختلف

دیوتی سیکل

دیوتی سیکل (Duty Cycle) یا ضریب وظیفه این امکان را می دهد که مشخص کنیم در هر سیکل زمان چه میزان از پالس تولید شده ما فعال یا 1 باشد و چه میزان آن غیر فعال یا 0 باشد. در حقیقت دیوتی سیکل رابطه مستقیمی با



مقدار ولتاژ ایجاد شده خروجی نسبت دارد. هر چه دیوتی سیکل بیشتر باشد، میزان HIGH بودن یا 1 بودن پالس بیشتر و در نتیجه ولتاژ خروجی و اعمال شده به بار هم بیشتر خواهد. عکس این قضیه نیز صدق می‌کند و قابل اثبات خواهد بود. همانطور که در تصویر زیر مشخص است، با تغییر دیوتی سیکل، مقدار متوسط ولتاژ ایجاد شده نیز تغییر پیدا خواهد کرد.



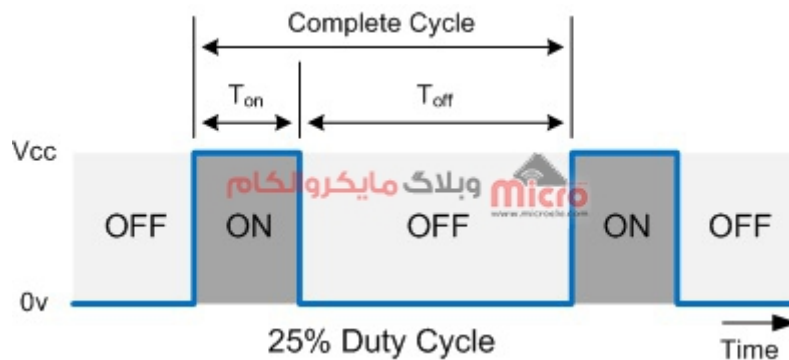
نمایش مقدار متفاوت دیوتی سیکل در PWM

محاسبه دیوتی سیکل، زمان HIGH و LOW بودن پالس

قبل از محاسبات نیاز هست پارامترهای زیر را تعریف کنیم.

- یک پالس PWM دارای پارامترهای T_{on} , T_{off} , دوره تناوب، ولتاژ، فرکانس و دیوتی سیکل می‌باشد.
- T_{on} : همان میزان HIGH بودن پالس
- T_{off} : همان میزان LOW بودن پالس
- T : دوره تناوب یا زمان کل یک سیکل کامل ($T_{on} + T_{off}$)
- F : فرکانس همان حاصل تقسیم 1 بر T
- DC : ضریب وظیفه یا دیوتی سیکل

در تصویر زیر پارامترهای مورد نیاز را مشاهده می‌کنید. زمان یک سیکل کامل یا مقدار T از مجموع زمان‌های یک و صفر بودن پالس بدست خواهد آمد. مقدار دیوتی سیکل نیز از حاصل تقسیم "میزان HIGH بودن" بر "مقدار T " محاسبه خواهد شد. این پارامتر بر حسب درصد بیان می‌شود.



بررسی پارامترهای PWM

با داشتن مقدار دیوتی سیکل، میزان ولتاژ خروجی براحتی قابل محاسبه است. برای محاسبه ولتاژ از فرمول زیر استفاده می‌شود. V_{max} همان مقدار V_{cc} در شکل بالا می‌باشد.

$$V_{out} = V_{max} \times \text{Duty Cycle}$$

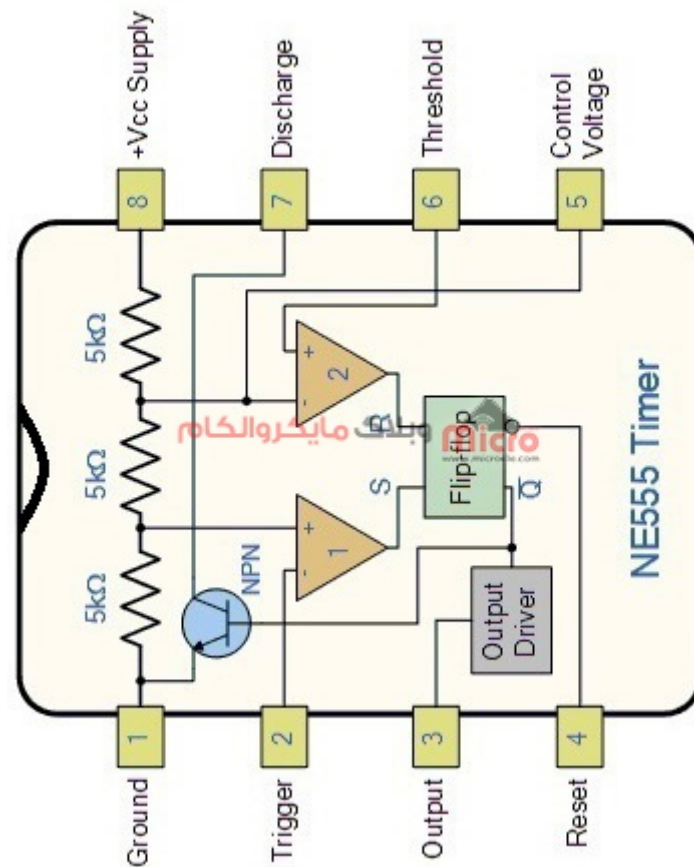
فرض کنید در تصویر بالا مقدار V_{cc} برابر 12 ولت و دیوتی سیکل برابر 25% باشد. ابتدا مقدار DC (دیوتی سیکل) را تقسیم بر 100 کرده که و مقدار ولتاژ بدست آمده طبق محاسبات زیر بدست خواهد آمد.

$$V_{out} = V_{max} \times \text{Duty Cycle} \rightarrow V_{out} = 12 \times 0.25 \rightarrow V_{out} = 3V$$

طبق فرمول بالا، هرچه میزان DC بیشتر باشد در نتیجه مقدار ولتاژ خروجی نیز بیشتر خواهد بود.

آی سی 555

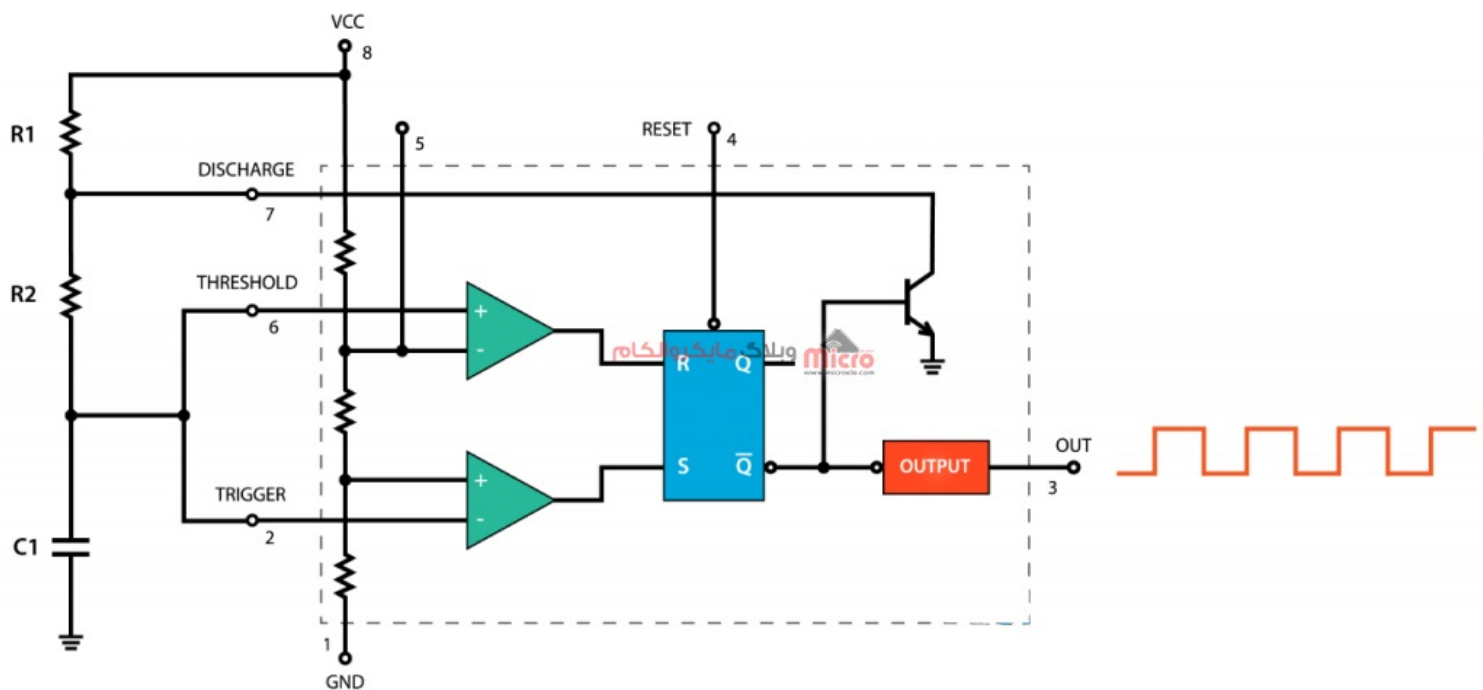
این آی سی یکی از معروف ترین و پرکاربردترین ها در طراحی مدارات الکترونیکی برای تولید پالس و ایجاد نوسان می‌باشد. 555 دارای 8 پایه می‌باشد که در تصویر زیر بلوک دیاگرام این تراشه و نام پایه های آن را مشاهده می‌کنید. داخل این تراشه 2 آپ امپ در مد مقایسه کننده، یک فلیپ فلاپ نوع RS، یک بافر نات برای تقویت جریان پایه خروجی، و یک ترانزیستور NPN وجود دارد. با استفاده از 3 مقاومت با مقادیر برابر داخلی این تراشه بر روی هر مقاومت $V_{CC}/3$ افت می‌کند. با این تفاسیر ولتاژ پایه منفی آپ امپ 2 برابر $V_{CC}/2$ و ولتاژ پایه مثبت آپ امپ 1 برابر $V_{CC}/3$ خواهد بود.



بلوک دیاگرام و نام پایه های 555

مدار ساخت PWM با استفاده از آی سی 555 در مد Satable

با استفاده از مدار زیر میتوانیم یک موج PWM بسازیم. روند کار به این شکل است که خازن C1 از مسیر R1، R2 و C1 با ثابت زمانی T به میزان Vcc شارژ می شود.



مدار ساخت PWM با آی سی 555

تحلیل مدار

روند کار به این شکل است که خازن $C1$ از مسیر $R1, R2$ و $C1$ با ثابت زمانی T به میزان V_{cc} شارژ می‌شود.

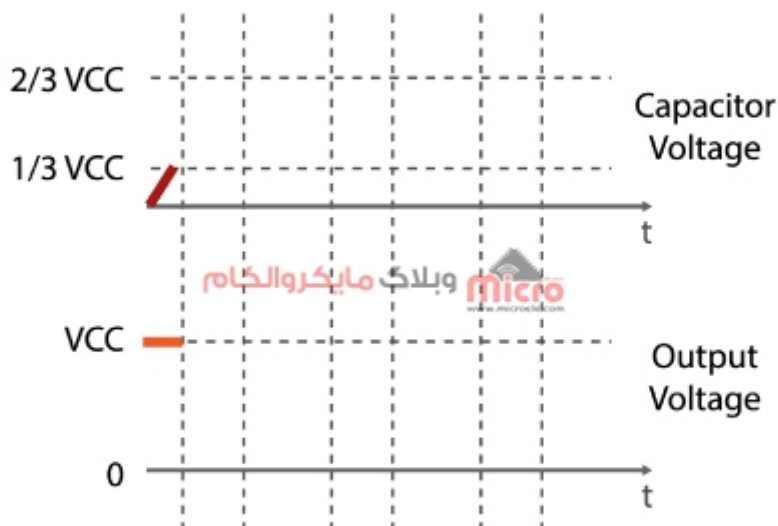
وضعیت 1 (شارژ شدن خازن $C1$)

در این حالت ولتاژ پایه 2 و 6 برابر با ولتاژ خازن که به اندازه V_{cc} شارژ شده است خواهد شد. در نتیجه باعث می‌شود ولتاژ ورودی مثبت آپ امپ که برابر V_{CC} است بیشتر از ورودی منفی آن که برابر $V_{cc}/2$ است خواهد شد. در نتیجه خروجی آپ امپ برابر 1 شده و ورودی R فلیپ فلاپ نیز 1 خواهد شد. همین تحلیل برای آپ امپ پایین نیز صدق میکند. یعنی ولتاژ پایه ورودی آپ امپ بیشتر از ورودی مثبت آن که برابر $V_{cc}/3$ است خواهد شد و خروجی آپ امپ برابر صفر شده و ورودی S فلیپ فلاپ نیز 0 خواهد شد. طبق جدول صحت فلیپ فلاپ RS با داشتن $R=1$ و $S=0$ مقدار $Q=0$ شده و Q نات برابر 1 خواهد شد. با 1 شدن Q نات، وضعیت پایه خروجی آیسی برابر صفر خواهد شد.

چون یک بافر نات سر راه Q نات به پایه خروجی قرار داد. پایه Q نات به پایه بیس یکم ترانزیستور NPN وصل است. با یک شدن این پایه ترانزیستور فعال شده و باعث می‌شود پایه شماره 7 یا DisCharge از داخل به GND وصل شود. در این

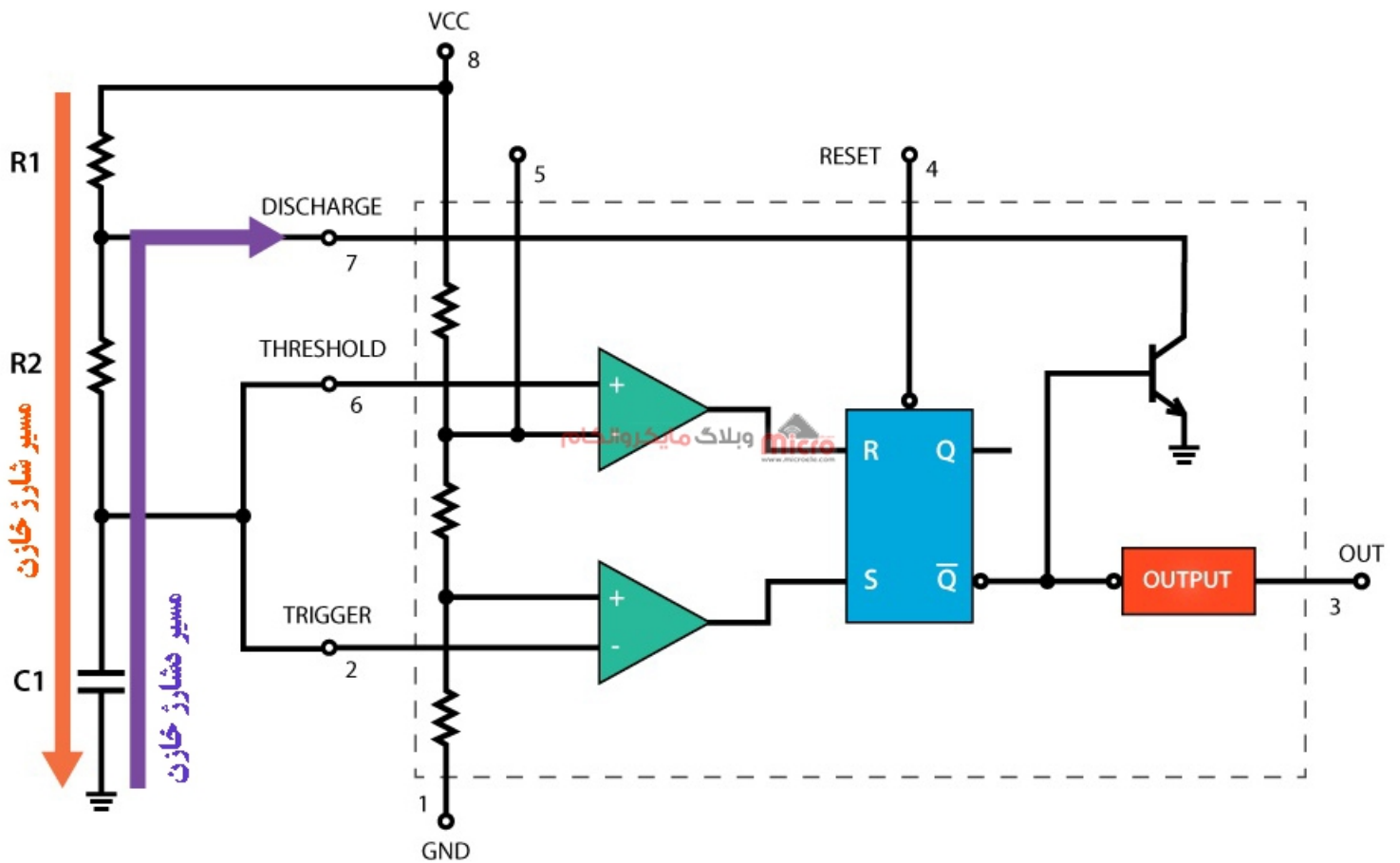


وضعیت حال دشارژ خازن رخ خواهد داد.



وضعیت شارژ شدن خازن CI

در تصویر زیر مسیر های شارژ و دشارژ خازن را مشاهده می‌نمایید.



مسیر شارژ و دشارژ خازن

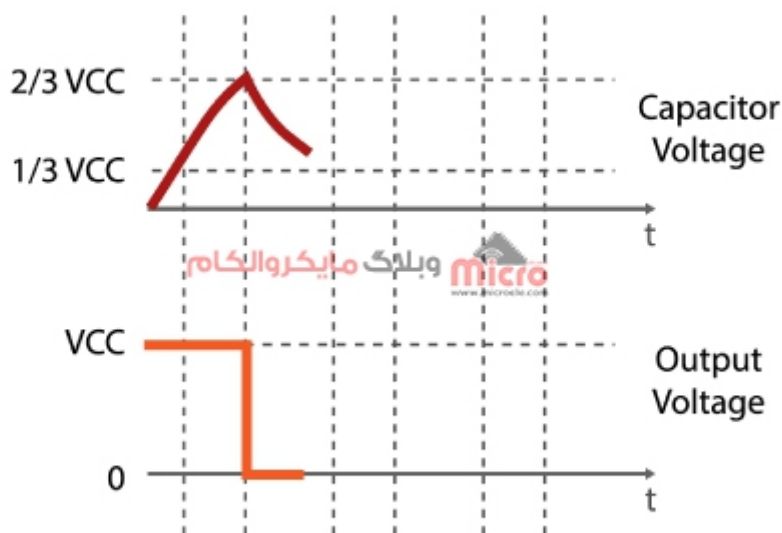
وضعیت 2 (دشارژ شدن خازن C1)

در این حالت خازن از مسیر C1 و R2 با ثابت زمانی T شروع به دشارژ می‌کند. در این حالت ولتاژ خازن نزدیک صفر خواهد شد. در نتیجه ولتاژ پایه های 6 و 2 که به ترتیب همان پایه های ورودی آپ امپ 1 و ورودی منفی آپ امپ 2 هستند برابر صفر خواهند شد. از آنجا که ورودی منفی آپ امپ 1 برابر با $V_{cc}/2$ هست پس این ولتاژ از ورودی مثبت آن که 0 هست بیشتر است و در نتیجه خروجی آپ امپ اول برابر صفر خواهد شد.

در آپ امپ 2 چون ولتاژ پایه مثبت برابر $V_{cc}/3$ است و ولتاژ ورودی منفی برابر صفر هست خروجی آپ امپ 2 نیز برابر 1 خواهد شد. در این حالت طبق جدول صحت فلیپ فلاپ خروجی آن (Q نات) برابر 0 می‌شود. در این حالت با عبور مقدار Q نات از بافر نات موجود، خروجی ای سی برابر 1 خواهد شد. با صفر شدن Q نات فلیپ فلاپ



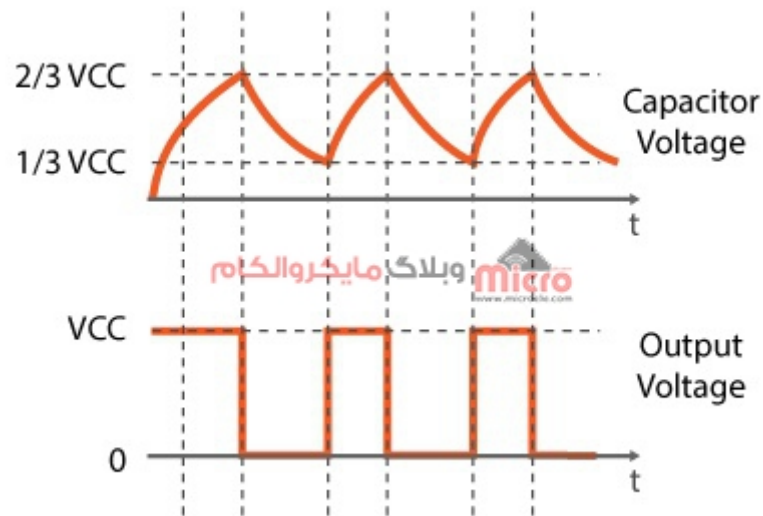
تزانزیستور Q1 خاموش شده و مجددا وارد وضعیت شارژ خواهد شد. این سیکل دائما در حال تکرار می باشد. با طی شدن این سیکل، موج PWM تولید خواهد شد.



وضعیت دشارژ شدن خازن C1

وضعیت 2 (ترکیب شارژ و دشارژ شدن خازن C1)

با ترکیب وضعیت های 1 و 2 و تکرار این حالت خروجی PWM ساخته خواهد شد. در شکل زیر این حالت را مشاهده می کنید.



ساخت خروجی PWM در مد استابل (Stable) آی سی 555

محاسبه پارامترها

- T_H : مدت زمان HIGH بودن پالس
- T_L : مدت زمان LOW بودن پالس

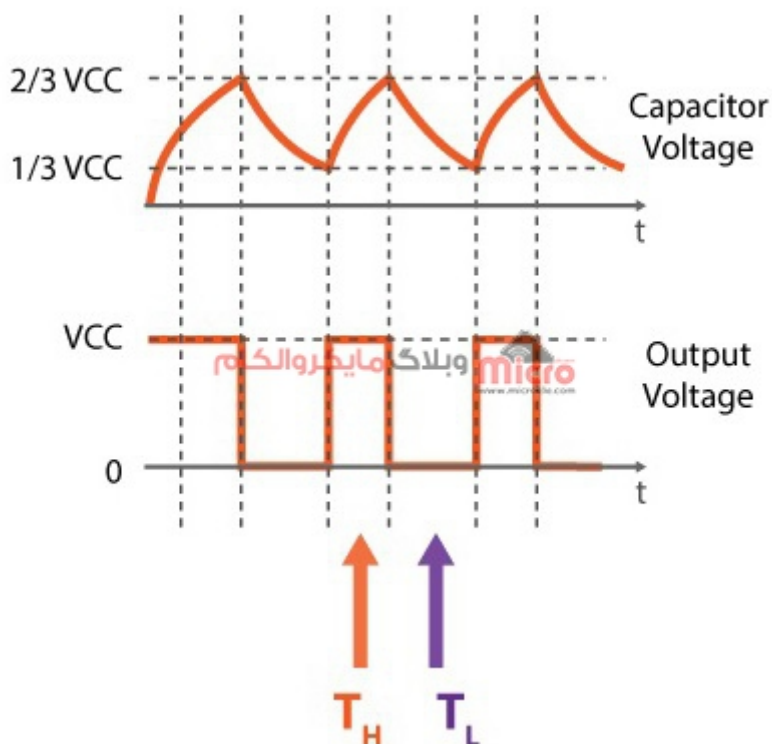
$$T_H = 0.693 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1$$

$$T_L = 0.693 \cdot (R_2) \cdot C_1$$

$$T = T_H + T_L$$

$$F = 1/T$$

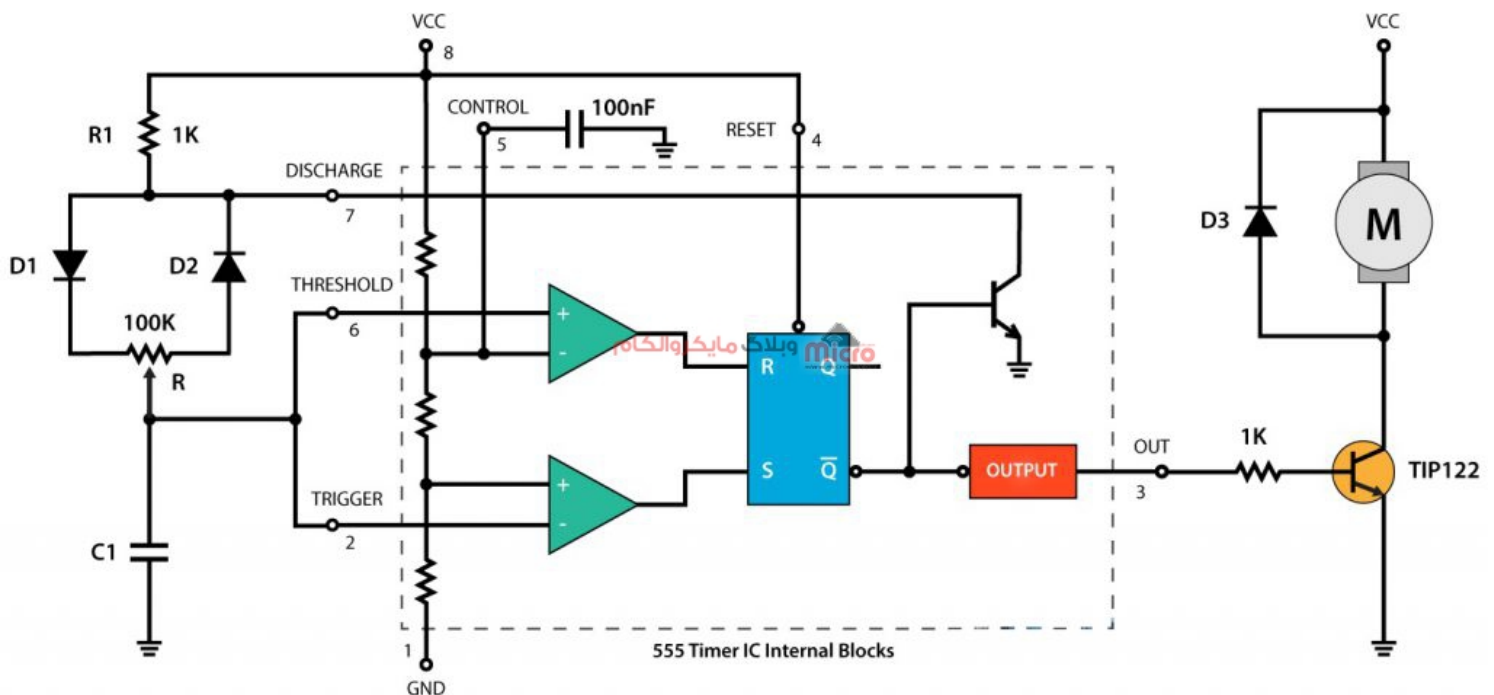
$$\text{Duty Cycle} = T_H/T$$



زمان های HIGH و LOW بودن موج PWM

خب دیگه حالا با داشتن این فرمول ها به راحتی میتونیم به دیوتی سایکل مورد نظر خودمون برسیم. همچنین برای تغییر دیوتی سایکل میتونیم یک مقاومت متغیر به همراه 2 عدد دیود بجای R2 قرار دهیم. از مدار زیر با اضافه کردن یک بخش درایور مثلا استفاده از ماسفت، میتونیم برای تغییر سرعت موتور یا مثلا تغییر میزان روشنایی LED استفاده کنیم.

برای اینکار میتونید از مدار زیر استفاده کنید. برای دیود ها از 1N4007، برای خازن C1 از 100nF و برای مقاومت ها R1 و R2 مقدار 1KΩ در این مدار استفاده شده است. همچنین بجای ترانزیستور TIP122 از سایر ترانزیستور ها متناسب با نوع بار و مقدار ولتاژ و جریان مورد نیاز خود استفاده نمایید. در مدار زیر C1 از مسیر D1، R1 و مقاومت سمت چپ R شارژ شده و از مسیر C1، مقاومت طرف راست R، دیود D2 و نهایتا ترانزیستور داخلی آی سی دشارژ خواهد شد.



مدار کنترل دور موتور با آی سی 555

در این مدار پارامترهای T_H و T_L بصورت زیر محاسبه می‌شوند. از [این لینک](#) هم میتونید مقادیر مقاومت و خازن مورد نیاز را بصورت آنلاین محاسبه کنید و در مدار خودتون استفاده کنید.

$$T_H = 0.693 \cdot (R1 + R_{Left}) \cdot C1$$

$$T_L = 0.693 \cdot (R_{Right}) \cdot C1$$

$$T = T_H + T_L$$

نتیجه گیری

در این مطلب مدولاسیون پهنای باند یا PWM و اجزای آن و پاراکترهای مهم آن مورد بررسی قرار گرفت. همچنین مدار داخلی و نحوه عملکرد آی سی 555 در مد کاری آسانابل بصورت کامل بررسی و تحلیل شد. با استفاده از مدار پیشنهاد شده میتوانید با در نظر گرفتن تمهیدات لازم دور موتور DC، میزان نور LED و... را متناسب با نیاز خود کنترل نمایید.



امیدوارم از این آموزش کمال بهره را برده باشید. در صورتی که هرگونه نظر یا سوال داشتید درباره این آموزش لطفاً اون رو در انتهای همین صفحه در قسمت دیدگاه ها قرار بدید. در کوتاه ترین زمان ممکن به اون ها پاسخ خواهم داد. اگر این مطلب براتون مفید بود، اون رو حتماً به اشتراک بگذارید. همینطور میتونید این آموزش را پس از اجرای عملی توی اینستاگرام با هشتگ #microelecom به اشتراک بگذارید و **پیج مایکروالکام** (@microelecom) رو هم منشن کنید.