



## ساخت دیمر دیجیتالی با میکرو AVR

### مقدمه:

دیمرها مدارهایی هستند که برای تغییر روشنایی لامپ، کنترل سرعت موتورهای یونیورسال، تولید منابع تغذیه DC در محدوده ولتاژی بسیار وسیع، و کنترل موتور DC بکار گرفته میشوند. مدار دیمر با برش قسمتی از ولتاژ AC ورودی مقدار موثر ولتاژ خروجی را تغییر میدهد در نتیجه انرژی رسیده به بار را کنترل میکند. و این بار اگر لامپ باشد نور آن کم و زیاد میشود و اگر موتور یونیورسال باشد سرعت آن تغییر خواهد کرد. و اگر بجای تریاک از تریستور استفاده شود چون ولتاژ متغیر DC بدست می آید میتوان با آن موتور DC را کنترل کرده و یا منبع ولتاژ متغیر قدرتمندی ساخت. دیمر های پیشرفته و حرفه ای عموماً بوسیله سیستمهای کنترل دیجیتالی یا با میکروکنترلرها، کنترل میشوند.<sup>۱</sup>

### تاریخچه:

دیمر های کنترل روشنایی از سال ۱۸۹۰ مورد استفاده قرار می گرفته اند. این دیمرها بر مبنای کنترل ولتاژ روی لامپ و با استفاده از مقاومت های وات بالای قابل تنظیم یا با استفاده از ترانسفورماتورهای قابل تنظیم ساخته می شدند. این روشها در سالنهای سینما و ایستگاههای قطار و سایر مکانهای عمومی استفاده میشدند. مشکلات این نوع کنترلرها بزرگی حجم و اندازه، قیمت بسیار بالا، بهره کاری کم بوده و همچنین بسختی از راه دور قابل کنترل بودند.

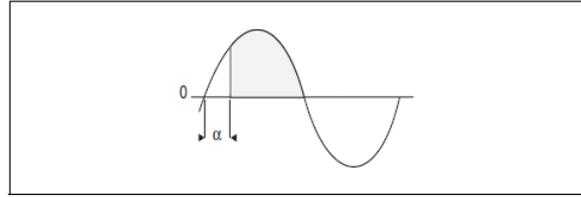
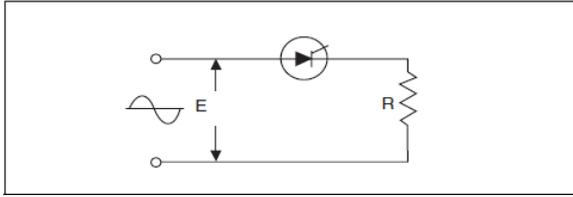
الکترونیک قدرت به سرعت از سال ۱۹۶۰ شروع به رشد کرد. بین سالهای ۱۹۶۰-۱۹۷۰ تریستور و تریاکها به بازار آمدند. با استفاده از آن قطعات ساخت دیمرهای کوچک و ارزان قیمت که دارای راندمان خوبی بودند بسیار آسان شد. الکترونیک نیز کنترل از راه دور آنها را آسان گرداند. این نوع دیمرهای الکترونیکی پس از سال ۱۹۷۰ عرضه شدند و امروزه در بسیاری از مکان مانند خانه ها، رستوران ها، اتاق های کنفرانس و روشنایی ایستگاهها مورد استفاده قرار میگیرند.

### دیمرها چگونه کار میکنند:

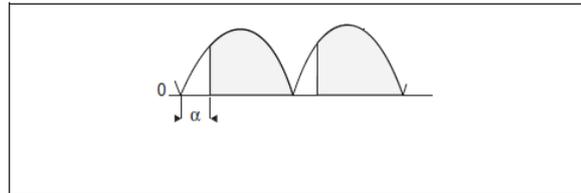
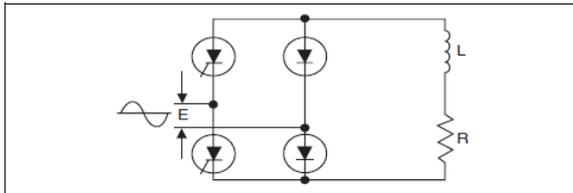
دیمرهای نیمه هادی بر اساس برش برق AC ورودی و کنترل پهنای برش یک نیم سیکل کار میکنند. برای مثال، اگر مشابه دیود معمولی نصف برق AC را برش دهیم نور خروجی از لامپ کم خواهد شد. دیمر معمولی با استفاده از تریستور ساخته میشود. تریستور بعد از روشن شدن همچنان روشن می ماند تا زمانی که جریان عبوری از آن به صفر برسد (در واقع در اولین عبور از صفر اگر بار کاملاً مقاومتی باشد خاموش میشود).

در شکل زیر چند نمونه مدار و شکل موج خروجی آنها با تریستور بازای بار مقاومتی دیده می شود.

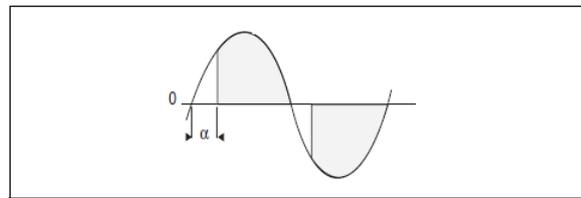
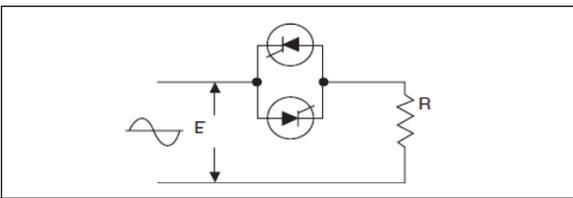
<sup>۱</sup> : <http://en.wikipedia.org/wiki/Dimmer>



الف: یکسو ساز نیم موج با تریستور



ب: یکسوساز تمام موج با تریستور



ج: سوئیچ تمام موج AC ( مشابه خروجی تریاک )

همانطوریکه میبینید با تغییر زاویه آتش , مقدار توان خروجی قابل تنظیم میشود. در نتیجه توان خروجی کنترل پذیر خواهد شد.

### موارد ایمنی قبل از شروع به ساخت مدار:

اگر دانش لازم برای پیاده سازی محیط کاری امن در زمان استفاده از برق شهر را ندارید لطفا این فصل را زود شروع نکنید. و همیشه زمانیکه برق را وصل نکرده اید به قطعات برد خود دست بزنید. و در زمانیکه برق را به برد خود وصل میکنید همیشه برد شما داخل جعبه ای باشد یا حداقل پارچه ای را روی کل برد خود قرار دهید تا از آسیب به چشمانتان جلوگیری کند.

بدلیل اینکه دیمر مستقیما به برق شهر وصل می شود مطمئن باشید که هیچ قسمتی در زمان کار با بدن شما تماس نخواهد داشت. بهترین راه قرار دادن کل مدار در یک جعبه پلاستیکی کوچک میباشد. اگر دیمر معمولی میسازید از ولوم با شفت پلاستیکی استفاده کنید.

ترکها یا سیمهای روی PCB را تا جائیکه مقدور هستید پهن ساخته و فاصله آنها را از هم بیشتر کنید. از فیوز مناسبی استفاده کنید. از تریاک با حداقل ولتاژ 400V ( 600V بهتر است) استفاده کنید. خازنهای مناسب استفاده کنید ( روی بدنه این خازنها حرف X حک میشود). از سلف مناسب استفاده کنید تا علاوه بر اینکه جریان مدارتان را تامین میکند اشباع نشود.

تریاک خود را روی یک قطعه آلومینیوم وصل کنید تا در اثر داغ شدن نسوزد.



یک کلید اصلی برای قطع کل مدار از برق ( فاز و نول ) در مدار نصب کنید.

از فیوزی کند استفاده کنید چون بعضی از لامپها در لحظه اول مقاومت خیلی کمی دارند. و همچنین قدرت جریانهی ترایاک شما باید دو تا پنج برابر بیشتر از فیوز باشد تا فیوز قبل از ترایاک بسوزد. در زمان روشن کردن مدار را نرم راه اندازی کنید تا در لحظه اول جریان را کنترل کرده باشید( بمدت دو ثانیه اول زاویه شروع آتش را آرام آرام کم کنید).

### ایجاد فرکانس رادیویی و هارمونیک ها:

همانطور که در شکل موج خروجی تریستور دیده میشود در لحظه روشن شدن , در روی بار ولتاژ بسیار تیز و عمودی است که این باعث ایجاد هارمونیکهای قوی و اعوجاج در برق شهر خواهد شد. که برای کاهش سرعت روشن شدن تریستور یک چک با آن سری میشود.

غیر خطی بودن بار دیمرها باعث ایجاد هارمونیک های بسیاری در مدار میشود. فرکانس این هارمونیکها بصورت مضاربی از فرکانس برق شهر میباشد ( ... , 150 Hz , 100 Hz ). افزایش جریان هارمونیکها باعث گرم شدن هسته ترانسفورماتورها و موتورها میشود. که این گرما اغلب مشکل بزرگی است و عمر مدار , موتور و ترانسفورماتور را کاهش میدهد. در بارهای کم و زیر 1 KW مثل یک لامپ , زیاد نگران هارمونیکها نباشید.

روشن شدن ترایاک و تریستور در وسط فاز ( زاویه آتش 90 درجه ) بیشترین تغییرات جریان و ولتاژ را خواهد داشت. این قطعات بدلیل فیدبک مثبتی که در مدار معادل آنها وجود دارد در کمتر از یک میکروثانیه کاملا روشن میشوند. که این سرعت زیاد در تغییر جریان و ولتاژ باعث ایجاد فرکانسهای بالای رادیویی در سیمها و اتصالات مدار خواهند شد مگر اینکه یک فیلتر<sup>۲</sup> RFI مناسب در مدار قرار داده باشید. این فرکانسها اغلب مضاربی از 50 هرتز بوده و فرکانس آنها حتی تا 10 MHz نیز میرسد. سیمهای برد شما میتوانند بصورت آنتن عمل کرده و این امواج را به هوا پخش خواهند کرد. دیمرهای ارزان هیچگونه فیلتری ندارند و در زمان کار امواج رادیویی زیادی را به هوا پخش خواهند کرد. اگر سلفی که در مسیر بار قرار میدهند بتواند زمان روشن شدن<sup>۳</sup> را بین 30 تا 50 میکروثانیه برساند بطور قابل ملاحظه ای امواج رادیویی را حذف خواهد کرد. ( این سلف میتواند برای دیمر خانگی بین 40 تا 100 uH باشد). علاوه بر سلفی که با مدار سری میشود , خازنی کوچک ( 22nF تا 47nF ) را در ورودی برق شهر و موازی با دیمر قرار دهید. (از خازن مناسب با مارک X استفاده کنید).

لامپهای بالای 300 وات در مدار دیمر ایجاد صدا میکنند. چوکی که در مدار قرار میدهند از تولید صدا , در مدار دیمر نیز جلوگیری میکند. در صورت وجود صدا در مدار مقدار چوک را افزایش دهید.

در موتورها و سایر بارهایی که توان بالایی نیز دارند , جریانهای ناگهانی در زمان روشن شدن تریستور یا ترایاک , باعث لرزش سیم و ایجاد صدا میشود. در این موارد علاوه بر طراحی فیلتر مناسب , سیم های موتور یا ترانسفورماتور را سفت ببندید تا جای حرکت و تولید صدا نداشته باشند.

### استاندارد دیمر:

سری استاندارد ۱۲-۳-۱۰۰۰-IEC/EN و CISPR 15/EN 55015 برای دیمر بوده و دیمرهای بالای 3680 Watt که حرفه ای نامیده میشوند باید از این استاندارد تبعیت کنند.

<sup>۲</sup> Radio Frequency Interference (RFI)

<sup>۳</sup> Rise time

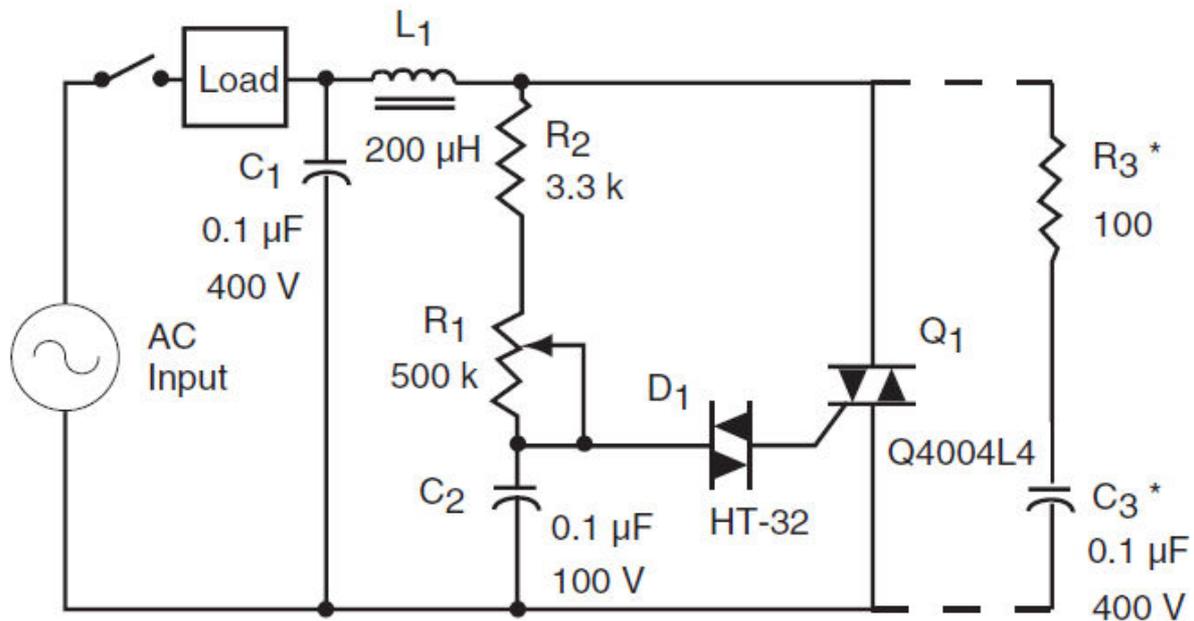


### دیمر بارهای القایی:

دیمر های معمولی لامپها برای لامپهای نوری و گرم کننده های برقی مناسبند. اما برای بارهای سلفی قوی مثل ترانسفورماتورها ، لامپهای فلورسنت ، لامپهای نئون ، لامپهای هالوژن و موتورهای الکتریکی مناسب نیستند. در این موارد دیمر های معمولی کنترل خوبی روی بار نخواهند داشت در بارهای ترانسفور ماتوری باید تقارن نیم سیکل مثبت و منفی کاملاً حفظ شود تا هیچ مولفه DC وارد ترانسورماتور نشود.

### دیمر معمولی کامل:

مدار دیمر معمولی توسط یک ولوم تنظیم می‌شود که با استفاده از یک مقاومت متغیر و یک خازن ، تاخیر زمانی برای آتش شدن گیت تریاک فراهم کرده و در نتیجه نور لامپ تغییر می کند یک نمونه از مدار عملی دیمر در زیر نشان داده شده است.



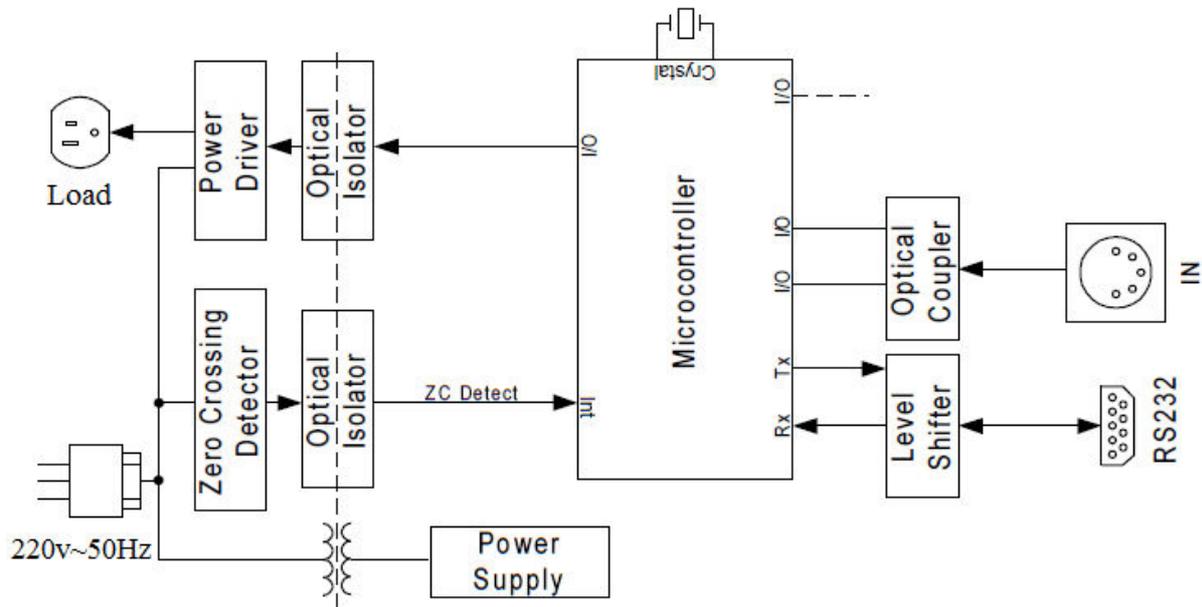
شکل: مدار کامل دیمر معمولی

در دیمر چون جریان بصورت ناگهانی ، ضربه ای و بطور مرتب قطع و وصل می شود. مقدار زیادی پارازیت به مدار میدهد. خازن  $C_1$  و سلف  $L_1$  برای حذف شوکهای جریانی هستند و از رسیدن شوکهای فرکانس بالا به شبکه جلوگیری میکنند. این سلف و خازن از تولید قسمت زیادی از فرکانسهای رادیویی جلوگیری کرده و باعث میشوند دامنه هارمونیکها بسیار کم باشد.  $R_3$  و  $C_3$  باهم برای کاهش نرخ  $dv/dt$  می باشند. با آمدن نیم سیکل خازن  $C_2$  توسط مسیر  $R_1$  و  $R_2$  شارژ شده و اگر ولتاژ خازن به ولتاژ شکست دیاک برسد دیاک روشن شده و تریاک را روشن میکند. در این لحظه بار ذخیره شده در خازن سریعاً از طریق دیاک در گیت تریاک تخلیه شده و خازن تقریباً دشارژ میشود. تریاک تا رسیدن نیم سیکل منفی روشن می ماند و با صفر شدن جریانش خاموش میگردد. در نیم سیکل منفی نیز همین اتفاق می افتد با این تفاوت که در اینحالت جهت کلیه جریانها برعکس خواهد بود. و در هر دو حالت تریاک در زمان عبور جریان از صفر خاموش میگردد.

### دیمر دیجیتال:



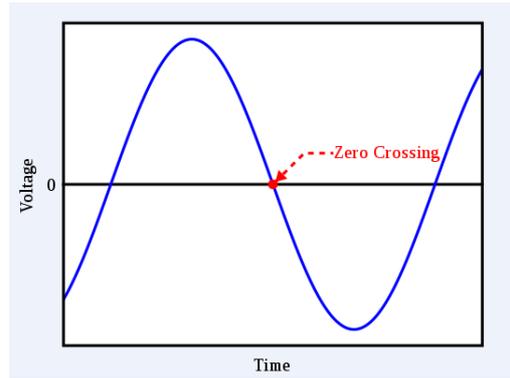
بر خلاف دیمر معمولی که مدار تصمیم گیرنده ندارد. در دیمر دیجیتال باید میکروکنترلر تصمیم بگیرد که در چه زمانی باید تریستور یا تریاک را روشن کند. و برای اتخاذ این تصمیم نیاز به یک مبنای زمانی دارد تا همه زاویه های آتش برای ورودی ثابت یکسان باشند. مهمترین مبنای زمانی برای تأخیر در آتش گیت همان زمانی است که موج سینوسی برق شهر از صفر عبور میکند<sup>۴</sup>. بنابراین مدار از اجزا زیر ساخته خواهد شد.



این مدار از قسمت‌های زیر تشکیل شده:

- مدار آشکار ساز عبور از صفر
- سوئیچ قدرت یا تریاک
- میکروکنترلر
- ورودی فرمان
- ایزولاتور

مدار آشکار ساز عبور از صفر، مداری است که زمان عبور موج AC از نقطه صفر ولتاژی را تشخیص میدهد. خروجی این مدار را به یکی از ورودیهای وقفه میکروکنترلر وصل میکنیم تا دقیقاً زمان عبور از صفر را تشخیص دهیم. میکرو با آمدن این وقفه، پس از گذشت مدت زمان مشخصی یک پالس در خروجی خود تولید میکند که پالس به گیت تریاک داده میشود و تریاک روشن شده و ولتاژ برق شهر را به بار منتقل میکند. مقدار زمان تأخیر ارسال پالس فرمان به تریاک در واقع تعیین کننده زاویه آتش در مدار است. این زمان توسط دو کلید فشاری Up و Dn قابل تنظیم میباشد. به عبارت دیگر این دو کلید نقش همان ولوم کنترل را در دیمر معمولی برعهده دارند در واقع دو کلید فشاری Up و Dn مقدار OCR تاایمر صفر را تغییر می دهد نکته قابل توجه این است که زمان سرریز تاایمر صفر باید ۱۰ms باشد تا هم زمان با زمان تناوب نیم سیکل برق شهر باشد.

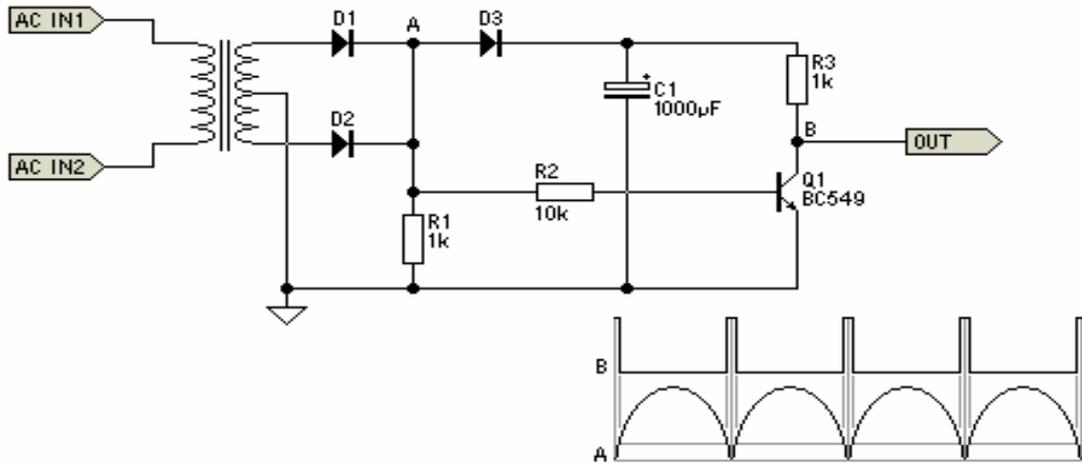


فرمان ورودی میتواند از طریق ولوم یا تک سوئیچهای روی برد ، و یا از طریق پورت سریال وارد شوند. ما در این طرح بصورت ساده از دو کلید up و down برای افزایش یا کاهش زاویه آتش استفاده میکنیم.

از مزایای استفاده از میکروکنترلر در مدار دیمر این است که می توان این مدار را با اضافه کردن یک رابط مناسب همچون پورت سریال به تجهیزاتی همچون کامپیوتر، PLC یا هر مدار کنترلی دیگری متصل نمایید . از طریق این تجهیزات دیمر را کنترل کرد.و همچنین میتوان دیمر سه فاز با کنترل دقیق برای راه اندازی نرم ° موتورهای سه فاز ساخت تا جریان راه اندازی موتورهای سه فاز را کنترل و محدود سازد. در راه اندازی نرم وجود هارمونیکهای حتی شدید هم دمای موتور را بالا نمیبرد چون مدت زمان راه اندازی عموماً زیر ده ثانیه است.

خاصیت دیگر مدار این است که برق شهر را هم در نیم سیکل های مثبت و هم منفی کنترل می کند در نتیجه مقدار موثر ولتاژ دو سر بار از مقدار ماکزیمم تا مینیمم قابل تغییر است.

مدار های مختلفی برای آشکار ساز عبور از صفر می توان طراحی کرد از جمله :



در این مدار  $D_1$  ,  $D_2$  به همراه ترانسفور ماتور کاهنده , یکسوساز تمام موج ,  $D_3$  با  $C_1$  ایجاد کننده منبع ولتاژ DC برای  $Q_1$  , و  $Q_1$  مقایسه گر میباشند. از ولتاژ روی خازن  $C_1$  میتوان برای تغذیه میکروکنترلر نیز استفاده کرد. خروجی OUT نیز به ورودی وقفه میکروکنترلر وصل میشود. و در مراحل مختلف پالس B میتوان برنامه های زیر را اجرا کرد.

الف: با لبه پائین رونده روی پایه وقفه , میتوان تایمر را برای اندازه گیری زاویه آتش , راه انداخت.

ب: منتظر وقفه تایمر باندازه زاویه آتش میمانیم.

پ: در وقفه تایمر گیت ترایاک را فعال میکنیم.

ج: یا منتظر لبه بالا رونده میمانیم , یا منتظر رسیدن تایمر یک به  $9.5ms$  میمانیم.

چ: گیت ترایاک را خاموش میکنیم.

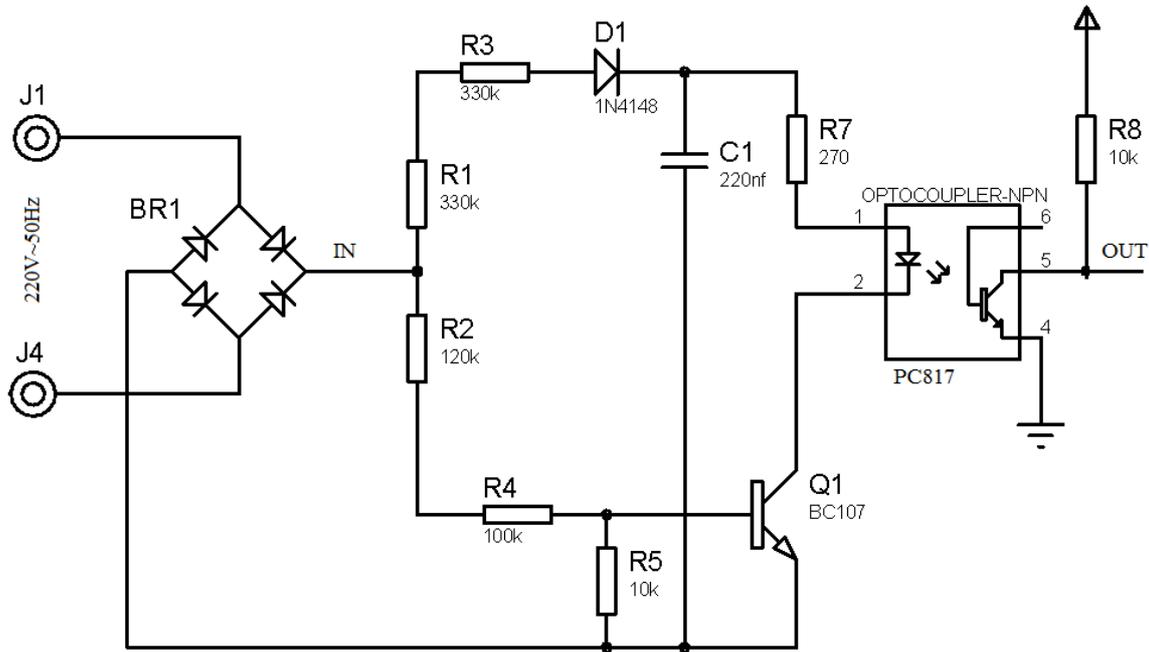
ح: این سیکل را مدام انجام میدهیم.

اشکالی که در مدار بالا وجود دارد اینست که چون ترانزیستور برای روشن شدن حداقل  $0.7V$  نیاز دارد بنابراین باندازه مدت زمانی که ولتاژ خروجی یکسوساز به  $0.7V$  در تشخیص زمان عبور از صفر خطا خواهیم داشت. این خطا بروش زیر قابل محاسبه است.

اگر خروجی ترانسفورماتور را حداکثر  $10V$  و ولتاژ روشن شدن ترانزیستور را  $0.7V$  بگیریم خطای زاویه عبور از صفر برابر  $\theta = 4^\circ$  خواهد شد. که میتوان این مقدار را همیشه در محاسبه زاویه آتش در نظر گرفت. مشکل دیگر اینست که این مقدار خطا به نسبت ترانسفورماتور وابسته است.

ولی بهترین مدار آشکار ساز عبور از صفر مداری است که ایزو لاسیون بین ولتاژ ورودی AC و میکرو را رعایت کند در نتیجه باید به یکی از مدار های بالا یک عدد اپتو کوپلر اضافه کنیم تا شرایط ایزولاسیون برقرار باشد.

در زیر یک مدار کامل آشکار ساز عبور از صفر را توضیح می دهیم.

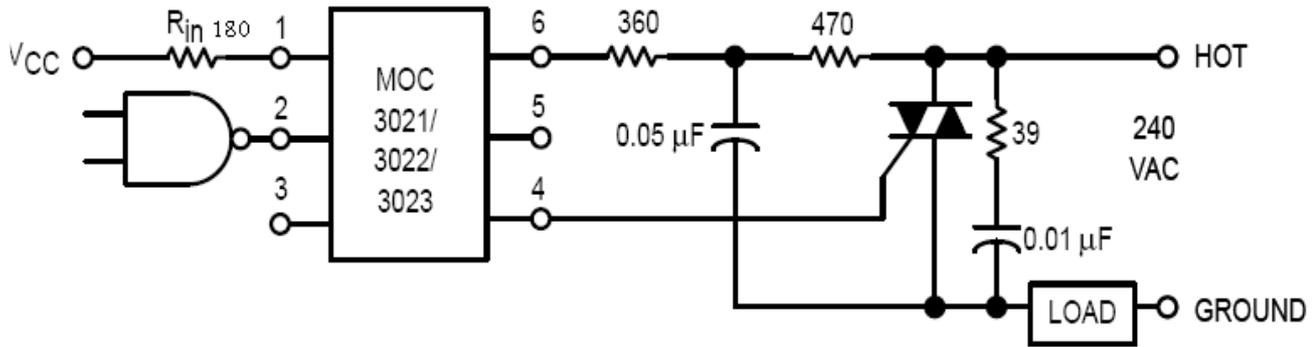


توضیح نقشه مدار : برق شهر توسط پل دیود یکسو می شود، سپس به دو انشعاب تقسیم میگردد. یک مسیر توسط مقاومت  $R_1$  ولتاژ کاهش داده میشود و پس از عبور از دیود  $D_1$  به خازن  $C_1$  داده میشود تا این ولتاژ صاف گردد و قابل استفاده توسط ترانزیستور  $Q_1$  و ورودی اپتوکوپلر شود. در صورت درست کار کردن این بخش ولتاژ دو سر خازن  $C_1$  در حدود  $7.3$  ولت خواهد بود.

انشعاب دوم ولتاژ یکسو شده برق شهر از طریق مدار تقسیم ولتاژ شامل مقاومت های  $R_2$  ,  $R_4$  کاهش پیدا کرده و به بیس ترانزیستور  $Q_1$  اعمال میشود. در زمانیکه ولتاژ ورودی در حال گذر از سطح صفر است بر روی بیس ترانزیستور  $Q_1$  ولتاژی وجود ندارد در نتیجه این ترانزیستور و اپتوکوپلر خاموش خواهند بود و باعث میگردد تا پالس مثبتی بر روی کلکتور اپتوکوپلر ظاهر شود که جهت تولید وقفه به میکروکنترلر داده میشود. در سایر زمانها که ولتاژ برق شهر از سطح صفر عبور نکرده روال فوق دقیقاً معکوس خواهد بود و بعلت روشن بودن اپتوکوپلر ولتاژ کلکتور آن صفر است و پالس نداریم.

#### مدار قدرت جهت کنترل بار:

بهترین مدار برای کنترل بار استفاده از اپتو ترایاک  $MOC3023$  و ترایاک  $BT139$  می باشد که در زیر یکی از مدارات کاربردی آن نشان داده شده است.



در این مدار منظور از گیت NAND ی که نشان داده شده خروجی در سطح TTL است که در اینجا مستقیماً به میکروکنترلر وصل میشود. با روشن شدن ایتو ترایاک توسط میکروکنترلر گیت ترایاک اصلی تحریک شده و روشن میگردد. و متناسب با زمان تاخیر اعمال پالس زاویه آتش به گیت ترایاک، نور لامپ تغییر می کند.

#### مدار کنترل میکروکنترلر ATmega ۱۶ :

پالس های تولید شده توسط مدار آشکار ساز عبور از صفر به interrupt صفر میکروکنترلر اعمال می گردد. یک تایمر با زمان ۱۰ms سرریز می شود و در داخل interrupt تایمر صفر می شود تا همزمانی میان برق شهر و میکروکنترلر برقرار گردد برای این که تایمر در ۱۰ms سرریز شود باید محاسبات به شکل زیر انجام شود.

اگر فرکانس میکرو را ۱MHz انتخاب کنیم نزدیکترین فرکانس تقسیم فرکانس میکرو بر ۶۴ یعنی ۱۵.۶۲۵KHz می باشد که در این صورت مقدار اولیه تایمر به صورت زیر محاسبه می شود.

بنابراین در داخل interrupt صفر باید مقدار اولیه تایمر بار گذاری شود.

دو کلید برای کم و زیاد کردن نور لامپ وجود دارد که مقدار OCR<sub>0</sub> را تغییر می دهند در برنامه باید مقدار حداقل و حداکثر OCR<sub>0</sub> کنترل شود.

رنامه میکرو ۱۶ ATmega به زبان C در زیر آورده شده است:

Chip type : ATmega۳۲

Program type : Application

Clock frequency : ۱,۰۰۰,۰۰۰ MHz

Memory model : Small

Data Stack size : ۵۱۲



## مرکز آموزش عالی فنی انقلاب اسلامی

```
#include <mega32.h>
#include <delay.h>
١٦٠ ; = unsigned char a
interrupt [EXT_INT٠] void ext_int٠_isr(void)
{
    TCNT٠ = ٠x٦٤;
}
interrupt [EXT_INT١] void ext_int١_isr(void)
{
    TCNT٠ = ٠x٦٤;
}
interrupt [TIM٠_OVF] void timer٠_ovf_isr(void)
{
    TCNT٠ = ٠x٦٤;
}
void main(void)
{
    DDRB = ٠x٠٨; PORTB = ٠x٠٣;
    //Timer/counter initialization
    // Clock source: system clock
    // Clock value: ١٥.٦٢٥ KHz
    // Mode: fast PWM top = ff
    // Oc output: non inverted PWM
    TCCR٠ = ٠x٦B;
    TCNT٠ = ٠x٦٤;
    OCR٠ = ٠xD٠;
    GICR |= ٠x٤٠;
    MCUCR = ٠x٠٣;
    MCUCSR = ٠x٠٠;
    GIFR = ٠x٤٠;
    TIMSK = ٠x٠١;
    ACSR = ٠x٨٠;
    SFIOR = ٠x٠٠;
```



## مرکز آموزش عالی فنی انقلاب اسلامی

```
#asm("sei")
while (۱)
{
if(TCNT۰==۰x۰۰)TCNT۰=۰x۶۴;
if(PINB۰==۰)a++;
if(PINB۱==۰)a--;
if(a>=۲۵۳)a=۲۵۳;
if(a<=۱۰)a=۱۰;
delay_ms(۲۰);
OCR۰=ا;
};
}
```

نقشه کامل مدار:

