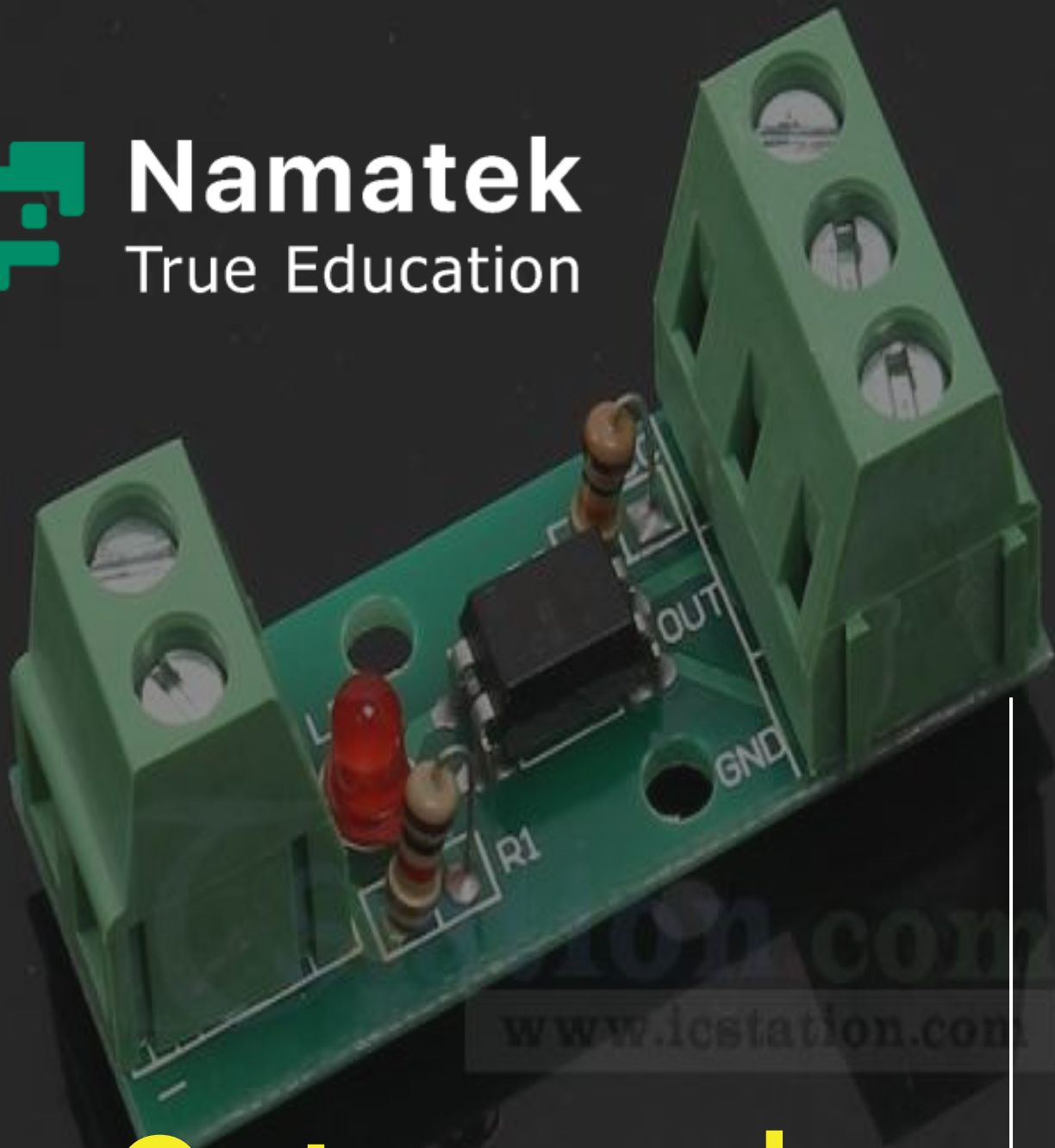




Namatek
True Education



www.namatek.com

Optocoupler

اپتوکوپلر

فهرست مطالب

۱. اپتوکوپلر چیست؟
۲. ساختار و اجزای اپتوکوپلر
۳. نحوه کار اپتوکوپلر
۴. انواع اصلی اپتوکوپلر
۵. کاربردهای اپتوکوپلر
۶. اپتوکوپلر خطی (Linear optocoupler)
۷. اپتوکوپلر ولتاژ بالا یا سرعت بالا (High-Speed optocoupler)
۸. تست سالم بودن اپتوکوپلر

چطور می توان دو مدار متصل به هم را از نظر الکتریکی ایزوله کرد؟ چطور می توان از مدار، قطعات و سیگنال ها در برابر اثرات ناشی از پتانسیل زمین، شوک های جریان ناشی از منبع برق AC و ... محافظت کرد؟ چطور می توان سیگنال ها را از یک مدار به مدار دیگر انتقال داد ولی از اثر جریان های مزاحم روی آن ها جلوگیری کرد؟

اگر به دنبال پاسخ این سوالات هستید تا انتهای این پست با ما همراه باشید. در ادامه با اپتوکوپلر به عنوان یک قطعه کارآمد در الکترونیک آشنا شده و درباره انواع و نحوه تست سلامت این قطعه یاد می گیریم.

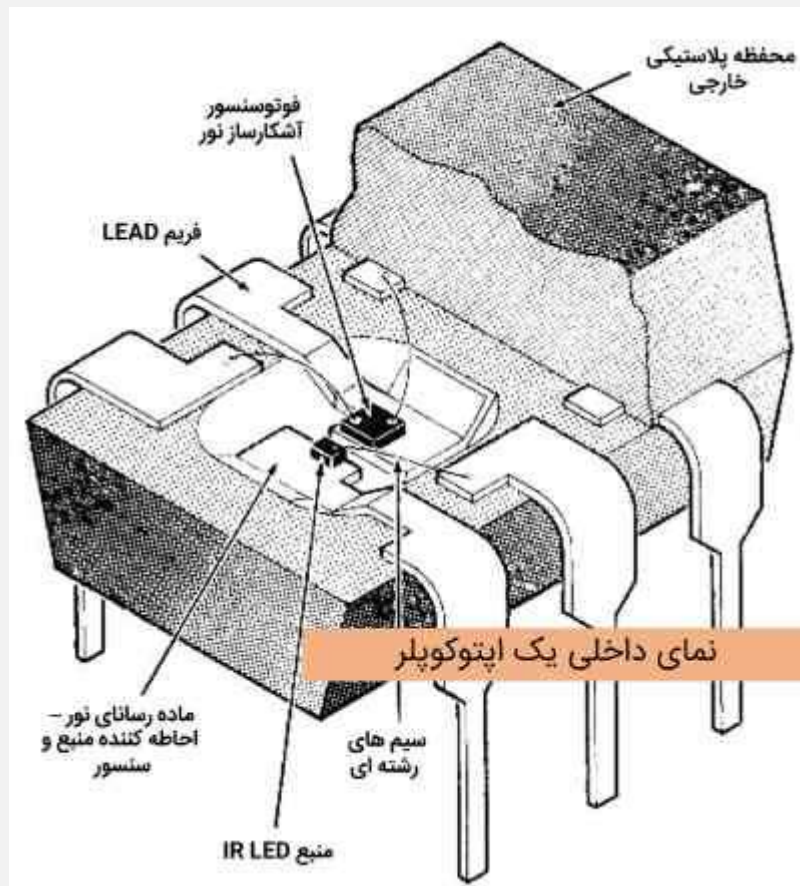
اپتوکوپلر چیست؟

همانطور که می دانیم [ترانسفورماتورها](#) نه تنها می توانند انرژی الکتریکی را بین چند مدار منتقل کنند بلکه می توانند بین دو مدار با ولتاژ بالا و پایین، ایزولاسیون الکتریکی ایجاد کنند و این کار را با جدا کردن ولتاژ ورودی اولیه از ولتاژ خروجی ثانویه انجام می دهند. این جداسازی بین منبع ورودی و بار خروجی را می توان با استفاده از قطعه ای به نام اپتوکوپلر نیز انجام داد. اپتوکوپلر (optocoupler) یا اپتوایزولاتور (opto-isolator) یک قطعه الکترونیکی است که با استفاده از نور، سیگنال های الکتریکی را بین دو مدار

مجزا انتقال می دهد. ایتوکوپلر برای جدا کردن و محافظت از مدار در برابر آسیب های الکتریکی یا نویزهای ناخواسته استفاده می شود، به ویژه در مدارهای با ولتاژ پایین و مدارهای حساس به نویز. در واقع ایتوکوپلر نوعی جداکننده نوری است که جلوی ولتاژهای بالایی که باعث به وجود آمدن سیگنال های اضافی بر روی سیستم می شوند را می گیرد. ایتوکوپلرهای رایج تا ۱۰ کیلو ولت در برابر ولتاژهای ورودی-خروجی مقاومت می کنند.

ساختار و اجزای ایتوکوپلر

بخش های مختلف یک ایتوکوپلر در یک بدنه یا پوشش تیره قرار دارند که چند پایه فلزی به آن متصل است. انواع ایتوکوپلرها شامل بخش های اصلی زیر هستند:



- یک منبع نور (emitter)
- در اغلب موارد یک دیود تابش نور مادون قرمز (IR LED) است که سیگنال الکتریکی ورودی را به نور تبدیل می کند.
- ماده رسانای نور یا کانال اپتیکی (dielectrical channel)
- یک کانال بسته که به نام کانال دی الکتریک هم شناخته شده و نور در آن از منبع به سمت گیرنده هدایت می شود.
- یک گیرنده نوری یا فوتوسنسور (photo-sensor)

این گیرنده در واقع نوعی نیمه هادی حساس به نور است که می تواند نور ورودی را تشخیص دهد و بعد از تشخیص نور یا مستقیماً انرژی الکتریکی را تولید کرده، یا جریان الکتریکی تولید شده توسط منبع تغذیه خارجی را مدوله کند.

• این سنسور می تواند هر یک از انواع زیر باشد:

- فوتورزیستور (photoresistor)

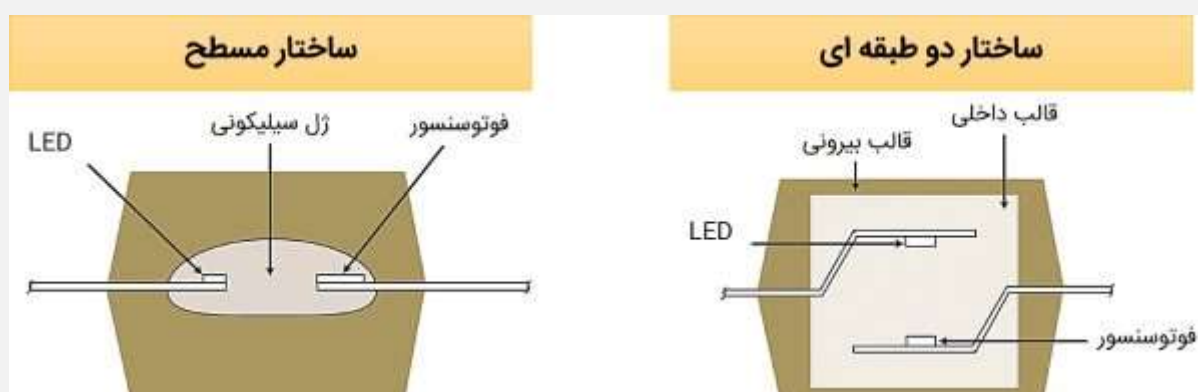
- فوتودیود (photodiode)

- فوتوترانزیستور (phototransistor)

- فوتوترایاک (phototriac)

- فوتوتریستور از نوع یکسوکننده کنترلی سیلیکونی (SCR)

اپتوکوپلرها می توانند ساختار مسطح یا دو طبقه ای داشته باشند.



نحوه کار اپتوکوپلر

همان طور که در شماتیک مربوط به یک اپتوکوپلر در تصویر پایین می بینیم:

۱. پین های ۱ و ۲ مربوط به LED هستند LED. نور مادون قرمز را به

سمت راست ساطع می کند.

۲. یک گیرنده نوری (مثلا فوتوترانزیستور) در سمت راست اپتوکوپلر قرار

دارد که نور ساطع شده از LED را دریافت می کند.

۳. فوتوسنسور شبیه یک [ترانزیستور BJT](#) عمل کرده و مدار خروجی را با

استفاده از پایه های کلکتور (collector) و امیتر (emitter) سوییچ

می کند.

۴. شدت نور LED به طور مستقیم فوتوسنسور را کنترل می کند.

۵. LED را می توان با مدار بندی های مختلفی کنترل کرد و فوتوسنسور

می تواند مدار بندی های مختلفی را کنترل کند، پس در واقع یک

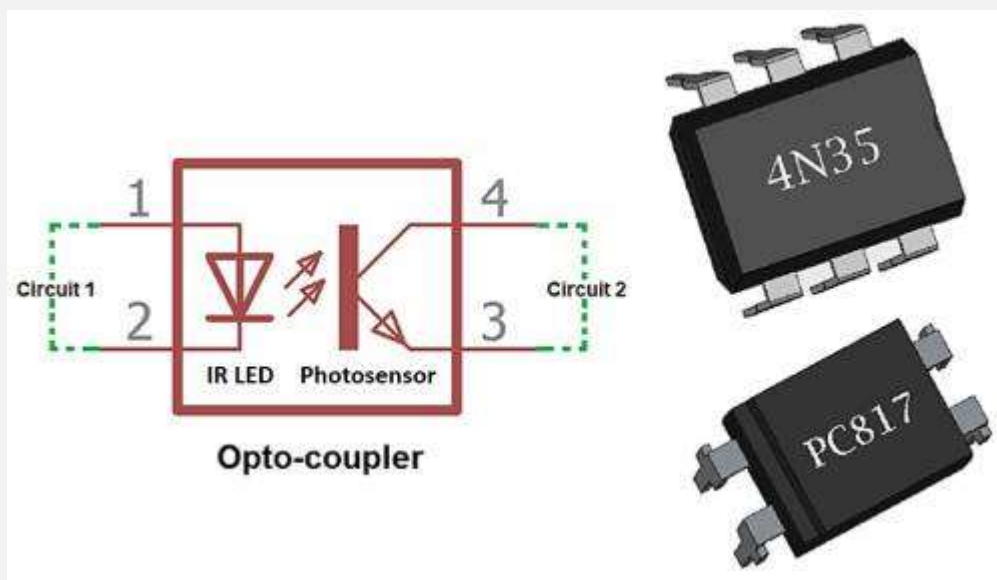
اپتوکوپلر توانایی کنترل دو مدار مستقل را دارد.

۶. فضای بین فوتوسنسور و LED، از جنس یک ماده شفاف و غیر رسانا

ساخته شده که در واقع نارسانای الکتریکی ولی رسانای اپتیکی است،

مثل: شیشه، هوا یا پلاستیک شفاف. این ماده دو مدار مختلف را از

نظر الکتریکی از هم جدا و ایزوله می کند. ایزولاسیون الکتریکی به طور معمول در محدوده ۱۰ کیلو ولت یا بالاتر است.



انواع اصلی اپتوکوپلر

با توجه به کاربری ها و نیازهای متفاوت، انواع متنوعی از اپتوکوپلرها وجود دارد، اما بر اساس نوع فوتوسنسور مورد استفاده در آن ها، در چهار نوع اصلی طبقه بندی می شوند.

اپتوکوپلر فوتوترانزیستوری (Photo-Transistor Optocoupler)

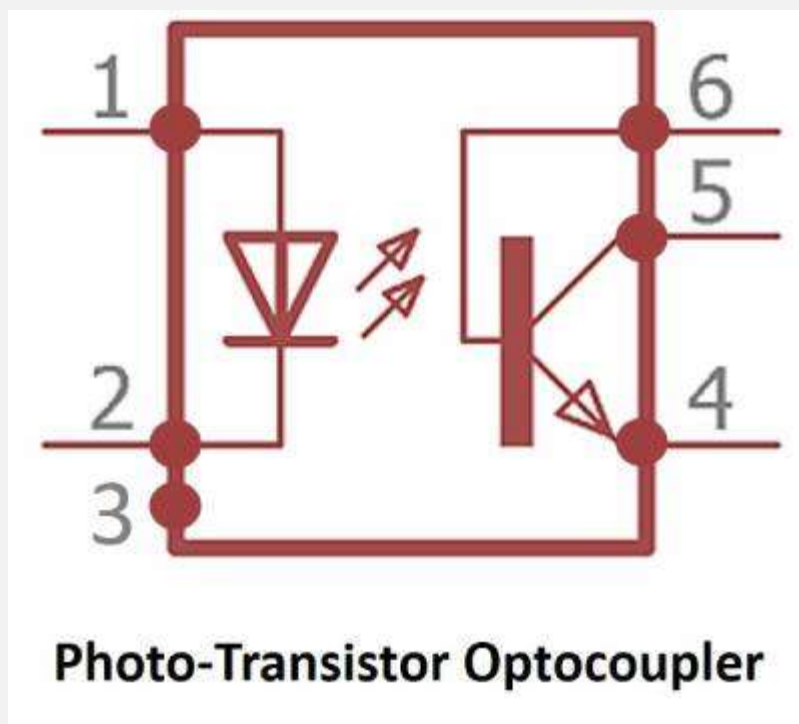
در این مدل اپتوکوپلر از یک فوتوترانزیستور به عنوان سنسور آشکارساز نور استفاده شده که [ترانزیستور](#) مورد استفاده، بسته به نوع خروجی می تواند PNP یا NPN باشد. جریان از منبع به سمت LED رفته و با عبور از آن باعث تولید شدن نور مادون قرمز می شود. این نور به سمت فوتوترانزیستور ساطع شده و آن را روشن می کند.

پایه ۶ در اپتوکوپلر به طور مستقیم به بیس ترانزیستور متصل است و مسئول کنترل حساسیت فوتوترانزیستور است. اگر این پایه باز باشد حساسیت ترانزیستور به نور حداکثر است، ولی اگر با استفاده از یک مقاومت بزرگ به منفی یا زمین متصل شود، حساسیت ترانزیستور قابل کنترل شده و جلوی تحریکات ناشی از ناپایداری های الکتریکی و نویزها مقاوم تر می شود. پس در واقع فوتوترانزیستورها برای سوئیچ کردن جریان در مدار خروجی به کار می روند.

از اپتوکوپلرهای فوتوترانزیستوری در ایزولاسیون مرتبط با مدارهای DC استفاده می شود و موقع استفاده باید به حداکثر نرخ کاری آن ها توجه کرد.

PC816, PC817, LTV817, K847PH چند مدل از این نوع اپتوکوپلرها

هستند.

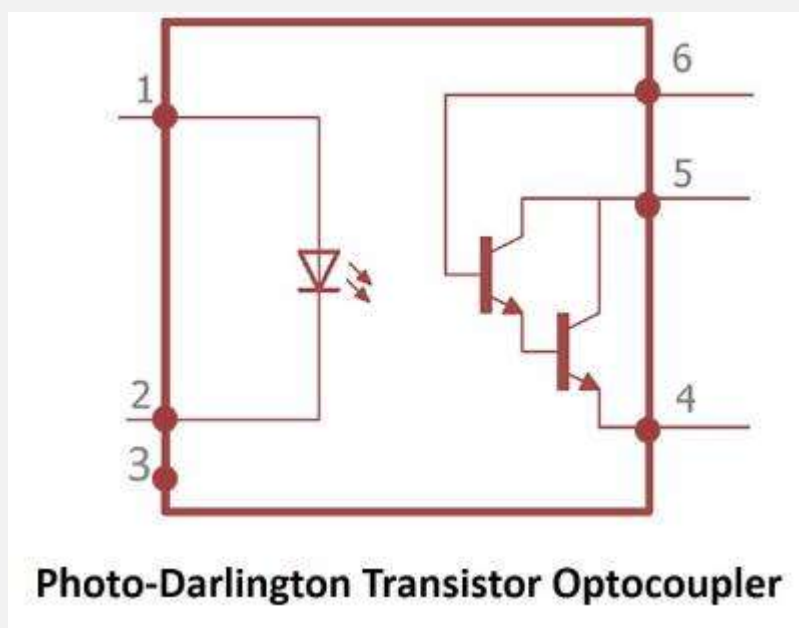


اپتوکوپلر ترانزیستوری فوتودارلینگتونی (Photo-Darlington Transistor Optocoupler)

ترانزیستور دارلینگتونی شامل یک جفت ترانزیستور است که یکی از آن ها بیس ترانزیستور دیگر را کنترل می کند. این پیکربندی، بهره وری را در ترانزیستور دارلینگتون افزایش می دهد. در این مدل هم، LED با ایجاد نور مادون قرمز و هدایت آن به سمت ترانزیستور بیس آن را کنترل می کند و همانند مدل قبلی پایه 6 متصل به بیس ترانزیستور برای کنترل حساسیت

ترانزیستور استفاده می شود. اپتوکوپلرهای ترانزیستوری فوتودارلینگتونی در ایزولاسیون مدارهای DC به کار می روند.

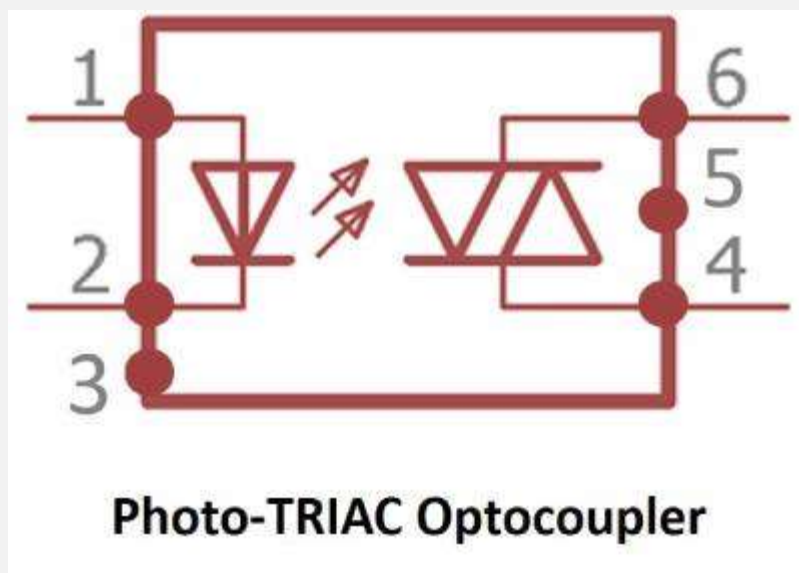
از جمله مدل های این نوع اپتوکوپلر هستند.



اپتوکوپلر فوتوترایاکی (Photo-TRIAC Optocoupler)

از قطعه [ترایاک](#) معمولا در مواردی که به کنترل یا سوئیچینگ مدارهای مبتنی بر AC نیاز باشد، استفاده می شود. مدار هدایت کننده نور می تواند از نوع DC باشد و ترایاک مدار AC را کنترل می کند. اپتوکوپلر فوتوترایاکی در

زمینه جداسازی (ایزولاسیون) این مدارها به خوبی عمل می کند. IL420،
4N35 دو نمونه از اپتوکوپلرها فوتوترایاکی هستند.

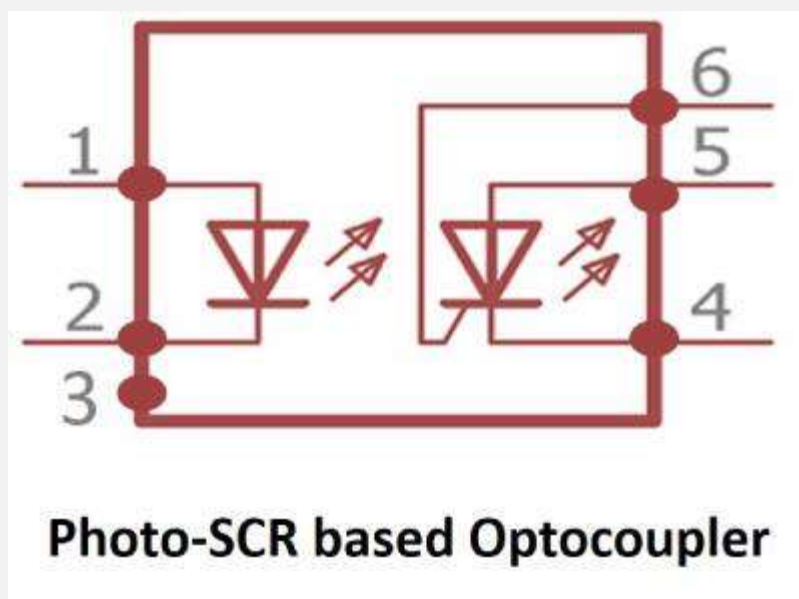


اپتوکوپلر فوتوتریستوری (Photo-SCR based Optocoupler)

SCR یا یکسو کننده کنترلی سیلیکونی نوع خاصی از تریستورها است. مشابه دیگر انواع اپتوکوپلرها، میزان شدت نور ساطع شده از LED کنترل کننده عملکرد SCR است. از این اپتوکوپلرها به دلیل ساختار [تریستور](#) در مدارهای مبتنی بر AC استفاده می شود.

MOC3071، IL400، MOC3072 مدل هایی از اپتوکوپلرهای

فوتوتریستوری هستند.



کاربردهای ایتوکوپلر

همان طور که در قسمت انواع توضیح دادیم، برخی از انواع ایتوکوپلرها در مدارهای DC و برخی از آن ها در مدارهای AC به کار می روند. می دانیم که ایتوکوپلر اجازه اتصال الکتریکی مستقیم بین دو طرف را نمی دهد و کاربرد اصلی آن جداسازی دو مدار است.

از کاربردهای متداول ایتوکوپلرها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تشخیص نوع سیگنال و کنترل ولتاژ در مدارهای AC و DC، سیگنال الکتریکی منتقل شده در یک سیستم می تواند داده های آنالوگ (خطی) یا دیجیتال (پالس) باشد.

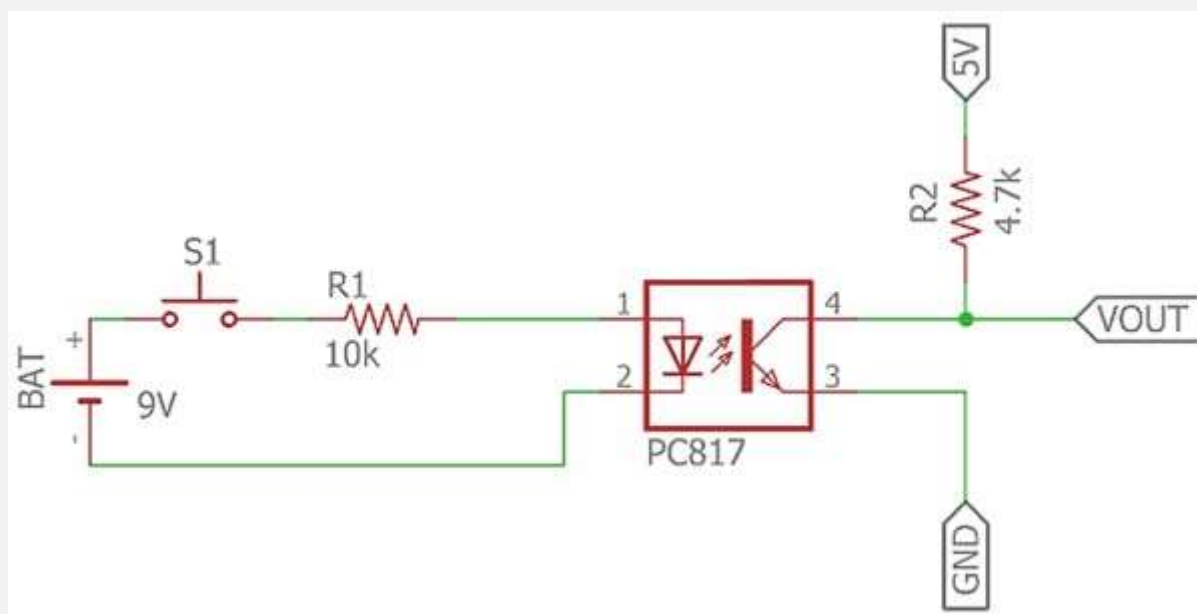
- سوئیچ کردن مدارها و سوئیچینگ ورودی/خروجی در ریزپردازنده ها (microprocessors).
- سوئیچ کردن سیگنال ها در کنار قطعات الکترونیکی بزرگی مثل ترانزیستورها و ترایاک ها، برای جداسازی الکتریکی بین دو مدار و جداسازی بین سیگنال کنترلی با ولتاژ پایین (مثلا [آردوینو](#) یا میکروکنترلر) و سیگنال خروجی اصلی با ولتاژ بالاتر.
- سوئیچینگ منبع DC و کنترل منبع AC.
- ارتباطات کامپیوتری.
- ایزولاسیون (جداسازی) سیگنال ها.
- رگولاسیون منبع تغذیه که بر اثر حلقه جریان های زمین دچار اختلال شده.
- تشخیص نوع سیگنال ورودی و سوئیچ به خصوص در محیط های دارای نویزهای الکتریکی زیاد.
- استفاده از خروجی اپتوکوپلر برای راه اندازی مدار خارجی، نور یا به عنوان ورودی یک PC یا ریزپردازنده.
- با توجه به انواع اپتوکوپلرها، کاربردهای متفاوتی برای هر یک وجود دارد که به توضیح برخی از آن ها می پردازیم.

کاربرد اپتوکوپلر فوتوترانزیستوری (اپتوترانزیستور) در

سوئیچینگ مدار DC

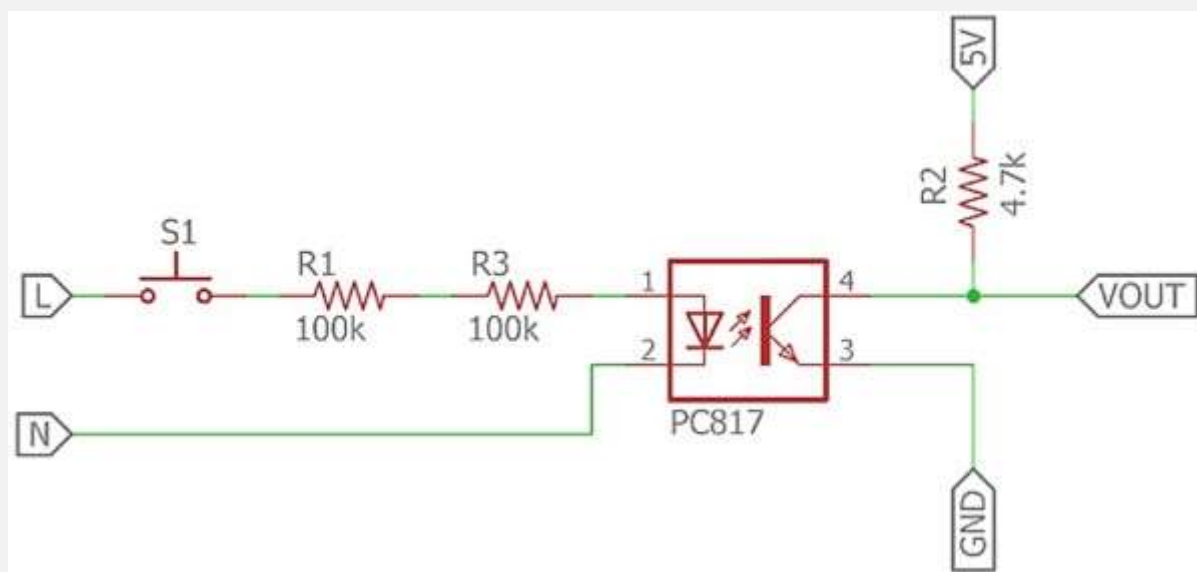
یک اپتوکوپلر فوتوترانزیستوری برای سوئیچینگ مدار همانند یک ترانزیستور معمولی عمل می کند. در مدار زیر به عنوان نمونه از یک اپتوترانزیستور مدل PC817 استفاده شده است. چراغ مادون قرمز (LED) توسط سوئیچ S1 کنترل می شود. وقتی که سوئیچ روشن باشد، منبع (باتری ۹ ولتی) جریان را به سمت LED هدایت می کند. شدت جریان با استفاده از مقاومت محدود کننده R1 کنترل می شود. با تغییر و کم کردن مقاومت، شدت نور لامپ زیاد و دریافتی ترانزیستور هم زیاد می شود. LED نور مادون قرمز را به ترانزیستور ساطع می کند. با انتشار نور مادون قرمز، ترانزیستور VOUT را صفر کرده و بار متصل به آن نیز خاموش می شود.

لازم به یادآوری است که مطابق با موارد قبلی، جریان کلکتور ترانزیستور ۵۰ mA است و مقاومت R2 برای VOUT مقدار ۵ V را مهیا می کند. از این تنظیمات و همراهی اپتوترانزیستور با یک میکروکنترلر می توان برای تشخیص پالس ها یا قطعی ها و به طور کلی برای کنترل و سوئیچ مدار DC استفاده کرد.



کاربرد اپتوکوپلر فوتوترانزیستوری (اپتوترانزیستور) برای تشخیص ولتاژ AC

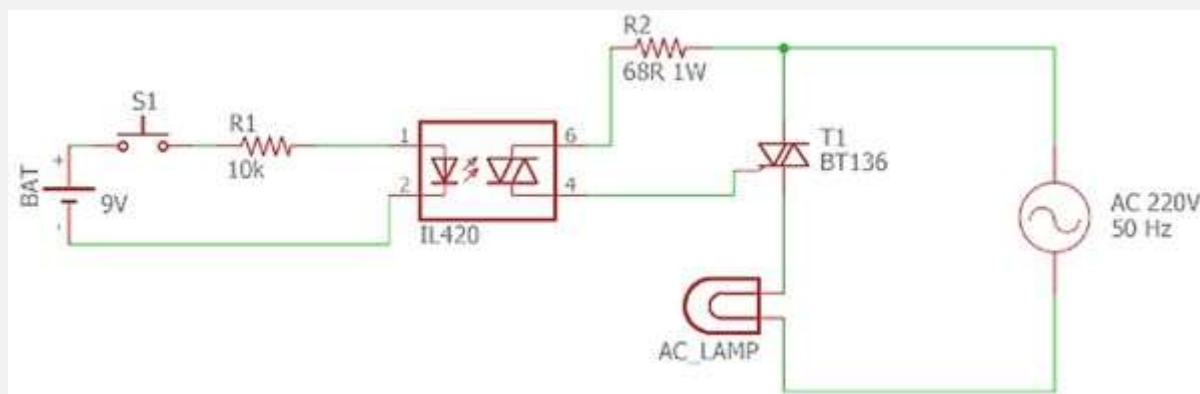
مقادیر و تنظیمات همانند مثال قبل است با این تفاوت که LED توسط دو مقاومت R1 و R3 کنترل می شود. استفاده از دو مقاومت به جای یک مقاومت معادل، ضریب اطمینان را در شرایط اتصال کوتاه بالا می برد. با وصل شدن سوئیچ S1، چراغ LED شروع به کار کرده و نور خود را به سمت ترانزیستور ساطع می کند. ترانزیستور پاسخ داده و VOUT را از ۵ ولت به صفر تبدیل می کند. با استفاده از این تنظیمات، اپتوکوپلر را می توان به مدار دارای ولتاژ پایین (مثلا واحد میکروکنترلر) وصل کرد تا ولتاژ و مدار AC را تشخیص داده و مدار DC را کنترل و سوئیچ کند.



کاربرد ایتوکوپلر فوتوترایاک (اپتوترایاک) برای کنترل مدار AC با استفاده از مدار DC

در مدار زیر به عنوان نمونه از یک اپتوترایاک مدل PC817 استفاده شده است. نحوه اتصال LED به باتری (منبع تغذیه)، مقاومت محدود کننده و سوئیچ S1 همانند دو مثال قبل است. اپتوترایاک از طریق یک پریز ۲۲۰ ولتی لامپ AC را کنترل می کند. و ترایاک T1 توسط مقاومت R2 و ترایاک موجود در ایتوکوپلر کنترل می شود. از این پیکربندی برای کنترل برق AC و کنترل وسایل برقی دارای مدار ولتاژ پایین استفاده می شود. در این کاربرد می توان از فوتوتریستور SCR به جای فوتوترایاک استفاده کرد. مزیت استفاده از فوتوترایاک ها و فوتوتریستورها ایجاد ایزولاسیون الکتریکی

کامل در مدار است که از هر گونه نویز و نوسانات ولتاژ موجود در خطوط منبع تغذیه AC جلوگیری کرده و از قطعات نیمه هادی مورد استفاده، در برابر شوک های حرارتی محافظت می کند.



اپتوکوپلر خطی (Linear optocoupler)

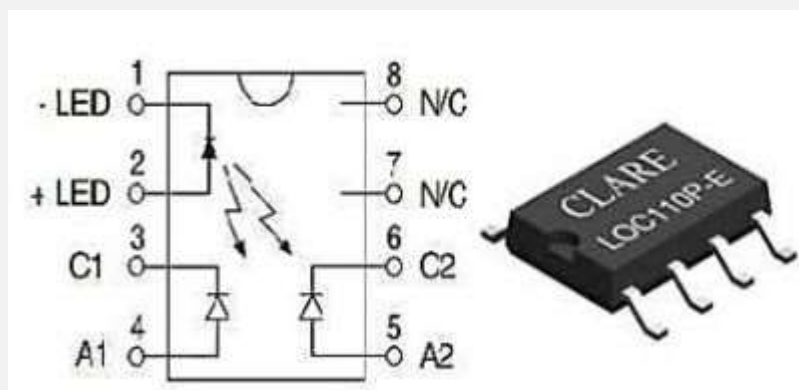
اپتوکوپلر خطی از یک منبع نور IR LED نوع AlGaAs و یک فوتودیود تشکیل شده. تابش LED و شارش آن منجر به بازخورد فوتودیود و تولید یک سیگنال کنترلی (IP1) می شود. این روش مشخصات غیر خطی LED مثل زمان و دما را جبران می کند. پین خروجی فوتودیود یک سیگنال خروجی (IP2) تولید می کند که به صورت خطی به شار نوری ایجاد شده توسط LED وابسته است.

مشخصات و ویژگی ها

- کوپل کردن سیگنال های AC و DC
- سروو خطی ۰.۱%
- ثبات زیاد، $\pm 0.05\%$
- ظرفیت خازنی پایین ورودی-خروجی
- مصرف توان پایین، کمتر از ۱۵ مگاوات
- فاصله عایق داخلی بیشتر از ۴ mm

کاربردها در

- بازخورد ولتاژ / جریان از منبع تغذیه
- ایزولاسیون سنسورهای پزشکی
- رابط سیگنال های صوتی
- ایزولاسیون مبدل های کنترل فرآیند
- ایزولاسیون تلفن های دیجیتال



اپتوکوپلر ولتاژ بالا یا سرعت بالا (High-Speed optocoupler)

از این دستگاه برای ایزوله کردن ولتاژ های DC و AC بین مدار ورودی و خروجی استفاده می شود. در واقع یک جداساز (ایزوله کننده) ولتاژ بالاست که می تواند داده ها را با سرعت بالا انتقال دهد.

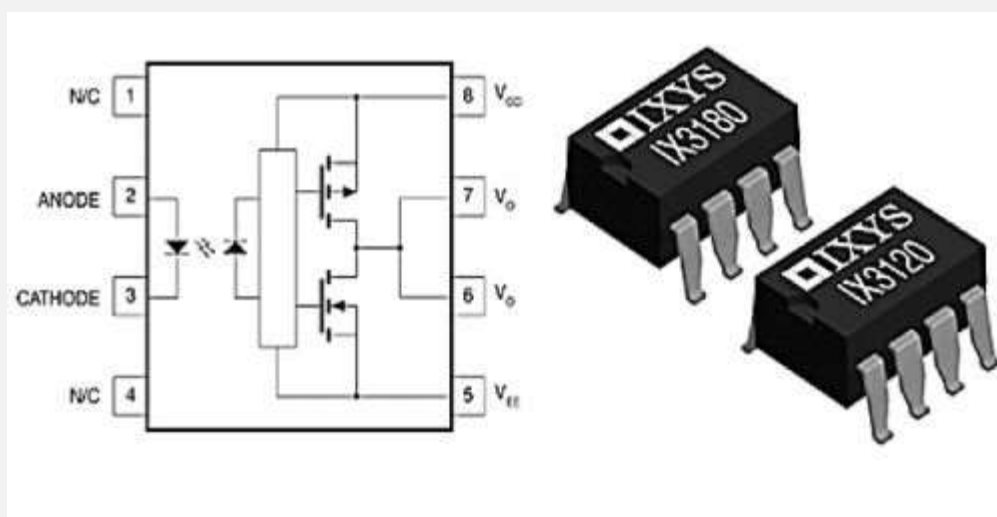
مشخصات و ویژگی ها

- سازگار با JEDEC
- ایزولاسیون یا عایق کاری تقویت شده
- ایزولاسیون ولتاژ بالا
- مصونیت ایمنی حداکثر $30 \text{ kV}/\mu\text{s}$ در هر گذار یا نوسان
- ولتاژ جداسازی تست تا $5300 \text{ V}_{\text{RMS}}$

کاربردها در

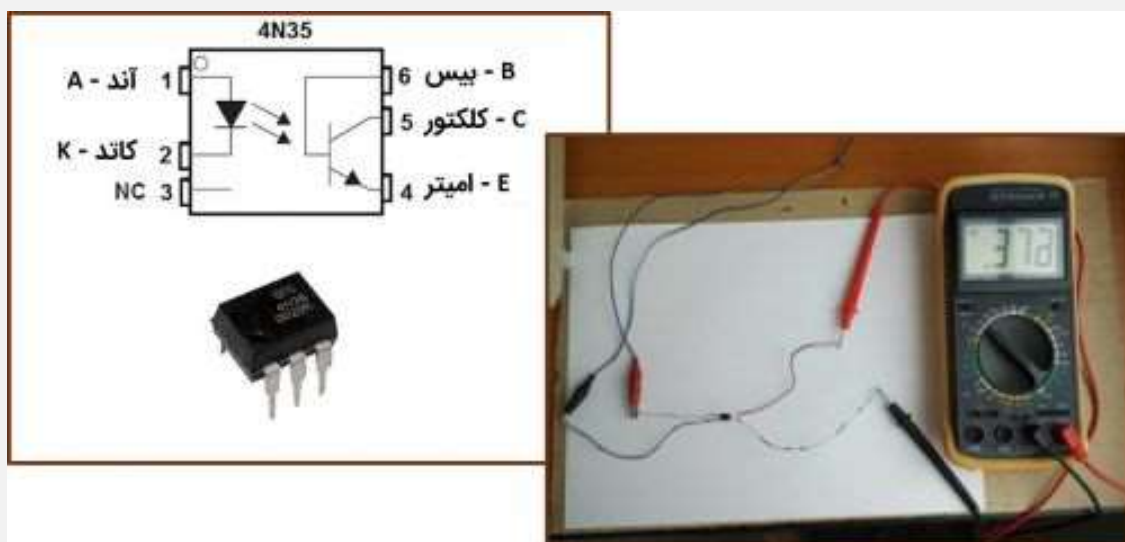
- سیستم های حمل و نقل (اتوبوس های صنعتی)
- سیستم خودروهای هیبریدی
- مبدل های پر سرعت A / D و D / A

- کنترل دیجیتالی و سویچ منبع تغذیه
- رابط های کنترلی صنعتی 0 / 1
- رابط های IC اسکن درایور برای دستگاه های دارای ولتاژ خروجی بالا
(مثلا پنل های صفحه نمایش پلاسما)
- جایگزینی برای ترانسفورماتورهای عایق سیگنال
- [درایو موتورهای AC](#)
- درایورهای IPM



تست سالم بودن اپتوکوپلر

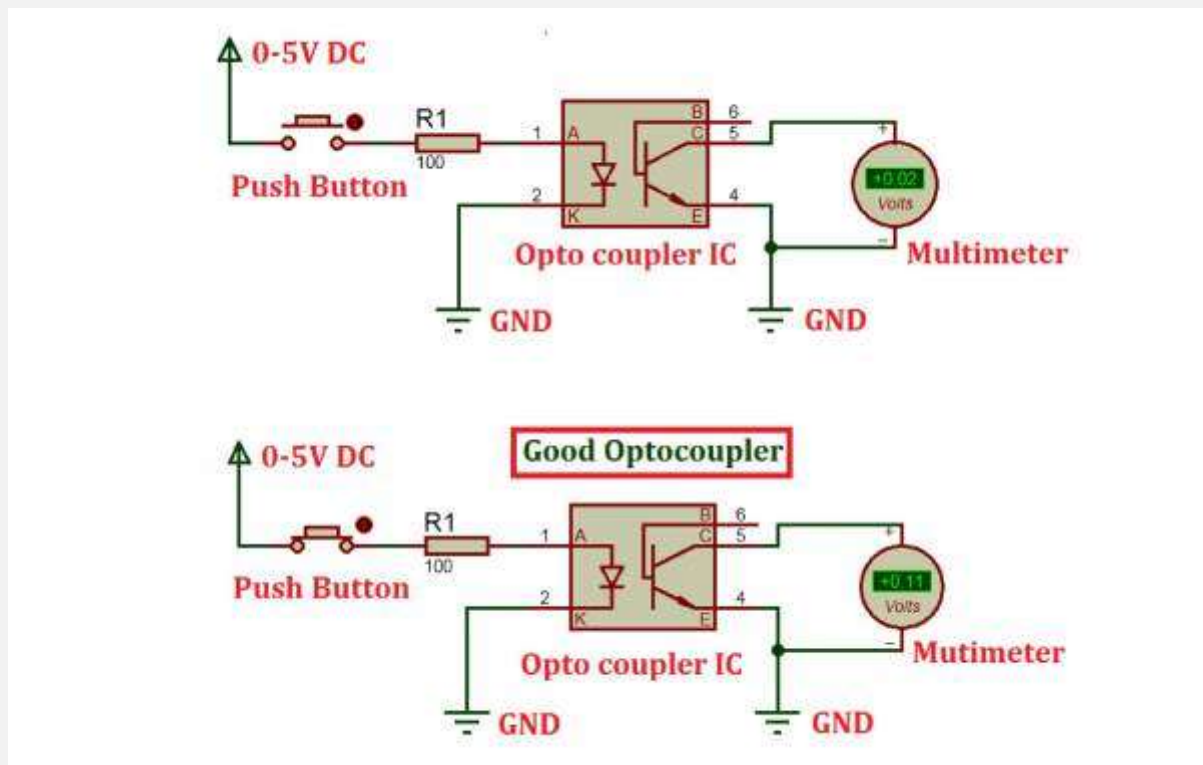
برای تست سلامت این قطعه روش های مختلفی وجود دارد که در اینجا به توضیح چند روش متداول می پردازیم.



روش اول

۱. وسایل مورد نیاز: مولتی متر یا اهم متر، اپتوکوپلر، مقاومت ۱۰۰ اهم یا چند صد اهم، دکمه قطع و وصل، باتری یا منبع تغذیه.
۲. مولتی متر را روشن و در حالت مقاومت قرار دهید (X1K Ohm or X10K Ohm)، سپس آن را بین پایه های امیتر و کلکتور وصل کنید: پروب قرمز به کلکتور و پروب سیاه به امیتر.
۳. مقاومت را به صورت سری به آند LED وصل کنید.
۴. منبع تغذیه را روشن کرده و دکمه را فشار دهید.
۵. ولتاژ را از ۰ به مقادیر ۲ تا ۵ ولت افزایش دهید.

۶. باید در اهم متر ببینید که با افزایش ولتاژ ورودی، مقاومت خروجی کاهش می یابد و برعکس که در این حالت اپتوکوپلر سالم بوده و در غیر این صورت خراب است.



روش دوم

۱. وسایل مورد نیاز: مولتی متر یا اهم متر، اپتوکوپلر، مقاومت ۱۰۰ اهم یا چند صد اهم، دکمه قطع و وصل، باتری یا منبع تغذیه.
۲. مولتی متر را روشن و حالت ولتاژ DC را انتخاب کنید. سپس آن را بین پایه های امیتر و کلکتور وصل کنید: پروب قرمز به کلکتور و پروب سیاه به امیتر.

۳. مقاومت را به صورت سری به آند LED وصل کنید.

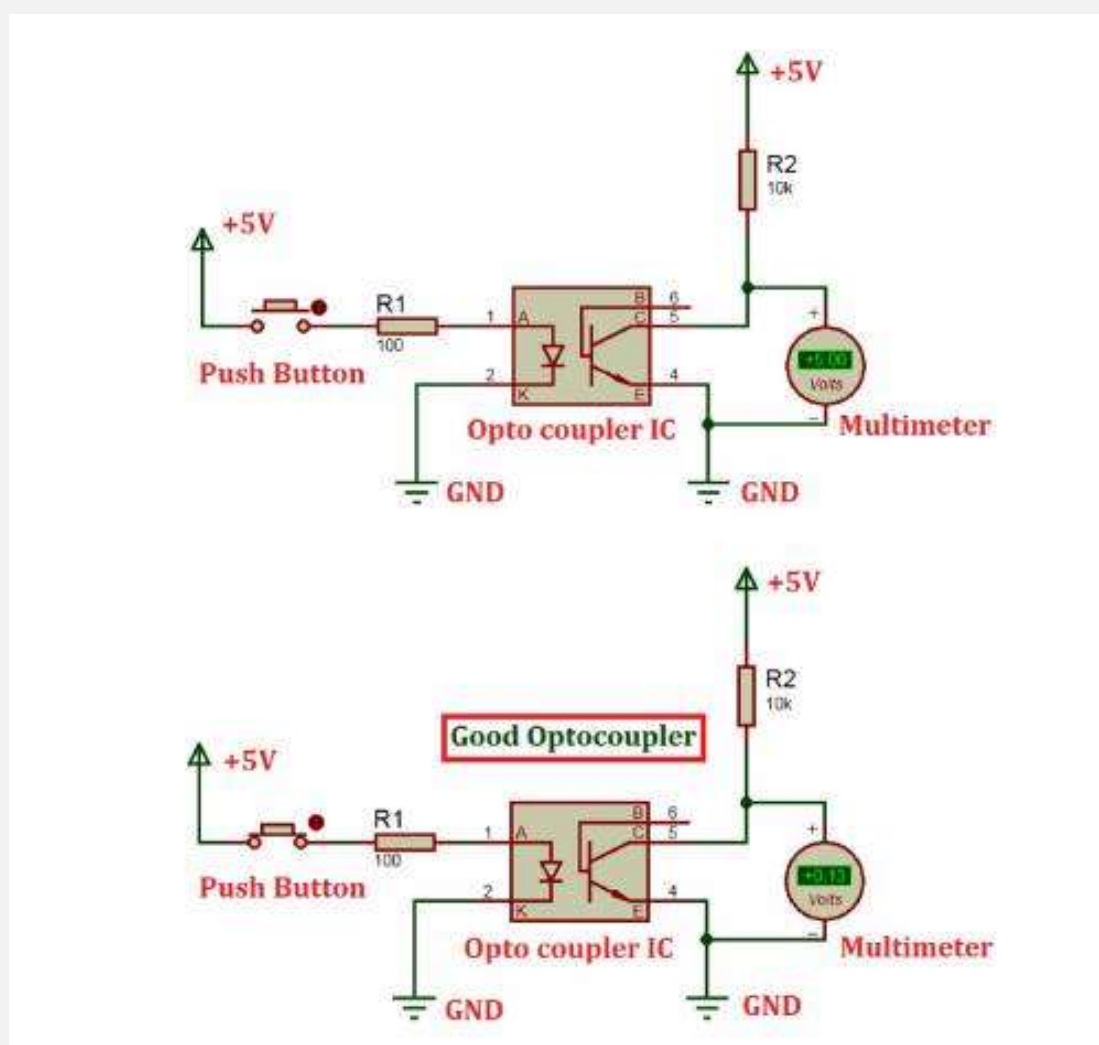
۴. منبع تغذیه +۵ ولت DC را به مدار اعمال کرده و دکمه را فشار دهید.

۵. با وصل شدن دکمه، ولتاژ باید در نزدیکی ۰ یا ۰/۲ ولت DC

خوانده شود و با قطع شدن دکمه، ولتاژ باید در نزدیکی ۵ یا ۴/۹

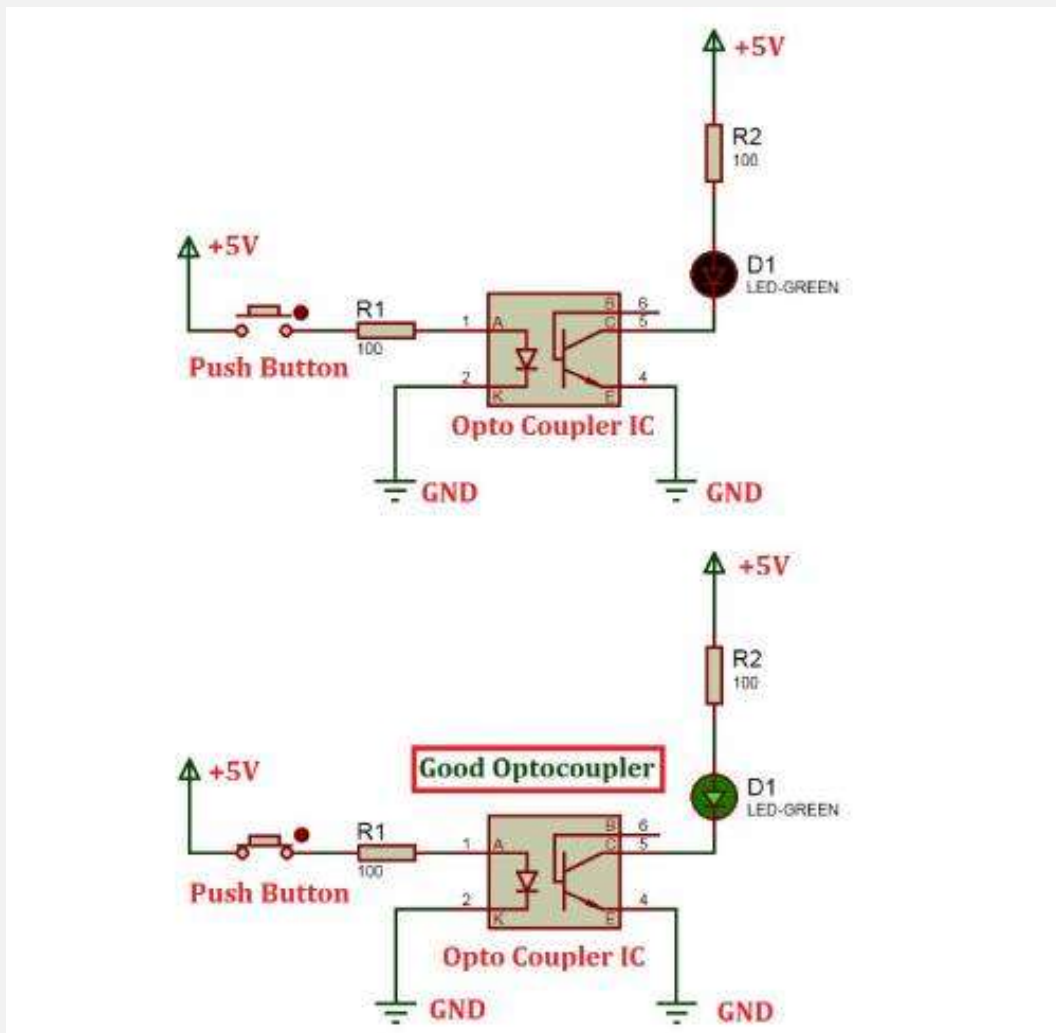
ولت DC خوانده شود که در این حالت اپتوکوپلر سالم بوده و

در غیر این صورت خراب است.



روش سوم

۱. وسایل مورد نیاز: مولتی متر یا اهم متر، اپتوکوپلر، مقاومت ۱۰۰ اهم یا چند صد اهم، دکمه قطع و وصل، باتری یا منبع تغذیه.
۲. مولتی متر را روشن و حالت ولتاژ DC را انتخاب کنید. سپس آن را بین پایه های امیتر و کلکتور وصل کنید: پروب قرمز به کلکتور و پروب سیاه به امیتر.
۳. مقاومت را به صورت سری به آند LED وصل کنید.
۴. منبع تغذیه +۵ ولت DC را به مدار اعمال کرده و دکمه را فشار دهید.
۵. با وصل شدن دکمه، LED روشن و سبز می شود و با قطع شدن دکمه، LED خاموش می شود که در این حالت اپتوکوپلر سالم بوده و در غیر این صورت خراب است.



روش چهارم

۱. روش کار برای همه انواع اپتوکوپلرها یکسان است ولی پیش از شروع کار بهتر است اول دیتاشیت قطعه را بررسی کنیم.
۲. مولتی متر را در حالت تست دیود قرار داده و در دامنه 'X1' اهم تنظیم کنید سپس آن را بین پین های ۱ و ۲ وصل کنید (آند و کاتد LED).

۳. همانند دیود، در یک جهت باید مقدار عددی داشته باشیم و در جهت دیگر نه. اگر در هر دو جهت مقدار عددی دیدیم و یا در هر دو جهت عددی نداشتیم، قطعا چراغ LED خراب و اپتوکوپلر بدون استفاده است.

۴. در صورت سالم بودن LED، در مرحله بعد فوتوترانزیستور را تست می کنیم.

۵. مولتی متر را به پین های ۳ و ۴ (کلکتور و امیتر) وصل می کنیم. در صورت سالم بودن فوتوترانزیستور، مقاومت بالایی از هر دو جهت می بینیم. در صورتی که هیچ مقداری مشاهده نشد، ممکن است به این دلیل باشد که در بیشتر ترانزیستورها مقاومت بالایی بین کلکتور و امیتر وجود دارد که باعث می شود اهم متر نتواند مقادیر را اندازه گیری کند. در این صورت می توانید با اتصال دو اهم متر سری شده به سیستم، دامنه اندازه گیری را افزایش داده و مراحل تست گفته شده را مجدداً تکرار کنید.

امیدواریم به خوبی با این قطعه پرکاربرد، انواع و نحوه تست آن آشنا شده باشید.