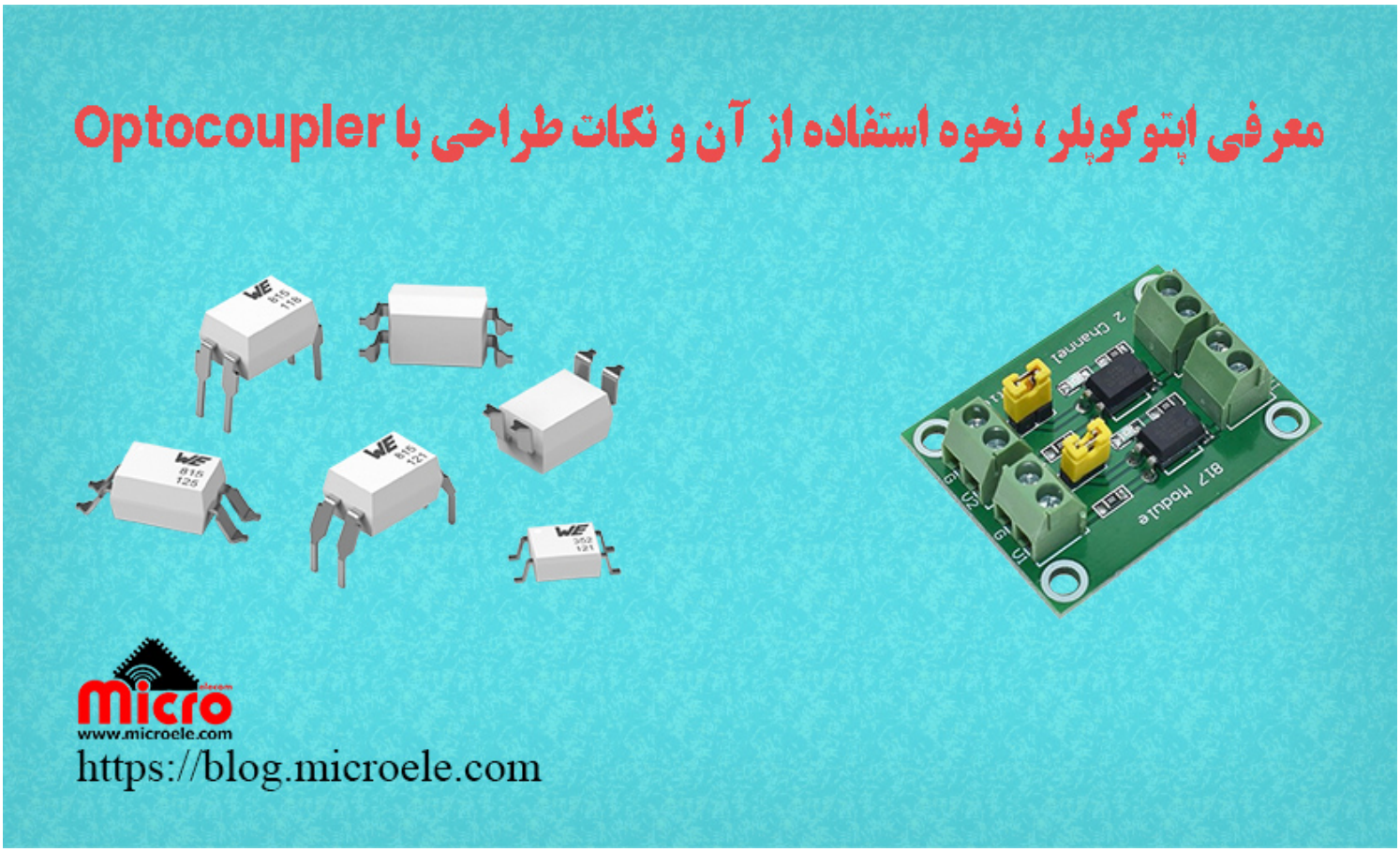
معرفی اپتوکوپلر، نحوه استفاده از آن و نکات طراحی با OPTOCOUPLER

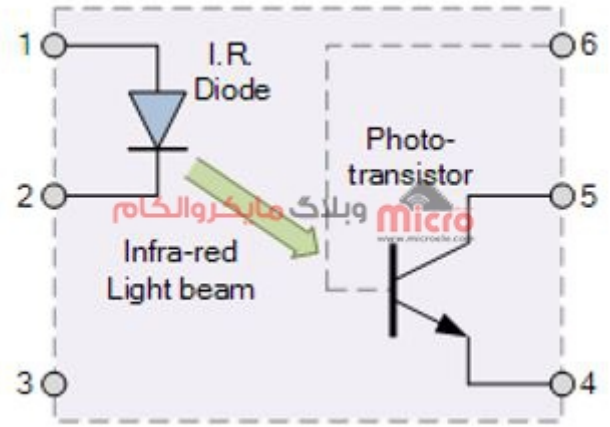


تاریخ انتشار۲۸ مرداد, ۱۴۰۱ توسط سید حسین سلطانی

سلام و درود خدمت همراهان همیشگی مایکروالکام. در مطالب قبلی بصورت کامل به نحوه درایو کردن رله پرداخته شد. در این مطلب به معرفی و باید ها و نباید ها در طراحی با اپتوکوپلر (Optocoupler) پرداخته خواهد شد. پس با من تا انتهای مطلب همراه باشید. همچنین شما میتونید سایر مطالب من رو از این قسمت دنبال کنید.

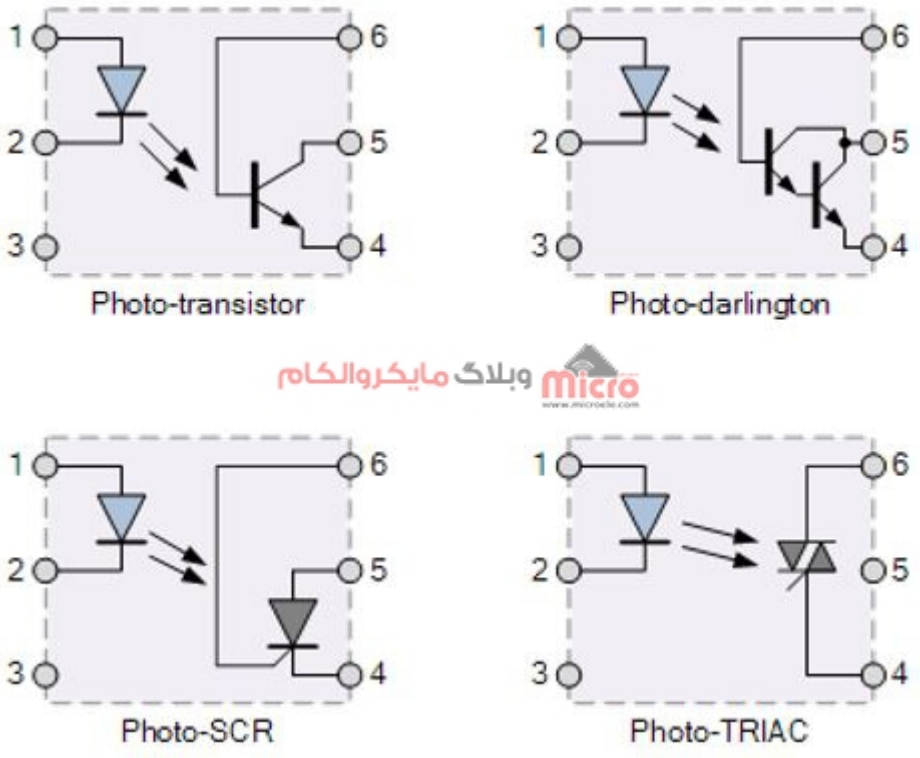
معرفی اپتوکوپلر

اپتوکوپلر ها از قطعات الکترونیکی هستند که برای کاربرد های مختلف مثلا برای ارتباط بین یک ولتاژ دیجیتال کم و کنترل مدار دیگر با ولتاژ بالا استفاده می‌شود.در اپتوکوپلر ها ایزولاسیون بین مدار ورودی و خروجی را توسط نور انجام خواهیم داد. در مدار داخلی یک Optocoupler از یک LED مادون قرمز جهت تحریک و یک عنصر نیمه هادی حساس به نور جهت کنترل استفاده می‌شود.



شمای فنی اپتوکوپلر

عنصر حساس به نور استفاده شده در این قطعه می‌تواند مدل های مختلفی مانند فوتو ترانزیستور،دارلینگتون، فوتو ترایاک یا فوتو SCR باشد. انواع این مدل ها در تصویر زیر قابل مشاهده است. نوع فوتو دارلینگتون و ترانزیستور برای بار های DC و نوع فوتو ترایا و SCR آن برای مصارف AC کابرد دارد.

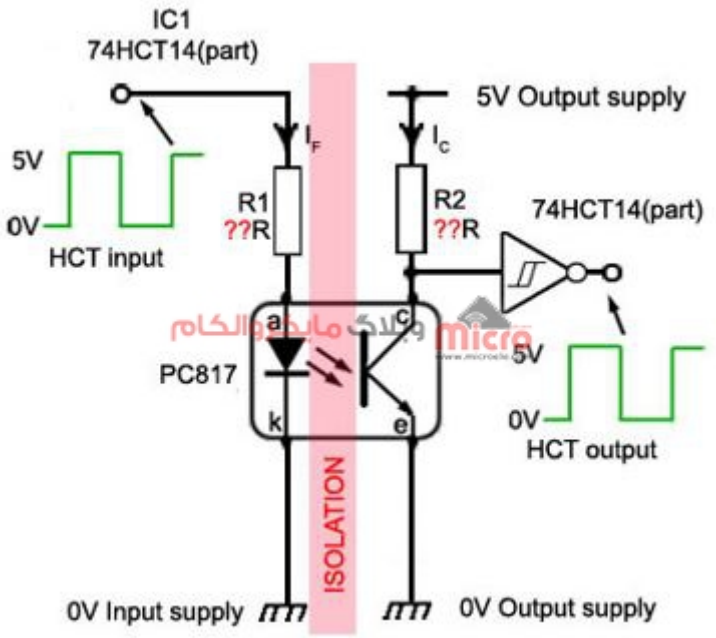


انواع Optocoupler

کاربرد های Optocoupler

کاربرد های متفاوتی از اپتوکوپلر ها وجود دارد. لذا از همین رو نیاز ها و الزامات مختلفی در طراحی و استفاده آن نیز وجود خواهد داشت. با این وجود، کاربرد اصلی اپتوکوپلر ایجاد ایزولاسیون است. در تصویر زیر، از اپتوکوپلر PC817 جهت ایزولاسیون و جدا سازی یک مدار با استفاده از گیت NOT اشمیت HCT استفاده شده است.

گیت نات اشمیت دارای چندین عملکرد در خروجی خواهد بود. مثلا تضمین خروجی که مطابق با مشخصات ولتاژ و جریان HCT بوده. همینطور زمان صعود و نزول را کم کرده تا خروجی فراهم شده و معکوس بودن سیگنال ناشی از عملکرد فوتو ترانزیستور در حالت امیتر مشترک را اصلاح و تصحیح نماید.



مدار نمونه راه اندازی اپتوکوپلر

نکته: هر گیت منطقی از نوع TTL یا CMOS ممکن است سطوح ولتاژ منطقی و همچنین جریان های ورودی و خروجی متفاوتی داشته باشد. Optocoupler ها روش مناسب و ساده ای برای اتصال دو مدار با سطوح منطقی متفاوت می‌باشند.

نکته مهم و ضرروی این است که اطمینان حاصل کرد R1 جریان مورد نیاز برای درایو مدار ورودی را کنترل کرده و بدرستی LED درایو شود. همچنین R2 ولتاژ و جریان مورد نیاز خروجی را از طریق گیت نات تامین کند.

طراحی رابط های Optocoupler

هدف اصلی طراحی رابط های اپتوکوپلر، جدا سازی و ایزلاسیون کامل مدار ورودی و خروجی است. به این معنی که، این دو قسمت دارای تغذیه کاملا مجزا خواهند بود. به این صورت یک تغذیه مربوط به بخش ورودی و دیگری مربوط به بخش خروجی می‌باشد. انتخاب مقاومت R1، متناسب با جریان مورد نیاز (IF) LED داخلی اپتوکوپلر مشخص می‌شود. R2 نیز به منزله مقاومت بار برای فوتو ترانزیستور بوده و مقادیر هر دو مقاومت به عوامل مختلفی بستگی دارد.

نسبت انتقال جریان یا Current Transfer Ratio

جریان در هر نیم سیکل عملکردی مدار (نصف مدار) بر حسب نسبت جریان انتقال (Current Transfer Ratio) یا بصورت اختصار CTR متصل می‌شود. CTR نسبت جریان خروجی به جریان ورودی (IC/IF) بوده و عموما برحسب درصد بیان می‌گردد.

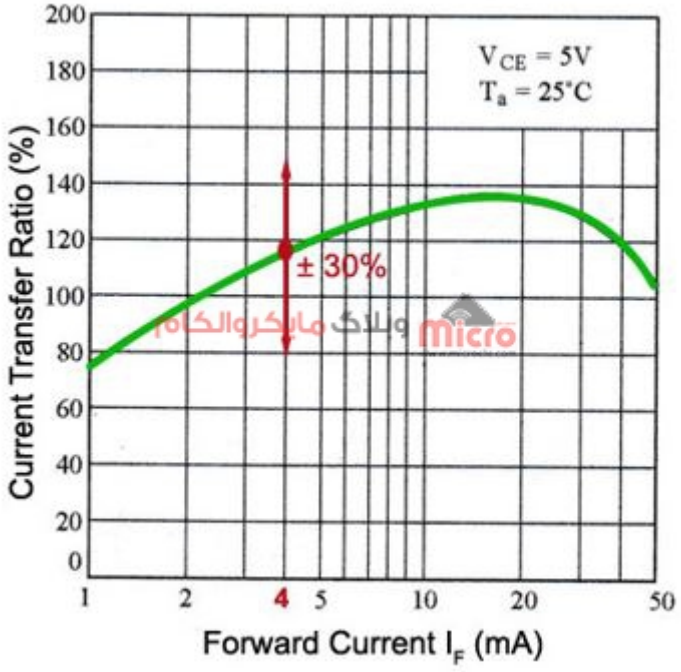
هر اپتوکوپلر یک محدوده مشخص CTR را دارد که در دیتاشیت سازنده آن ذکر می‌گردد. مقدار این پارامتر به چند مورد بستگی دارد. اولین آن، نوع اپتوکوپلر است. مقدار CTR در مدل های ساده بین 20% تا 100% می‌باشد. در حالیکه در مدل های خاص، مانند مدل هایی که دارای فوتو ترانزیستور دارلینگتون خروجی هستند؛ ممکن است دارای مقدار CTR چند صد درصد باشند.

همچنین تولیدکنندگان عموما محدوده مقادیر CTR را بر حسب ولتاژ های گوناگون کلکتور فتو ترانزیستور و دمای محیطی (TA) بیان می‌کنند. CTR با مدت عملکرد اپتوکوپلر نیز در ارتباط است. مثلا راندمان LED داخلی آن با افزایش مدت زمان استفاده از اپتوکوپلر (بیش از 1000 ساعت کار) کاهش می‌یابد.

از آنجا که انتظار می‌رود CTR اپتوکوپلر در طول زمان کاهش یابد، معمولا مقدار جریان IF در محاسبات از حداکثر میزان مجاز آن بطوری که عملکرد صحیح آن تضمین گردد کمتر در نظر گرفته می‌شود.

محاسبه مقدار مقاومت تغذیه اپتوکوپلر

اولین گام در شروع طراحی مشخص نمودن شرایط ورودی و خروجی اپتوکوپلر است. اپتوکوپلر های رایج و معمول در بازار قادر به کنترل جریان های ورودی و خروجی خیلی کم در حد میکرو آمپر و چند ده میلی آمپر نیز هستند. تصویر زیر مربوط به نمودار CTR اپتوکوپلر PC817 است.



نمودار *IF* نسبت به *CTR* اپتوکوپلر

طبق نمودار بالا، در جریان فوروارد (IF) معادل 4mA، مقدار CTR حدودا بین 80 تا 150% با تلرانس مجاز ±30% است. پس از یافتن یک تقریب برای CTR که بیانگر مشابه بودن شرایط ورودی و خروجی (در 4mA) است، گام بعدی محاسبه مقادیر R1 و R2 خواهد بود. با فرض همان مدار ابتدای مطلب و آیسی HCT و اطلاعات زیر به محاسبه مقاومت ها خواهیم پرداخت.

Supply	Output		Input	
V_{DD} = 5V	V_{OH} = 2.7V to 4.9V	I_{OH} = 4mA	V_{IH} >2.0V	I_{IH} =1µA
	V_{OL} = <0.2V	I_{OL} = 4mA	V_{IL} <0.8V	I_{IL} =1µA

جدول مشخصات

محاسبه R1 و R2

طبق جدول فوق و فرض حداقل ولتاژ ورودی گیت 4.9 تا 5 ولت براحتی مقاومت R1 را محاسبه خواهیم کرد. ولتاژ راه اندازی LED داخلی اپتوکوپلر با جریان 4mA حدودا 1.2 ولت است. لذا داریم:

R1 = 5V−1.2V = 3.8V ==> R1 = 3.8V÷4mA = 950Ω ==> R1 = 1kΩ

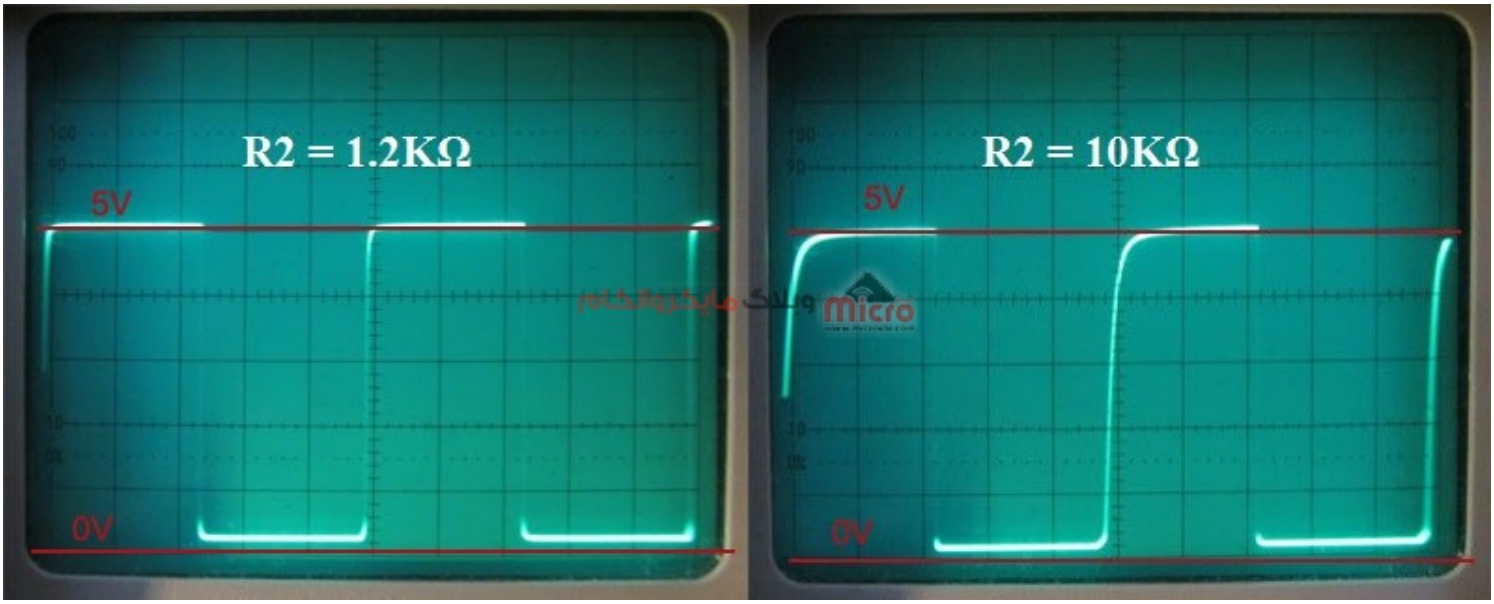
نمودار CTR - IF در بالا، نشان می‌دهد در این مدل مقدار CTR با IF=4mA حدودا 115% است. پیشنهاد می‌گردد جریان خروجی اپتوکوپلر حدودا برابر 4mAx115%=4.6mA باشد. بر اساس اشباع فوتو ترانزیستور و ایجاد صفر منطقی (کمتر از 0.2V) در خروجی، ولتاژ دو سر R2 به هنگام عبور جریان 4.6mA حدود 4.9 تا 5 ولت می‌باشد. لذا R2 باید حداقل برابر مقدار زیر باشد.

R2 = 5V÷4.6mA = 1.087kΩ ==> R2 = 1.2kΩ

چنانچه مقدار R2 بیشتر از این مقدار باشد، با افزایش چند کیلو اهمی آن می‌توان اطمینان حاصل کرد که خروجی دارای حداکثر سوییِنگ یا نوسان ولتاژ است. اما باید در نظر گرفت افزایش R2 باعث کاهش سرعت پاسخ Optocoupler به تغییرات سریع ولتاژ خواهد شد.

بدلیل ترکیب مقاومت زیاد و ظرفیت خازنی زیاد اتصال فوتو ترانزیستور، گرد شدن لبه های شکل موج خروجی را داشته و در نتیجه سرعت پاسخ کاهش خواهد یافت. به تصاویر زیر دقت نمایید.

بررسی اثر افزایش مقاومت R2



بررسی شکل موج خروجی *Optocoupler* در اثر تغییر *R2*

طبق تصویر بالا گرد شدن یا کاهش زمان صعود (Rise Time) در اثر افزایش مقاومت R2 قابل مشاهده است. علاوه بر

این در فرکانس های بیشتر شاهد کاهش دامنه خروجی خواهیم بود. لذا بهتر است مقاومت R2 تا حد امکان کوچک اما بیشتر از 1K باشد. لازم به ذکر است که باید اثر استفاده از نات اشمیت 74HCT14 را در عملکرد خروجی مدار نمونه بالا در نظر گرفت. هنگامی که فوتو ترانزیستور به اشباع می‌رسد خروجی تا 0.18v پایین آمده و خروجی گیت اشمیت بین 0 تا 5 خواهد بود.

اشتباهات رایج در طراحی مدار با اپتوکوپلر

1. **عدم جدا سازی اتصالات زمین اپتوکوپلر در PCB**

در پکیج اپتوکوپلر 2 پایه زمین وجود دارد. یکی برای سمت ورودی (LED) و دیگری به خروجی (فوتو ترانزیستور) متصل است. اشتباه رایج این است که دو پایه زمین به یکدیگر وصل می‌شود. دلیل اصلی استفاده از Optocoupler ایزولاسیون و جداسازی مدار است.

حال اگر زمین خروجی به ورودی وصل شود براحتی نویز های ناشی در خروجی به ورودی وصل شده و عملکرد ما را تحت الشعاع قرار خواهد داد. لذا زمین های ورودی را جدا و زمین خروجی را نیز جدا وصل کنید.

2. **استفاده از مقدار اشتباه مقاومت محدود ساز جریان**

حداقل جریان مستقیم خروجی را می‌توان از نسبت CTR محاسبه کرد. اگر مقاومت دارای مقدار کمی باشد، ممکن است فوتو ترانزیستور بخش خروجی رفتار غیر معمولی داشته باشد.

مثلا به ازای تعدادی از سوئیچ زدن ورودی تعدادی از آن را پاسخ ندهد. از طرفی دیگر LED داخلی اپتوکوپلر نیز مانند LED های معمولی نباید جریان زیاد تر از حداکثر جریان مجاز از آن عبور کند در غیر اینصورت آسیب خواهد دید.

3. **انتخاب اشتباه Optocoupler**

همه optocoupler ها مشابه هم ساخته نشده است. مثلا نوع فوتو ترایاک برای کنترل بار های AC و نوع دارلینگتون برای DC و شرایطی که جریان ورودی خیلی کم است استفاده می‌گردد. علاوه بر این ولتاژ های VCE فوتو ترانزیستور داخلی می‌تواند متفاوت باشد.

نتیجه گیری

در این مطلب به بیان و معرفی Optocoupler و نحوه عملکرد آن، همچنین نحوه استفاده از آن و نکات مهم طراحی مبتنی بر آن مورد بررسی قرار گرفت. عملا بایستی که حهت ایزولاسیون تغذیه دو طرف اپتوکوپلر مجزا بوده تا به این امر مهم دست یابیم.

امیدوارم از این آموزش کمال بهره را برده باشید. در صورتی که هرگونه نظر یا سوال داشتید درباره این آموزش لطفا 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 حتما 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.