

光耦选型经典指南

一、文档说明：

针对光耦选型，替代，采购，检测及实际使用过程中出现的光耦特性变化引起的产品失效问题，提供指导。

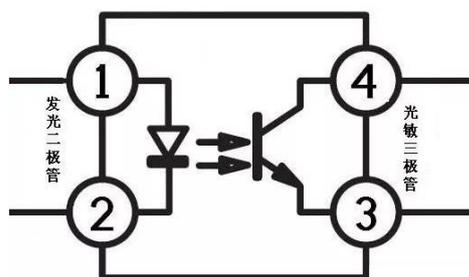
光耦属于易失效器件，选型和使用过程中要特别的小心。

目前发现，因光耦的选型，光耦替代，光耦工作电流，工作温度设计不当等原因导致产品出现问题，如何减少选型，设计，替代导致的产品问题，这里将制订出相关指导性规范。

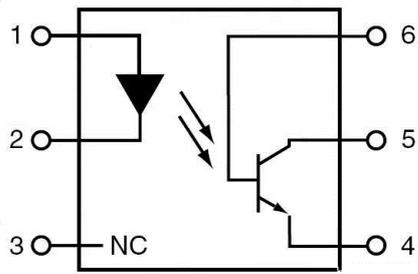
二、原理介绍：

光电耦合器件（简称光耦）是把发光器件（如发光二极管）和光敏器件（如光敏三极管）组装在一起，通过光线实现耦合构成电—光和光—电的转换器件。光电耦合器分为很多种类，图 1 所示为常用的三极管型光电耦合器原理图。

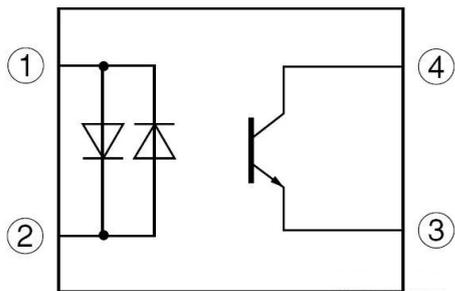
当电信号送入光电耦合器的输入端时，发光二极管通过电流而发光，光敏元件受到光照后产生电流，CE 导通；当输入端无信号，发光二极管不亮，光敏三极管截止，CE 不通。对于数位量，当输入为低电平“0”时，光敏三极管截止，输出为高电平“1”；当输入为高电平“1”时，光敏三极管饱和导通，输出为低电平“0”。若基极有引出线则可满足温度补偿、检测调制要求。这种光耦合器性能较好，价格便宜，因而应用广泛。



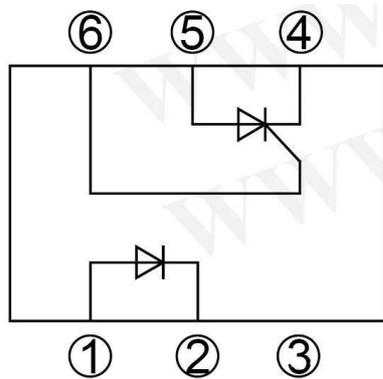
图一 最常用的光电耦合器之内部结构图 三极管接收型 4脚封装



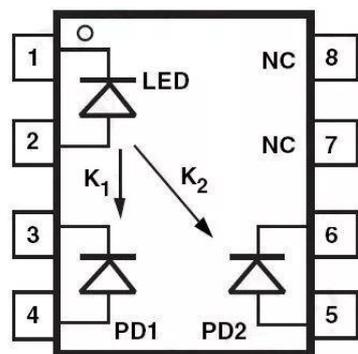
图二 光电耦合器之内部结构图 三极管接收型 6脚封装



图三 光电耦合器之内部结构图 双发光二极管输入 三极管接收型 4脚封装



图四 光电耦合器之内部结构图 可控硅接收型 6脚封装



图五 光电耦合器之内部结构图 双二极管接收型 6脚封装

光电耦合器之所以在传输信号的同时能有效地抑制尖脉冲和各种杂讯干扰，使通道上的信号杂讯比大为提高，主要有以下几方面的原因：

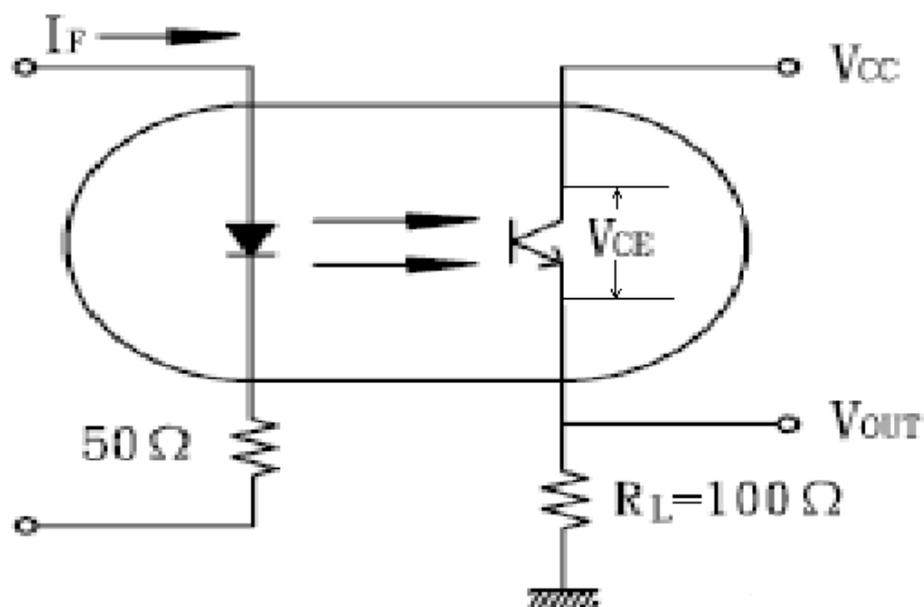
(1) 光电耦合器的输入阻抗很小，只有几百欧姆，而干扰源的阻抗较大，通常为 $10^5 \sim 10^6 \Omega$ 。据分压原理可知，即使干扰电压的幅度较大，但馈送到光电耦合器输入端的杂讯电压会很小，只能形成很微弱的电流，由于没有足够的能量而不能使二极管发光，从而被抑制掉了。

(2) 光电耦合器的输入回路与输出回路之间没有电气联系，也没有共地；之间的分布电容极小，而绝缘电阻又很大，因此回路一边的各种干扰杂讯都很难通过光电耦合器馈送到另一边去，避免了共阻抗耦合的干扰信号的产生。

(3) 光电耦合器可起到很好的安全保障作用，即使当外部设备出现故障，甚至输入信号线短接时，也不会损坏仪表。因为光耦合器件的输入回路和输出回路之间可以承受几千伏的高压。

(4) 光电耦合器的回应速度极快，其回应延迟时间只有 $10 \mu s$ 左右，适于对回应速度要求很高的场合。

内部结构图及 CTR 的计算方法：

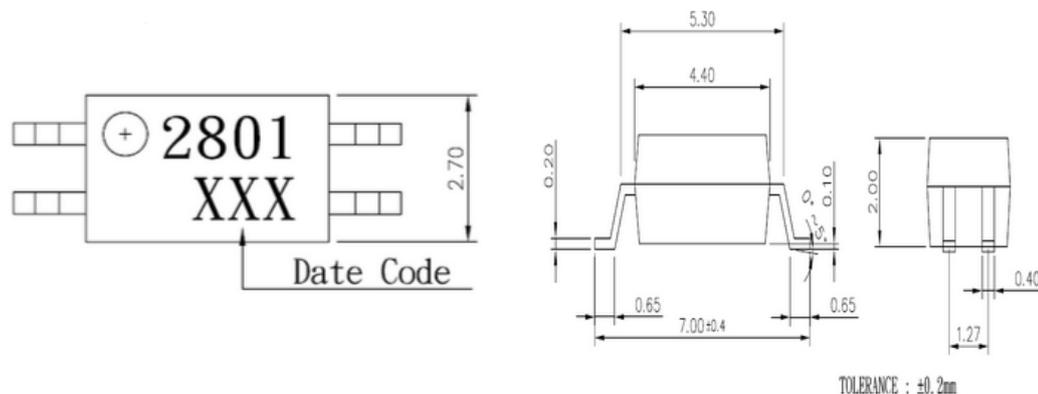


规格定义 CTR: $I_{ce}/I_F * 100\%$

(检测条件: $I_F = 5 \text{ ma}$ $V_{ce} = 5V$, 2701, 2801 系列)

三、光偶主要特性分析，设计选型替代要求：

1、 外观尺寸：

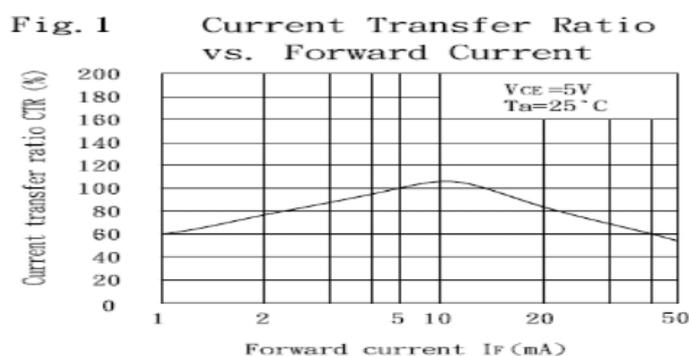


设计，选型，替代注意：

λ 封装正确，本体 MARK 字迹要清晰，品牌正确，与技术规格书一致；

λ 替代时，如都为标准件封装，基本上装配没有问题，但需注意厚度是否与原料相同，是否满足整机的工艺要求。

2、 不同输入控制电流 I_F ， CTR 值不同：



由图表显示， I_F 在 5-15ma 时 CTR 值最大；在小于 5mA 时(目前我们产品设计大多如此)，CTR 值一般小于正常额定规格值；

Cosmo KPS2801-B 实测数据：

J16(2009 年第 16 周生产)的光耦在室温下的 CTR

$I_F (V_{CE}=5V)$	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
1mA	88.3%	90.48%	90.57%	86.56%	87.1%	85.12%	87.39%
2mA	133%	130%	130%	125%	135%	122%	126%
3mA	150%	154%	154%	147%	151%	139%	150%
5mA	177%	187%	183%	177%	178%	170%	177%

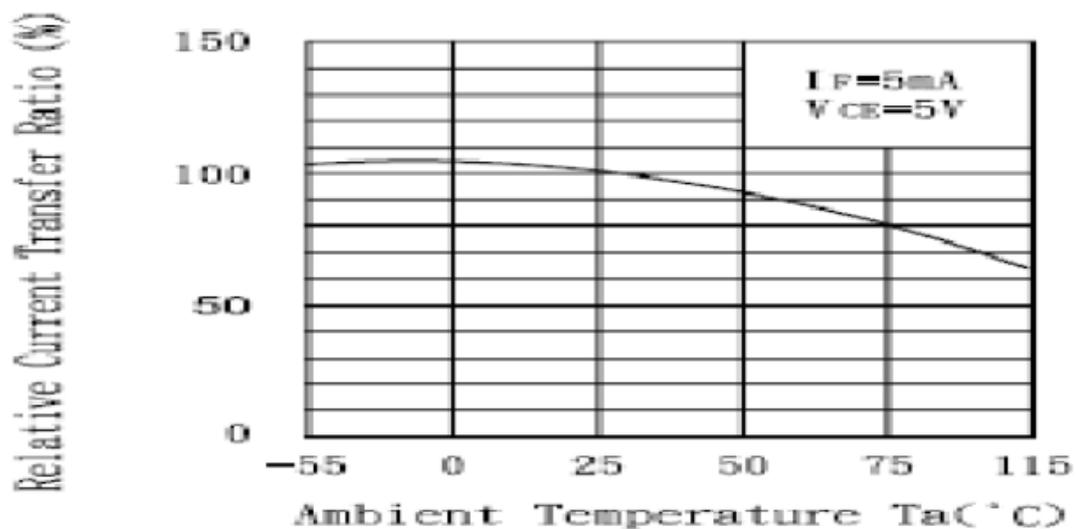
J25(2009 年第 25 周生产)的光耦在室温下的 CTR

$I_F (V_{CE}=5V)$	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
1mA	69.24%	78.61%	66.68%	66.41%	65.7%	75.5%	79.0%
2mA	97%	105%	110%	104%	101%	122%	126%
3mA	121%	121%	131%	132%	129%	151%	151%
5mA	166%	147%	174%	174%	173%	210%	196%

评注：IF 不同，CTR 不同，且差异非常大；不同 DATECODE 的也有差异，但在 IF=5ma 时，CTR 值都在规格（130-260）范围内；

设计，选型，替代注意：设计时工作电流应接近来料的检测电流值（目前大多 IF=5ma），否则应用的 CTR 值无法保证，产品动态性能将很差；

3、不同环境温度， CTR 值不同：



由图表显示，CTR 值与光偶的工作环境有关，温度太高或太低都小于常温附近的检测值；

● 附加 Cosmo KPS2801-B 实测数据（单体）：

光耦随温度变化的 CTR（%）

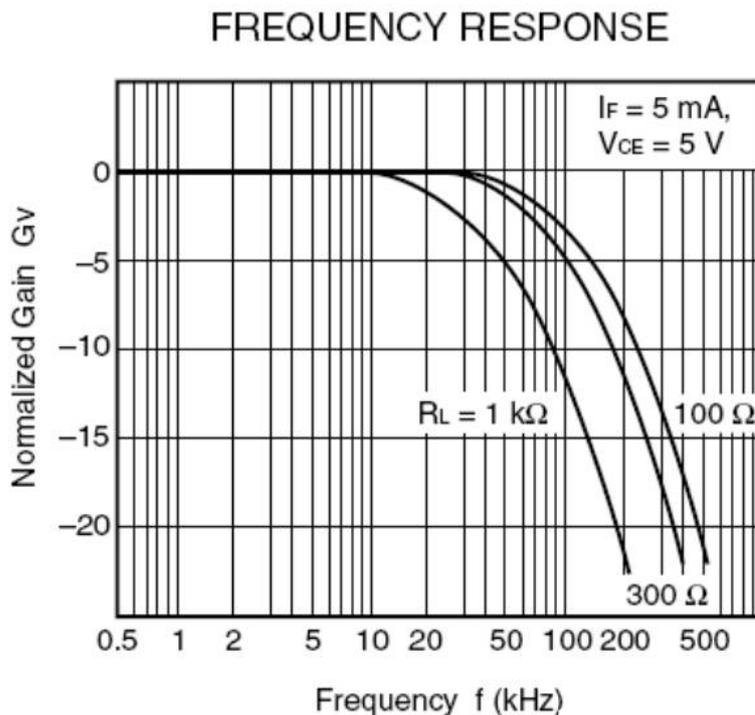
	#1	#2	#3	#4
-40℃	149	147	137	130
25℃	170	172	176	167
85℃	140	143	149	141

注：测试条件： $V_{CE}=5V$ ， I_F 为 5mA

评注：温度不同，CTR 不同，温度太高或太低都低于常温，且差异很大；

设计，选型，替代注意：产品在高低温 CTR 的值是否满足产品反馈环路的增益？产品动态稳定吗？开关机，输出是否产生震荡掉沟等不良。

4、光偶有 R_L 阻值大小及工作频带带宽要求：

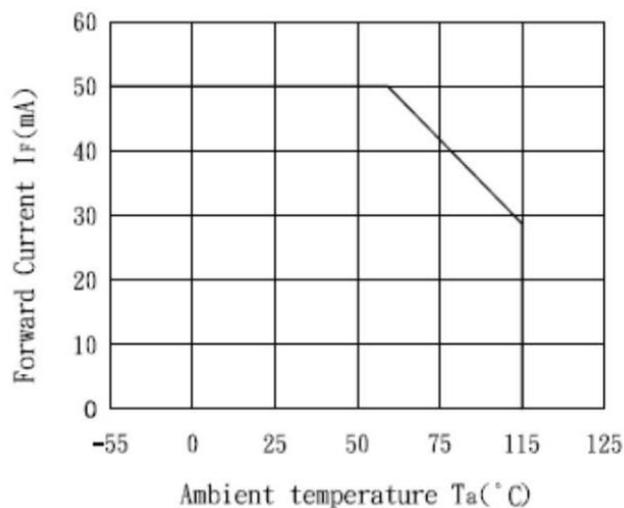


由图表可看出：光偶有频带要求，如上图为 KPS-2801 光偶，工作频率基本在 500KHZ 以内，且对于高频工作时， R_L （输出分压电阻）要小；

设计，选型，替代注意：产品工作频率， R_L 选取阻值务必在带宽内，且考虑 I_F 电流大小， V_{CE} 工作压降；

5、不同环境温度，输入控制电流可能产生变化：

Fig.4 Forward Current vs. Ambient Temperature

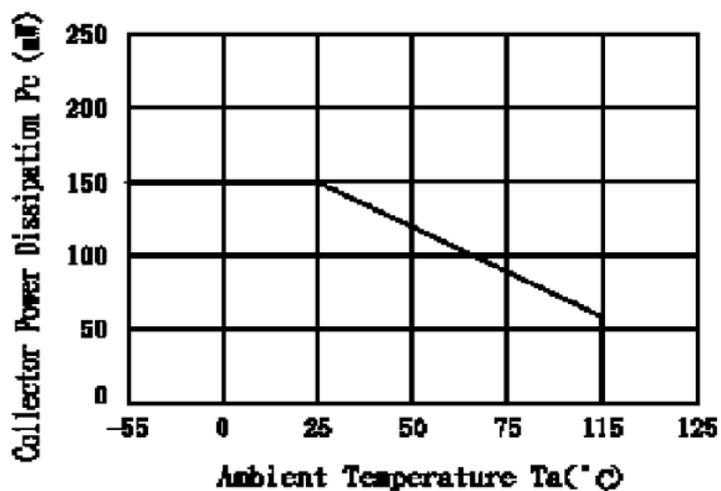


由图表可看出：环境温度超过 55-60 度后，输入控制电流 I_F 的最大值将随着温度上升而显著减小；

设计，选型，替代注意：选取合适的 I_F 电流，使输入控制电流的变动都能及时反馈到输出端，保证产品反馈环的稳定；

6、环境温度与功耗特性曲线：

Fig.2 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

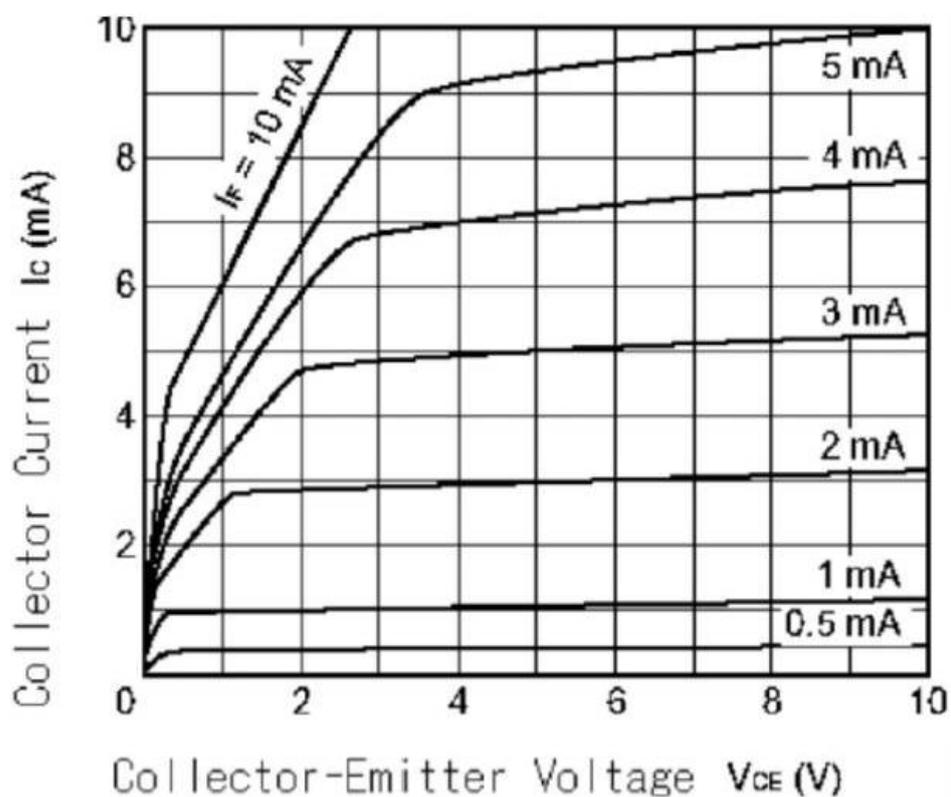


由图表可看出：光偶的输出部分（或集电极）功耗在低温时，在温度高时数值变小；

设计，选型，替代注意：

- 1，器件常温时可提供功耗值；
- 2，高温过程变化曲线；
- 3，有必要计算产品在高温工作时光偶功耗值；
- 4，替代时考虑常温功耗，高温状态替代料是否优于原料；

7、 I_c , I_f , V_{ce} 关系曲线：

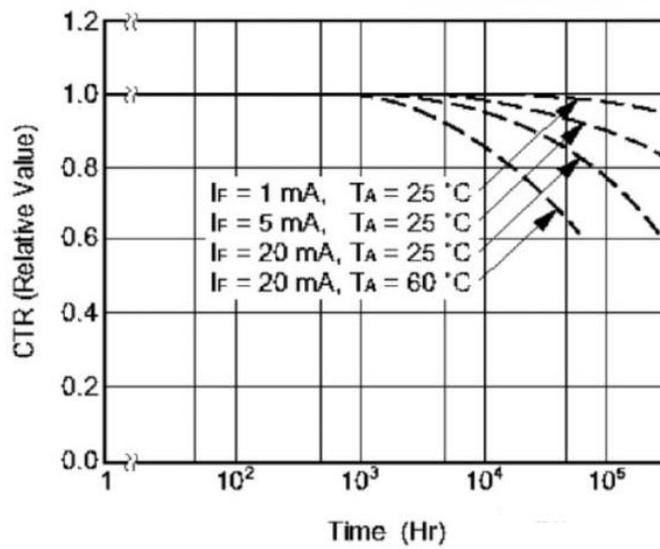


由图表可看出： V_{ce} 必须大于一定电压， I_c 才能达到最大，CTR 值才会大；

设计，选型，替代注意： V_{ce} 在电路应用中，保证设计有一定的电压值，否则 I_c 将较小，CTR 将较小，一般设计 V_c 应大于 3V。

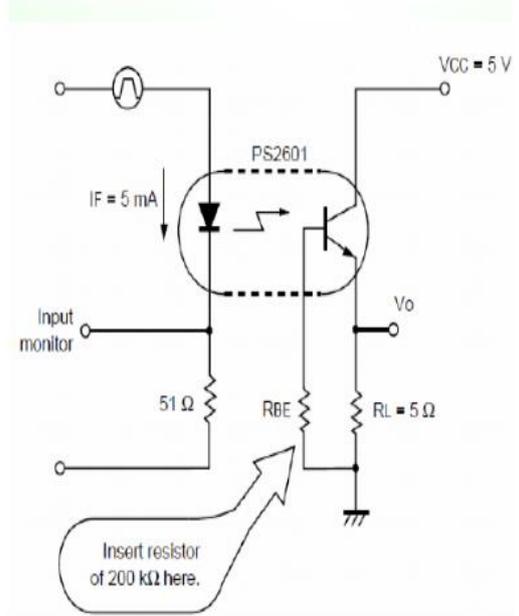
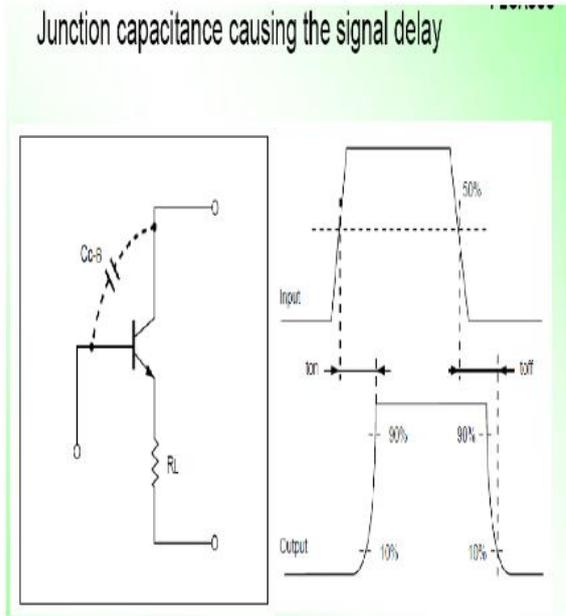
8、CTR 值与工作时间，工作电流，工作温度关系曲线：

Long term CTR degradation example



由图表可看出：工作时间越长，CTR 值越小；工作温度越高，CTR 值越小；
工作电流越大，CTR 值越小；
设计，选型，替代注意：在设计选型时，在规格书规定的工作环境温度下，为了保证产品足够寿命，需要选取合适的工作电流；

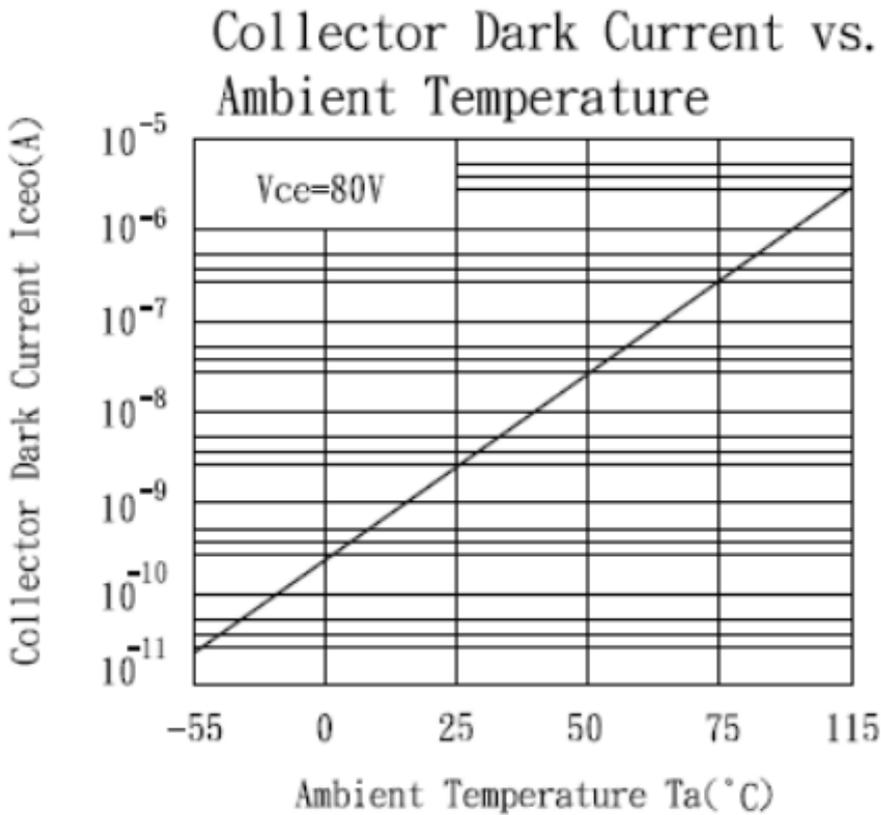
9、CTR 值与工作时间，工作电流，工作温度关系曲线：



由图表可看出：由于 CB 间接电容的存在，造成输入与输出信号间有个延迟时间，部分光藕在使用中将 B 极与地间加个电阻来减少延迟时间；

设计，选型，替代注意：在设计选型时，要了解光藕在信号传输时，有时间的延迟问题，因此选型根据产品的工作频率来选定不同传输速率的光藕，部分可通过调整电阻来改变频率响应；

10、Vce 漏电流 Iceo 大小与温度关系曲线：



Vce 漏电流 I_{CBO} 大小与 Vce 电压关系 (T=100 °C)

规格标识	Vce=12V I_{CBO}	Vce=20V I_{CBO}	Vce=30V I_{CBO}
2801 I41	0.25 μ A	0.34 μ A	0.44 μ A

测试条件：Vin=12-30V，T=100 度串联电阻两端电压值；

由图表可看出：漏电流 I_{CBO} 与环境温度，工作电压有关；温度越高，漏电流越大，Vce 越高，漏电流越大；

设计，选型，替代注意：在设计选型时，需选取 I_{CBO} 小的光藕，电路中取合适 R L，否则后续控制电路有可能错误导通；

11、其他特性：

包括基本电气参数要求和器件参数最大值等；要留意如器件的热阻大小，绝缘耐压值等要求也会在实际应用中出现异常。

四、光耦降额规范

应力限制

1、集电极电压 V_C ：

在最坏的情况下，集电极电压 V_C 必须满足下表：

应力考核点	产品工作区域	B级产品	A级产品
集电极电压 V_C	I、II工作区最坏情况	< 80%额定击穿电压	

2、集电极电流 I_C ：

在最坏的情况下，集电极电流 I_C 必须满足下表：

应力考核点	产品工作区域	B级产品	A级产品
集电极电流 I_C	I、II工作区最坏情况	< 80%最大额定电流	

3、输入电流 I_F ：

在最坏的情况下，输入电流 I_F 必须满足下表：

应力考核点	产品工作区域	B级产品	A级产品
输入电流 I_F	I、II工作区最坏情况	< 75%最大额定电流	

4、结温 T_J ：

在最坏的情况下，结温 T_J 必须满足下表：

应力考核点	产品工作区域	B级产品	A级产品
结温 T_J	I、II工作区最坏情况	< 80%最高允许结温	

降额考核点的测试与计算

1 集电极电压 V_C ：

对于非脉冲状态下 V_C 的测试，可以采用万用表或示波器测试。对于脉冲状态下 V_C 的测试，则须采用示波器进行测试。

2 集电极电流 I_C ：

I_C 等同于集电极电阻 R_C 上的电流， R_C 的电压测试方法可参照 11.3.1。

3 输入电流 I_F ：

I_F 等同于输入限流电阻 R_F 上的电流， R_F 的电压测试方法可参照 11.3.1。

4 结温 T_J ：

4.1 结温与功耗的换算

实际光耦正常工作的条件限制是结温，结温可通过器件实际功耗进行计算。

$$T_j = P / P_{Dmax} \times (T_{jmax} - 25) + T_a \dots\dots\dots (a)$$

$$T_j = P \times \theta_{j-a} + T_a \dots\dots\dots (b)$$

其中：

T_j ：器件的实际结温

T_a ：器件工作环境温度

T_{jmax} ：器件允许的最高结温

P_{Dmax} ：器件在环境温度 25℃ 下允许的最大功率

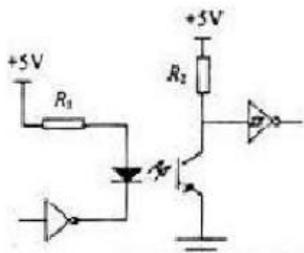
P ：器件的实际功耗

θ_{j-a} ：器件由结到环境的热阻

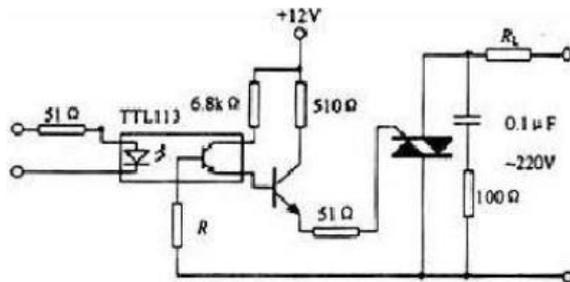
五、光电隔离技术的应用

1、微机介面电路中的光电隔离

微机有多个输入埠，接收来自远处现场设备传来的状态信号，微机对这些信号处理后，输出各种控制信号去执行相应的操作。在现场环境较恶劣时，会存在较大的杂讯干扰，若这些干扰随输入信号一起进入微机系统，会使控制准确性降低，产生误动作。因而，可在微机的输入和输出端，用光耦作介面，对信号及杂讯进行隔离。典型的光电耦合电路如图 6 所示。该电路主要应用在“A / D 转换器”的数位信号输出，及由 CPU 发出的对前向通道的控制信号与类比电路的介面处，从而实现在不同系统间信号通路相联的同时，在电气通路上相互隔离，并在此基础上实现将类比电路和数位电路相互隔离，起到抑制交叉串扰的作用。



图六 光电耦合器接线原理



图七 双向可控硅（晶闸管）

对于线性类比电路通道,要求光电耦合器必须具有能够进行线性变换和传输的特性,或选择对管,采用互补电路以提高线性度,或用 V / F 变换后再用数位光耦进行隔离。

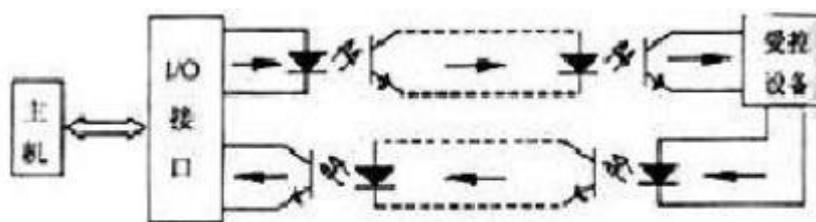
2、功率驱动电路中的光电隔离

在微机控制系统中,大量应用的是开关量的控制,这些开关量一般经过微机的 I / O 输出,而 I / O 的驱动能力有限,一般不足以驱动一些点磁执行器件,需加接驱动介面电路,为避免微机受到干扰,须采取隔离措施。如可控硅所在的主电路一般是交流强电回路,电压较高,电流较大,不易与微机直接相连,可应用光电耦合器将微机控制信号与可控硅触发电路进行隔离。电路实例如图 7 所示。

在马达控制电路中,也可采用光耦来把控制电路和马达高压电路隔离开。马达靠 MOSFET 或 IGBT 功率管提供驱动电流,功率管的开关控制信号和大功率管之间需隔离放大级。在光耦隔离级—放大器级—大功率管的连接形式中,要求光耦具有高输出电压、高速和高共模抑制。

3、远距离的隔离传送

在电脑应用系统中,由于测控系统与被测和被控设备之间不可避免地要进行长线传输,信号在传输过程中很易受到干扰,导致传输信号发生畸变或失真;另外,在通过较长电缆连接的相距较远的设备之间,常因设备间的地线电位差,导致地环路电流,对电路形成差模干扰电压。为确保长线传输的可靠性,可采用光电耦合隔离措施,将 2 个电路的电气连接隔开,切断可能形成的环路,使他们相互独立,提高电路系统的抗干扰性能。若传输线较长,现场干扰严重,可通过两级光电耦合器将长线完全“浮置”起来,如图 8 所示。



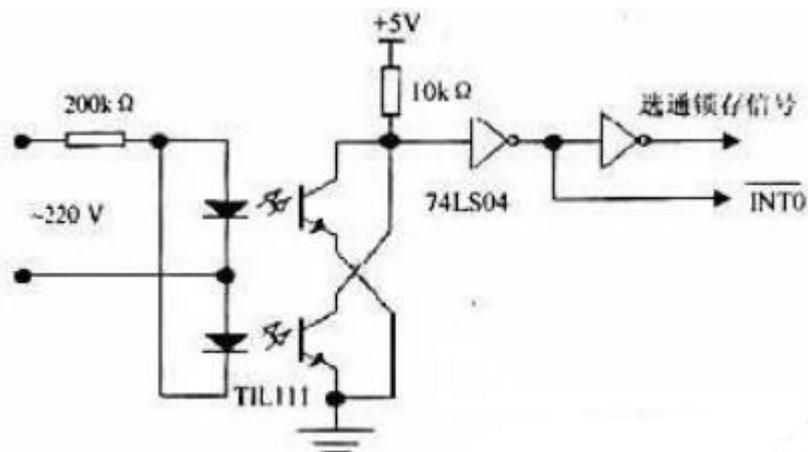
图八 传输长线的光耦浮置处理

长线的“浮置”去掉了长线两端间的公共地线,不但有效消除了各电路的电流经公共地线时所产生杂讯电压形成相互窜扰,而且也有效地解决了长线驱动和阻抗匹配问题;同时,受控设备短路时,还能保护系统不受损害。

4、过零检测电路中的光电隔离

零交叉,即过零检测,指交流电压过零点被自动检测进而产生驱动信号,使电子

开关在此时刻开始开通。现代的零交叉技术已与光电耦合技术相结合。图 9 为一种单片机数控交流调压器中可使用的过零检测电路。



图九 过零检测

220V 交流电压经电阻 R1 限流后直接加到 2 个反向并联的光电耦合器 GD1, GD2 的输入端。在交流电源的正负半周, GD1 和 GD2 分别导通, U0 输出低电平, 在交流电源正弦波过零的瞬间, GD1 和 GD2 均不导通, U0 输出高电平。该脉冲信号经反闸整形后作为单片机的中断请求信号和可控矽的过零同步信号。

注意事项

(1) 在光电耦合器的输入部分和输出部分必须分别采用独立的电源, 若两端共用一个电源, 则光电耦合器的隔离作用将失去意义。

(2) 当用光电耦合器来隔离输入输出通道时, 必须对所有的信号 (包括数位量信号、控制量信号、状态信号) 全部隔离, 使得被隔离的两边没有任何电气上的联系, 否则这种隔离是没有意义的。