

一般光耦应用于数据传送

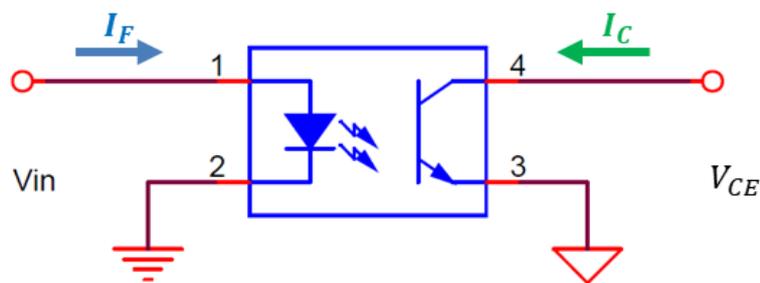
1. 功能说明

光电耦合组件是以光作为媒介来传输信号的一种组件，主要功能是让输入及输出电路之间，可以通过隔离的方式传送电信号，光电耦合组件(英语：Optical coupler，或英语：Photo coupler)，亦称光耦合器、光隔离器以及光电隔离器，简称光耦。在两个不共地的电路之间传送信号，即使两电路之间有高压也不会互相影响，提高其抗干扰能力和可靠性及稳定性，可用于开关设备，或用在两个需要隔离装置之间的数据传输。

2. 讯号特性

2.1 电流传输比(Current Transfer Ratio , CTR)

电流传输比(CTR)的定义为输出电流和输入电流的比值($\frac{I_C}{I_F}$)，电阻值的选用，量测方式如图 1 所示。



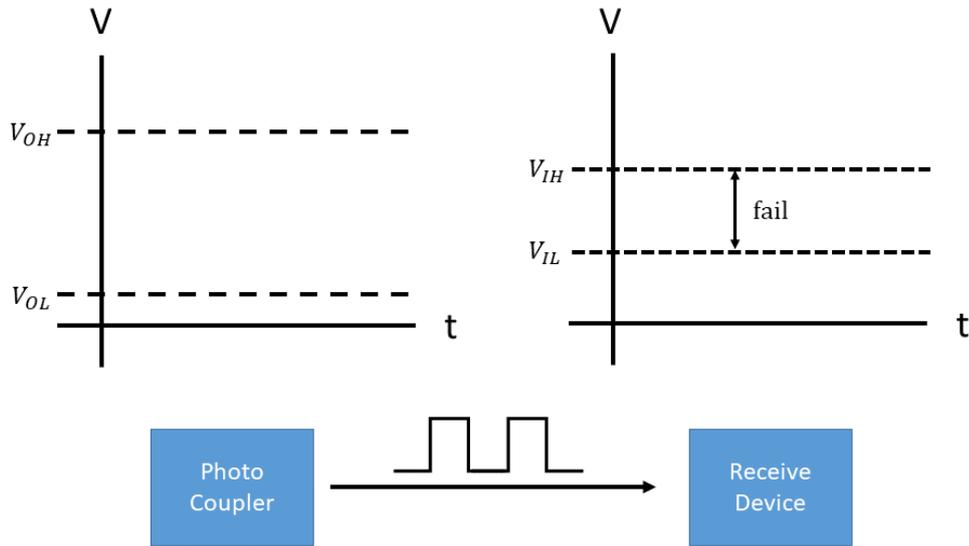
主要用来评估负载

$$\text{电流传输比(Current Transfer Ratio , CTR)} = \frac{I_C}{I_F}$$

图 1

2.2 讯号电压准位

在数字逻辑中，可以用 0 或 1 来表示所有的讯号， V_{OH} 和 V_{OL} 在提供接收端 1 和 0 的电压值， V_{IH} 和 V_{IL} 则在限制接收端判断 1 和 0 的下限和上限电压值，如图 2 所示。



註) V_{OH} : Voltage Output High
 V_{OL} : Voltage Output Low
 V_{IH} : Voltage Input High
 V_{IL} : Voltage Input Low

图 2

在逻辑电路中，常会因静电或磁场的干扰，进而在接在线感应出电压，此种不属于原电路的假讯号即为噪声，而抵抗此噪声的能力，可称为噪声容忍度(Noise margin)，在此范围中的电压讯号将视为噪声。如图 3 所示。

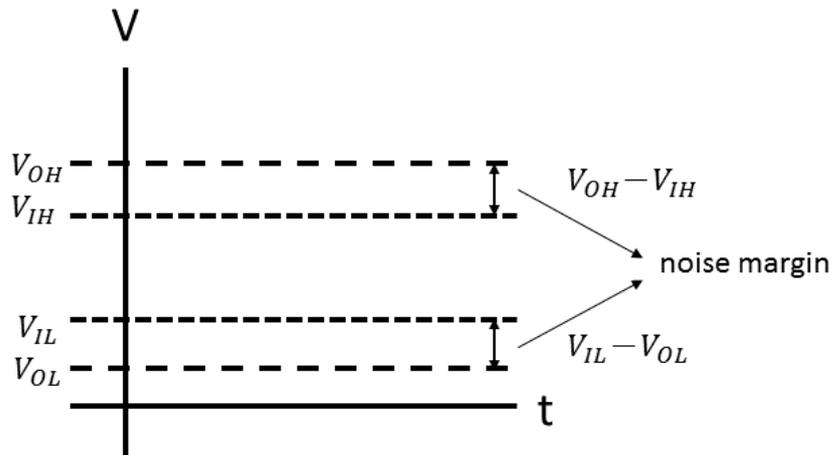


图 3

2.3 维持时间(Hold time):

除了讯号电压值之外，通常还需要维持一段时间，才会被视为有效讯号，如图 4 所示，假设高准位和低准位的在维持时间(Hold time)需要大于 $2210\mu s$ ，才会被判断为有效讯号，当低准位为 $25\mu s$ ，高准位为 $20\mu s$ ，此时高准位则无法被当作有效讯号，可以用三种方式解决：

- 延长输入讯号高准位的时间，但需要降低输入讯号的开关(传输)速度。
- 降低负载电阻 R_L (Load resistance)，但需要考虑到是否能维持在饱和开关工作。
- 可以调整讯号判断的维持时间(Hold time)，只局限使用软件的方式来处理。

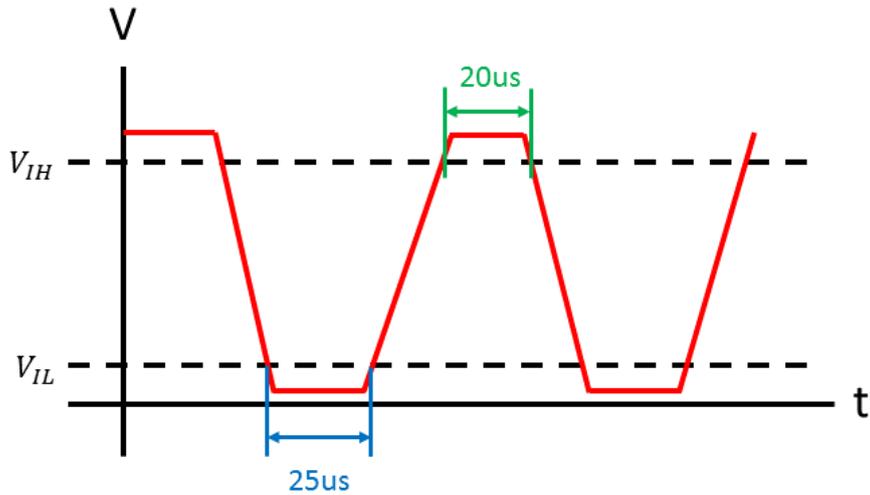


图 4

3. LED 驱动电路

以下为三种常见的 LED 驱动方式：

3.1 GPIO(General-purpose input/output)控制

如图 5 所示，输入电源经由一电阻和 IR LED 串联，改变电阻值可调整 I_F 电流值，TXD 以 GPIO 控制。

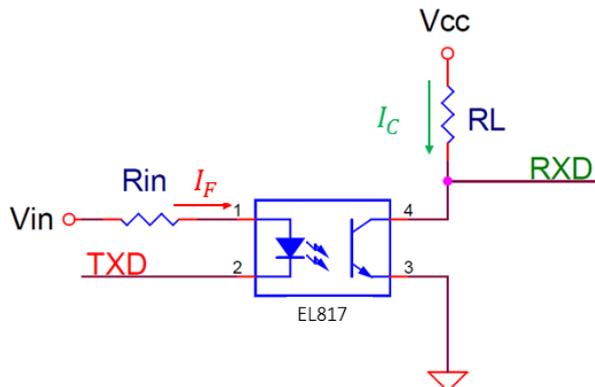


图 5

3.2 晶体管(BJT, bipolar junction transistor)驱动

图 6 使用 NPN 晶体管作为 LED 的开关使用，control 提供控制讯号， I_F 电流由 V_{in} 和 R_{in} 决定， V_{in} 使用 DC 电源，输入端可以使用较高的 I_F 驱动电流，故可不被 Control 限制住 I_F 电流，下列计算式用来评估 I_F 和 R_{in} 对应的数值。

$$I_F = \frac{(V_{in} - V_F - V_{CE})}{R_{in}} ; R_{in} = \frac{(V_{in} - V_F - V_{CE})}{I_F}$$

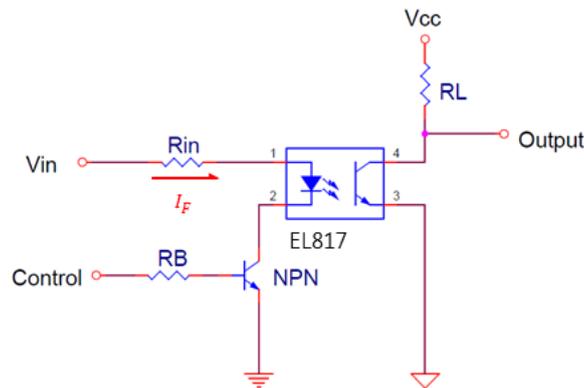


图 6

3.3 MOSFET(metal-oxide-semiconductor field-effect transistor)驱动

图 7 使用 N-MOSFET 作为 LED 的开关使用，control 提供控制讯号，输入端可以使用较高的 I_F 驱动电流，下列计算式用来评估 I_F 和 R_{in} 对应的数值。

$$I_F = \frac{(V_{in} - V_F - V_{DS})}{R_{in}} ; R_{in} = \frac{(V_{in} - V_F - V_{DS})}{I_F}$$

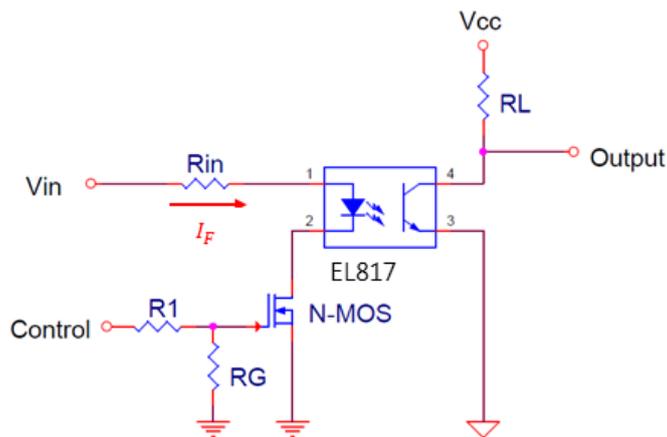


图 7

4. 应用电路实测

4.1 I_F 差异比较

如图 8 所示，使用 EL817 作为实测样品，CTR%规格为 327% (@ $I_F = 5mA$)，CH1 量测 Control 讯号，CH2 量测 Output 讯号，调整不同 I_F 电流，观察 Output 输出波形，如图 9 所示，在 5mA 时， V_{OL} 尚有大于 1V 的电压，假设后端接收装置的 $V_{IL} = 0.8V$ ，低准位讯号便是一个无效的输出讯号，如图 10~12，当 $I_F = 10mA$ 以上时， V_{OL} 已接近至 0V。如图 13 所示，比较输入讯号关闭后，不同 I_F 下 Output 电压上升时的波形，可以发现较低的 I_F 容易发生低准位电压过高的情况，这是因为输出端光敏晶体管未在饱和开关下工作，而 I_F 电流较大可以让 I_C 更快达到上限电流。

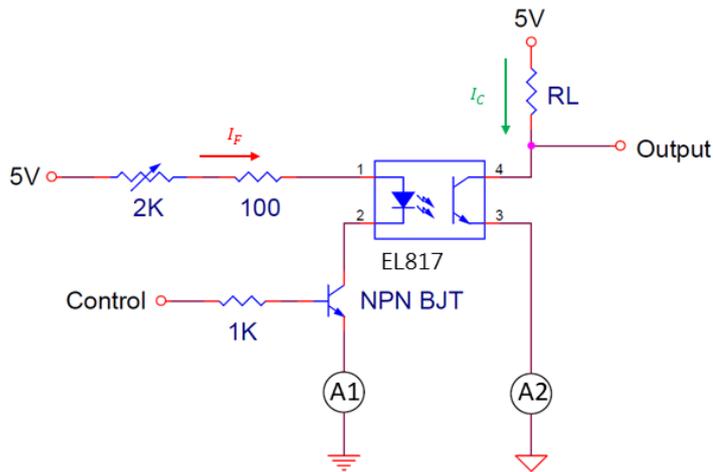


图 8

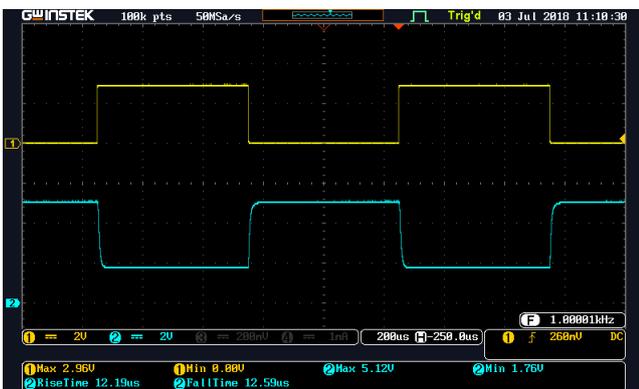


图 9 $I_F = 5mA$



图 10 $I_F = 10mA$



图 11 $I_F = 15mA$



图 12 $I_F = 20mA$



图 13 I_F of all

4.2 传输速度比较:

在 $I_F = 10mA$ 、 $R_L = 1K\Omega$ 的条件下，测试 2400bps(1.2KHz)、4800bps(2.4KHz)、9600bps(4.8KHz)传输速度，比较高低准位的维持时间(Hold time)差异，如图 14~19。

2400bps (1.2KHz):

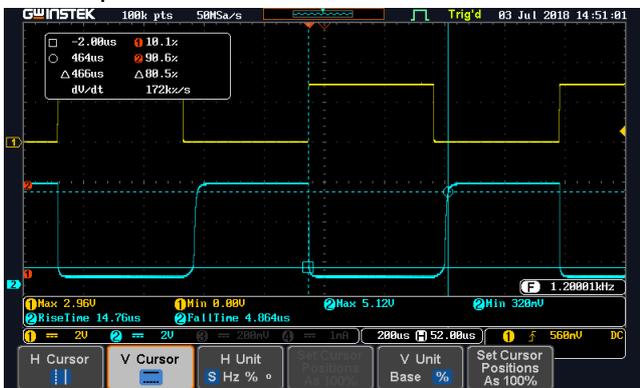


图 14 Low Level=466us

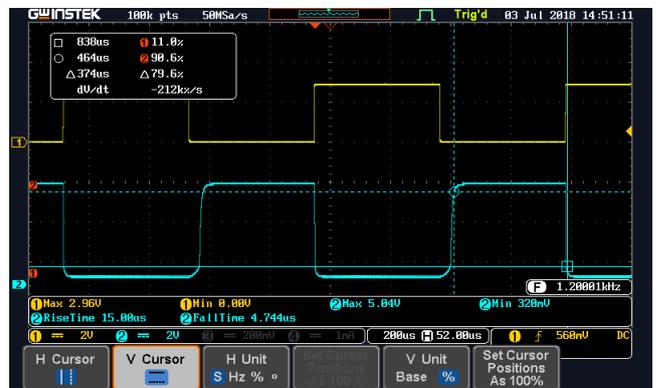


图 15 High Level=374us

4800bps (2.4KHz):

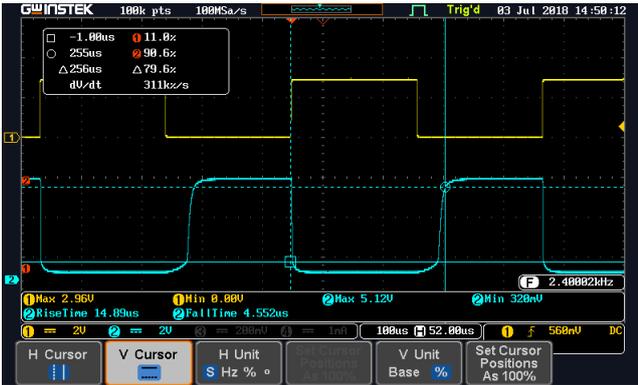


图 16 Low Level=256us

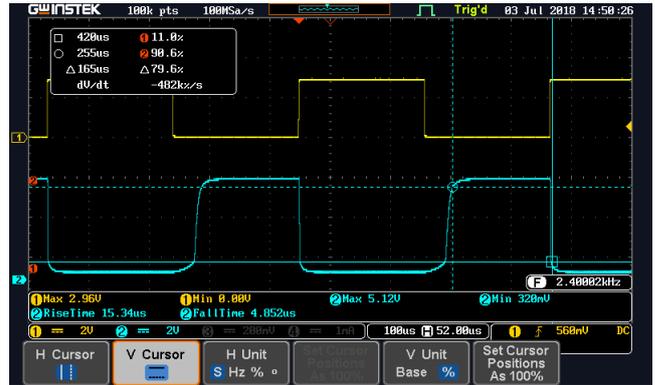


图 17 High Level=165us

9600bps (4.8KHz):

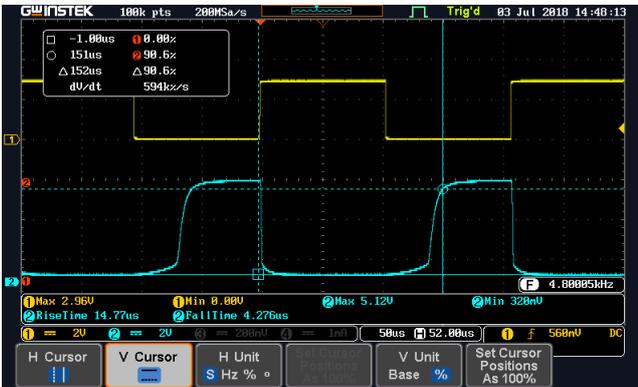


图 18 Low Level=152us

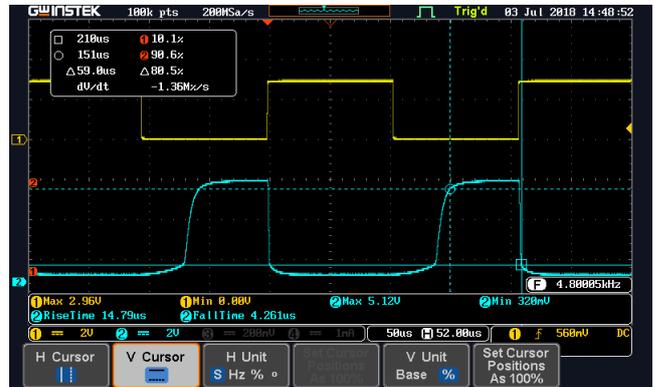


图 19 High Level=59us

虽然高低准位的总时间是一样的，但由于输入端关闭后，输出端恢复至高准位电压的时间比较长，造成维持时间(Hold time)变得更短，这在输出端装置判断高准位时，可能被认为是无效讯号。如表格 1 所示，两者之间的差异虽然不会因为频率的改变而有所变动，但是频率越快时，高准位占空比(duty)越来越短。

传输速度	低准位维持时间(us)	高准位维持时间(us)	差异时间(us)
2400bps(1.2KHz)	466	374	92
4800bps(2.4KHz)	256	165	91
9600bps(4.8KHz)	152	59	93

表格 1

4.3 R_L 差异比较:

如图 20 所示, 当 $R_L=100\Omega$, 因 $CTR\%=327\%$, 可得 $I_C = 16.35mA$ 、 $V_{RL} = 16.35mA * 100 = 1.635V$ 、 $V_{CE} = 5 - 1.635 = 3.265V$ 。 V_{CE} 电压低准位约 3.265V 左右, 加大 R_L 使得 V_{CE} 进入饱和开关工作, 如图 21 所示, 将 R_L 增加至 330Ω 后, V_{CE} 已逐渐下降, 如图 22 所示, 接着再将 R_L 增加至 $1K\Omega$, 此时 V_{CE} 已接近 0V, 如图 23 所示, 再将 R_L 加大至 $4.7K\Omega$, 则 V_{CE} 回复至高准位电压则需要更长的时间, 如图 24 所示, $R_L=1K\Omega$ 不仅工作在饱和开关, 也有着较快的转态时间。

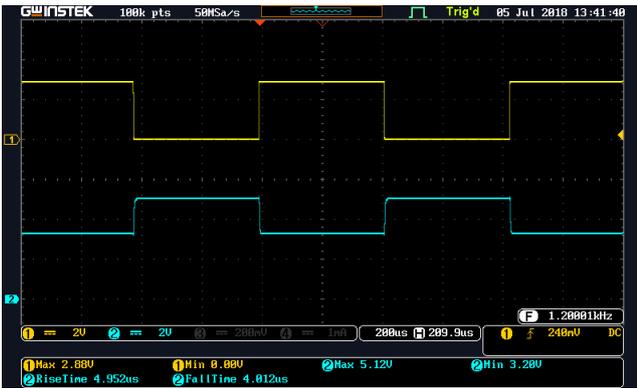


图 20 $R_L=100\Omega$



图 21 $R_L=330\Omega$

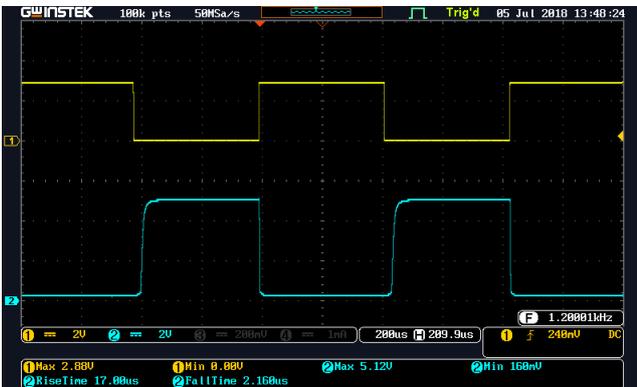


图 22 $R_L=1K\Omega$



图 23 $R_L=4.7K\Omega$



图 24 R_L of all

5. 如何有效的设计电路

在设计电路时，首先需要知道 I_F 输入电流、CTR 的范围、负载电阻 R_L 数值三者之间的关系，则可预先评估输出讯号的高、低电压准位，图 25 为 UART 传输的参考电路。

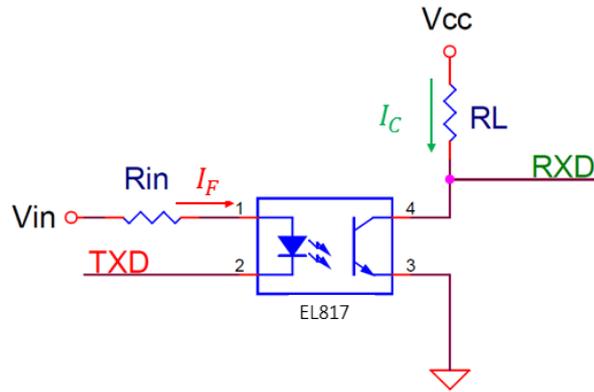


图 25

$$\text{当 TXD} = 0 \text{ 时, } I_{F(\text{typ.})} = \frac{V_{in} - V_{F(\text{typ.})}}{R_{in}}; \quad R_{in} = \frac{V_{in} - V_{F(\text{typ.})}}{I_{F(\text{typ.})}}$$

因为较低的 CTR 比较不容易达到饱和开关的状态，所以会取 CTR 的最小值来计算(需考虑到 I_F 电流和环境温度 T_A 的影响)。

$$I_C = I_F * CTR(\text{min})$$

$$I_F = \text{ON 时, RXD (低准位)} = V_{CE} = V_{CC} - I_C * R_L$$

$$I_F = \text{OFF 时, RXD (高准位)} \cong V_{CC}$$

本应用手册提供客户设计参考，若有上的问题请与美特光电子联系取得进一步技术支持。