

## 一般光耦應用於資料傳送

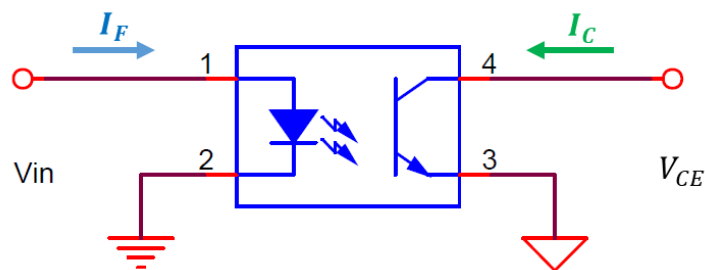
### 1. 功能說明

光電耦合元件是以光作為媒介來傳輸信號的一種元件，主要功能是讓輸入及輸出電路之間，可以通過隔離的方式傳送電信號，光電耦合元件(英語 :Optical coupler，或英語：Photo coupler)，亦稱光耦合器、光隔離器以及光電隔離器，簡稱光耦。在兩個不共地的電路之間傳送信號，即使兩電路之間有高壓也不會互相影響，提高其抗干擾能力和可靠度及穩定性，可用於開關設備，或用在兩個需要隔離裝置之間的資料傳輸。

### 2. 訊號特性

#### 2.1 電流傳輸比(Current Transfer Ratio , CTR)

電流傳輸比(CTR)的定義為輸出電流和輸入電流的比值( $\frac{I_C}{I_F} * 100\%$ )，主要用來評估負載電阻值的選用，量測方式如圖 1 所示。



$$\text{電流傳輸比(Current Transfer Ratio , CTR)} = \frac{I_C}{I_F}$$

圖 1

## 2.2 訊號電壓準位

在數位邏輯中，可以用 0 或 1 來表示所有的訊號， $V_{OH}$ 和 $V_{OL}$ 在提供接收端 1 和 0 的電壓值， $V_{IH}$ 和 $V_{IL}$ 則在限制接收端判斷 1 和 0 的下限和上限電壓值，如圖 2 所示。

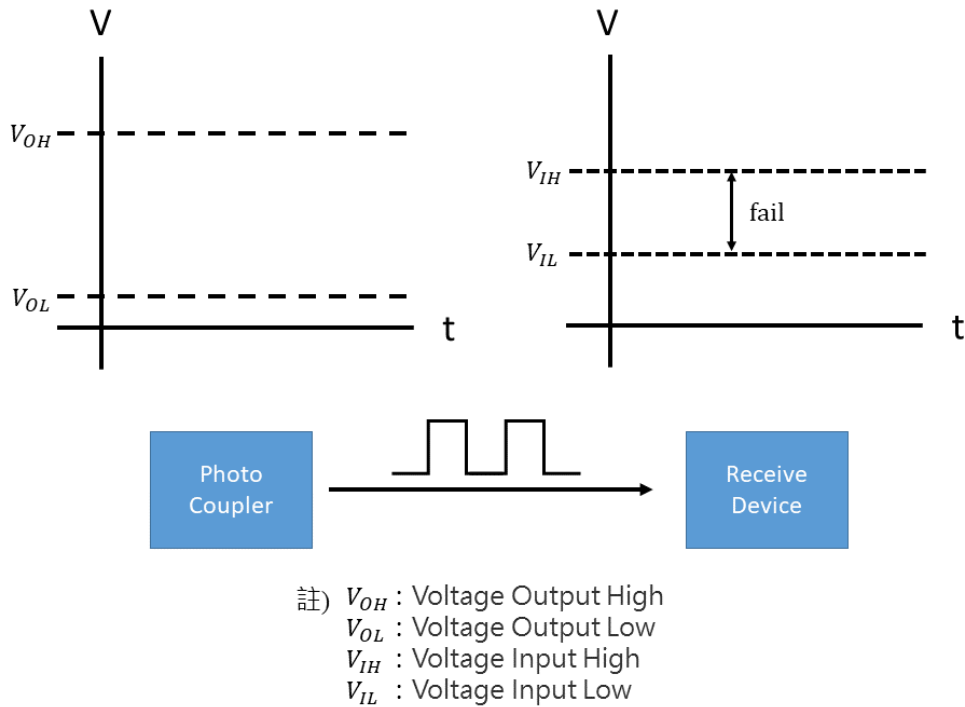


圖 2

在邏輯電路中，常會因靜電或磁場的干擾，進而在接線上感應出電壓，此種不屬於原電路的假訊號即為雜訊，而抵抗此雜訊的能力，可稱為雜訊容忍度(Noise margin)，在此範圍中的電壓訊號將視為雜訊。如圖 3 所示。

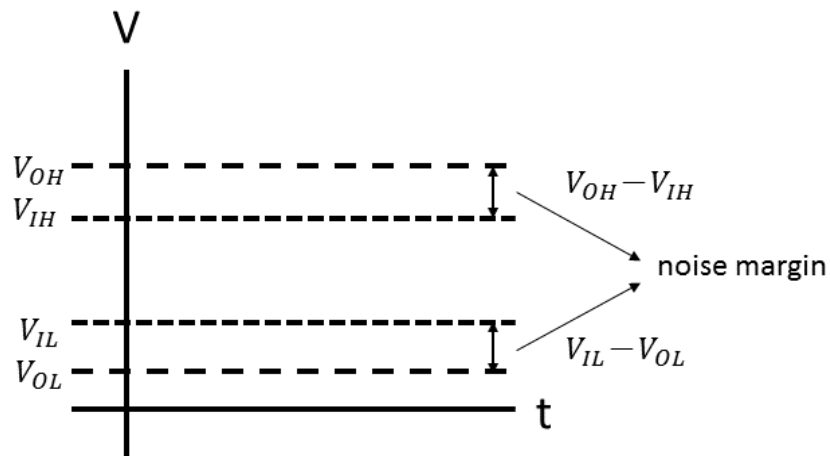


圖 3

### 2.3 維持時間(Hold time)：

除了訊號電壓值之外，通常還需要維持一段時間，才會被視為有效訊號，如圖 4 所示，假設高準位和低準位的維持時間(Hold time)需要大於 22us，才會被判斷為有效訊號，當低準位為 25us，高準位為 20us，此時高準位則無法被當作有效訊號，可以用三種方式解決：

- 延長輸入訊號高準位的時間，但需要降低輸入訊號的開關(傳輸)速度。
- 降低負載電阻 $R_L$ (Load resistance)，但需要考量到是否能維持在飽和開關工作。
- 可以調整訊號判斷的維持時間(Hold time)，只局限使用軟體的方式來處理。

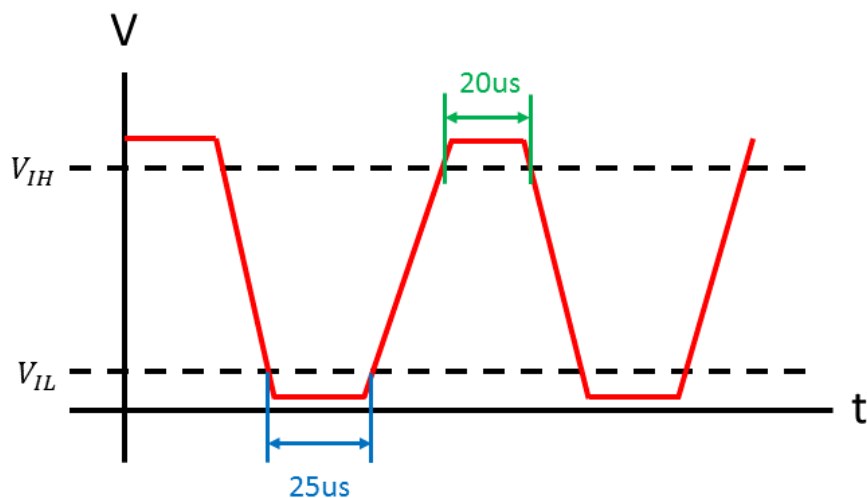


圖 4

## 3. LED 驅動電路

以下為三種常見的 LED 驅動方式：

### 3.1 GPIO(General-purpose input/output)控制

如圖 5 所示，輸入電源經由一電阻和 IR LED 串聯，改變電阻值可調整  $I_F$  電流值，TXD 以 GPIO 控制。

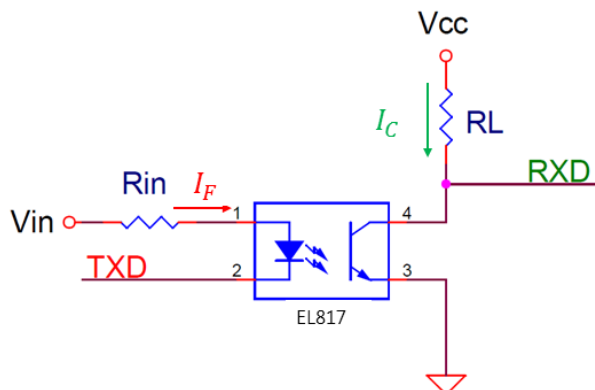


圖 5

### 3.2 電晶體(BJT, bipolar junction transistor)驅動

圖 6 使用 NPN 電晶體作為 LED 的開關使用，control 提供控制訊號， $I_F$  電流由  $V_{in}$  和  $R_{in}$  決定， $V_{in}$  使用 DC 電源，輸入端可以使用較高的  $I_F$  驅動電流，下列計算式用來評估  $I_F$  和  $R_{in}$  對應的數值。

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

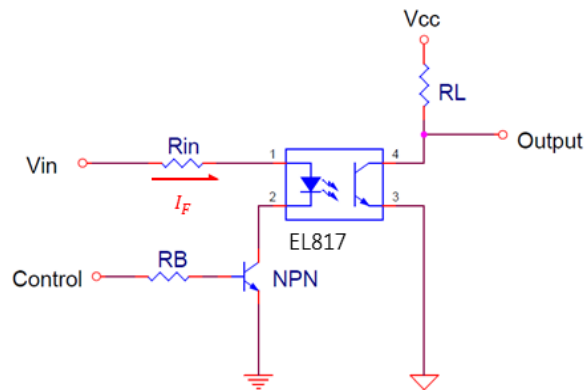


圖 6

### 3.3 MOSFET(metal-oxide-semiconductor field-effect transistor)驅動

圖 7 使用 N-MOSFET 作為 LED 的開關使用，control 提供控制訊號，輸入端可以使用較高的  $I_F$  驅動電流，下列計算式用來評估  $I_F$  和  $R_{in}$  對應的數值。

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

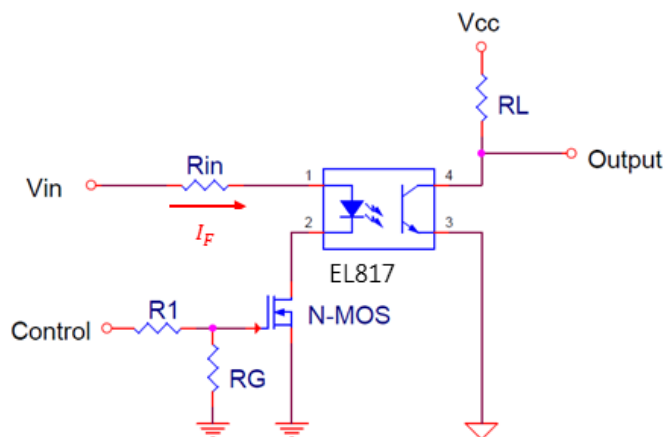


圖 7

## 4. 應用電路實測

### 4.1 $I_F$ 差異比較

如圖 8 所示，使用 EL817 作為實測樣品，CTR%規格為 327% (@ $I_F = 5mA$ )，CH1 量測 Control 訊號，CH2 量測 Output 訊號，調整不同  $I_F$  電流，觀察 Output 輸出波形，如圖 9 所示，在 5mA 時， $V_{OL}$  尚有大於 1V 的電壓，假設後端接收裝置的  $V_{IL} = 0.8V$ ，低準位訊號便是一個無效的輸出訊號，如圖 10~12，當  $I_F = 10mA$  以上時， $V_{OL}$  已接近至 0V。如圖 13 所示，比較輸入訊號關閉後，不同  $I_F$  下 Output 電壓上升時的波形，可以發現較低的  $I_F$  容易發生低準位電壓過高的情況，這是因為輸出端光電晶體未在飽和開關下工作，而  $I_F$  電流較大可以讓  $I_C$  更快達到上限電流。

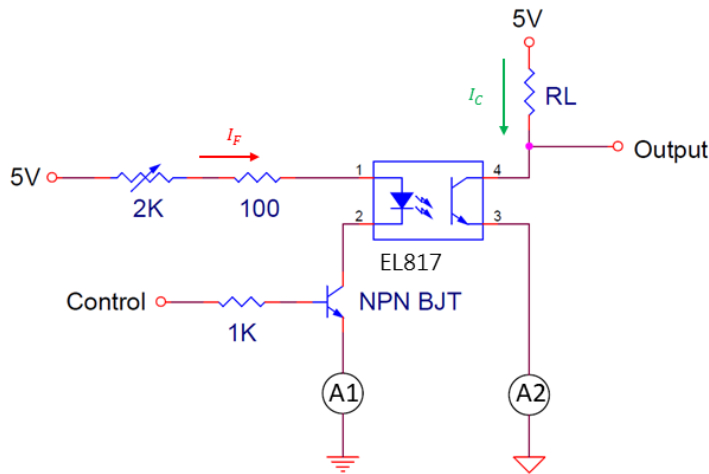


圖 8

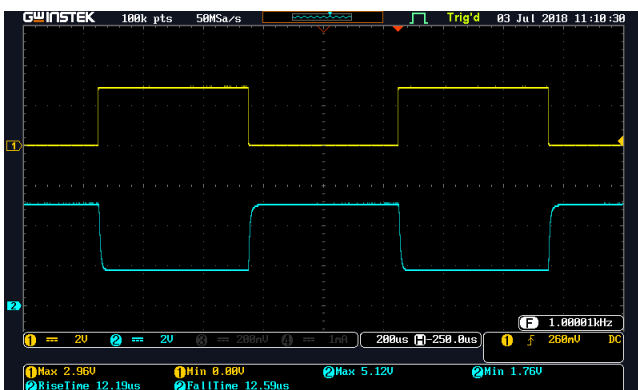


圖 9  $I_F = 5mA$

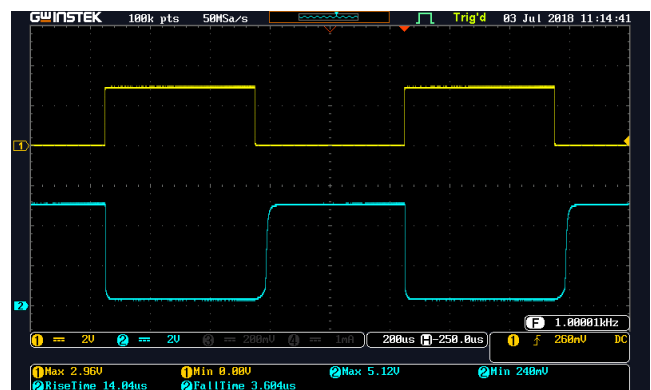


圖 10  $I_F = 10mA$

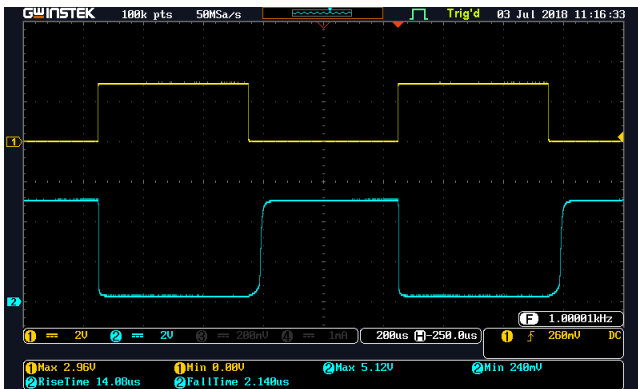


圖 11  $I_F = 15mA$

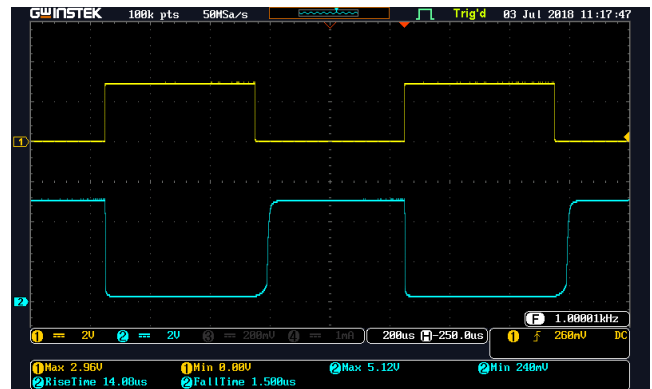


圖 12  $I_F = 20mA$

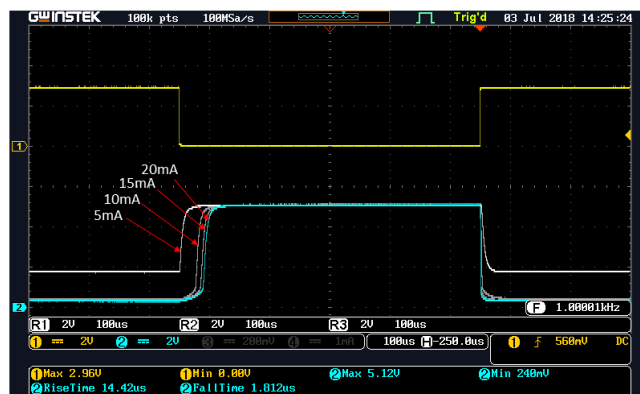


圖 13  $I_F$  of all

#### 4.2 傳輸速度比較：

在  $I_F = 10mA$ 、 $R_L = 1K\Omega$  的條件下，測試 2400bps(1.2KHz)、4800bps(2.4KHz)、9600bps(4.8KHz) 傳輸速度，比較高低準位的維持時間(Hold time)差異，如圖 14~19。

#### 2400bps (1.2KHz)：

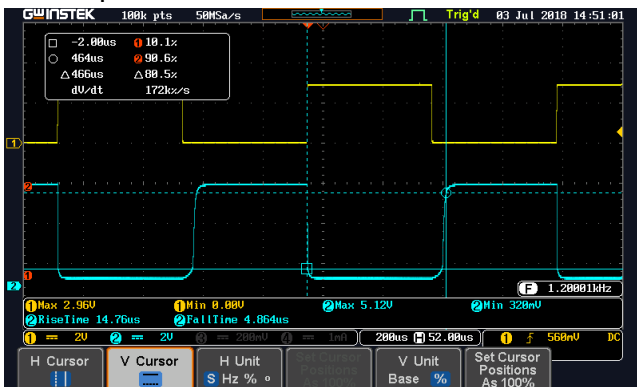


圖 14 Low Level=466us

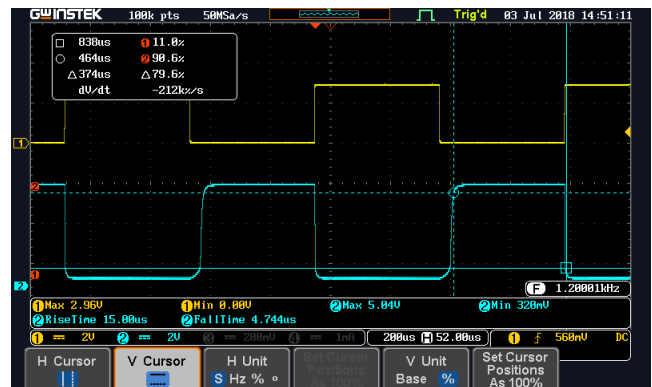


圖 15 High Level=374us

4800bps (2.4KHz) :

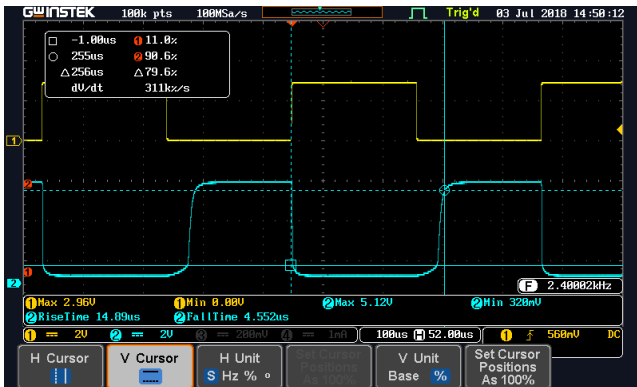


圖 16 Low Level=256us

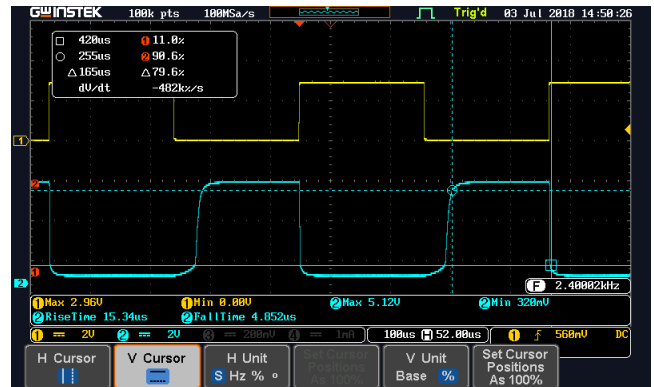


圖 17 High Level=165us

9600bps (4.8KHz) :

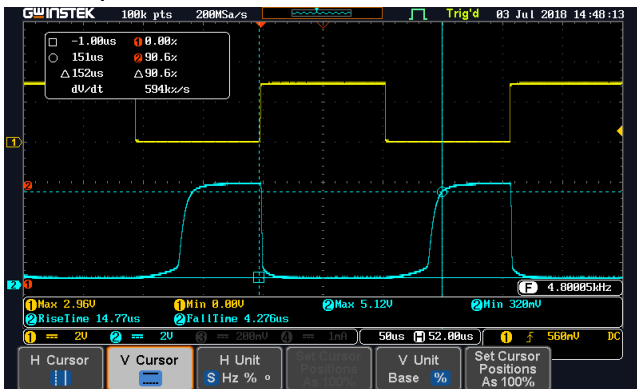


圖 18 Low Level=152us

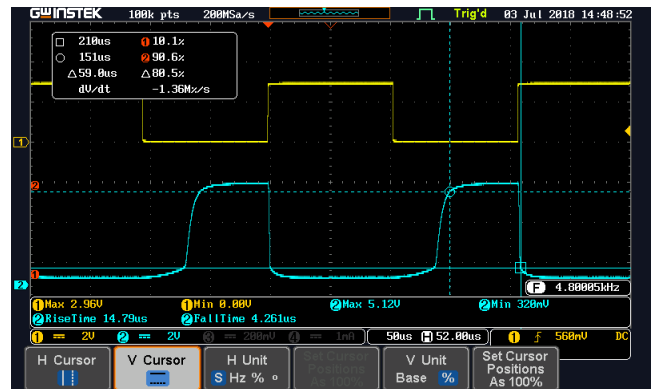


圖 19 High Level=59us

雖然高低準位的總時間是一樣的，但由於輸入端關閉後，輸出端恢復至高準位電壓的時間比較長，造成維持時間(Hold time)變得更短，這在輸出端裝置判斷高準位時，可能被認為是無效訊號。如表格 1 所示，兩者之間的差異雖然不會因為頻率的改變而有所變動，但是頻率越快時，高準位佔空比(duty)越來越短。

傳輸速度	低準位維持時間(us)	高準位維持時間(us)	差異時間(us)
2400bps(1.2KHz)	466	374	92
4800bps(2.4KHz)	256	165	91
9600bps(4.8KHz)	152	59	93

表格 1

### 4.3 $R_L$ 差異比較：

如圖 20 所示，當  $R_L=100\Omega$ ，因  $CTR\%=327\%$ ，可得  $I_C = 16.35mA$ 、 $V_{RL} = 16.35mA * 100 = 1.635V$ 、 $V_{CE} = 5 - 1.635 = 3.265V$ 。 $V_{CE}$  電壓低準位約 3.265V 左右，加大  $R_L$  使得  $V_{CE}$  進入飽和開關工作，如圖 21 所示，將  $R_L$  增加至  $330\Omega$  後， $V_{CE}$  已逐漸下降，如圖 22 所示，接著再將  $R_L$  增加至  $1K\Omega$ ，此時  $V_{CE}$  已接近 0V，如圖 23 所示，再將  $R_L$  加大至  $4.7K$ ，則  $V_{CE}$  回復至高準位電壓則需要更長的時間，如圖 24 所示， $R_L=1K\Omega$  不僅工作在飽和開關，也有著較快的轉態時間。

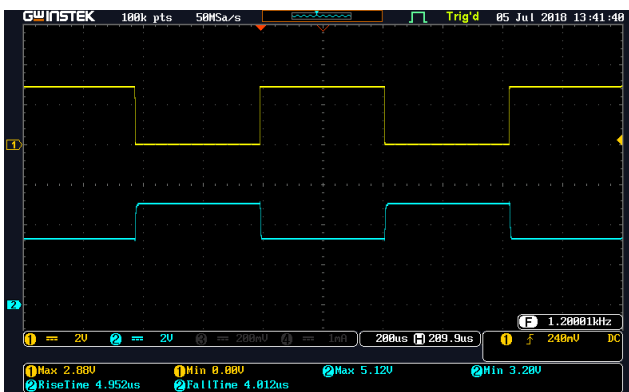


圖 20  $R_L=100\Omega$

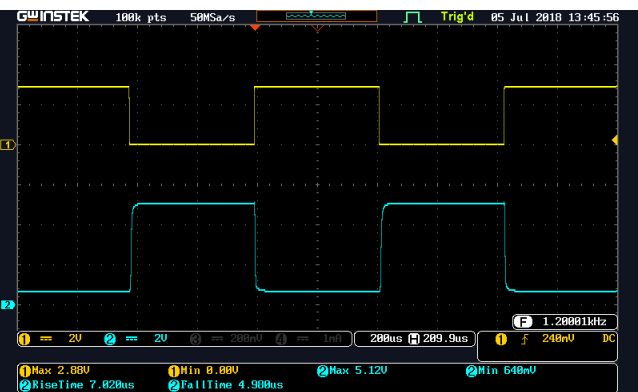


圖 21  $R_L=330\Omega$

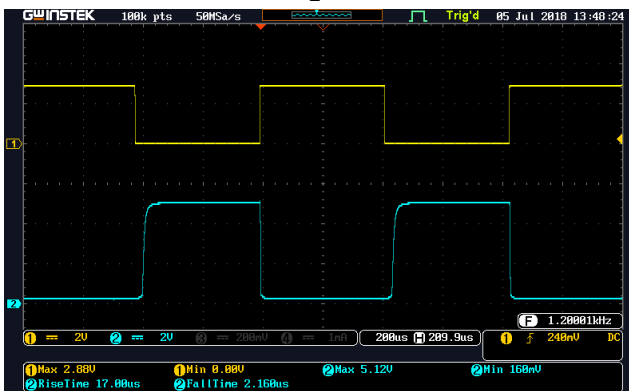


圖 22  $R_L=1K\Omega$

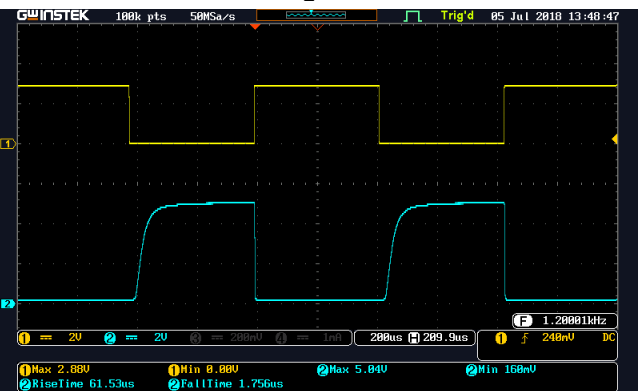


圖 23  $R_L=4.7K\Omega$

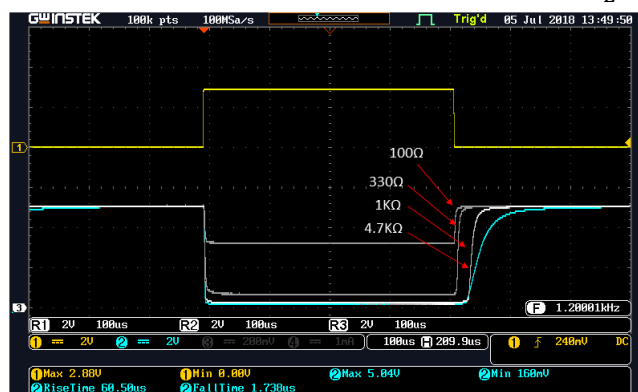


圖 24  $R_L$  of all



## 5. 如何有效的設計電路

在設計電路時，首先需要知道 $I_F$ 輸入電流、CTR 的範圍、負載電阻 $R_L$ 數值三者之間的關係，則可預先評估輸出訊號的高、低電壓準位，圖 25 為 UART 傳輸的參考電路。

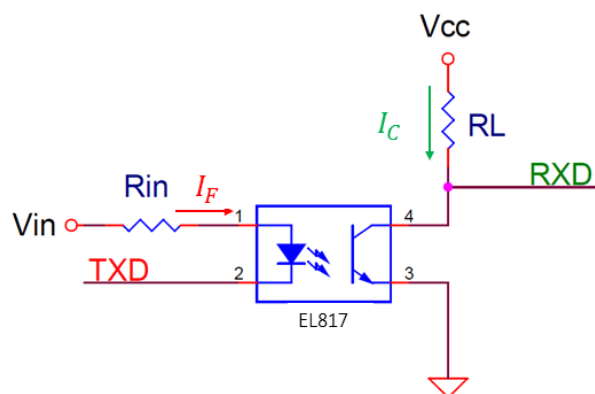


圖 25

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

因為較低的 CTR 比較不容易達到飽和開關的狀態，所以會取 CTR 的最小值來計算(需考慮到 $I_F$ 電流和環境溫度 $T_A$ 的影響)。

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

$$I_F = \text{ON 時, RXD (低準位)} = V_{CE} = V_{CC} - I_C * R_L$$

$$I_F = \text{OFF 時, RXD (高準位)} \cong V_{CC}$$

本應用手冊提供客戶設計參考，若有設計變更可能造成系統性性能降低，若有機構設計上的問題請與億光電子聯繫取得進一步技術支援。