



APPLICATION NOTE

高速光耦(1Mbps)电路设计

1. 功能说明:

光电耦合组件是以光(含可见光、红外线等)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以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。光电耦合组件可以在两个不共地的电路之间传送信号, 即使两电路之间有高电压差也不会互相影响, 还能提高其抗干扰能力和可靠度及稳定性; 高速光耦大多用在需要隔离的两个高速通讯接口之间。可应用在 RS232、CAN、SPI、I²C或 RS485/422...等通讯接口及 PLC 高速计数器、伺服电机控制、旋转编码器控制、PLC 与 MCU 之间的信号转换...等应用。

2. 讯号特性:

1Mbps 系列的高速光耦, 输出端采用 Photodiode 加上 Transistor 放大电路的架构, Photodiode 响应速度较快, 将光讯号转换成光电流后, 经由晶体管将讯号放大, 以便实现高速通讯数据传输, 以下用 ATM453 为例说明在设计电路上首先要了解的参数。

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 ($\frac{I_o}{I_F} * 100\%$), 主要用来计算负载

电阻值的选用, 表1为制规的测试规范, 其量测方式如图 1 所示。

Transfer Characteristics

Parameter	Symbol	Min	Typ.	Max.	Unit	Condition
Current Transfer Ratio	CTR	20	-	50	%	$I_F = 16\text{mA}, V_O = 0.4\text{V}, V_{CC}=4.5\text{V}, T_A=25^\circ\text{C}$
		15	-	-		$I_F = 16\text{mA}, V_O = 0.5\text{V}, V_{CC}=4.5\text{V}$

表1 CTR 测试规范

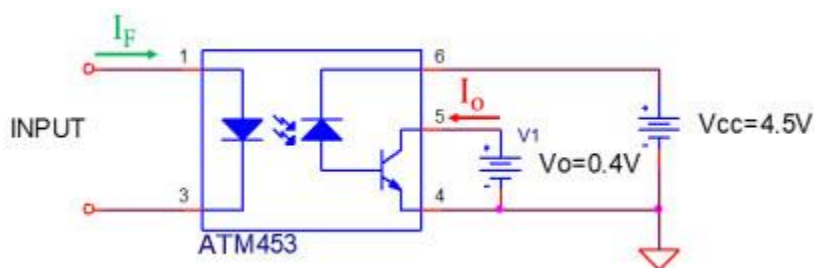
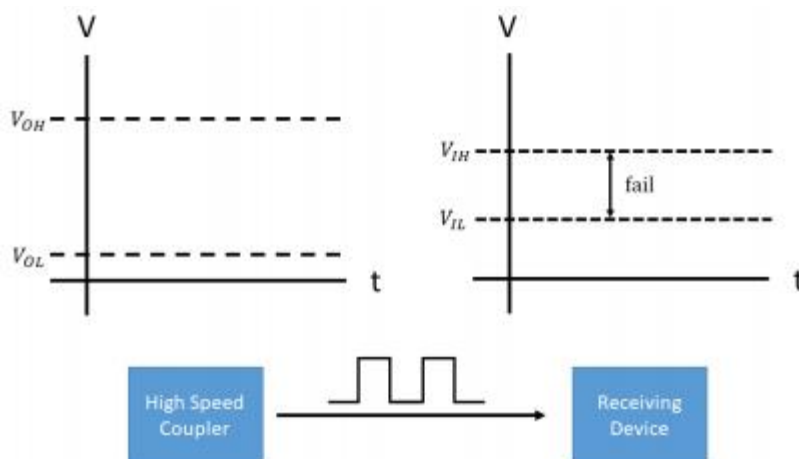


图1 CTR 测试电路

2. 逻辑电压

在数字传输中，讯号用高、低电压来表示逻辑讯号的 1 和 0。如图 2 所示，输出电压的规范以 V_{OH} 和 V_{OL} 表示， V_{OH} 定义为逻辑 1 的最低输出电压， V_{OL} 定义为逻辑 0 的最高输出电压；输入电压的规范以 V_{IH} 和 V_{IL} 表示， V_{IH} 定义为逻辑 1 的最低输入电压， V_{IL} 定义为逻辑 0 的最高输入电压。



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

图 2 逻辑电压定义

逻辑电路中，常会因静电或磁场的干扰，进而在线路上感应出电压，此种不属于原电路的讯号即为噪声，而抵抗此噪声的能力，称为噪声容忍度(Noise margin)。如图 3 所示。在电路设计上，ATM453 Vo(pin5)的输出电压 V_{OH} ，应高过于 Receiving Device 的 V_{IH} ，并且 V_{OL} 低于 V_{IL} ，才能正确的判断讯号。

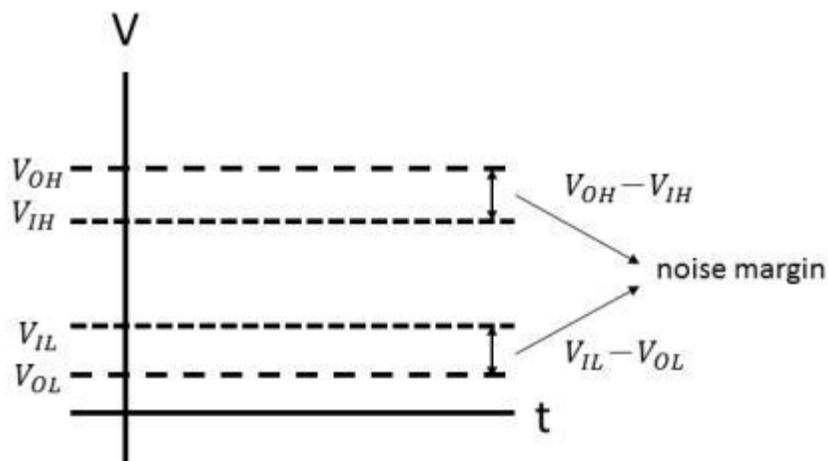


图 3 噪声容忍度

3. 传播延迟时间(Propagation delay)

输入讯号经过光耦转换，会延迟一段时间后，输出讯号才会反应， T_{PHL} 表示输出讯号的电压从高准位降至低准位的时间， T_{PLH} 表示输出讯号的电压从低准位上升至高准位的时间。如表格 2 所示，测试条件为 $I_F = 16\text{mA}$ 、 $R_L = 1.9\text{K}\Omega$ 。图 4 为测试电路及各参数定义的时间轴。

Parameter	Symbol	Min	Typ.	Max.	Unit	Condition
Propagation Delay Time to Logic Low ^(*) (Fig.8)	T_{PHL}	-	0.4	0.8	μs	$I_F = 16\text{mA}$, $R_L = 1.9\text{K}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$
		-	-	1.0		$I_F = 16\text{mA}$, $R_L = 1.9\text{K}\Omega$
Propagation Delay Time to Logic High ^(*) (Fig.8)	T_{PLH}	-	0.35	0.8	μs	$I_F = 16\text{mA}$, $R_L = 1.9\text{K}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$
		-	-	1.0		$I_F = 16\text{mA}$, $R_L = 1.9\text{K}\Omega$

表格 2 Propagation Delay Time 测试规范

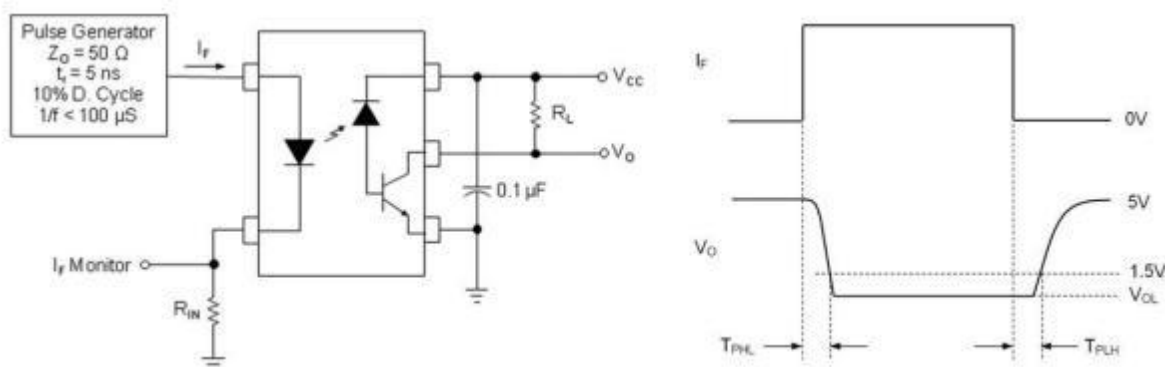


图 5 Transient Immunity Test Circuit & Waveform

3. 电路设计:

图 4 为 ATM453 应用电路范例，将其分成输入端与输出端两部份。

1. 输入端：以 Control pin 控制 NPN 晶体管，将讯号以光的方式传送至输出端。
2. 输出端：Open collector 架构，因此需要加上 pull-high 电阻 R_L ，以维持高准位时的电压值。 V_{CC} 需要加上 bypass 电容 $0.1\mu F$ ，用来过滤电源噪声。

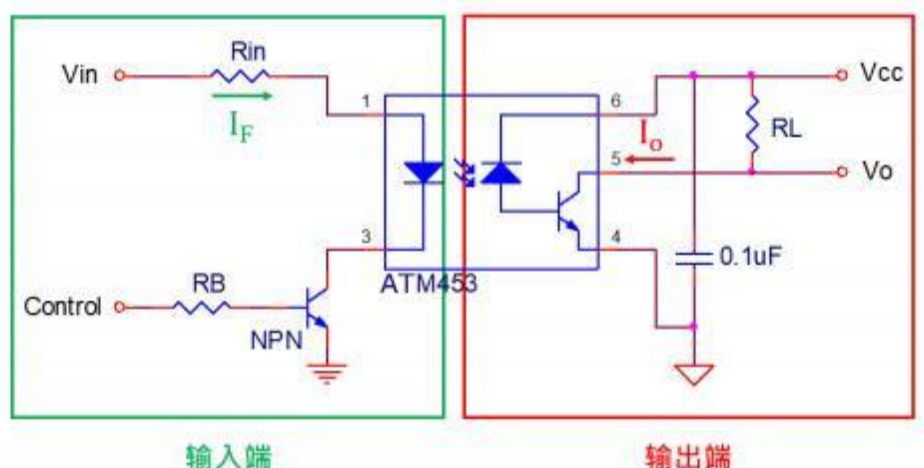


图 4 应用电路范例

CTR 会因为 I_F 的大小而增减，如图 5 所示，当 I_F 为 5mA 时，CTR 降至 0.92 倍，此时 $CTR\%=20\sim50\%$ 便会降低至 $18.4\%\sim46\%$ 。当受到温度的影响时，如图6所示，温度从 $25^\circ C$ 上升至 $85^\circ C$ 时，倍数增加到 1.2 倍，此时 $CTR\%=20\sim50\%$ ，便会增加至 $24\sim60\%$ 。当两个条件同时成立时，可以将两者的倍数相乘，即 $0.92 \times 1.2 = 1.1$ ，因此 $CTR\%=20\sim50\%$ ，便会增加至 $22\sim55\%$ ，此时 $I_O = 1.1 \sim 2.75mA$ ， I_O 太小，可能会造成 V_{OL} 低于 V_{IL} 的情况发生。

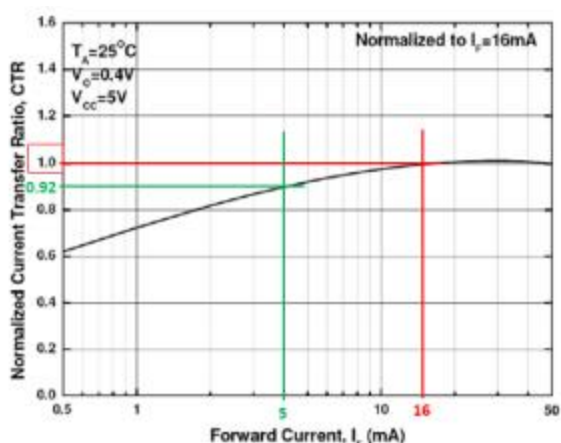


图 5 Current Transfer Ratio vs Forward Current

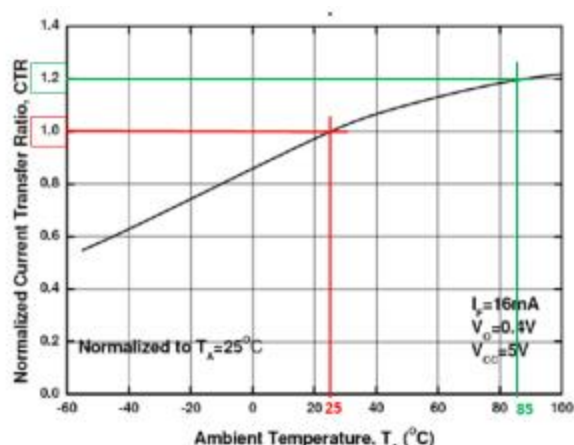


图 6 Current Transfer Ratio vs Ambient Temperature

影响到 T_{PLH} 与 T_{PHL} 的外部条件主要为 I_F 与 R_L ，如图7所示， R_L 影响最大，尤其在 $R_L=3K\Omega$ 后的 T_{PLH} 极速上升，加上为了避免因 I_F 电流降低，造成 V_{OL} 低于 V_{IL} 的情况发生，因此建议可采用 $I_F=16mA$ 、 $R_L=1.9K\Omega$ 的条件，此条件与制规相同，可直接套用CTR%范围，评估CTR%下限是否能正常工作。

假设 $V_{CC}=5V$ 、 $T_a=25^\circ C$ ：

@ $I_F=16mA$ 、 $CTR\%(min)=20\%$ 、 $I_O=16mA*20\%=3.2mA$ 。

@ $R_L=1.9K\Omega$ 、 $V_{RL}=3.2mA*1.9K=6.08V>V_{CC}$ ，评估 I_O 实际电流 $<3.2mA$ 。

假设 $V_O=0.4V$ 、 $I_O=(5-0.4)/1.9K=2.42mA$ ，故实际电流为2.42mA。

温度上升，CTR倍率是增加的，因此同样也可满足温升后的条件。但温度降低后CTR是衰减的，可参考前述计算方式自行评估。

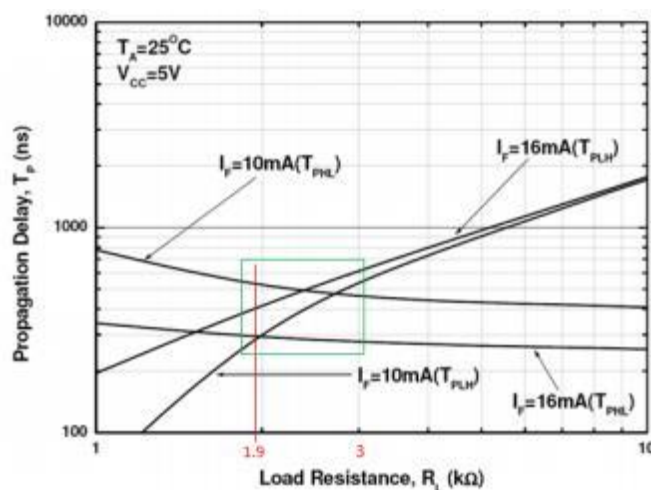


图7Propagation Delay vs. Load Resistance

本应用手册信息仅提供客户设计参考，实际使用请客户自行验证，若有其他问题请与奥特电子联系取得进一步技术支持。