

光耦 PC929 在系统应用中的介绍

编写：陈浩 审阅：Norman Day

前言：

IGBT 驱动系统设计中一般要求驱动信号和模块端的线路进行隔离，以符合安规需求，同时起到保护控制侧的目的。因为系统的应用中必然会出现一些异常的工况，所以驱动的设计中也必须要考虑 IGBT 的保护，进而产生了一些结合保护功能的驱动光耦，在我司的应用文章《IGBT 在系统中的短路及其保护》已经概括的介绍了几种常见的 IGBT 专用型驱动光耦，本文特别针对光耦 PC929 的特性以及在设计应用时的注意事项做进一步的介绍。

简介：

一般用于驱动并隔离一二次侧的设计主要有脉冲变压器和光耦两种方式。使用光耦相对于使用脉冲变压器的主要优势是：1.体积小；2.无最大脉宽限制；3.光传输比磁场传输更不易受磁场的干扰；4.正负电压值无需对称的限制，5.有较低的 dv/dt，操作更安全。可针对模块的特性设计。其主要缺点为光耦需要提供独立电源供电，同时有较敏感的温度特性，驱动能力较弱。

本文介绍的 PC929 芯片是一种典型的 IGBT 专用型驱动电路芯片，增加了利用检测 IGBT 的 Vce 电压的方式来达到过电流保护的功能。正常工作状态下，允许驱动电流峰值最大为 0.4A；最快响应时间可达到 0.5us；隔离电压高达 4kV，适用于中小电流 IGBT 模块的驱动。

芯片内部管脚说明：

PC929 内部原理示意图如图一所示。从图 1 可以看出，PC929 可分为输入侧(图一中的下半边)和输出侧(图一中的上半边)二部分，输入和输出之间通过光电二极管的传输进行隔离。

脚 1 和脚 2 内部短路状态，与脚 3 组成 PC929 的输入端光电二极管的电源供电管脚。当脚 3 的电压值比脚 1、脚 2 高并促使内部二极管顺向导通时，



PC929 输入侧的光耦驱动动作。

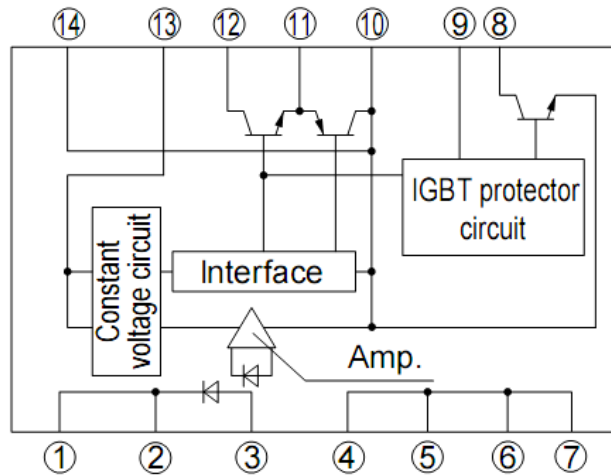


图 1 PC929 数据手册上内部原理示意图

PC929 为了保证光耦输入和输出的分离，受内部布局和管脚的限制，故使用 DIP14 的封装，但是一次侧输入部分只需要驱动光耦的脚 1、脚 2 和脚 3 之间的光电二极管，因此脚 4、脚 5、脚 6 和脚 7 均空管脚，内部为相互短路。

脚 8 为故障信号的输出脚，内部为开集极的电晶体，当 IGBT 模块发生短路错误时，电晶体动作，脚 8 输出低电平。8 脚输出的信号是送往 CPU 的，为了保护 CPU，所以设计时需要考虑对脚 8 输出的信号隔离处理后再送入 CPU。此光耦的功能相对简单，但必须符合安规要求，一般使用耐压等级大于 PC929 的光耦。

脚 9 为 IGBT 集电极电压检测脚，用来侦测 IGBT 是否工作在饱和区还是已经达到需作动的电压而处于短路状态，在电路设计时一般也需要设计相应的外围电路，以达到对侦测值的调节和侦测时间的调整，精确的判断导通电流是否已经过大，而需要启动保护机制。

脚 10 与脚 14 内部呈现短路状态，为输出基准地脚。

脚 11 为驱动 IGBT 信号输出脚。其输出的信号是相对于脚 10 和脚 14 输出基准地的电压信号。对于 PC929 驱动能力较弱，当要驱动较大功率的 IGBT 模块时，需要考虑增加一个级的推挽电路来实现更强的驱动能力。

如图一所示，在 PC929 的数据手册中描述脚 12 和脚 13 为相互独立的管脚，而 PC929 内部存在一组推挽电路，电路中的开关断控制决定了脚 11 的



输出电压是脚 12 的电压值或是脚 10、脚 14 的输出基准地电压，所以一般常见的是将脚 12 和脚 13 短接。但不建议直接短接，而建议在脚 12 上接一小电阻，以起到一定的滤波作用。

脚 13 为以脚 10 和脚 14 为输出基准地为基准电压的驱动 PV929 的供电电压，当脚 13 的供电电压低于 15V 时，PC929 将自动输出欠压保护，对脚 11 的输出信号进行关断处理。

应用电路简介:

图 2 所示为基于 PC929 驱动我司电流等级大于 200A 以上模块的应用于 X 光机的基础电路。

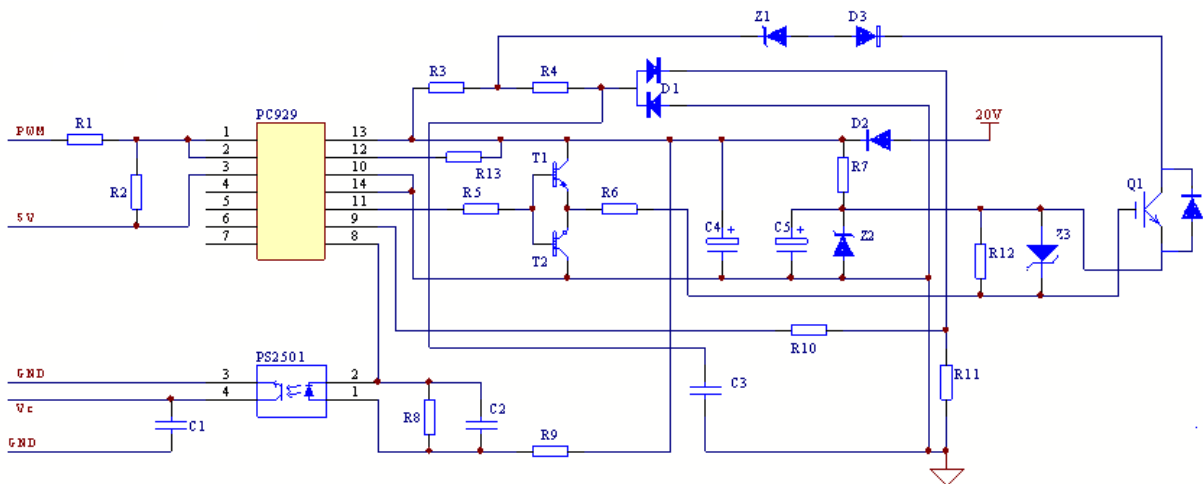


图 2 基于 PC929 的驱动电路

本系统设计中为了达到 PWM 信号的低电平输出有效，PC929 的 3 脚输出接 +5V 电压，脚 1、脚 2 输入幅值为 0—+5V 的 PWM 矩形波。R1 的设计目的是控制流过光电二极管的电流，同时与 R2 形成分压回路；R2 的作用一方面是电流泻放作用，加快关断速度，同时造成虚短，防止光耦的误动作。R1、R2 电阻值的设定需要依据 PC929 中的光电二极管的特性而定。PC929 脚 12 和脚 13 接输入电压，即脚 10、脚 14 接输出电源的零电位，脚 12、脚 13 接输出电源的正压。在设计时必须注意上管的 IGBT 的驱动是不可共地的，故每个输入电压都需要由独立电源提供。

PC929 内部光电耦动作后通过 11 脚输出信号，但是本文例举的系统所驱动的 IGBT 有较大的输入电容，所以需要提高系统的驱动能力来达到预期的驱



动效果，因此在设计时增加了 T1、T2 推挽电路来输出，通过电阻 R6 和稳压管 Z2 产生一个特定的基准电压。此电压的准位即为 IGBT 驱动的负压，主要作用除了用于防止 IGBT 误导通外，同时也可加快了 IGBT 关断的速度，但过高的负压也会造成加大开通时的延时。对于 Z2 的选择可调节基准电压的大小，一般 IGBT 的负电压大部分都设计在 -5V—-15V 之间，但是在 X 光机的驱动中，因为要求开关断速度快，延时短，故在驱动电阻设计上使用开启 R6 和关断 R6' 和 D4 的分离方式，所以不需使用太大负压值便可达到抑制误触发的效果。

在开通过程中，当控制电路 PWM 脉冲进入 PC929 芯片，输入信号为低电平时，芯片中的光耦导通，信号通过芯片中的推挽电路 11 脚产生一个信号，再通过 T1、T2 推挽电路产生一个相对于 E 点的高电平，经过电阻 R6 给 IGBT 栅极提供电流，使管子迅速导通。

反之，如果 PWM 输入信号同时提供为高电平，芯片中光耦不导通，则 11 脚输出信号经过 T1、T2 推挽电路产生相对于 E 点的低电平脉冲信号，栅极电荷迅速放掉，关闭 IGBT。

栅极电阻的设计与选型在我司应用文章《斯达模块门极电阻 Rg 选型表》已经有较详细的介绍。不过需要注意的是此系统化设计与一般变频器和电焊机的实际需求差异较大，不建议文章中的选型作为起始值调整的参考。

PC929 的 9 脚为故障判断引脚。为了使 IGBT 的集电极电压与 9 脚规定的电压值建立对应关系，外围由 R3、R4、R10、R11、D1、D3、Z1、C3 构成对 Vce 的检测回路。检测回路的目的是在开通的责任周期内，对模块的短路保护。所以 R3 的设计主要是在 IGBT 开通时对输入电压流向 IGBT 集电极电流的控制；R4 的作用是与 C3 形成滤波回路，共同决定动作时间，一般因为开关切换时造成准位偏移而误动作，可对其值进行调整；R10 的作用是检测电压时，对电容流向芯片脚 9 电流的限制；R11 和 C3 组成 RC 电路，主要起滤波作用；D1 的作用是防止脚 9 产生负压以及脚 9 对外部电路的影响；Z1 是对保护点电压的调节，也可利用电阻达到同样的效果。

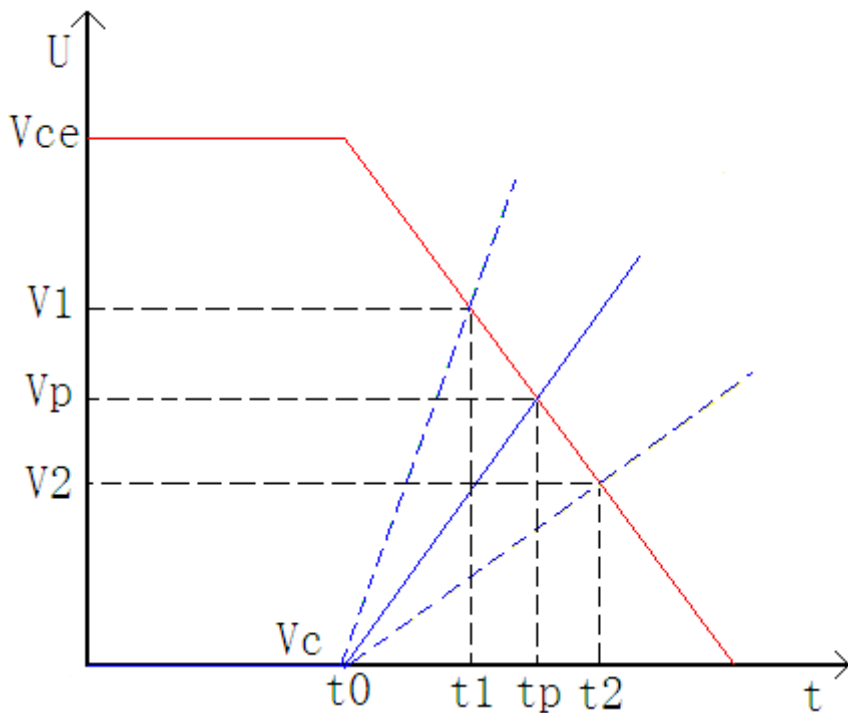
PC929 的 8 脚作为芯片的故障输出引脚，设计时需要注意其输出为低电平输出有效，此系统设计时采用光耦 PS2501，为了匹配 PC929 的要求，其二次侧的耐压等级为 5000 伏，通过光耦隔离输出到 CPU 进行相应的保护。



在工作状态下，当 IGBT 关断时，脚 9 电压被拉为零。IGBT 开启时，Vcc 通过 R3、R4 对 C3 充电，如果 IGBT 产生过流故障或短路故障，集电极电流迅速增加，IGBT 集电极电压上升，那么 C14 的充电电压也将上升，导致脚 9 电压超过保护值，11 脚输出软关断，脚 8 FS 输出低电平故障信号，经过光耦 PS2501 送至 CPU。再当 IGBT 关断，脚 9 电压又被拉低，拉低速度远大于 IGBT 关断速度。

对 Vce 的电压进行检测的电路参数选择，对于实现准确可靠的保护十分关键。而对于 Vce 的电压进行检测的电路参数的调节主要有两部分构成：一、通过调节稳压管 Z1 的大小，从而实现对脚 9 保护点电压的调节；二、通过 R4 和 C3 的大小来调节对 C3 的充电速度，从而调节系统保护的灵敏度。

PC929 保护准确性的大致原理如下：



图三 PC929 保护示意图

如图三所示，Vce 为 IGBT 集电极电压，Vc 为 Vcc 对 C3 充电后的电压，Vp 为脚 9 的保护点电压，t0 到 tp 为保护的充电时间。从图三中可以看出，对于充电时间的调节对保护起至关重要的作用，当充电过快时，在 t1 时刻，Vce 还未下降至电压保护点，Vc 已超过电压保护点到达 V1，脚 9 采样保护，这就是设计时常见的误保护。但当充电速度过慢，在 t2 时刻，脚 9 采样保护电压



点稳定在 V_2 ，如果 t_2 远远大于 t_0 ，那么当 IGBT 发生异常时，就有可能因为保护不够灵敏而使 IGBT 失效。所以保护时间的设计是使用 PC929 的重要考量之一。

供电电源的质量对驱动电路和保护逻辑电路正常使用十分重要。如果在发生短路过流的情况下，开关电源出现不稳定，影响逻辑电路的供电，就会导致保护失败，不能封锁脉冲，进而容易损坏 IGBT。所以 C3 和 R11 形成一个 RC 电路，作用是滤波，保证 9 脚接收的电压信号稳定，防止因为毛刺发生误保护，进一步确保了 9 脚保护的高度可靠性。

结论:

本文从光耦 PC929 的基本特性和管脚定义出发，主要是结合光耦 PC929 在系统中的应用为例，大致介绍了其工作原理及相关特性，借此文希望对初学者有一定的帮助。