

● 综述

光电耦合器在电源技术中的应用

武汉大学电气工程学院 阳勇 熊会

Application of Photoelectric Coupler in Power Supply Techniques

Yang Yong Xiong Hui

摘要:针对现代电源技术中高电压、大电流应用领域普遍存在的电磁兼容性问题,对光耦合器在隔离驱动、电量反馈、线性隔离、电流传感微机通信以及 A/D 隔离转换等方面的应用作了一个大致的概括和归纳,给出了多种高性能的光电耦合器的具体应用电路。

关键词:光电耦合器; 隔离驱动; 电量反馈; 线性隔离; 电流传感

分类号:TN151 文献标识码:B 文章编号:1006-697X(2002)05-0067-04

现代电源技术中往往都存在着高电压、大电流及由此而来的电磁兼容性(EMC)问题,如果不能妥善解决,将会对电源设备本身及外部工作环境造成严重的电磁干扰,从而影响电源本身以及电子设备工作的可靠性。因此,随着计算机技术的发展,由微机控制与管理的智能化电源已经成为现代电源技术发展的主要潮流之一,在电源的设计过程中,如果电源本身的 EMC 问题不解决,那么微机控制系统也极易受到干扰。基于这一点,电源工程师做了大量的工作,如屏蔽、接地、隔离等,其中光电隔离技术以其优良的抗干扰性能(光信号是不受电磁干扰的)而在电源技术中得到了广泛的应用。早期的光耦由于受

到工艺的限制而速度较低,从而使应用范围受到了一定的限制。随着高速光电耦合器甚至光电集成电路的出现,其应用范围已经跨越光电隔离而在电源技术的各个领域如线性隔离、电量反馈、电流传感、电量变换等方面都有成功的应用,从而给电源的设计带来极大的方便。

1 隔离驱动

传统的电力电子器件(如晶闸管、电力晶体管、MOSFET、IGBT 等)的驱动方法是采用脉冲变压器,但是脉冲变压器存在一定的漏感,这样使输出脉冲陡度受到限制,同时其绕组寄生电感和电容使脉冲



```

LCALL DIS_SET_COL
SETB DISP_LR
POP ACC
SJMP DIS_WRITE
DIS_SET_ADD_L:MOV DPTR, # ADD_WT_DATA_L
;在右屏写数据
SJMP DIS_WRITE
DIS_WRITE_DATA_LR:PUSH DPH
PUSH DPL
MOV PTR, # ADD_WT_DATA_LR
DIS_WRITE:
LCALL DIS_CHK_BUSY
MOVB @DPTR,A
POP DPL
POP DPH
RET

```

3 结束语

我国现阶段应用最广泛的仍是 INTEL 公司的 80 系列 8/16 位单片机,而由于 SMG12232A 内部具有适配 80 系列的操作时序电路,因此,对于单片机控制系统的开发来说,SMG12232A 可提供一个简单、方便、功能强大 LCD 的显示控制功能。

参考文献

1. 郭强等.液晶显示器件应用技术.北京:邮电学院出版社,1993.6
2. 长沙太阳人电子有限公司编. SMG12232A LCM 使用说明书

收稿日期:2001-09-25

咨询编号:020524

前后沿出现振荡,对功率管不利。另外脉冲变压器在传输宽脉冲时容易出现铁心饱和,其共模抑制比较低,而采用数字光电耦合器则不存在这些问题。高性能的数字光耦原副边采用法拉第屏蔽进行去耦,因此,抗共模干扰能力极强,可以有效地抑制来自功率电路的干扰信号。其次,光耦的隔离电压很高,因此,数字光耦能直接驱动 IGBT 和 MOSFET 等电压控制器件,从而极大地简化了以往繁琐的驱动电路,提高了电源的可靠性。同时采用光耦作为驱动元件来代替专用的驱动集成电路还可以在保证实现同等功能的条件下有效地降低成本。实际上,用于这方面的光耦比较多,如高速的 6N135, 6N136, HCPL3120, HCPL2601, TLP250 等。其中 HCPL3120 是安捷伦公司推出的专用于 MOSFET 或 IGBT 驱动的高速数字光电耦合器,它的典型供电电压为 15V,最大供电电压为 30V,最大延迟时间为 $0.5\mu s$ 。能提供高达 $V_{cm} = 1500V$ 、变化速率为 $15,000V/\mu s$ 的共模抑制比 (CMTR),其瞬态隔离电压可达 5000V 均方根/min,并可提供峰值为 2A 的驱动电流,因而只须附加少量的外围元件就可组成高性能的驱动电路。

图 1 所示是由安捷伦公司的 HCPL3120 来驱动全桥逆变器的实际电路,其中, C_1 为旁路电容, C_2 为储能电容,它们可用于维持驱动电压的稳定。限幅二极管可将驱动电压幅值钳位在安全电压之内。对于图 1 所示的全桥逆变器,在开关管工作期间内,其快速的开关将使其在栅极驱动电路的输入与输出基准之间产生很大的电压摆动,从而出现大量的共模噪声。如不加以隔离,将对灵敏的数据采集与处理电路产生严重的电磁干扰,而 HCPL3120 具有较强的隔离度和很高的抗共模干扰能力,因此利用图 1 电路会有效抑制这种干扰。

2 电量反馈

反馈理论表明,要维持一个物理量的稳定,必须

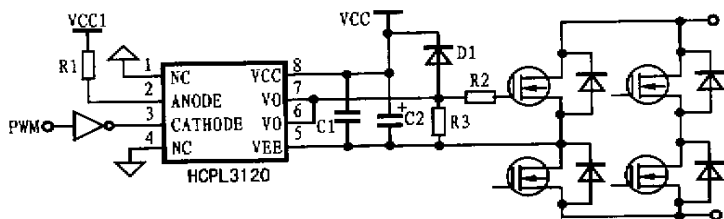


图 1 采用 HCPL3120 的隔离驱动电路

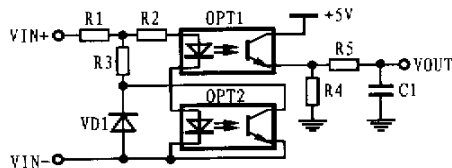


图 2 线性反馈电路

将这个物理量反馈至输入端,与给定值相比较而得到一个偏差量,该偏差量被处理后(比例、积分、微分环节)作为控制量来控制输出。在电源技术中,可利用这个控制量去调节功率管驱动波形的占空比(PWM 型)或控制角(移相型),从而实现稳压或稳流输出。由于功率与控制部分应该在电源中进行电气隔离,因此,在输出量幅值变化不大时,只需采用单光耦即可,这一点在小型开关电源反馈取样电路中具有广泛的应用,但当输出量变化很大时,由于光耦内部光电三极管的非线性特性,普通单光耦便不合适了,较理想的方法是采用线性光耦反馈。图 2 所示是一个利用两个普通单光耦代替线性光耦来改善非线性失真特性的应用电路,实验证明,该电路可以取得较好的线性效果。

要保证图 2 所示电路的线性特性,关键是要保证光耦 OPT1 和 OPT2 的一致性,因此最好选用将 OPT1 和 OPT2 集成在一个芯片内的光耦器件,如 TLP521—2 等,另外,可在这个电路的前级及后级附加运放,并利用运放来加强负反馈的作用以稳定放大倍数,进一步减小非线性失真。这样,可以取得相当好的效果,但必须注意合理选择电阻及电容的参数以防止运放发生自激。

3 线性隔离

智能化电源本身就是一个自动控制系统,而要实现自动控制的关键依据就是实时数据采集与状态识别。此外为了了解电源的运行情况,也需要实时地监测各种参数,因此在电源系统中,电量的采集是非常重要的,如 UPS 中电池充放电电压、电流测量、市电幅值检测、直流总线电压测量、通信用直流不间断电源系统电压测量、输入输出电流测量等。但这些测量最终都可以将其转化为直流电压的测量(通过电阻取样及整流环节)。在不需隔离的情况下,直流电压的测量是较容易的,只要采用比较简单的电阻分压

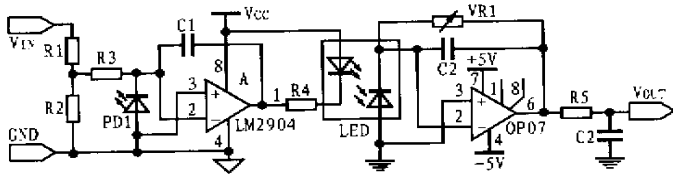


图3 高压直流电压线性隔离电路

取样网络将其降为满足测量要求的电压(0~5V)即可,但是大部分情况下,需考虑电气隔离和测量的精度,采用高精度线性光电耦合器(如TIL300A或HC-NR200/201等)即可以取得很好的效果。图3是一个用HCNR200/201测量电压的实际电路。实际上它起的是一个直流变压器的作用。图3中,原边运放采用的是单电源供电的LM2904,副边运放采用精密运放OP07。

在测量高压直流时,应先采用电阻分压降压,以得到一个未经隔离的低压直流信号,然后经过线性光耦隔离将其变换成与之成正比的直流电压送入A/D转换测量。由线性光耦的传输特性及运放的原理解得出输出与输入电压的关系:

$$V_{OUT}/V_{IN} = (K_3 \times VR_1/R_3)[R_2/(R_1 + R_2)]$$

式中, K_3 表示光耦传输电流增益,其值为正向电流增益与伺服电流增益的比 K_2/K_1 ; 而正向电流增益 K_1 则是光耦输出光电流与输入LED电流之比,伺服电流增益 K_2 则是光耦反馈光二极管电流与输入LED的电流之比。

通过调节精密电位器 VR_1 的阻值就可以方便的调节线性变换器的增益,从而得到满足测量要求的直流信号。

在隔离测量小电压信号の場合(mv级),如仍采用HCNR200/201进行线性隔离,则其前级必须附加测量放大器进行小信号放大,这样将使电路变得复杂,另外抗共模干扰等一系列问题也很难得到保证,因此,推荐采用HCPL7840高精度集成线性隔离放

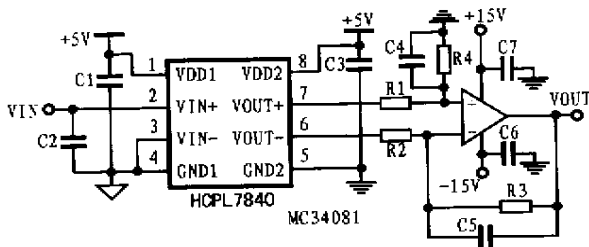


图4 小信号隔离放大电路

大器。由于它同时兼有线性隔离与放大的功能,且有极强的抗干扰能力及优越的隔离性能,因此能有效地抑制共模干扰。在对差分输入为0~100mV的直流电压信号进行线性放大时,其非线性失真只有0.05%,CMTR可达96dB,典型放大倍数为8。图4所示是其小信号隔离放大

电路的连接图。

在图4中,HCPL的1脚和8脚分别接两组不同的+5V电源,这两组+5V电源必须是独立的。由于高精度隔离放大器的增益会受到限制,HCPL7840的最大输出电压只有3V左右,因此后级采用MC34081(或TL072)运放进行信号调理与差动放大,以得到满足微机测量要求的0~5V或(0~10V)电压输出。

4 微机通信(I/V, V/I)

采用光电耦合器可以比较方便地实现从电压到电流或从电流到电压的精密线性变换。在直流不间断电源系统中,当前广泛采用分布式供电来代替集中供电以实现通信电源的集中监控与无人或少人值守。而完成这一整套任务的关键是采用所谓的“三遥”(遥测,遥信,遥控)技术,而三遥是通过上级监控系统与下级监控模块的实时通信实现的,目前广泛采用RS232、RS485及20mA电流环三种接口标准,其中20mA电流环是串行通信广泛使用的一种非标准接口电路。它由发送正和负、接收正和负组成了一个输入电流环路和一个输出电流环路。当发送数据时,根据数据的逻辑1和0来使回路有规律形成通断状态。这种方式的优点是低阻传输线对电气噪声不敏感,且易实现光电隔离,因此在长距离通信时(小于2000m)要比RS232优越的多,非常适用于通信局(站)与直流监控模块以及通信局(站)大楼内的通信。采用HCNR200/201线性光耦组成的20mA电流环接口电路如图5所示。其中图5(a)为接收电路,图5(b)为发送电路 $I_{PD1} = V_{IN}/R_{10}$ 。

5 电流传感(短路保护及过载检测)

短路保护及过载检测是电源的一项最重要的保护功能,它对电源的可靠运行及在紧急情况下电源的安全起着非常重要的作用。它是通过对电流的快速传感检测来实现的,其经典方法是采用霍尔电流传感器来进行,因为这种方法具有反应速度快和精

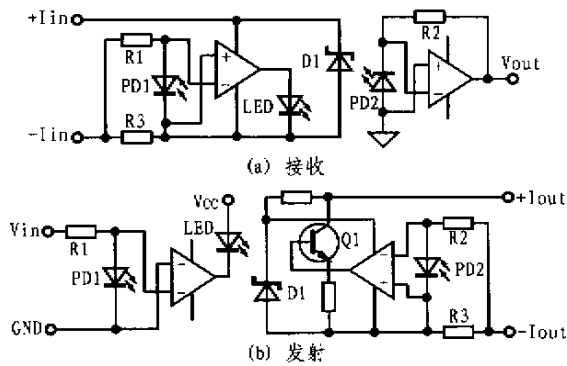


图5 HCNR200组成的20mA电流环通信电路图密度很好的特点。但在小功率的电源设备中,采用霍耳传感器的成本昂贵,而采用高性能的光电耦合集成器件则可大大降低成本,而且应用简便,性能超群,HCPL788J是这方面的典型代表。

HCPL788J有一个绝对值电压输出端 ABSVAL,可用于电源的过流或过载保护,当过流时,ABSVAL的幅值增大,从而在与电压比较器的参考电压比较后可得到一个高电平信号,该信号被微控制器所接收后即可作相应的过流保护。值得一提的是:HCPL788J可以将短路保护与过流保护分开,好处是在负载出现瞬时过流时不会将 FAULT 拉低,这样电源就不会关机保护而是执行降压限流操作,从而提高某些重要负载的供电可靠性。

对于三相逆变电源,三相UPS及三相电机的过流及短路保护,HCPL788J是非常有效的,因为它的 FAULT 及 ABSVAL 输出端均可以实现“线与”功能,这意味着用三片 HCPL788J 来分别检测三相电流时可将 FAULT 及 ABSVAL 输出端“线与”。这样只要任意一相发生短路或过流,FAULT 和 ABSVAL 都将输出有效信号去触发保护。

图6是HCPL788J组成的短路和过流保护电路,使用时最好在各个输出信号端加上一个470pF旁路电容以消除尖峰干扰的影响。

6 光电隔离型 A/D 转换

隔离型 A/D 转换器在需要电气隔离的测量系统中具有广泛应用,由于其本身带有隔离环节,因此可靠性高,抗干扰能力强。HCPL7860, HCPL7870 的组合是典型的隔离型可编程 A/D 转换器,其中 HCPL7860 为隔离调制器部分,HCPL7870 为数字接口部分。工作时,

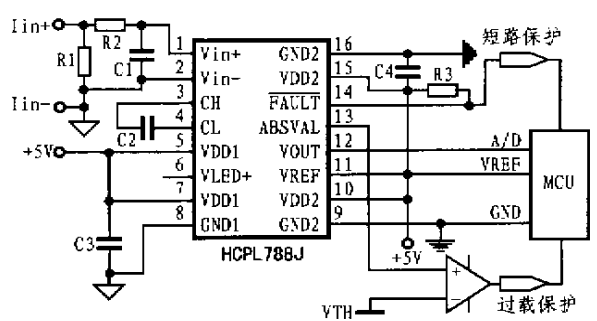


图6 HCPL788J在电源过流及短路保护中的应用电路 HCPL7860 将输入的模拟电压信号通过 $\Sigma-\Delta$ 式 A/D 转换器转化为一位高速串行数据流,该高速数据流在采样时钟的控制下被量化及编码后传输至副边,再在副边被解调恢复,最后输入分离的高速时钟和数据通道再由 HCPL7870 进行下一步处理。

HCPL7870 将输入的串行数据流转化为 15 位的字节输出,它支持 SPI, QSPI 及 MICROWIRE 三种接口协议,可与微控制器直接连接。另外,HCPL7870 还支持多路复用,因此可同时输入两路数字信号进行处理,HCPL7860, HCPL7870 组成的可编程 A/D 转换器具有 12 位的线性度,转换时间为 700ns,可提供 5 种转换模式,最大输入电压范围为 $\pm 200mV$,因此它也是一款适用于小信号线性隔离放大的光电集成电路,不过它能直接将模拟量转化为数字量输出,从而避免了某些场合下所需要附加的 A/D 转换器,这在没有集成 A/D 转换器的微机测试系统中非常有用,在电源技术中,它的最重要的应用是用于电流的精密测量,适当的选择取样电阻即可精密测量 1~100A 范围内的电流。图7是 HCPL7860 和 HCPL7870 组成的可编程 A/D 转换器的典型应用电路,将 SCLK, SDAT, CS 与微处理直接接口,然后通过读 SDAT 口的输出数据即可测得系统电流。

收稿日期:2001-10-25

咨询编号:020525

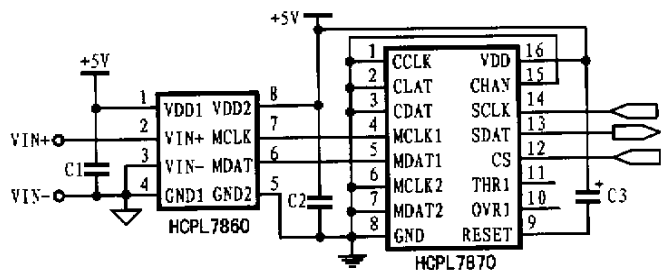


图7 HCPL7860/HCPL7870 的应用电路图