



LIMA

劉 成
Sales Engineer
S.Z. Mobile: 136-8239-6505
MSN: szlima@hotmail.com
QQ: 778174600

AVAGO 光耦一级代理商
TECHNOLOGIES

利瑪電子(新加坡)有限公司
Add: 深圳市華強北電子科技大廈A座3908室
Tel: 0755-8250 8350 Fax: 0755-8836 4656
E-mail: lima@limaic.com
Website: www.limaic.com

Optocoupler
World



IGBT 驱动电路

IGBT Drive Circuit

北京交通大学电气工程学院 彭智刚 金新民 童亦斌 梁京哲 战亮宇

摘要: 本文在分析了 IGBT 驱动条件的基础上介绍了几种常见的 IGBT 驱动电路, 设计了一种基于光耦 HCPL-316J 的 IGBT 驱动电路。实验证明该电路具有良好的驱动及保护能力。

关键词: 驱动电路; IGBT 保护; HCPL-316J

引言

绝缘门极双极型晶体管(Isolated Gate Bipolar Transistor简称IGBT)是复合了功率场效应管和电力晶体管的优点而产生的一种新型复合器件, 具有输入阻抗高、工作速度快、热稳定性好驱动电路简单、通态电压低、耐压高和承受电流大等优点, 因此现今应用相当广泛。但是 IGBT 良好特性的发挥往往因其栅极驱动电路设计上的不合理, 制约着 IGBT 的推广及应用。因此本文分析了 IGBT 对其栅极驱动电路的要求, 设计一种可靠、稳定的 IGBT 驱动电路。

IGBT 驱动电路特性及可靠性分析

门极驱动条件

IGBT 的门极驱动条件密切地关系到他的静态和动态特性。门极电路的正偏压 u_{GS} 、负偏压 $-u_{GS}$ 和门极电阻 R_g 的大小, 对 IGBT 的通态电压、开关、开关损耗、承受短路能力及 du/dt 电流等参数有不同程度的影响。其中门极正电压 u_{GS} 的变化对 IGBT 的开通特性, 负载短路能力和 du_{GS}/dt 电流有较大的影响, 而门极负偏压对关断特性的影响较大。同时, 门极电路设计中也必须注意开通特性, 负载短路能力和由 du_{GS}/dt 电流引起的误触发等问题。

以保证门及控制电压 u_{GS} 有足够陡峭的前、后沿, 使 IGBT 的开关损耗尽量小。另外, IGBT 开通后, 门极驱动源应提供足够的功率, 使 IGBT 不至退出饱和而损坏。

(3) 门极电路中的正偏压应为 $+12 \sim +15V$, 负偏压应为 $-2V \sim -10V$ 。

(4) IGBT 驱动电路中的电阻 R_g 对工作性能有较大的影响, R_g 较大, 有利于抑制 IGBT 的电流上升率及电压上升率, 但会增加 IGBT 的开关时间和开关损耗; R_g 较小, 会引起电流上升率增大, 使 IGBT 误导通或损坏。 R_g 的具体数据与驱动电路的结构及 IGBT 的容量有关, 一般在几欧~几十欧, 小容量的 IGBT 其 R_g 值较大。

(5) 驱动电路应具有较强的抗干扰能力及对 IGBT 的自保护功能。IGBT 的控制、驱动及保护电路等应与其高速开关特性相匹配, 另外, 在未采取适当的防静电措施情况下, IGBT 的 G~E 极之间不能为开路。

驱动电路分类

驱动电路分为: 分立插脚式元件的驱动电路; 光耦驱动电路; 厚膜驱动电路; 专用集成块驱动电路。本文设计的电路采用的是光耦驱动电路。

IGBT 驱动电路分析

随着微处理技术的发展(包括处理器、系统结构和存储器件), 数字信号处理器以其优越的性能在交流调速、运动控制领域得到了广泛的应用。一般数字信号处理器构成的控制系统, IGBT 驱动信号由处理器集成的 PWM 模块产生的。而 PWM 接口驱动能力及其与 IGBT 的接口电路的设计直接影响到系统工作的可靠性。因此本文采用 Agilent 公司的 HCPL-316J 门极驱动光耦合器结合 DSP TMS320F2812 设计出

了一种可靠的 IGBT 驱动方案。

HCPL-316J 特性

HCPL-316J 是由 Agilent 公司生产的一种 IGBT 门极驱动光耦合器,其内部集成集电极发射极电压欠饱和检测电路及故障状态反馈电路,为驱动电路的可靠工作提供了保障。其特性为:兼容 CMOS/TTL 电平;光隔离,故障状态反馈;开关时间最大 500ns,“软” IGBT 关断;欠饱和检测及欠压锁定保护;过流保护功能;宽工作电压范围(15~30V);用户可配置自动复位、自动关闭。DSP 与该耦合器结合实现 IGBT 的驱动,使得 IGBT V_{CE} 欠饱和检测结构紧凑,低成本且易于实现,同时满足了宽范围的安全与调节需要。

HCPL-316J 保护功能的实现

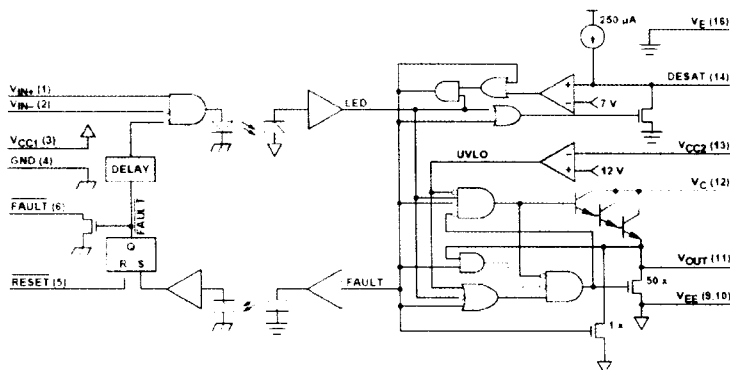
HCPL-316J 内置丰富的 IGBT 检测及保护功能,使驱动电路设计起来更加方便,安全可靠。其中下面详述欠压锁定保护(UVLO)和过流保护两种保护功能的工作原理:

(1) IGBT 欠压锁定保护(UVLO)功能

在刚刚上电的过程中,芯片供电电压由 0V 逐渐上升到最大值。如果此时芯片有输出会造成 IGBT 门极电压过低,那么它会工作在线性放大区。HCPL316J 芯片的欠压锁定保护的功能(UVLO)可以解决此问题。当 V_{CC} 与 V_E 之间的电压值小于 12V 时,输出低电平,以防止 IGBT 工作在线性工作区造成发热过多进而烧毁。示意图详见图 1 中含 UVLO 部分。

(2) IGBT 过流保护功能

HCPL-316J 具有对 IGBT 的过流保护功能,它通过检测 IGBT 的导通压降来实施保护动作。同样从图上可以看出,在其内部有固定的 7V 电平,在检测电路工作时,它将检测到的 IGBT C~E 极两端的压降与内置的 7V 电平比较,当超过 7V 时,HCPL-316J 芯片输出低电平关断 IGBT,同时,一个错误检测信号通过片内光耦反馈给输入侧,以便于采取相应的解决措施。在 IGBT 关断时,其 C~E 极两端的电压必定是超过 7V 的,但此时,过流检测电路失效,HCPL-316J 芯片不会报故障信号。实际上,由于二极



管的管压降,在 IGBT 的 C~E 极间电压不到 7V 时芯片就采取保护动作。

▲ 图 1 HCPL-316J
内部原理图

驱动电路方案设计

驱动电路的主要逻辑部件是芯片 HCPL-316J。它控制 IGBT 管的导通、关断并且保护 IGBT。它的输出功能可以简略的用下面的逻辑功能表来描述。(详见表 1)

表格中最后一列为输出。当输出为 High 时 IGBT 导通,否则 IGBT 关断。IGBT 导通需要同时具备最后一行的五个条件,缺一不可,即同相输入为高;反相输入为低;欠压保护功能无效;未检测到 IGBT 故障,无故障反馈信号或故障反馈信号已被清除。

根据上述输出控制功能,设计电路如图 2。

整个电路板的作用相当于一个光耦隔离放大电路。它的核心部分是芯片 HCPL-316J,其中由控制器(DSP-TMS320F2812)产生 XPWM1 及 XCLEAR* 信号输出给 HCPL-316J,同时 HCPL-316J 产生的 IGBT 故障信号 FAULT* 给控制器。同时在芯片的输出端接了由 NPN 和 PNP 组成的推挽式输出电路,目的是为了提高输出电流能力,匹配 IGBT 驱动要求。

当 HCPL-316J 输出端 VOUT 输出为高电平时,推挽电路上管(T1)导通,下管(T2)截止,三端稳压块 LM7915 输出端加在 IGBT 门极(VG1)上,IGBT V_{CE} 为 15V,IGBT 导通。当 HCPL-

V_{IN+}	V_{IN-}	UVLO ($V_{CC} - V_E$)	Desat Condition Detected on Pin 14	Pin 6 (FAULT) Output	V_{OUT}
X	X	Active	No	X	Low
X	X	X	Yes	Low	Low
Low	X	X	X	X	Low
X	High	X	X	X	Low
High	Low	Not Active	No	High	High

130 ➡

◀ 表 1 HCPL-316J 逻辑功能表

套管类型	1.25mm	1.25mm	1.25mm	1.6mm	2.5mm
光纤类型	SMF-28	SMF-28	62/125	SMF-28	SMF-28
IL(dB典型值)	0.14	0.09	0.25	0.6	0.25
RL(dB典型值)	55	56	42	50	50
密度(只/英寸 ²)	50	50	50	30	22

▲ 表2 1.25 mm套管方案的典型光学性能

► 图5 现场试验、清洁和检验装备



的人力和财力,研究出了许多现场试验、清洁和检验装备,如光功率检测设备、端面检查设备、端面清洁设备、现场抛光设备等等(见图5)。光学元件在航空应用时,可以使用这些现有设备,对光学元件进行清洁、维护、检测,使其关键性能达到航空航天应用的要求。这一点已

通过一些公司的实践经验得到证明,如在波音777中,光学数据LAN已经使用超过10年,且使用频繁,但没有在互连点出现失效的情况。

结语

光学互连系统具有以下特点:(1)数据传输效率高;(2)减少了铜缆和防护层,系统重量轻;(3)光纤本身固有的对电磁波频谱的不敏感性,减小了EMI的影响,而且严酷环境下的性能稳定、现场维护、检查修理等问题也已被通信行业的工程师们解决。这些特点决定了现有光学互连技术在航空航天等领域的应用将继续增加。同时,航空航天领域的应用需求也势必为光学互连技术提出新的挑战与发展机遇。

参考文献

1. Jay Betker, Cots Fiber Optic Interconnect Technology Deployment in Aerospace Environment.
2. 续川军, 吴世湘, 军事/航天应用: 加速推动光纤连接器的发展, 电子产品世界, 2006.05
3. GJB5021-2003, 柔软和半硬电缆用高可靠射频连接器通用规范, 总装备部军标出版发行部

123

316J 输出端 VOUT 输出为低电平时, 上管(T1)截止, 下管(T1)导通, V_{CE} 为 -9V, IGBT 关断。以上就是 IGBT 的开通关断过程。

结语

IGBT 对驱动电路有一些特殊要求, 驱动电路性能的优劣是其可靠工作、正常运行的关键所在, 高性能驱动电路的开发和设计是其应

用的难点。本文详细分析了 IGBT 栅极驱动电路的特性, 设计了一个采用 HCPL-316J 门极驱动光耦合器为核心的 IGBT 驱动电路。实际中应用于驱动 Eupec 公司 200A/600V 的低损耗 IGBT 模块, 取得了很好的效果。

参考文献

1. 刘志刚, 叶斌, 梁晖, 电力电子学, 北京: 清华大学出版社, 北京交通大学出版社 2004
2. 王兆安, 黄俊, 电力电子技术, 北京: 机械工业出版社 2000
3. 王建渊, 钟彦儒, 张晓滨, 基于数字信号处理器的 IGBT 驱动电路可靠性分析与设计, 电源技术应用 2004
4. 郭红霞, 杨金明, IGBT 的发展, 电源世界, 2006
5. 刘星平, 李炎斌, IGBT 驱动电路的研究, 电气开关, 2002

▼ 图2 IGBT 驱动电路

