

■ 高科实用电力电子技术丛书

MOSFET、IGBT驱动 集成电路及应用

李宏 编著



科学出版社

高科实用电力电子技术丛书

MOSFET、IGBT 驱动 集成电路及应用

李 宏 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书在简析电力 MOSFET 和 IGBT 的基本工作原理、内部结构、主要参数及其对驱动电路的要求的基础上,介绍电力 MOSFET 及 IGBT 的 80 多种集成驱动电路的基本特性和主要参数,重点讨论 50 多种电力 MOSFET 及 IGBT 栅极驱动电路的引脚排列、内部结构、工作原理、主要技术参数和应用技术。书中不但给出多种以这些驱动器集成电路为核心单元的典型电力电子变流系统专用驱动控制板的应用实例,而且对这些具体实例的电路工作原理、正常工作波形、技术参数和应用技术进行较为细致的讨论。这些实例均为作者研制,且已批量投入工程实际应用,极具实用性和代表性。

本书是从从事主功率器件为电力 MOSFET 和 IGBT 的电力电子变流设备及特种电源的设计、调试、安装和制造及研究开发的工程技术人员不可多得的实用参考书,亦适合高等院校电力电子及相关专业的广大师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

MOSFET、IGBT 驱动集成电路及应用/李宏编著. —北京:科学出版社, 2012

(高科实用电力电子技术丛书)

ISBN 978-7-03-035380-1

I. M… II. 李… III. 集成电路 IV. TN4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 197020 号

责任编辑:孙力维 杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面制作:赵志远

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市四季青双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 1 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2013 年 1 月第一次印刷 印张: 26 1/2 插页 3

印数: 1—4 000 字数: 510 000

定 价: 49.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

电力电子技术是电工技术的重要分支,是当今世界各发达国家竞争的一个高技术领域。由于采用电力电子技术可以达到广泛的节能效果,实现生存环境及电网的绿色化,所以在人类日益面临能源危机、环境危机和人口危机等多重危机的时代,电力电子技术已经变得越来越重要,越来越受到各国政府的重视,与人们的日常生活越来越密不可分。

电力电子技术的组成可分为三大部分,即电力电子器件(由于至今已批量使用的电力电子器件几乎都用半导体材料制成,所以这类器件在行业内又称为电力半导体器件)、电力电子变换技术(Power Conversion)和为实现电力电子变换所涉及的控制技术。其中,电力电子变换包括对电能的三大要素(频率、电压、电流)进行量值与类型的变换和对交流电相数的变换。这三者中,电力电子器件是基础,控制技术是手段,而实现电力电子变换(又称功率的变换)是目的。若用一个人来表示电力电子技术的话,可以把电力电子器件看做人的健康身体,控制技术是人的大脑和四肢,电力电子变换技术则是具有健康身体的人在指挥下完成各种工作取得的良好效果。

1955年美国通用电气公司(General Electric Company)发明人类第一只电力整流二极管,标志着电力电子技术的诞生,1970年地球上有了电力电子技术的 Newell 定义,经过几十年的发展,我们已经拥有 40 多种电力电子器件可供从事电力电子变流设备设计、制造及维护的工程师根据用途、容量及性价比进行选用。各种电力电子器件的应用已经深入到工业、农业、交通运输、国防和社会生活的各个方面,其典型的应用领域包括电化学、直流牵引、直传动、交流传动、电机励磁、电火花加工、电镀、电冶、电磁合闸、充电、中频及高频感应加热、交流及直流不间断电源、开关电源、稳压电源、电力电子开关、高压静电除尘、直流输电、无功补偿、风力发电、环境保护、家用电器、储能电站、航空器控制、感应电能传输、空间探测、遥测遥感、交通运输、火灾预防、医疗卫生、防盗报警等。在人类已有的可供选用的近 50 种电力电子器件中,电力场效应晶体管 MOSFET 的可使用开关频率最高,而需要的驱动功率最小。电力 MOSFET 并联使用的自均流特性、开关频率甚高等优良性能,使其成为开关电源等应用场合的主要器件,但由于受限于工艺技术和材料基础,电力 MOSFET 很难制造出同时具有高电压、大电流特性的器件,为解决应用需求与电力 MOSFET 本身功率容量相矛盾的问题,同时避免电力晶体管 GTR 所需驱动电流大的问题,在 20 世纪 80 年代中后期,人类发明了驱动输入级为 MOSFET 而输出级为电力晶体管 GTR 的双

机理复合器件 IGBT, 至今其单只器件可控制功率(额定电压乘以额定电流)已达兆瓦数量级。电力 MOSFET 与 IGBT 应用的两个最关键的技术问题是驱动问题和保护问题。IGBT 与电力 MOSFET 是人类如今不断投入工业各部门广泛使用的电力电子器件, 有着大量、广泛的应用, 其中驱动技术与驱动电路的成熟性和性能是决定被驱动电力 MOSFET 或 IGBT 能否长期工作的根本。驱动电路性能不好, 常常造成被驱动电力 MOSFET 和 IGBT 的损坏或缩短 MOSFET 和 IGBT 的寿命。我国电力电子行业电力 MOSFET 及 IGBT 器件主要依靠进口, 因发达国家技术垄断、售价不低, 造成器件本身成本很高, 所以驱动及保护技术的研究显得更为重要。

尽管我国电力 MOSFET 和 IGBT 器件工艺和驱动技术与技术发达的国家(如日本、德国、英国、瑞士、美国等)相比有很大的差距, 但据不完全统计, 我国从事主功率器件 IGBT 和电力 MOSFET 制造以及应用它们研制电力电子变流设备的企事业单位也有近千家, 以电力 MOSFET 和 IGBT 为主功率器件的电力电子变流设备用户几乎遍布全国各工业及民用企事业单位。我国以电力 MOSFET 及 IGBT 为主功率器件的电力电子变流设备的研制开发与生产水平及全民的掌握程度相对发达国家还很低, 许多技术人员在电力电子变流设备调试和维修中不能很快查出设备运行不正常的原因, 而且国内至今这方面的系统参考书还很少。为了给国内的电力电子变流设备设计、调试和维护人员提供一实用的有价值的参考资料, 我们将多年从事电力电子变流设备研究、设计、调试和维修的经验加以总结, 写下这本 MOSFET 和 IGBT 驱动电路及应用技术的通俗读物, 以期给从事这一行业的下列人员:

- 电力 MOSFET 和 IGBT 驱动器的研究设计人员;
- 以 MOSFET 和 IGBT 为主功率器件的电力电子变流设备设计、制造企业的设计人员及现场调试人员;
- 以 MOSFET 和 IGBT 为主功率器件的电力电子变流设备使用单位从事设备运行管理、维护的人员;
- 上述三种单位的操作及装配人员;
- 高等院校的教师、研究生、本科生以及中等专业学校的师生;
- 各种职业培训学校的教师及学员。

提供实用的有价值的参考资料, 希望能为他们的工作带来一点方便。

1983 年, 我从西安交通大学毕业后, 到西安电力电子技术研究所(原西安整流器研究所)工作, 从此与电力电子技术结下不解之缘。在该所工作的 10 年中, 我有幸参与国家“六五”、“七五”攻关课题, 主要从事电力电子器件的可靠性和电力电子变流设备的研究和开发工作, 这些经历锻炼了我的工程设计能力, 使我终生受益。1992 年, 我调入西安石油大学工作, 这是我人生的又一转折, 在这里, 我把所学的知识及工程经验与工作实际相结合, 总结提高, 一直从事着电力电子变流设备的开发与设计工作。陕西高科电力电子有限责任公司为我的研究和工作的提供了一个良好的平台, 保证了我的课题组及研究生得到很好的试验条件和经费支持, 延续了我的电力电子技术情缘。

大学毕业至今近 30 年来,我从事过变频器、开关电源、感应加热用中频电源、交流调压、交流调功、电化学、环境保护、有色冶金、热工试验、聚变科学等行业使用的电力电子变流设备的科研及设计、调试工作,亲自设计或主持设计的电力电子变流设备种类达几十个品种,已投入国内有色冶金、化工、钢铁、煤矿、核工业、国防、航天、航空等行业使用的总计有 1000 多台(套)。其中不乏有用于核聚变研究的中国环流二号(HL-2A)16 套磁场电源系统,有亚洲唯一的运行于 4700m 高海拔地区的 30kA 大电流整流系统,有用于某国防重点试验项目的国内首套 75kW 高精度(0.5%)无刷直流电动机调速系统,用于某国防重点试验项目中的 8 相位电源,以及用于核工业某国防重点实验室的 15MW 热工试验电源……亦曾有幸主持了近 40 种电力电子变流设备控制板的研制及改进定型工作,这些控制板累计在国内使用 30 000 多块。更为有幸的是我受命主编或参编的电力电子技术方面的实用技术资料有 20 多种,其中已公开出版 15 种。不可否认的是,因电力电子器件种类繁多,应用各种电力电子器件研制的电力电子变流设备更是多种多样,内部结构千差万别,使用领域差别甚大,功率容量有大有小,驱动技术各有需求,要逐个归纳总结并全面而系统地介绍各种电力电子器件的驱动技术是十分困难的,也是我的学识及能力无法实现的。如何根据众多的电力电子器件的不同需求及驱动技术提炼总结,写出可以解决读者工作中遇到的问题的实用资料,是编写本书的真正困难所在。考虑到在国民经济各部门使用量的大小,本书以国内工农业生产中使用量大、应用面广的电力电子器件 MOSFET 和 IGBT 的驱动集成电路及应用技术为主线,而不追求面面俱到,对近几年新出现的电力电子器件或在国民经济中使用量较小的电力电子器件及正处于研发阶段的电力电子器件的驱动问题没有涉猎,热切希望读者能理解我的这一良苦用心!

MOSFET 的基本特性和工作原理、主要技术参数和对驱动电路的要求,是其驱动技术的基本问题,在各种以电力 MOSFET 为主功率器件的电力电子变流设备的研制及调试与维修中都会遇到,具有普遍性,所以作为一部分重要的内容在本书的第 1 章进行较全面的讨论。

电力 MOSFET 至今仍为使用频率最高的电力电子器件,其应用的关键问题是栅极驱动电路的设计,第 2 章给出 52 种电力 MOSFET 栅极驱动电路的基本特性和主要参数,详细介绍 30 种电力 MOSFET 栅极驱动电路引脚的排列、内部结构、参数限制和应用技术。

作为应用实例,第 3 章详细介绍陕西高科电力电子有限责任公司开发的 MTC3X 系列电力场效应晶体管栅极驱动板的内部结构、工作原理、主要设计特性、电参数限制、应用技术及典型应用实例。

IGBT 的功率容量在电力电子家族中居于第四,它已向晶闸管及 GTO 提出挑战,第 4 章介绍绝缘栅控双极型晶体管(IGBT)的基本特性、性能参数、特性曲线及对栅极驱动电路的要求。

IGBT 应用的关键问题是栅极驱动电路的设计,第 5 章给出 32 种电力 IGBT

栅极驱动电路的基本特性和主要参数,详细介绍 27 种 IGBT 栅极驱动电路引脚排列、内部结构、参数限制和应用技术。

为了使读者掌握 IGBT 对驱动的要求及已讨论的多种驱动集成电路的应用技术,第 5 章专门给出陕西高科电力电子有限责任公司应用前述驱动电路研制的、经众多用户使用证明性能可靠的 8 种 IGBT 栅极驱动电路的实用控制板的电路原理、外形尺寸、技术参数、正确接线、应用技术和典型应用举例。

为便于读者直接选用,本书的附录简介国内研制并已批量使用的电力电子变流设备控制板和电力电子变流设备的主要性能和参数。

在本书编写过程中,陕西高科电力电子有限责任公司提供了许多十分珍贵的参考资料和难得的实例资料,该公司的工程技术人员根据多年的工作总结和 1000 多台(套)电力电子变流设备设计、制造、调试与可靠运行的经验及教训,提供了许多经过实际运行考验及在多台电力电子变流设备中使用证明鲁棒性及可靠性都很好的可直接应用的原理插图及电路参数。同时,在编写过程中,参考和使用了书末参考文献中所列作者的研究和试验成果,引用了本人独立编著的由机械工业出版社出版的《电力电子变流设备用器件及集成电路应用指南》第一分册——《电力半导体器件及驱动集成电路》中的部分章节,科学出版社的刘红梅女士对本书出版做了许多辛勤的工作,陕西高科电力电子有限责任公司的祝海燕同志参与了书中大量的文稿整理和绘图工作,陕西高科电力电子有限责任公司的张瑞平、赵正富、马晓平对本书的许多电路进行了实用检验,提出了许多有益的建议,我的历届研究生冯广义、杭发琴、邢隆、赵栋、李岩、王昆、范柳絮、徐婷、江林、郝浩、岳清涛、董瑾、张仰维、杨宏亮、赵家贝、唐媛芬、陈少东、周大磊、许亚飞、张伊凡参与了部分电路的研究与实验及画图工作,在此一并感谢!在本书出版之际,我还应感谢我贤惠的妻子梁萍的支持,多年来她无私地支持我的研究及开发工作,在生活等方面提供了很多帮助,对本书的出版做了间接的、有益的工作。

本书作为“高科实用电力电子技术丛书”的第 4 本,由我本人选题并参予撰写和统稿,美国国际整流器公司(International Rectifier Company)西安研发与技术服务中心的李明高工提供了许多原文资料,我的研究生唐媛芬与杨宏亮分别与我共同编写了第 2.1~2.7 节与第 2.8~2.18 节;我的研究生张仰维与我共同编写了第 4 章;我的研究生赵家贝与我共同编写了第 6 章;其余章节由西安石油大学电子工程学院武晓曦副教授与我共同编写。受参考资料所限,加之编写时间仓促,更受限于自身的学术修养及技术水平,书中定有不少错误与纰漏之处,恳请本书的读者及国内电力电子行业的专家们斧正,并提出宝贵的意见,望阅读本书的专家学者及同仁们不吝赐教!指正意见与建议请寄往西安市电子二路 18 号西安石油大学自动化系,李宏收,邮编 710065。亦可电子邮件 lihong@xsyu.edu.cn 直言相告,对书中介绍的应用 MOSFET 及 IGBT 驱动器集成电路为核心的电力电子变流设备控制板实例电路有新的改进方案或更好的建议亦可直接与陕西高科电力电子有限责任公司(网址:<http://www.sgk.com.cn>, E-mail:sgkdldz@163.com)技术部(电

话: 18802978897, 传 真: 029-86479180) 或 销 售 部 (电 话: 029-85236567,
18802978512, 传 真: 029-85213405) 联 系, 进 行 交 流 与 探 讨。



2012 年 4 月 于 西 安 石 油 大 学

目 录

第 1 章 电力场效应晶体管的基本特性及对驱动电路的要求

1.1	概 述	1
1.2	电力场效应晶体管的基本结构和工作原理	1
1.3	电力场效应晶体管的基本特性	5
1.4	电力 MOSFET 的主要技术参数	15
1.5	电力 MOSFET 对驱动电路的要求	21
1.6	高速 MOSFET 驱动器设计中应考虑的问题	30
1.6.1	高速开关过程对驱动电路的要求	30
1.6.2	MOSFET 开关过程的功率损耗	32
1.6.3	栅-源极有效电容的计算及驱动电流的确定	32
1.6.4	驱动电路方案的选择	33

第 2 章 电力场效应晶体管专用栅极驱动集成电路

2.1	概 述	35
2.2	IR2101 带有欠压封锁功能的半桥电力 MOSFET 驱动器	43
2.2.1	引脚排列、名称、功能和用法	43
2.2.2	内部结构和工作原理	44
2.2.3	主要设计特点、参数限制和推荐工作条件	44
2.2.4	应用技术	45
2.3	IR2110 具有两路输出的大电流桥臂电力 MOSFET 栅极驱动器	46
2.3.1	引脚排列、名称、功能和用法	47
2.3.2	内部结构和工作原理	48
2.3.3	主要设计特点、参数限制和推荐工作条件	50
2.3.4	应用技术	52
2.4	IR2117 单通道电力 MOSFET 栅极驱动器集成电路	61
2.4.1	引脚排列、名称、功能和用法	61
2.4.2	内部结构和工作原理	62
2.4.3	主要设计特点和极限参数	62
2.4.4	应用技术	63

2.5	IR2125 带电流限制的电力 MOSFET 栅极驱动器集成电路	64
2.5.1	引脚排列、名称、功能和用法	65
2.5.2	内部结构和工作原理	66
2.5.3	主要设计特点和参数限制	67
2.5.4	应用技术	68
2.6	IR2133/IR2135/IR2233/IR2235 三相全桥中六个 MOSFET 的栅极 驱动器集成电路	69
2.6.1	引脚排列、名称、功能和用法	69
2.6.2	内部结构和工作原理	72
2.6.3	主要设计特点和参数限制	73
2.6.4	应用技术	76
2.7	TPS2832/TPS2833 停滞时间控制同步降压 MOSFET 栅极驱动器 集成电路	78
2.7.1	引脚排列、名称、功能和用法	78
2.7.2	内部结构和工作原理	79
2.7.3	主要设计特点和参数限制	79
2.7.4	应用技术	80
2.8	SI9976DY 桥式 MOSFET 栅极驱动器集成电路	80
2.8.1	引脚排列、名称、功能和用法	81
2.8.2	内部结构和工作原理	82
2.8.3	主要设计特点和参数限制	85
2.8.4	应用技术	86
2.9	UC3724/UC3725 隔离 MOSFET 栅极驱动器集成电路	88
2.9.1	引脚排列、名称、功能和用法	88
2.9.2	内部结构和工作原理	91
2.9.3	主要设计特点和参数限制	94
2.9.4	应用技术	95
2.10	EL7202C/EL7212C/EL7222C 高速双路电力 MOSFET 栅极驱动器 集成电路	97
2.10.1	引脚排列、名称、功能和用法	97
2.10.2	内部结构和工作原理	98
2.10.3	主要设计特点和参数限制	98
2.10.4	应用技术	99
2.11	HT04 高压隔离 MOSFET 栅极驱动器集成电路	99
2.11.1	引脚排列、名称、功能和用法	100
2.11.2	内部结构和工作原理	100
2.11.3	主要设计特点和参数限制	101

2.11.4	应用技术	101
2.12	TLP250 光电隔离单 MOSFET 栅极驱动器集成电路	107
2.12.1	引脚排列、名称、功能和用法	107
2.12.2	内部结构和工作原理	107
2.12.3	主要设计特点和参数限制	108
2.12.4	应用技术	108
2.13	MC34151/MC33151/MC34152/MC33152 高速双路电力 MOSFET 栅极驱动器集成电路	109
2.13.1	引脚排列、名称、功能和用法	109
2.13.2	内部结构和工作原理	110
2.13.3	主要设计特点和参数限制	111
2.13.4	应用技术	112
2.14	MDC1100A 具有集成门电路钳位的 MOSFET 关断器集成电路	116
2.14.1	引脚排列、名称、功能和用法	116
2.14.2	内部结构和工作原理	117
2.14.3	主要设计特点和参数限制	117
2.14.4	应用技术	118
2.15	IRS21844 带驱动信号封锁功能和死区时间设置的大电流半桥 MOSFET 驱动器	120
2.15.1	引脚排列、名称、功能和用法	120
2.15.2	内部结构和工作原理	122
2.15.3	主要设计特点和参数限制	122
2.15.4	应用技术与典型应用举例	126
2.16	IRS2127 带电流限制的单管 MOSFET 栅极驱动器集成电路	127
2.16.1	引脚排列、名称、功能和用法	127
2.16.2	内部结构和工作原理	129
2.16.3	主要设计特点和参数限制	129
2.16.4	应用技术与典型应用举例	131
2.17	L6390 高电压低端驱动器集成电路	133
2.17.1	引脚排列、名称、功能和用法	134
2.17.2	内部结构和工作原理	135
2.17.3	主要设计特点和参数限制	136
2.17.4	应用技术与典型应用举例	139
2.18	TD352 前置电力 MOSFET 驱动器集成电路	141
2.18.1	引脚排列、名称、功能和用法	141
2.18.2	内部结构和工作原理	142
2.18.3	主要设计特点和参数限制	142

2.18.4 应用技术与典型应用举例	144
--------------------------	-----

第3章 电力 MOSFET 集成驱动器应用举例

3.1 概 述	147
3.2 MTC3.1 型电力 MOSFET 栅极驱动板	148
3.2.1 对外引线的排列、名称、功能及用法	149
3.2.2 电路构成及工作原理	150
3.2.3 主要设计特点和参数限制	150
3.2.4 应用技术	150
3.3 MTC3.2 单相半桥电力 MOSFET 驱动板	153
3.3.1 对外引线的排列、名称、功能及用法	153
3.3.2 电路构成及工作原理	155
3.3.3 主要设计特点和参数限制	155
3.3.4 应用技术	157
3.4 MTC3.4 电力 MOSFET 单相全桥驱动板	158
3.4.1 对外引线的排列、名称、功能及用法	159
3.4.2 电路构成及工作原理	161
3.4.3 主要设计特点和参数限制	163
3.4.4 应用技术	163
3.5 MTC3.6 三相全桥电力 MOSFET 驱动板	166
3.5.1 对外引线的排列、名称、功能及用法	166
3.5.2 电路构成及工作原理	169
3.5.3 主要设计特点和参数限制	171
3.5.4 应用技术	171

第4章 绝缘栅控双极型晶体管的基本特性及对栅极驱动电路的要求

4.1 IGBT 的基本结构和工作原理	175
4.1.1 基本结构	175
4.1.2 电路图形符号	176
4.1.3 工作原理	176
4.2 IGBT 的基本特性	177
4.2.1 静态特性	177
4.2.2 动态特性	178
4.2.3 擎住效应	180
4.2.4 安全工作区	181

4.2.5 栅极特性	182
4.3 IGBT 的主要技术参数	184
4.4 绝缘栅控双极型晶体管对驱动电路的要求	186
4.4.1 IGBT 对栅极驱动的特殊要求	186
4.4.2 IGBT 栅极驱动器应满足的条件	187
4.4.3 栅极串联电阻及栅极驱动电压的上升、下降速率	188
4.4.4 栅极驱动电路举例	190

第 5 章 绝缘栅控双极型晶体管栅极驱动控制专用集成电路

5.1 概 述	195
5.2 HL401A IGBT 厚膜集成驱动器	200
5.2.1 引脚排列、名称、功能和用法	200
5.2.2 内部结构及工作原理	201
5.2.3 主要设计特点和参数限制	202
5.2.4 应用技术与典型应用举例	202
5.3 HL402A(B) 具有自保护功能的 IGBT 厚膜驱动器集成电路	204
5.3.1 引脚排列、名称、功能和用法	204
5.3.2 内部结构及工作原理	206
5.3.3 主要设计特点和参数限制	207
5.3.4 应用技术与典型应用举例	208
5.4 HL403A(B) 可驱动 600A IGBT 模块的厚膜集成驱动器	211
5.4.1 引脚排列、名称、功能和用法	211
5.4.2 内部结构及工作原理	211
5.4.3 主要设计特点和参数限制	211
5.4.4 应用技术及典型应用举例	212
5.5 UC1727/UC2727/UC3727 隔离高端 IGBT 集成驱动器	215
5.5.1 引脚排列、名称、功能和用法	215
5.5.2 内部结构及工作原理	217
5.5.3 主要设计特点和参数限制	218
5.5.4 应用技术与典型应用举例	219
5.6 HR065 IGBT 栅极驱动器集成电路	221
5.6.1 引脚排列、名称、功能和用法	221
5.6.2 内部结构及工作原理	222
5.6.3 HR065 的设计特点及与 EXB 系列电路的对照	224
5.6.4 应用技术与典型应用举例	226

5.7	EXB 系列 IGBT 厚膜驱动器集成电路	230
5.7.1	引脚排列、名称、功能和用法	230
5.7.2	内部结构及工作原理	231
5.7.3	主要设计特点和参数限制	233
5.7.4	应用技术	235
5.8	M57957L/M57958L 不含保护性能的 IGBT 厚膜驱动器集成电路	240
5.8.1	引脚排列、名称、功能和用法	240
5.8.2	内部结构及工作原理	241
5.8.3	主要设计特点、参数限制和推荐工作条件	241
5.8.4	应用技术	242
5.9	M57959AL/M57962AL/M57959L/M57962L 带保护和定时复位的 IGBT 厚膜驱动器集成电路	243
5.9.1	引脚排列、名称、功能和用法	243
5.9.2	内部结构及工作原理	244
5.9.3	主要设计特点、参数限制和推荐工作条件	245
5.9.4	应用技术	247
5.9.5	M57959L 及 M57962L	250
5.10	M57963L 混合集成 IGBT 驱动器集成电路	251
5.10.1	引脚排列、名称、功能和用法	251
5.10.2	内部结构及工作原理	252
5.10.3	主要设计特点、参数限制和推荐工作条件	252
5.10.4	应用技术	254
5.11	GH-038 高速大容量 IGBT 栅极驱动器集成电路	256
5.11.1	引脚排列、名称、功能和用法	257
5.11.2	内部结构及工作原理	257
5.11.3	主要设计特点和参数限制	258
5.11.4	应用技术	259
5.12	GH-039 带有过电流保护功能的高速大容量 IGBT 厚膜驱动器集成电路	260
5.12.1	引脚排列、名称、功能和用法	260
5.12.2	内部结构及工作原理	261
5.12.3	主要设计特点、参数限制和推荐工作条件	262
5.12.4	应用技术	263
5.13	SKHI21/SKHI22 性能优良的混合双 IGBT 驱动器集成电路	265
5.13.1	引脚排列、名称、功能和用法	265
5.13.2	内部结构及工作原理	266
5.13.3	主要设计特点和参数限制	269

5.13.4	应用技术	270
5.14	IR21141/IR22141 带 IGBT 退饱和保护的半桥驱动集成电路	272
5.14.1	引脚排列、名称、功能和用法	273
5.14.2	内部结构及工作原理	275
5.14.3	主要设计特点和参数限制	275
5.14.4	应用技术与典型应用举例	283
5.15	IR21381Q/IR22381Q 带退饱和及软关断保护的三相桥式 IGBT 栅极驱动器集成电路	285
5.15.1	引脚排列、名称、功能和用法	285
5.15.2	内部结构及工作原理	289
5.15.3	主要设计特点和参数限制	291
5.15.4	应用技术与典型应用举例	302
5.16	2SP0115T 具有完善保护功能的隔离双路大电流 IGBT 栅极驱动器模块	304
5.16.1	各插座插针的排列、名称、功能和用法	304
5.16.2	内部结构及工作原理	306
5.16.3	主要设计特点和参数限制	309
5.16.4	应用技术与典型应用举例	314
5.17	1SC2060P 大电流隔离单管驱动器	319
5.17.1	引脚排列、名称、功能和用法	319
5.17.2	内部结构及工作原理	321
5.17.3	主要设计特点和参数限制	323
5.17.4	应用技术与典型应用举例	333
5.18	TLP358×× 系列光电隔离大电流驱动器集成电路	338
5.18.1	引脚排列、名称、功能和用法	338
5.18.2	内部结构及工作原理	339
5.18.3	主要设计特点和参数限制	340
5.18.4	应用中要特别注意的问题	343

第 6 章 IGBT 栅极驱动器集成电路的具体应用举例

6.1	概 述	345
6.2	IGC2.1 型单管 IGBT 栅极驱动板	348
6.2.1	主要设计特点	348
6.2.2	内部结构和工作原理	348
6.2.3	主要电气参数和极限参数	349
6.2.4	应用技术和使用注意事项	350

6.3	IGC2.2 型单相半桥 IGBT 栅极驱动板	351
6.3.1	主要设计特点	351
6.3.2	内部结构和工作原理	352
6.3.3	主要电气参数和极限参数	354
6.3.4	应用技术和使用注意事项	354
6.4	IGC2.4 型单相全桥 IGBT 栅极驱动板	356
6.4.1	主要设计特点	356
6.4.2	内部结构和工作原理	357
6.4.3	主要电气参数和极限参数	357
6.4.4	应用技术和使用注意事项	358
6.5	IGC2.6 型三相全桥 IGBT 栅极驱动板	360
6.5.1	主要设计特点	360
6.5.2	内部结构和工作原理	361
6.5.3	主要电气参数和极限参数	361
6.5.4	应用技术	361
6.6	IGC3.1T 型单管大功率 IGBT 栅极驱动板	363
6.6.1	主要设计特点	364
6.6.2	内部结构和工作原理	364
6.6.3	主要电气参数和极限参数	364
6.6.4	应用技术	365
6.7	IGC3.2T 型单相半桥大功率 IGBT 栅极驱动板	366
6.7.1	主要设计特点	366
6.7.2	内部结构和工作原理	366
6.7.3	主要电气参数和极限参数	367
6.7.4	应用技术	367
6.8	IGC3.4T 型单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板	368
6.8.1	主要设计特点	369
6.8.2	内部结构和工作原理	369
6.8.3	主要电气参数和极限参数	369
6.8.4	应用技术	370
6.9	IGC3.6T 型三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板	372
6.9.1	主要设计特点	372
6.9.2	内部结构和工作原理	373
6.9.3	主要电气参数和极限参数	373
6.9.4	应用技术	373

附 录 电力电子变流设备介绍及选型 377

 附录 1 电力电子变流设备举例 377

 附录 2 电力电子变流设备控制板和电力电子器件驱动板选型指南 385

参考文献 401