

■ 高科实用电力电子技术丛书

电力电子变流设备

控制板及应用

李 宏 编著



科学出版社

高科实用电力电子技术丛书

电力电子变流设备 控制板及应用

李 宏 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是“高科实用电力电子技术丛书”之一,在介绍部分常用电力电子变流设备控制及驱动集成电路的基础上,重点介绍了经工程实用证明极为成熟的,并在国内有较大使用量的电力电子变流设备控制和驱动板近 100 种,内容既涉及晶闸管、电力晶体管(GTR)、电力场效应晶体管(MOS-FET)、绝缘栅控双极型晶体管(IGBT)的驱动,还有以这些电力电子器件为主功率器件的电力电子变流设备的控制。

本书是从事电力电子变流设备及特种电源设计、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,亦可供高等院校电力电子及相近专业的广大师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力电子变流设备控制板及应用/李宏编著. —北京:科学出版社, 2013. 6

(高科实用电力电子技术丛书)

ISBN 978-7-03-036654-2

I. 电… II. 李… III. 变流器-控制系统 IV. TM46

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 024069 号

责任编辑:喻永光 杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面制作:段淮沱

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>

北京东海印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 6 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2013 年 6 月第一次印刷 印张: 41 1/4 插页 8

印数: 1—3 000 字数: 800 000

定 价: 98.00 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,电力电子变换包括了对电能的三大要素(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,而控制技术是人的大脑,电力电子变换技术则是具有健康身体的人在大脑指挥下完成各种工作取得的良好效果。

虽然电力电子技术的专业术语对于许多非电力电子专业的人来说有点陌生,但电力电子变换在人类的日常生活中可以说无处不在,无时不用。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,已经有 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、容量和性价比进行选用。各种电力电子变换技术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、电动机励磁、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。所以,日本一位很有名望的教授早在 20 世纪 80 年代初就称“离开了电力电子技术,人们的生活将黯然失色”。尽管电力电子变流技术的应用领域千差万别,但我们可以将其变换从大的方面分为交流到直流、直流到交流、直流到直流、交流到交流四种。应当看到,由于应用电力电子器件在一定的控制手段下实现某一特定功能的电力电子变换是根据最终使用者的应用需求指

标,由从事电力电子变换技术设计及制造的工程师们经过设计、装配、调试后交付最终用户使用的,在使用单位几乎都是作为设备管理及应用的,所以通常我们给某种电力电子变换装置冠以习惯称呼——电力电子变流设备,如用于有色金属加工行业的直流电弧炉电力电子设备,用于冶金行业的中频感应加热电力电子设备,用于电化学行业的电解电力电子设备,用于机械加工行业的电镀电力电子设备等。再则,在这些电力电子设备应用过程中,总有电流(大小,交直流种类)的变化,为实现这种变化,常常称电力电子设备为电力电子变流设备。还应看到,由于这些电力电子变流设备在设计、生产及提交用户时,一般需配套前级设备与后级设备(如电解用整流设备需配套前级降压用整流变压器与后级进行负载之间隔离的大电流直流刀开关等),故同一系统又多了一种称呼——电力电子成套装置。

在国内从事电力电子变流设备研究和生产的企事业单位有近千家,电力电子变流设备的用户几乎遍布全国各工业及民用企事业单位。鉴于我国电力电子变流设备的研制开发和生产及全民的掌握程度相对于发达国家还比较落后,许多电力电子变流设备的生产单位都碰到过自身研究和开发电力电子变流设备控制板技术难度大的问题。另一方面,电力电子变流设备使用单位的应用与维护调试人员经常遇到电力电子变流设备发生故障,维修中不能很快查出设备运行不正常原因而严重影响生产的问题。如何选用在国内经众多用户使用证明极为可靠且技术成熟的标准控制板,以解决电力电子变流设备生产单位直接选用,电力电子变流设备使用单位设备故障时迅速换板维修,实现快捷高效的电力电子变流设备的生产与维护,是国内电力电子变流设备生产与维护行业的迫切需要。鉴于国内至今还没有解决这些问题的系统参考书,我们根据多年从事电力电子变流设备驱动与控制板研究设计、调试及维修的经验教训和总结,在较短的时间内,以陕西高科电力电子有限责任公司研制的,并经众多用户工程实际中使用证明技术成熟、性能可靠的电力电子变流设备控制板为参考,编写了这本通俗读物,以期给从事这一领域的下列人员:

- (1) 电力电子变流设备控制及驱动板的研究开发人员;
- (2) 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;
- (3) 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;
- (4) 上述两种单位的操作及装配人员;
- (5) 高等院校的教师、研究生、本科生以及中等专业学校的师生;
- (6) 各种职业培训学校的教师及学员。

提供一些实用的、有价值的参考,并能为他们的工作带来一点方便,达到抛砖引玉的效果。

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,为我今生的工作奠定了很好的基础,更锻炼了我

的工程设计能力,确实受益匪浅。1992年,我调入西安石油大学工作,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进行结合,总结提高,并一直从事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工作平台,给予我的课题组及研究生很好的试验条件和经费支持,延续了我的电力电子技术情结。

大学毕业至今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、有色冶金等类型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中的国内首套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,运行于有色冶金行业的国产首台800kg凝壳炉用65kA直流电源,填补国内空白的10000kg真空自耗电弧炉用40kA一体化直流电源……我亦曾有幸主持了近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达30000多块。不可否认的是,因电力电子变流设备的种类繁多,内部结构千差万别,所用元器件不尽相同,使用领域多种多样,功率容量有大有小,要逐个归纳总结并全面系统地介绍其调试与维修技术是十分困难的,也是无法实现的。如何在众多的电力电子变流设备中提炼总结,写出真正可以解决读者工作中实际问题的实用资料,是本书的真正困难所在。考虑到在国民经济各部门中使用量的多少,本书力求以国内工农业生产中使用量大、应用面广的主功率器件(晶闸管、GTR、MOSFET、IGBT)为电力电子变流设备驱动与控制板的主线,而不追求面面俱到,对近几年新出现的电力电子器件及以这些器件为主开关器件的处于研发阶段的电力电子变流设备或在国民经济中使用量较少的电力电子变流设备没有涉猎,热切希望读者能理解我的这一良苦用心!

晶闸管的发明在电力电子技术的发展中有着划时代的意义,它的诞生使人们可以利用电力电子器件实现从交流到直流可控整流的梦想,如今它仍然占据着可控电力电子器件家族中单只功率容量(额定耐压乘以额定通态电流)最大的霸主地位。在巨型电力电子变换设备(如直流输电、电化学用直流电力电子变流设备等)中,它仍然是当今不可不用的电力电子器件。其专用控制集成电路的性能特点与应用技术,是晶闸管电力电子变流设备驱动与控制板的核心,是各种晶闸管电力电子变流设备驱动与控制板中都会用到的,具有普遍性,所以作为一个重要的内容,在本书的第1章较详细地介绍了8种晶闸管电力电子变流设备常用触发器集成电路。

主功率器件为晶闸管的电力电子变流设备是我国国民经济各部门中装机数量及容量高于主功率器件为整流二极管的电力电子变流设备,这类电力电子变流设

备有单相和多相之分,主电路结构众多,本书第2章介绍了9种单相晶闸管类电力电子变流设备的触发板,第3章介绍了3种单相晶闸管类电力电子变流设备的控制板。

三相晶闸管电力电子变流设备是构成多相变流的基础,本书第4章介绍了20种三相晶闸管类电力电子变流设备的移相触发板,第5章介绍了26种三相晶闸管类电力电子变流设备控制板,第6章介绍了19种晶闸管电力电子变流设备配套末级板及电压取样板。

20世纪90年代,GTR曾是变频类电力电子变流设备中的主要器件,本书第7章介绍了2种电力晶体管的基极驱动集成电路和5种基极驱动控制板。

MOSFET是人类如今可使用的电力电子器件中工作频率最高的器件,本书第8章在介绍常用的4种电力MOSFET栅极驱动集成电路的基础上,重点讨论了4种栅极驱动控制板的工作原理、设计参数和应用技术。

IGBT的发明标志着双机理器件的产生,如今的IGBT单只可控制功率已达兆瓦数量级,逐渐成为电力电子变流设备中应用的主流器件,本书第9章首先介绍了具有自主知识产权的4种国产IGBT栅极驱动集成电路,然后详细分析了8种IGBT栅极驱动控制板的原理构成、引脚排列、参数限制与应用技术。

最后,第10章主要介绍了5种国产电力电子变流设备保护用集成电路,以及以它们为核心单元研制的5种电力电子变流设备保护板,并详细讨论了这些驱动板的工作原理、设计参数和应用技术。

为便于读者直接选用,在本书的附录中简介了国内研制并已批量使用的电力电子变流设备的型号、主要性能和参数。

本书作为高科实用电力电子技术丛书的第5本,在编写过程中,得到了我的研究生赵家贝(第1章、第2章)、张仰维(第3章、第7章、第9章)和董谨(第8章),西安石油大学自动化系的张瑞萍高工(第4章、第6章),新疆伊犁河流域开发管理局的李斌高工(第5章)、新疆升晟电气公司的姚永健高工(第10章、附录)的支持。承蒙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用举例资料,该公司的工程技术人员根据他们多年的调试总结和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,给本书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与可靠性都很好的可直接应用的控制板原理图和电路参数。本书参考和使用书末参考文献中所列作者的研究和试验成果。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,新疆伊犁河流域开发管理局的李斌高工仔细审阅了本书书稿,并提出了许多修改意见,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、张攀峰、马晓平对本书的许多电路进行了实用检验,提出了有益的建议,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、李毅、何晓靓、杨斌、陈少东、许亚飞、张伊凡、周大磊参与了

部分电路的研究和实验及画图工作,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,多年来她理解、无私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。

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和技术水平,书中定有一些纰漏和不妥之处,恳请读者及国内电力电子行业的专家斧正,并提出宝贵的意见,望阅读本书的专家学者及同仁不吝赐教!指正意见与建议请寄至西安市电子二路18号西安石油大学自动化系,李宏收,邮编710065;亦可发电子邮件至 lihong@xsyu.edu.cn 直言相告。对书中介绍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,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:18802978897,029-86479180)交流与探讨。



2013年3月于西安石油大学

目 录

第 1 章 部分晶闸管触发器集成电路

1.1	概 述	1
1.2	KJ004 晶闸管移相触发器集成电路	3
1.3	KJ009 高抗干扰性晶闸管移相触发器集成电路	7
1.4	KJ041 六路双脉冲形成器集成电路	10
1.5	KJ042 脉冲列调制形成器集成电路	14
1.6	TCA785 晶闸管移相触发器集成电路	17
1.7	TC787 高性能晶闸管三相移相触发器集成电路	23
1.8	SGK198 晶闸管 CPLD 准数字触发器集成电路	30
1.9	SGK199 晶闸管中频电力电子变流设备用 CPLD 准数字触发器集成电路	37

第 2 章 单相晶闸管电力电子变流设备触发板

2.1	概 述	45
2.2	KCZ4-1T 单相全控(半控)触发板	47
2.3	KCZ4-1TS2 单相晶闸管多功能闭环触发板	53
2.4	KCZ2 单相桥式全控(半控)桥开环触发板	60
2.5	JQC1.0 晶闸管单相触发闭环触发板	64
2.6	KBC4M-1 单相闭环触发板	70
2.7	KKC2M-1 单相开环过零触发板	75
2.8	KBC2M-1 单相晶闸管触发板	79

第 3 章 单相晶闸管电力电子变流设备控制板

3.1	概 述	85
3.2	KJDS-1 自动均浮充转换板	86
3.3	KCZ1 小功率直流电动机调速板	88
3.4	KZC2M-2 单相直流电动机调速板	93

第4章 三相晶闸管电力电子变流设备移相触发板

4.1	概 述	99
4.2	KCZ6.0 晶闸管三相全控(半控)桥移相触发板	102
4.3	KCZ6.1 晶闸管三相全控(半控)桥移相触发板	107
4.4	KCZ6.2 晶闸管三相全控(半控)桥触发板	111
4.5	KCZ6.3 晶闸管三相全控(半控)桥控制板	119
4.6	KCZ6.4 晶闸管三相控温(调功)触发板	124
4.7	KCZ6.5 三相全控(半控)桥晶闸管相位自适应触发板	130
4.8	KCZ6-1T 通用型晶闸管触发板	143
4.9	KCZ6-1TS2 晶闸管三相多功能闭环控制板	149
4.10	KCZ6-2T 通用型晶闸管触发板	156
4.11	KCZ6-3T 晶闸管移相触发板	162
4.12	KCZS6M-1 准数字式晶闸管开环触发板	173
4.13	KCZS6M-2 准数字式开环带保护晶闸管触发板	178
4.14	KCZS6M-3 准数字式晶闸管闭环控制板	183
4.15	KCZB 高性能通用晶闸管三相控制板	188
4.16	KCZB1.1 晶闸管三相全控(半控)桥多功能控制板	198
4.17	JQC3.1 晶闸管三相半控触发板	209
4.18	KBSC6M-1/KBSC6F-1 三相晶闸管触发控制板	216
4.19	KBSC3M-1 三相晶闸管半控桥触发板	229
4.20	KKSC6M-1 三相开环过零触发控制板	235

第5章 三相晶闸管电力电子变流设备控制板

5.1	概 述	243
5.2	KCLF-2 自对相序发电机励磁单闭环控制板	247
5.3	TDLF 晶闸管同步电动机励磁投励检测控制板	252
5.4	KRSC6M-1/KRSC6F-1 软启动控制板	257
5.5	KRSC6M-3 交流电动机软启动控制板	265
5.6	KZSC6M-1/KZSC6F-1 直流电动机调速控制板	271
5.7	KZSC6M-4/KZSC6F-4 直流电动机调速控制板	283
5.8	KRSC6M-2/KRSC6F-2 节能型软启动控制板	294
5.9	KC-13A 镉镍直流屏专用控制板	307
5.10	KGS 高性能直流调速控制板	316
5.11	KCZ6F-1 数字模拟混合式晶闸管控制板	329
5.12	KZSC6M-2 非独立弱磁直流调速控制板	343
5.13	KFSC6M-1 充放电控制板	353
5.14	KDSC6M-1 稳压/稳流电力电子变流设备控制板	359

5. 15	KHSC6M-1/KHSC6F-1 化工电解电力电子变流设备控制板	365
5. 16	KGPS V 晶闸管中频电力电子变流设备控制板	374
5. 17	KGPS VI 恒功率晶闸管中频电力电子变流设备控制板	384
5. 18	KGPS VII 恒功率中频电力电子变流设备控制板	393
5. 19	KGPS VIII 12 脉波晶闸管中频电力电子变流设备控制板	405

第 6 章 晶闸管电力电子变流设备配套末级板及电压取样板

6. 1	概 述	417
6. 2	KMF-1 脉冲隔离与整形末级板	419
6. 3	KMF-4 低压脉冲隔离放大与整形模块	421
6. 4	KMF-5/KMF-6 脉冲隔离与整形末级板	422
6. 5	KMF-7/KMF-8 高压脉冲隔离与整形末级模块	425
6. 6	MJ1. 2 一单元触发脉冲末级板	426
6. 7	MJ2. 0 二单元触发脉冲末级板	429
6. 8	MJ3. 0 三单元触发脉冲末级板	431
6. 9	MJ4. 0 四单元触发脉冲末级板	433
6. 10	MJ6. 0 六单元触发脉冲末级板	436
6. 11	KYB-1 电压变换板	439

第 7 章 GTR 基极驱动集成电路及驱动板

7. 1	概 述	443
7. 2	HL201 GTR 基极驱动厚膜集成电路	445
7. 3	HL202 GTR 基极驱动厚膜集成电路	447
7. 4	GTC3. 0 GTR 单相半桥多功能驱动板	453
7. 5	GTC3. 1 GTR 单管驱动板	460
7. 6	GTC3. 2 GTR 单相半桥驱动板	462
7. 7	GTC3. 4 GTR 单相全桥驱动板	466
7. 8	GTC3. 6 GTR 三相全桥驱动板	470

第 8 章 电力 MOSFET 栅极驱动集成电路及驱动板

8. 1	概 述	473
8. 2	IR2110 两输出大电流桥臂 MOSFET 栅极驱动集成电路	475
8. 3	IR2125 带有电流限制的 MOSFET/IGBT 驱动集成电路	492
8. 4	IR2133/IR2233 三相全桥 6 个 MOSFET 的栅极驱动集成电路	495
8. 5	MTC3. 1 电力 MOSFET 单管栅极驱动板	505
8. 6	MTC3. 2 单相半桥电力 MOSFET 驱动板	510
8. 7	MTC3. 4 单相全桥电力 MOSFET 驱动板	515

8.8	MTC3.6 三相全桥电力 MOSFET 驱动板	521
-----	--------------------------	-----

第9章 IGBT 栅极驱动集成电路及驱动板

9.1	概 述	531
9.2	HL402A(B)具有自保护功能的 IGBT 厚膜驱动集成电路	531
9.3	HL403A(B)可驱动 600A IGBT 模块的厚膜集成电路	541
9.4	IGC2.1 单管大功率 IGBT 栅极驱动板	544
9.5	IGC2.2 单相半桥大功率 IGBT 栅极驱动板	547
9.6	IGC3.2T 单相半桥大功率 IGBT 栅极驱动板	552
9.7	IGC2.4 单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板	555
9.8	IGC3.4T 单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板	560
9.9	IGC2.6 三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板	564
9.10	IGC3.6T 三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板	568
9.11	IGC2.7 IGBT 斩波器控制板	572

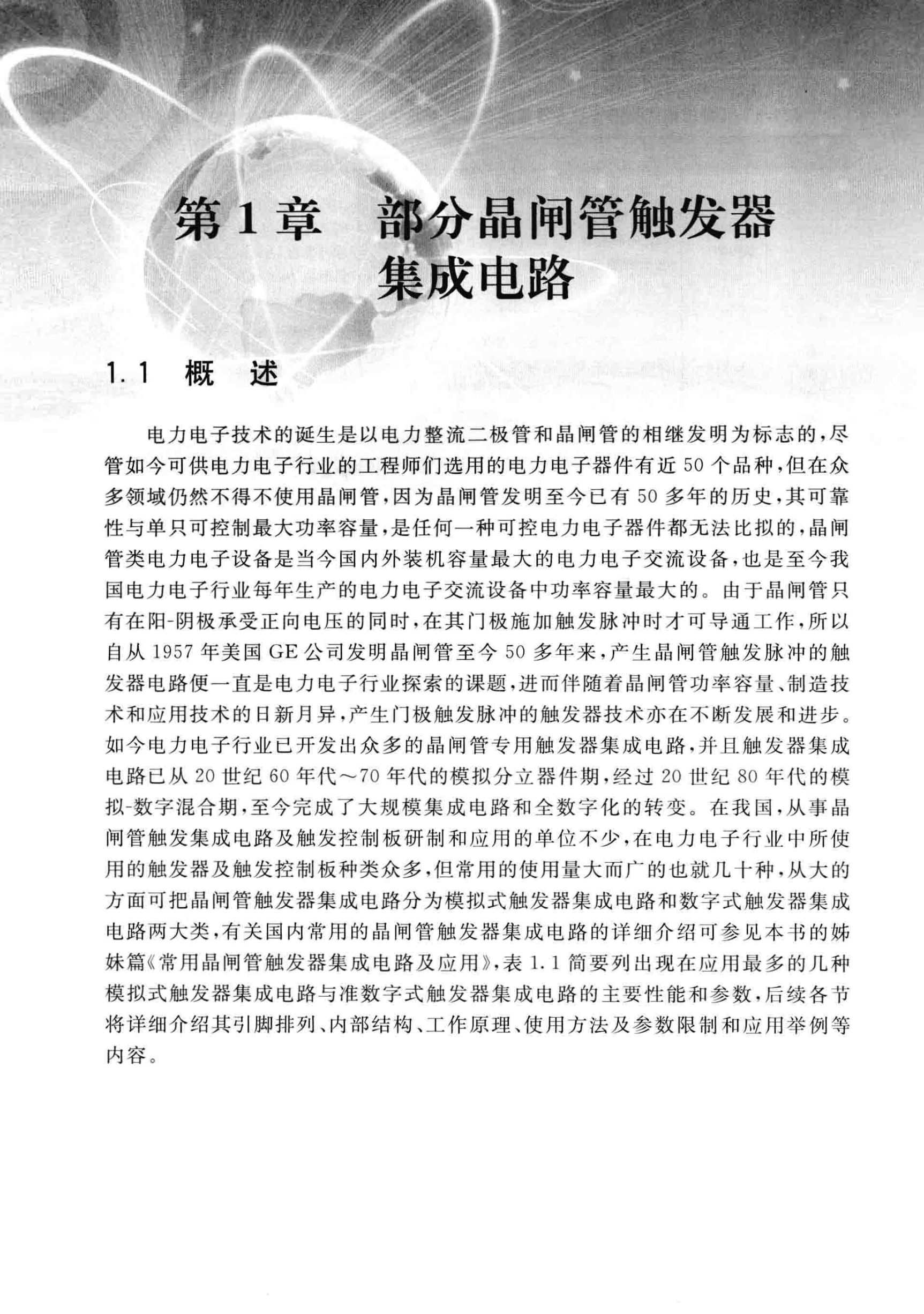
第10章 电力电子变流设备集成保护电路及保护板

10.1	概 述	581
10.2	HL601A 双电平保护器厚膜集成电路	582
10.3	HL602A GTO 专用三电平保护厚膜集成电路	586
10.4	TH201 交流三相缺相/错相保护厚膜集成电路	591
10.5	TH221A 不需零线的三相交流电源相序检测保护 厚膜集成电路	593
10.6	HM231 三相交流电源缺相保护厚膜集成电路	598
10.7	THP 三相缺相(错相)保护板	602
10.8	THP1 三相缺相(错相)保护板	605
10.9	THP2 三相缺相(错相)保护板	608
10.10	BHB2 双电平保护板	611
10.11	BHB3 三电平保护板	614

附录 电力电子变流设备介绍及选型

附录 1	电力电子变流设备举例	619
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	628

参考文献	645
------	-----



第1章 部分晶闸管触发器 集成电路

1.1 概 述

电力电子技术的诞生是以电力整流二极管和晶闸管的相继发明为标志的,尽管如今可供电力电子行业的工程师们选用的电力电子器件有近 50 个品种,但在众多领域仍然不得不使用晶闸管,因为晶闸管发明至今已有 50 多年的历史,其可靠性与单只可控制最大功率容量,是任何一种可控电力电子器件都无法比拟的,晶闸管类电力电子设备是当今国内外装机容量最大的电力电子交流设备,也是至今我国电力电子行业每年生产的电力电子交流设备中功率容量最大的。由于晶闸管只有在阳-阴极承受正向电压的同时,在其门极施加触发脉冲时才可导通工作,所以自从 1957 年美国 GE 公司发明晶闸管至今 50 多年来,产生晶闸管触发脉冲的触发器电路便一直是电力电子行业探索的课题,进而伴随着晶闸管功率容量、制造技术和应用技术的日新月异,产生门极触发脉冲的触发器技术亦在不断发展和进步。如今电力电子行业已开发出众多的晶闸管专用触发器集成电路,并且触发器集成电路已从 20 世纪 60 年代~70 年代的模拟分立器件期,经过 20 世纪 80 年代的模拟-数字混合期,至今完成了大规模集成电路和全数字化的转变。在我国,从事晶闸管触发集成电路及触发控制板研制和应用的单位不少,在电力电子行业中所使用的触发器及触发控制板种类繁多,但常用的使用量大而广的也就几十种,从大的方面可把晶闸管触发器集成电路分为模拟式触发器集成电路和数字式触发器集成电路两大类,有关国内常用的晶闸管触发器集成电路的详细介绍可参见本书的姊妹篇《常用晶闸管触发器集成电路及应用》,表 1.1 简要列出现在应用最多的几种模拟式触发器集成电路与准数字式触发器集成电路的主要性能和参数,后续各节将详细介绍其引脚排列、内部结构、工作原理、使用方法及参数限制和应用举例等内容。

表 1.1 几种模拟式晶闸管触发器集成电路与准数字式晶闸管触发器集成电路简表

分 类	型 号	主要特点	参数限制
模 拟 式 晶 闸 管 触 发 器 集 成 电 路	KJ004 KJ009	双列直插式 16 引脚封装,正、负双电源工作,移相范围 $>170^\circ$,可输出两路相位互差 180° 的移相脉冲,适合用于单相、三相电力电子变流设备中晶闸管移相触发脉冲的产生	工作电源电压: $\pm 15\text{V}$ 同步电压:可为任意值 脉冲宽度: $400\mu\text{s}\sim 2\text{ms}$ 负载能力: 15mA
	TCA785	单片晶闸管移相触发器集成电路,输出两路相位互差 180° 的触发脉冲,可在 $0\sim 180^\circ$ 之间移相,可用来控制晶闸管或晶体管	工作电源电压: $-0.5\sim +18\text{V}$ 最大脉冲负载电流: 400mA 输出脉冲宽度: $3\mu\text{s}\sim 180^\circ-\alpha$ 同步输入电流: $500\mu\text{A}$
	TC787	采用先进的 IC 工艺设计制作,可单电源亦可双电源工作,适用于三相晶闸管的移相触发,是 TCA785 及 KJ 系列触发器集成电路的换代产品,可取代 3 片 TCA785+1 片 KJ041+1 片 KJ042 或 5 片 KJ 系列集成电路组合才具有的功能	工作电源电压: $+0.5\sim +18\text{V}$ 或 $\pm 0.5\sim \pm 9\text{V}$ 输入端电压: $-0.5\text{V}\sim U_{\text{DD}}$ 最大脉冲负载能力: 20mA 同步信号频率: $10\sim 1000\text{Hz}$
	KJ041	6 路双脉冲形成器,具有双脉冲形成和电子开关控制封锁功能,使用 2 只有电子开关控制的 KJ041 电路完成逻辑控制,适用于电动机正、反转控制系统	工作电源电压: $+15\text{V}$ 脉冲输出负载能力: 20mA 控制端正向电流: 3mA
	KJ042	双列直插式 14 引脚封装,输出脉冲调节范围宽,脉冲占空比可调,可用做方波发生器,适合在三相或单相晶闸管可控电路中做脉冲列调制源	工作电源电压: $+15\text{V}$ 输入端正向电流: 2mA 最大输出负载能力: 12mA 调制脉冲频率: $5\sim 10\text{kHz}$
准 数 字 式 晶 闸 管 触 发 器 集 成 电 路	SGK198	4 列直插式 44 引脚双电源供电晶闸管 CPLD 准数字触发器集成电路。可用于大电流输出的晶闸管可控整流或有源逆变类电力电子变流设备中晶闸管的触发控制,具有交、直流侧过流,外部故障,电源欠压,输入缺相等故障保护功能,有相位自对相功能	工作电源电压 $U_{\text{DD1}}、U_{\text{DD2}}: +5\text{V}$
	SGK199	4 列直插式 44 引脚双电源供电晶闸管中频电力电子变流设备用 CPLD 准数字触发器集成电路,可用于以扫频方式启动的中频电力电子变流设备的控制和晶闸管触发。除具有交、直流侧过流,外部故障,电源欠压,输入缺相等故障保护功能外,还具有相位自对相功能	工作电源电压 $U_{\text{DD1}}、U_{\text{DD2}}: +5\text{V}$

注:以上由陕西高科电力电子有限责任公司提供。

1.2 KJ004 晶闸管移相触发器集成电路

KJ004 是 1980 年前后国内开发生产的双列直插式晶闸管移相触发器集成电路。它的出现,可以说是我国晶闸管控制电路历史上一个重要的里程碑,由此开始了晶闸管触发器由分立器件向集成电路的过渡,也促进了晶闸管整流设备由多板触发系统向单控制板的转变。该集成电路至今仍在大量使用,其性能与生命力得到了电力电子行业的普遍肯定。它为晶闸管类电力电子变流设备控制技术的进步及现在使用的 TC787 等新型集成电路的出现奠定了坚实的基础。该电路适用于单相、三相全控桥式晶闸管类电力电子变流设备中晶闸管双路触发脉冲的产生,与国产的 KC04 晶闸管集成移相触发器引脚及性能完全相同,是目前国内晶闸管控制系统中广泛应用的集成电路之一。

1.2.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

KJ004 为标准双列直插式 16 引脚(DIP-16)集成电路。它的引脚排列如图 1.1 所示,各引脚的名称、功能及用法见表 1.2 所列。

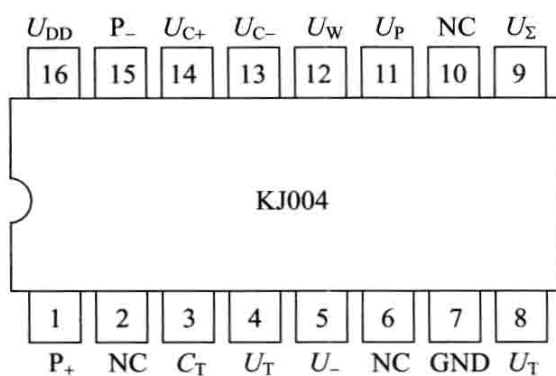


图 1.1 KJ004 的引脚排列(引脚朝下)

表 1.2 KJ004 的引脚名称、功能及用法

引脚号	符号	引脚名称	功能或用法
1	P_+	同相脉冲输出端	接对应同步电压正半周导通晶闸管的脉冲功率放大器及脉冲变压器
2	NC	空脚	使用中悬空
3	C_T	锯齿波电容连接端	通过电容接引脚 4
4	U_T	同步锯齿波电压输出端	通过电阻接移相综合端引脚 9
5	U_-	工作负电源输入端	接用户系统负电源
6	NC	空脚	使用中悬空
7	GND	地端	使用中接用户的控制电源地端,为整个电路的工作提供参考地端

续表 1.2

引脚号	符号	引脚名称	功能或用法
8	U_T	同步电源信号输入端	使用中通过电阻接用户同步变压器的二次侧,同步电压为 30V
9	U_Σ	移相、偏置及同步信号综合端	使用中分别通过 3 个等值电阻接锯齿波、偏置电压及移相电压
10	NC	空脚	使用中悬空
11	U_P	方波脉冲输出端	使用中通过电容接引脚 12,该端的输出信号反映了移相脉冲的相位
12	U_W	脉宽信号输入端	使用中分别通过电阻和电容接正电源与引脚 11,该端与引脚 11 所接电容的大小决定了输出脉冲的宽度
13	U_{C-}	负脉冲调制及封锁控制端	使用中接调制脉冲源输出或保护电路输出,通过该端输入信号的不同,可对负输出脉冲进行调制或封锁
14	U_{C+}	正脉冲调制及封锁控制端	使用中接调制脉冲源输出或保护电路输出,通过该端输入信号的不同,可对正输出脉冲进行调制或封锁
15	P_-	反向脉冲输出端	接对应同步电压负半周导通晶闸管的脉冲功率放大器及脉冲变压器
16	U_{DD}	系统工作正电源输入端	使用中,接控制电路电源

1.2.2 内部结构及工作原理

KJ004 的内部结构及工作原理如图 1.2 所示。由图可见,该电路由同步检测电路、锯齿波形成电路、偏移电路、移相电压及锯齿波电压综合比较放大电路和功率放大电路组成。它的典型应用电路接线如图 1.3(a)所示,各引脚波形如图 1.3(b)所示(P_8 即指引脚 8,余同)。锯齿波的斜率取决于外接电阻 R_6 、 RP_1 流出的充电电流和积分电容 C_1 的取值,对于不同的移相控制电压 U_K ,只要改变权电阻 R_1 、 R_2 的比例,调整相应的偏移电压 U_P ,同时调节锯齿波斜率电位器 RP_1 ,便可以在不同的移相控制电压下获得整个移相范围内的移相。KJ004 触发电路为正极性,即移相电压增加,导通角增大。 R_7 和 C_2 构成微分电路,改变 R_7 和 C_2 的值,可获得不同的脉宽输出。随着输入同步电压与引脚 8 之间串联电阻 R_4 取值的不同,其同步电压数值可取任意值。

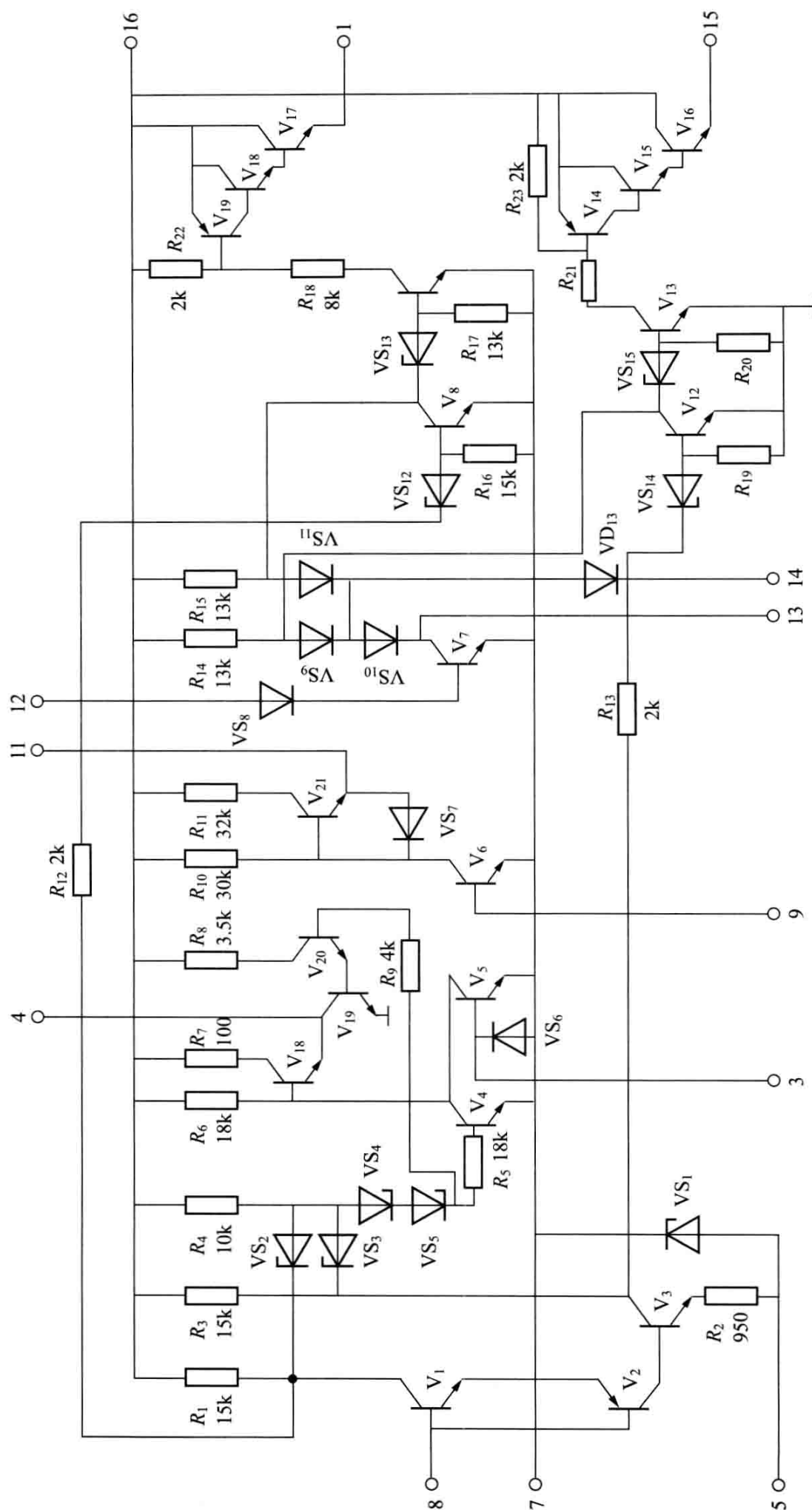


图 1.2 KJ004的内部结构及工作原理图