

电力电子电路精选

——常用元器件·实用电路·设计实例

郑琼林 耿文学 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

11.40

电力电子电路精选

——常用元器件·实用电路·设计实例

郑琼林 耿文学 编著

电子工业出版社

内 容 提 要

本书以介绍 311 个经过精选的实用电力电子电路为主要内容,同时简要介绍了在电力电子电路中常用的元、器件的特性及其使用要点。书中还以一定篇幅介绍六例具体电路的设计方法,并在实例中分析了在电力电子电路中常会遇到的主要技术难点,提出了解决问题的办法。全书分三篇共 28 章。

本书可供从事电子应用技术工作的技术人员、各类电器维修人员、电子爱好者、应用电子及仪器仪表等专业以及相近专业的大、中专院校和职业学校的师生阅读和参考。

电力电子电路精选

——常用元器件·实用电路·设计实例

*
郑琼林、耿文学 编著

特约编辑:许泽源

责任编辑:詹善琼

*
电子工业出版社出版(北京市万寿路)
电子工业出版社发行 各地新华书店经销
北京大中印刷厂印刷

*
开本:850×1168 毫米 1/32 印张:15.625 插页:1 字数:420 千字

1996 年 10 月第一版 1996 年 10 月第一次印刷

印数:5000 册 定价:2.2 元

ISBN 7-5053-3596-0/TN. 964

前 言

近年来,随着电子技术的飞速发展,电力电子器件的应用已深入到很多领域。现在,效率高、质量好的电器产品大都离不开高品质的电力电子器件和电路,但目前还很少有系统介绍电力电子实用电路和设计方法的参考书。为此,我们参考近年来国内外出版的一些资料编写了这本《电力电子电路精选——常用元器件、实用电路、设计实例》,希望能起到抛砖引玉的作用。

本书分为三篇。第一篇为电力电子电路的常用元、器件,共分十章,分别简要地介绍了二极管、晶闸管、电力晶体管、门极可关断晶闸管、功率场效应管、绝缘栅双极晶体管、散热器、电阻器、电容器以及磁性材料等的主要特性和使用要点。第二篇为电力电子实用电路,共分十二章,介绍了十二类 311 个实用电路,其中绝大部分是国外出版物上近几年发表的电路。第三篇为电力电子电路设计实例,共分六章,分别介绍了高频变压器的设计、具有储能电感作用的高频变压器的设计、输出电压可调的交直流变换器的设计、多路输出电源的设计、DC/DC 变换器的设计和不间断电源的设计。

本书可供从事电子应用技术的技术人员、各类电器维修人员、电子爱好者、应用电子及仪器仪表等专业以及相近专业的大、中专和职业学校的师生阅读和参考。

刘宗杰同志参加了本书部分内容的编译工作。

周游同志和王敬波同志参加了本书稿的誊抄工作。

我们感谢同意本书使用他们资料的下列先生:叶靖国、叶治政、余永权、何伟仁、在田保信、森敏、由宇义珍、谷腰欣司、Rudolf F. Graf、Iruing M. Gottlieb 等。因种种原因,在本书付印前我们未能与本书所用资料有关的所有人员都联系上,希谅;同时,希望有关人士见到本书后能与我们联系。

在本书的编写过程中,北方交通大学电气工程系郝荣泰先生给

予了很多关心和支持,我们表示衷心感谢。我们同时感谢电子工业出版社高平同志对本书的出版所给予的支持和帮助。

本书内容涉及范围广、图例多、资料来源不一,加之我们学识浅,错误和不妥之处在所难免,恳请读者不吝指正。联系地址:北方交通大学电气工程系,邮政编码:100044。

编著者

1996年6月于北京

目 录

第一篇 常用的电力电子元器件

一、二极管	(1)
1.1 普通二极管及其主要特性	(2)
1.2 稳压二极管及其主要特性	(5)
1.3 发光二极管及其主要特性	(7)
二、晶闸管	(9)
2.1 晶闸管典型特性	(11)
2.2 晶闸管的主要参数	(12)
2.3 特殊用途的晶闸管	(13)
2.4 晶闸管应用的几个注意点	(14)
三、电力晶体管(GTR)	(16)
3.1 GTR 的工作特性	(17)
3.2 GTR 的击穿特性与安全工作区	(19)
3.3 GTR 应用的几个注意点	(21)
四、门极可关断晶闸管(GTO)	(26)
4.1 GTO 的基本特性	(26)
4.2 GTO 的失效与保护	(29)
4.3 GTO 的门极驱动	(30)
五、功率场效应管(VMOS)	(32)
5.1 VMOS 的工作特性	(32)
5.2 VMOS 的应用基础	(36)
5.3 VMOS 应用的几个注意点	(37)
六、绝缘栅双极晶体管(IGBT)	(39)
6.1 IGBT 的特点	(40)
6.2 IGBT 的混合 IC 驱动器	(41)

6.3 IGBT 应用的几个注意点	(51)
七、散热器	(53)
7.1 热阻等效电路	(53)
7.2 散热器的选择方法	(56)
7.3 散热器的选择实例	(58)
7.4 散热器的简易计算方法	(59)
7.5 散热器温度的变色检测	(60)
八、电阻器	(61)
8.1 常用电阻器的种类和特点	(61)
8.2 电阻器的标称	(65)
8.3 敏感型电阻器	(70)
九、电容器	(75)
9.1 电容器的种类和特性	(76)
9.2 电容器的标称	(79)
9.3 电容器应用的几个注意点	(85)
十、磁性材料	(88)
10.1 硬磁材料	(88)
10.2 软磁材料	(90)
10.3 软磁性材料的结构与性能	(93)
10.4 软磁材料应用的几个注意点	(102)

第二篇 电力电子实用电路

十一、驱动电路	(104)
11.1 晶闸管门极放大电路	(104)
11.2 晶闸管半波触发电路	(105)
11.3 双向晶闸管的触发电路	(106)
11.4 晶闸管阳极触发电路	(107)
11.5 采用 PUT 的移相触发电路	(107)

11.6 高性能 GTO 驱动电路	(108)
11.7 30~75A 晶体管驱动电路	(109)
11.8 100~500A 功率晶体管驱动电路	(110)
11.9 大容量晶体管驱动电路	(111)
11.10 一种带加速电容的 GTR 驱动电路	(112)
11.11 VMOS 的晶体管驱动电路	(113)
11.12 VMOS 的并联应用电路	(114)
11.13 快速大电流驱动器	(116)
11.14 SANKEN 变频调速器驱动电路	(118)
11.15 专用 IC-UCN4204B 驱动步进电机的电路	(119)
11.16 专用 IC-PMM8713 构成的步进电机驱动电路	(119)
11.17 大电流全桥驱动电路	(121)
11.18 分立元件构成的三相电机双向驱动电路	(121)
11.19 增加电机驱动电流的方法	(123)
11.20 将稳压二极管进行功率放大的方法	(123)
十二、开关电路	(125)
12.1 100V/220V 电源自动切换电路	(125)
12.2 纺织机经纱断纱自停电路	(126)
12.3 无干扰电风扇调速器	(127)
12.4 双向触发二极管的代换	(129)
12.5 无线遥控调光开关	(130)
12.6 吊扇电子调速定时器	(133)
12.7 新颖声控流水彩灯控制器	(134)
12.8 双向可控硅构成的交流负载开关	(136)
12.9 电容移相的晶闸管零电压开关电路	(136)
12.10 单相交流电机的开关控制	(137)
12.11 由振荡器和双向可控硅构成的开关电路	(138)
12.12 遥控开关电路	(138)

十三、充电电路	(140)
13.1 干电池充电器	(140)
13.2 铅酸电池充电器	(140)
13.3 镍镉电池充电器	(142)
13.4 镍镉电池快速充电器	(142)
13.5 200mA/小时, 12V 镍镉电池充电器	(142)
13.6 带有限压限流功能的镍镉电池充电器	(144)
13.7 镍镉电池组自动充电器	(144)
13.8 电池充电器(一)	(145)
13.9 电池充电器(二)	(146)
13.10 12V 电池充电器	(147)
13.11 12V 可控电池充电器	(148)
13.12 电池充电调节器	(148)
13.13 通用电池充电器(一)	(149)
13.14 通用电池充电器(二)	(151)
13.15 14V、4A 电池充电器/电源	(152)
13.16 恒流充电电路	(153)
13.17 恒压限流充电器	(153)
13.18 带限流的 6V 充电器	(154)
13.19 多用电池充电器	(155)
13.20 胶体电池充电器	(156)
13.21 单结晶体管电池充电器	(157)
13.22 PUT 电池充电器	(157)
13.23 便携式镍镉电池充电器	(159)
13.24 锂电池充电器	(160)
13.25 ICOM IC-2A 电池快速充电器	(161)
13.26 利用单个太阳能电池的充电器	(161)
13.27 风能电池充电器	(163)
13.28 自动停充电池充电器	(164)

13.29 能恢复过度放电电池活力的充电器	(164)
十四、加热与温度控制电路	(166)
14.1 用温控晶闸管的温度显示电路	(166)
14.2 使用温控晶闸管的温度控制电路	(166)
14.3 温控晶闸管在报警电路中的应用	(167)
14.4 双向晶闸管驱动温度控制电路	(168)
14.5 温控镍镉电池充电器	(169)
14.6 温控晶闸管构成的零压触发交流半波温控电路	(170)
14.7 零压触发的交流半波温控电路	(170)
14.8 家用电热器的温度控制电路	(171)
十五、电源变换电路	(173)
15.1 晶闸管稳压装置	(173)
15.2 使用 PUT 的 90V 稳压电源	(173)
15.3 5V 电压调节器	(174)
15.4 5V、1A 开关稳压电源	(174)
15.5 5V、1A 遥控稳压器	(175)
15.6 单端稳压器	(175)
15.7 低成本低压降线性稳压器	(176)
15.8 使用 PNP 晶体管放大的稳压器	(177)
15.9 移动设备用 8A 稳压源	(178)
15.10 汽车用稳压源	(179)
15.11 15V、1A 稳定电源	(179)
15.12 +50V 浮动输出稳压器	(180)
15.13 +5V 输出开关稳压器	(181)
15.14 输出为-15V 的稳压器	(182)
15.15 -15V、1A 稳定电源	(182)
15.16 -15V 输出开关稳压器	(182)
15.17 -100V 浮动输出稳压器	(184)
15.18 齐纳二极管稳压电源	(184)

15.19 适合任何电源的 SCR 预稳压器	(186)
15.20 离线回扫稳压器	(186)
15.21 CMOS RAMS 的备用电源	(188)
15.22 高稳定性 10V 稳压电源	(188)
15.23 慢开通 15V 稳压器(一)	(188)
15.24 慢开通 15V 稳压器(二)	(188)
15.25 温度补偿稳压器	(189)
15.26 高温强辐射用 125A 线性稳压器	(191)
15.27 多用途电源	(191)
15.28 带有暂时后备稳定电源的 5V 供电电路	(192)
15.29 大电流无感开关稳压器	(193)
15.30 高稳定性 1A 稳压器	(194)
15.31 低纹波电源	(195)
15.32 高效负电压稳压器	(195)
15.33 5V 电源隔离稳压器	(196)
15.34 高稳定性 10V 稳压器	(197)
15.35 低压降 5V 稳压器	(198)
15.36 5A 恒压/恒流稳压电源	(198)
15.37 稳压电流源	(198)
15.38 旅行用剃须刀电源转换电路	(200)
15.39 安全恒流源	(200)
15.40 压控电流源	(201)
15.41 100V 交流稳压电源	(201)
15.42 交流稳压器	(202)
15.43 输入为 12V 直流电池,输出为 120V 交流电源	(203)
15.44 不间断 5V 电源	(204)
15.45 个人微机用不间断电源	(206)
15.46 小功率逆变器	(207)
15.47 2.2kW 叠加式开关稳压器	(207)

15.48 80W 功率因数前置变换器	(210)
15.49 175W 功率因数前置变换器	(212)
15.50 滞环模式功率因数校正电路	(214)
15.51 定频断续模式功率因数校正电路	(214)
15.52 100kHz、100W 的大范围电源	(215)
15.53 5V、50A 积木式开关电源	(217)
15.54 100W 反激型开关稳压电源	(222)
15.55 5V、200A 的开关稳压电源	(223)
15.56 500kHz、35W 的开关稳压电源	(229)
15.57 200kHz、50W 的开关稳压器	(231)
15.58 5V、0.5A 降压变换器	(233)
15.59 伺服仪表用直流变换器	(233)
15.60 用于 12V 系统的 500kHz 逆变电源	(234)
15.61 100V、0.25A 开关模式变换器	(234)
15.62 开关电源电路	(235)
15.63 大电流开关电源	(236)
15.64 小功率开关稳压器	(239)
15.65 $\pm 50V$ 前向开关变换器	(239)
15.66 DC/DC 开关电源	(241)
15.67 高稳定度 25kHz 开关电源电路	(241)
15.68 200kHz 开关电源	(242)
15.69 试验型开关电源	(242)
15.70 5V、0.5A 供电电源	(245)
15.71 低前向压降整流电路	(246)
15.72 小型电源	(246)
15.73 50W 离线式开关电源	(247)
15.74 手持无线电收发机的直流变换器	(250)
15.75 反馈隔离电源	(250)
15.76 125W 谐振开关电源	(252)

十六、高电压电路	(256)
16.1 简易高电压电源(一)	(256)
16.2 简易高电压电源(二)	(256)
16.3 低成本超高压发生器	(257)
16.4 高压降压斩波稳压电源	(258)
16.5 预稳压高压电源	(259)
16.6 电容放电高压电源	(261)
16.7 高电压稳压器	(261)
16.8 光电隔离高压电源	(262)
16.9 电池供电高压发生器	(263)
16.10 高压直流电源	(264)
16.11 400V、60W 推挽电源	(264)
16.12 电源变换器	(266)
16.13 高压回扫变换器	(268)
16.14 简易特斯拉线圈	(270)
16.15 特斯拉线圈	(271)
16.16 可调高电压源	(272)
16.17 高压盖革计数器电源	(272)
16.18 双向可控硅倍压电源	(272)
16.19 高精度高压稳压电源	(274)
16.20 具有折返电流限制的高压电源	(274)
16.21 高压电源	(275)
16.22 高压逆变器	(276)
十七、输出可调或多路输出电源	(278)
17.1 简易±9V 电源	(278)
17.2 ±5V 和±12V 输出的开关稳压电源	(279)
17.3 简易正负双输出电源	(281)
17.4 稳压电源分压器	(282)
17.5 双路输出台式电源	(282)

17.6 100kHz 多路输出开关电源	(282)
17.7 微机用多路输出开关稳压器	(283)
17.8 分压电源	(286)
17.9 变 8~40V 输入为 $\pm 15V$ 双输出的稳压源	(286)
17.10 $\pm 50V$ 推挽式开关变换器	(287)
17.11 由电池提供电能的双极性电源	(288)
17.12 双向电流源	(289)
17.13 双极性电源	(290)
17.14 双通道稳压器	(291)
17.15 $+12V$ 、 $\pm 5V$ 三路输出电源	(291)
17.16 单路输入双路输出稳压源	(292)
17.17 具有电流限制、电压可调的电源	(293)
17.18 可变稳压二极管	(293)
17.19 输出可调稳压电源	(294)
17.20 输入为 12V, 输出为 9V、7.5V 或 6V 的变换器	(294)
17.21 可调稳压器(0~10V、3A)	(294)
17.22 6V 可变输出开关稳压电源	(295)
17.23 输出电流 3A, 电压 12~14V 可调的电源	(296)
17.24 输出可调的稳压器	(296)
17.25 3~30V 通用电源模块	(297)
17.26 100mA~2A 可变电流源	(299)
17.27 可编程电源	(299)
17.28 输出电压可调的 10A 稳流器	(300)
17.29 双输出笔记本电脑电源	(301)
十八、电机控制电路	(303)
18.1 单相串励电机的速度控制电路	(303)
18.2 用双向可控硅的单相串励电机速度控制电路	(303)
18.3 直流并励电机的速度控制电路	(303)
18.4 采用斩波方式控制电机的速度	(304)

18.5 晶体管构成的直流伺服系统	(305)
18.6 缝纫机电机的相位控制调速	(305)
18.7 榨汁机的速度控制电路	(307)
18.8 洗衣机控制电路	(307)
18.9 由 SSR 构成的三相电机正/反转控制电路	(309)
18.10 由双向可控硅构成的三相电机正/反转电路	(309)
18.11 单相感应电机的正/反转、制动电路	(310)
18.12 单相感应电机的正/反转控制	(310)
18.13 单相电机的正/反转控制	(311)
18.14 直流电机的制动电路	(312)
18.15 由双向可控硅和 SBS 构成的交流电机相控电路	(313)
18.16 双向可控硅构成的感应电机的恒速控制电路	(313)
18.17 感应电机的电压控制电路	(315)
18.18 感应电机的恒速控制电路	(315)
18.19 用交流电源驱动直流电机正/反转的电路	(316)
18.20 感应电机的简单调速电路	(316)
18.21 交、直流电机的调速电路	(318)
18.22 用交流电源驱动直流电机	(318)
18.23 四个晶体管构成的直流电机的正/反转电路	(319)
18.24 由两个差动电路驱动的电机正/反转电路	(320)
18.25 功率运算放大器构成的电机正/反转电路	(320)
18.26 专用 IC 构成的单相无换向器电机	(321)
18.27 专用 IC 构成的三相无换向器电机	(323)
18.28 无传感器无换向器式电机	(324)
18.29 二相半波四线圈 180°导通的无刷电机	(325)
18.30 带有恒速控制的无刷电机电路	(326)
18.31 由 TA7245BP 构成的三相无换向器电机	(327)
18.32 采用电压切换法改善步进电机的响应特性	(328)
18.33 直流电机的 PLL 控制(一)	(329)

18.34 直流电机的 PLL 控制(二)	(330)
18.35 直流电机的 PLL 控制(三)	(330)
18.36 PMM8713 构成的励磁电路(一)	(331)
18.37 PMM8713 构成的励磁电路(二)	(332)
18.38 PMM8713 构成的励磁电路(三)	(332)
18.39 步进电机的无励磁电路	(333)
18.40 采用 FG 的恒速控制电路(一)	(335)
18.41 采用 FG 的恒速控制电路(二)	(335)
18.42 采用 FG 的恒速控制电路(三)	(336)
18.43 采用比例电流控制方式的电子调速器	(337)
18.44 使用 1.5V 电源的桥式直流伺服电机电路	(338)
18.45 以两节干电池作电源的桥式直流伺服系统	(338)
18.46 AN6650 构成的直流伺服电路	(340)
18.47 功率运放构成的正/反转电路	(340)
18.48 运放构成的电机正/反转电路	(341)
18.49 直流电机的速度控制电路	(341)
18.50 分马力电机的双向控制	(343)
18.51 直流电机调速板 KJZ-1	(344)
十九、监控电路	(346)
19.1 电源监视器	(346)
19.2 微机电源看门狗	(347)
19.3 欠压报警器	(347)
19.4 电源平衡指示器	(348)
19.5 单电源故障监视器	(350)
19.6 铅酸电池低压检测器	(350)
19.7 晶闸管工作状态监控电路	(350)
二十、保护电路	(353)
20.1 简易快速保护电路	(353)
20.2 快速动作电源保护电路	(354)

20.3 5V 快速短路电路	(354)
20.4 能自动复位的过压保护电路	(354)
20.5 逻辑电路电源的过压保护	(355)
20.6 过压保护电路(SCR 快速短路)	(355)
20.7 电源保护电路	(356)
20.8 功率晶体管的保护电路	(357)
20.9 可变恒流电路	(358)
20.10 可变限流电路	(359)
20.11 0.65A 限流电路	(359)
20.12 1A 限流电路	(359)
20.13 功率晶体管的过热保护	(361)
20.14 简易镍镉电池短路故障快速消除器	(361)
20.15 镍镉电池短路快速消除器(一)	(361)
20.16 镍镉电池短路快速消除器(二)	(362)
20.17 全自动保护电冰箱电子温控器	(363)
20.18 掉电时存储器保护电源	(367)
20.19 提高稳压管的功率等级	(368)
20.20 具有过流和过热保护系统的 10A 稳压电源	(368)
20.21 带短路保护的低压稳压电源	(369)
二十一、灯光照明电路	(371)
21.1 由晶闸管构成的日光灯调光电路	(371)
21.2 由双向可控硅构成的日光灯调光电路	(371)
21.3 用双向可控硅调光的电子镇流器	(373)
21.4 照明灯稳压电路(一)	(373)
21.5 照明灯稳压电路(二)	(375)
21.6 可调照明灯稳压装置	(376)
21.7 单开关管的 8W 日光灯镇流器	(376)
21.8 25W 弧光灯电源	(376)
21.9 复印机灯软启动电路	(379)