

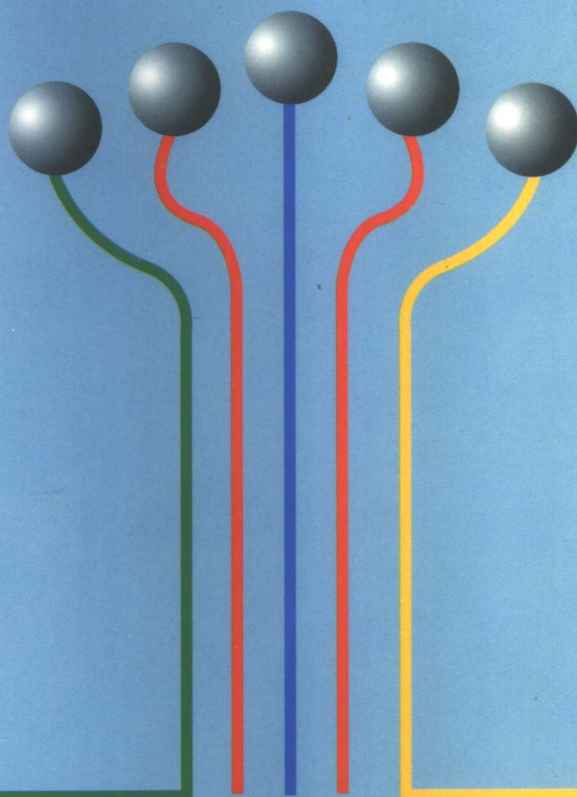
DIANYUANYUANQIJIANFENCE

实用电源技术手册

SHIYONGDIANYUAN
JISHUSHOUCE

电源元器件分册

分册主编 / 史平君



辽宁科学技术出版社

实用电源技术手册

电源元器件分册

分册主编 史平君

辽宁科学技术出版社

·沈阳·

内 容 简 介

本书从应用的角度介绍电源中元器件的基本原理、参数定义、基本参数、选配原则及应用中的注意事项,也结合元器件的应用给出一些实用的电源电路图。内容包括功率半导体器件、功率器件的集成驱动电路、常用集成控制器、辅助电路器件、荧光灯镇流器电路器件、微电子功率继电器、电阻器、电容器等。编排上除了考虑到尽可能系统地介绍电源各部分所使用的元器件外,也注意尽量反映电源元器件的最新发展动态。

本书的读者对象为电类中专以上程度的工程技术人员;对从事电源设计、开发、生产、使用和维修的工程技术人员、大专院校师生、业余电子爱好者均有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

实用电源技术手册:电源元器件分册/史平君主编;
- 沈阳:辽宁科学技术出版社,1999.1
ISBN 7-5381-2854-9

I. 实… II. 史… III. ①电源-技术-手册②
电源-电器元件-手册 IV. TM91-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 23758 号

辽宁科学技术出版社出版
(沈阳市和平区北一马路 108 号 邮政编码 110001)
朝阳新华印刷厂印刷 辽宁省新华书店发行

开本:787×1092 毫米 1/16 字数:323 千字 印张:14 $\frac{3}{4}$

印数:1—6,000

1999 年 1 月第 1 版

1999 年 1 月第 1 次印刷

责任编辑:枫 岚

版式设计:于 浪

封面设计:庄庆芳

责任校对:东 戈

定价:26.00 元

《实用电源技术手册》编辑委员会

主任委员兼总主编 丁道宏

副主任委员兼副总主编 叶治政 李允武

委 员 (按姓氏笔画排列)

丁道宏 马凤兰 倪本来 王其英 叶治政
史平君 李允武 李占师 刘选忠 张乃国

《电源元器件分册》

主 编 史平君

主 审 叶治政

编 者 (按姓氏笔画排列)

史平君 张 翌(美) 庞棣华 赵建统

7-AP 75/04

总 前 言

《实用电源技术手册》，这里的“电源技术”，是指采用功率电子技术，将一种（直流或交流）电源，变换成另一种或另一规格大小的电源技术。这种经过变换的电源，将能更好地适用于各种用电设备的不同要求。电能（源）经过功率电子技术处理，又能获得良好的节能效果。国外发达国家作为电源的电能，已有 80% 经过这种技术处理，节能效果达 15% 到 40%。预计到 2000 年经过处理再应用的电能将达到 95%。

近 20 年来，电源技术经过了迅速而又长足的发展。作为电源技术的关键元件——大功率半导体器件，从半控型的晶闸管，发展到可关断晶闸管（GTO）以及全控制型功率晶体管（GTR），绝缘栅双极型晶体管（IGBT），功率场效应晶体管。电源变换技术，也从开始采用线性变换发展到开关电源、高频开关电源；并且还有“硬开关”、“软开关”技术。功率等级也从几十瓦，发展到几十千瓦（伏安）或几百千瓦（伏安）。应用则涉及到计算机、通信、工业自动化、电子或电工仪器和家用电器等，几乎包括科学技术的各个领域和社会生活的各个方面。应用范围如此之广，一方面已形成了庞大的专业技术队伍，全国具有技术职称的专业人员，大约不少于 8 万人。这里包括研究、设计、生产、维修人员，其中中等或中等以上专业技术人员占多数。另一方面，也形成了广大的电源用户队伍。

《实用电源技术手册》的出版，正是面对当前这样的形势。《手册》将介绍不同种类电源的基本工作原理、单元的组成、性能与主要技术指标、典型产品的剖析介绍；电源的使用与维护、性能的测试要求与测试方法；不同类型电源的优缺点与适用场合、使用中应注意的问题，等等。对于某些电源，还介绍了一些基本的设计计算方法。这些内容，对于用户如何从型号繁多的各种电源中正确地选用电源，如何正确地使用与维护电源，无疑是会有很大帮助的。对于广大的维修人员也将是一本重要的可以直接借鉴的参考书。对于设计与研究人员，在电源技术的工程实践方面，包括：电源电路的方案选择、主要元件选用与基本计算和确定、加工与调试等，本书也希望能成为一本不可缺少的工具书。

《实用电源技术手册》采用按电源种类或专题，以《分册》形式陆续出版。现已确定的《分册》有：《电源元器件分册》，这是考虑到元器件是各种不同电源的基础；还有《交流稳定电源分册》、《不间断电源分册》、《模块式电源分册》等。将从 1998 年陆续出版。

本书的读者对象为具有电类中专以上水平，并有一定电源实际工作经验的工程技术人员，对于大专院校师生、业余电子爱好者都有参考价值。

由电源行业组织编写系统而又完整的《实用电源技术手册》，对于我们是初次尝试，限于水平，错漏难免，欢迎读者不吝赐教，批评指正。

《实用电源技术手册》总主编 丁道宏

1998.4

分册前言

电源在国民经济的各个领域正得到越来越广泛的应用,不仅在所有军用、工业用和一般民用电子设备上需要电源,而且在许多场合,如焊接、冶炼、电解、电镀、热处理、环保除尘等设备中还需要各种特殊的电源,可以说只要用电的地方都需要电源。

对从事电源技术与产品设计和生产的技术人员来说,要按技术要求设计生产出一个高质量的电源,除了合理地选好电路拓扑外,还应正确地使用电源元器件。本书从应用角度,介绍电源中元器件的基本原理、参数定义、基本参数、选配原则及应用中的注意事项,也结合元器件的应用给出一些实用的电源电路图。

在内容编排上,除了考虑到尽可能系统地介绍电源各部分所使用的元器件外,也注意到尽可能地反映电源元器件的最新发展动态,书中重点介绍近年来出现的新的电源元器件。在功率半导体器件一章,详细介绍 MOSFET、IGBT、BJT、快恢复二极管等;对其他新型的功率器件,如静电感应晶体管 SIT、静电感应晶闸管 SITH、MOS 栅极晶闸管 MCT 作了简要的介绍。在功率器件的驱动电路一章,主要详细介绍 GTR、MOSFET 和 IGBT 的集成驱动电路,对智能功率集成电路也作了简要介绍。在集成控制器一章,较全面地介绍了 PWM、谐振式和移相式等类型的集成控制器、功率因数校正与均流集成控制器。在辅助电路器件一章介绍了光电耦合器、基准电压源、霍尔传感器和瞬态电压抑制器等。荧光灯镇流器电路集成器件和微电子功率继电器两章,主要介绍最新厚膜集成电子镇流器电路和最新的光电继电器。电阻器和电容器两章,主要介绍电源电路中常用的、特殊的电阻器和电容器。

本书主要由史平君、张翌、庞棣华、赵建统编写。西安交通大学的叶治政教授在本书的编写工作中始终给予支持与指导。

美国国际整流器 (IR) 公司的张为佐先生和王华东先生对本书的编写给予了热情的支持与关注,提供了许多最新的实用技术资料;中国兵器工业部二〇六研究所电源室的陈义怀、解云、张朋年、阎群、李超等参加了资料翻译、文字插图处理等工作;电子部二十所的黄选才研究员提供了一些技术资料,使本书能按时出版。编者对此表示谢意。

鉴于编者水平所限,书中可能尚存不少缺点和错误,敬请读者批评、指正。

编著者

目 录

第 1 章 功率半导体器件	1
1.1 双极型功率晶体管	1
1.1.1 双极型功率晶体管的主要特性和参数	1
1.1.2 常用功率晶体管性能参数	5
1.2 功率 MOSFET	8
1.2.1 功率 MOSFET 的基本特性与主要参数	8
1.2.2 功率 MOSFET 与功率晶体管的比较	11
1.2.3 功率 MOSFET 的使用	12
1.2.4 常用功率 MOSFET 性能参数	17
1.3 IGBT	23
1.3.1 IGBT 的结构原理及特点	23
1.3.2 设计 IGBT 驱动电路应考虑的问题	24
1.3.3 IGBT 的过压和过流保护	26
1.3.4 IGBT 的并联使用	27
1.3.5 常用 IGBT 性能参数	29
1.4 其他新型功率半导体器件	34
1.4.1 静电感应晶体管 SIT	34
1.4.2 静电感应晶闸管 SITH	35
1.4.3 MOS 栅极晶闸管 MCT	36
1.5 快恢复二极管	37
1.5.1 快恢复二极管的开关特性	37
1.5.2 肖特基二极管	39
1.5.3 快恢复二极管在电源电路中的应用	39
1.5.4 常用快恢复二极管性能参数	41
第 2 章 功率器件的集成驱动电路	45
2.1 GTR 的集成驱动电路	45
2.1.1 HL201A	45
2.1.2 HL202A	46
2.1.3 EXB356/357	48
2.2 功率 MOSFET 的集成驱动电路	50

2.2.1	IR2125	50
2.2.2	IR2110	54
2.2.3	IR2130	57
2.2.4	UC3724/3725	64
2.3	IGBT 的集成驱动电路	69
2.3.1	EXB840/841	69
2.3.2	M57959L/M57959AL/M57962L/M57962AL	72
2.3.3	HR065	78
2.4	智能功率集成电路	80
2.4.1	SPS 系列智能功率集成电路	81
2.4.2	PWR 系列智能功率集成电路	85
2.4.3	智能功率模块 (IPM) 简介	88
第 3 章	常用集成控制器	90
3.1	PWM 集成控制器	90
3.1.1	电压型 PWM 集成控制器 SG1525A/SG1527A	90
3.1.2	电流型 PWM 集成控制器 LT1846/LT1847	95
3.1.3	电压电流型 PWM 集成控制器 UC1825	99
3.1.4	三相 PWM 集成控制器 MA818	101
3.2	谐振型集成控制器	109
3.2.1	MC33066/MC34066 高性能谐振控制器	110
3.2.2	ZVS/ZCS 谐振型集成控制器 UC1861 ~ 1868	114
3.3	移相式集成控制器	117
3.3.1	移相谐振软开关全桥变换控制芯片 ML4818	117
3.3.2	移相谐振控制电路 UC1875	124
3.4	功率因数校正集成控制器及均流集成控制器	129
3.4.1	功率因数校正集成控制器 UC3855A/B	129
3.4.2	均流集成控制器 UC3907	132
第 4 章	辅助电路器件	137
4.1	光电耦合器	137
4.1.1	光电耦合器的基本特性	137
4.1.2	几种常用光电耦合器的主要参数	139
4.2	其他的新型光电隔离器件	140
4.2.1	PVI 系列光电隔离器	140
4.2.2	绝缘反馈发生器 UC1901	144
4.3	几种特殊的基准电压源	147
4.3.1	精密基准电压源 LM399 系列	147

4.3.2 高精度并联稳压器 TL431	149
4.4 霍尔传感器	151
4.4.1 霍尔传感器的工作原理	152
4.4.2 霍尔传感器主要性能指标	153
4.4.3 霍尔传感器使用注意事项	153
4.4.4 霍尔传感器的应用示例	154
4.4.5 常用霍尔传感器参数	155
4.5 瞬态电压抑制器 TVS	157
4.5.1 TVS 的特性及主要参数	157
4.5.2 TVS 的分类	159
4.5.3 TVS 的选用指南	159
4.5.4 TVS 的典型应用	159
4.5.5 常用 TVS 性能参数	160
第 5 章 荧光灯镇流器电路器件	162
5.1 自激振荡半桥驱动器	162
5.1.1 自激振荡半桥驱动器 IR2151	162
5.1.2 自激振荡半桥驱动器 IR2155	164
5.2 采用 IR2151/IR2155 控制器的简单电子镇流器	166
5.2.1 工作原理	166
5.2.2 装配注意事项	167
5.2.3 其他几种采用 IR2151/IR2155 控制器的电子镇流器电路	167
5.3 自激振荡厚膜半桥电路	169
5.3.1 自激振荡厚膜半桥电路 IR51H214	169
5.3.2 自激振荡厚膜半桥电路 IR51H310	171
5.3.3 自激振荡厚膜半桥电路 IR51H420	172
5.4 用 IR51H 系列厚膜半桥电路组成的袖珍型荧光灯镇流器	174
第 6 章 微电子继电器	177
6.1 HEXFET 功率 MOSFET 光电继电器	177
6.1.1 PVG612 系列单极常开继电器	177
6.1.2 PVN012 系列单极常开继电器	179
6.2 Chipswitch 功率集成电路继电器	180
6.2.1 CS60 系列双列直插式继电器	180
6.2.2 DPA 系列双列直插式继电器	182
6.2.3 SPA 系列单列直插式继电器	184
6.3 BOSFET 功率集成电路继电器	185
6.3.1 PVA10 系列光电继电器	185

6.3.2	PVA30 系列光电继电器	187
6.3.3	PVAZI72 光电继电器	188
6.3.4	PVD10 系列光电继电器	189
6.3.5	PVD33 系列光电继电器	190
6.3.6	PVDZI72 光电继电器	192
6.3.7	PVR13 系列光电继电器	193
第 7 章 电阻		195
7.1	压敏电阻	195
7.1.1	特点及适用范围	195
7.1.2	主要电参数术语	195
7.1.3	几种典型压敏电阻	196
7.1.4	压敏电阻器应用典型电路示例	200
7.2	热敏电阻	202
7.2.1	特点及适用范围	202
7.2.2	主要电参数术语	202
7.2.3	几种典型的热敏电阻	203
7.3	光敏电阻	206
7.3.1	特点及适用范围	206
7.3.2	主要参数术语	207
7.4	精密合金箔电阻	208
7.5	阻燃电阻	209
7.6	熔断电阻	209
7.7	金属膜电阻	210
7.8	绕线电阻	211
7.9	片状电阻	211
7.9.1	阻值固定的片状电阻	211
7.9.2	阻值可调的片状电阻	211
7.10	其他电阻	212
第 8 章 电容		213
8.1	瓷介电容	213
8.1.1	CC4 型独石高频瓷介电容	213
8.1.2	中高压瓷介电容	214
8.1.3	穿心式瓷介电容	214
8.2	有机薄膜介质电容	215
8.2.1	几种典型涤纶电容	215
8.2.2	几种典型聚苯乙烯电容	216

8.2.3 几种典型聚丙烯电容	216
8.3 钽电容	217
8.4 片状电容	218
8.4.1 陶瓷片状电容	218
8.4.2 片状钽电容	219
8.4.3 片状薄膜电容	220
8.4.4 片状双电荷层电容	220
8.5 云母电容	221
8.5.1 CV-8kV-2×0.014F 高压云母纸电容	221
8.5.2 CV1 型高压云母纸电容	221
8.5.3 CV2 型高压云母纸电容	222
8.5.4 CV8 型高压云母纸电容	222
8.5.5 CV11 型高压云母纸电容	223
8.5.6 片状云母电容	223
参考文献	224

第 1 章 功率半导体器件

1.1 双极型功率晶体管

双极型功率晶体管 BJT (Bipolar Junction Transistor) 简称功率晶体管, 对特别大功率的晶体管也称电力晶体管或巨型晶体管 GTR (Giant Transistor)。

BJT 是用基极电流 I_b 控制集电极电流 I_c 的电流型控制器件。在开关电源中, BJT 主要工作于开关状态, 常用开通、导通、关断、截止来表示不同的工作状态。导通和截止是表示 BJT 接通和断开的两种稳态工作情况, 开通和关断则表示 BJT 由断到通、由通到断的动态过程。使用中总希望 BJT 的工作接近于理想的开关状态, 即导通时压降要趋于零, 截止时电流要趋于零, 两种状态间的转换过程要快。

1.1.1 双极型功率晶体管的主要特性和参数

1. 开关特性和开关时间

由于晶体管不可能是完全理想的, 所以晶体管的导通和截止都不会是瞬时完成的, 而是需要一定时间。在开关过程中, 完成由截止状态经放大状态到饱和状态 (开通时), 或由饱和状态经放大状态到截止状态 (关断时) 的过程所需时间是开关晶体管的重要参数。以图 1-1 所示的共射极接法为例来介绍 BJT 的开关特性, 假定在基极上所加的驱动信号足以使晶体管饱和或截止。

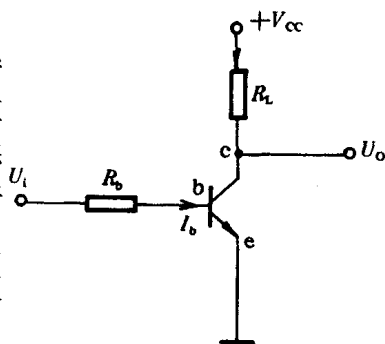


图 1-1 BJT 的共射极接法

(1) 开通过程 从加开通信号时刻起到管子开始进入饱和所需要的时间称为开通时间。这个时间定义为从加开通信号时刻起到集电极电流上升到其最大值的 90% 止所需要的时间, 用 t_{on} 表示。

开通时间 t_{on} 由延迟时间 t_d 和上升时间 t_r 两部分组成, 如图 1-2 所示。

1) 延迟时间 t_d 。 t_d 定义为从加开通信号起到集电极电流 i_c 上升到其饱和值的 1/10 (即 $0.1I_{CS}$) 止所需的时间。其实质是反映管子从截止状态到开始进入放大状态的时间。

2) 上升时间 t_r 。 t_r 定义为集电极电流从 $0.1I_{CS}$ 上升到 $0.9I_{CS}$ 时所需要的时间。其实是管子从开始进入放大区到开始进入饱和区所需要的时间。

(2) 关断过程 关断过程用关断时间 t_{off} 来描述。关断时间 t_{off} 是由存贮时间 t_s 和下降时间 t_f 组成的。

1) 存贮时间 t_s 。 t_s 定义为从关断信号加入起到集电极电流下降到 $0.9I_{CS}$ 为止所需

要的时间。其实质是晶体管从过驱动饱和状态到临界饱和状态所需要的时间。

2) 下降时间 t_f 。 t_f 定义为集电极电流从 $0.9I_{CS}$ 下降到 $0.1I_{CS}$ 所需要的时间。其实质是晶体管由临界饱和状态经过放大状态进入截止状态所需要的时间。

BJT 的开关时间与管子本身的工艺结构及驱动电路有关。目前, 双极型功率晶体管的开关时间一般为: 导通时间 $50 \sim 500\text{ns}$; 关断时间 $500 \sim 2000\text{ns}$ 。在管子一定的情况下, 驱动电流的大小, 是否有反向驱动电流, 对管子的开关时间有很大的影响。

2. 极限参数和安全工作区

晶体管处理功率的能力主要受最大集电极电流 I_{CM} 、最高耐压、最大耗散功率 P_{CM} 等极限参数和二次击穿的限制。

(1) 极限参数:

1) 最大集电极电流 I_{CM} 晶体管理论和实践均指出, 在大电流的情况下, 随着集电极电流 I_C 的增加, 电流放大系数、截止频率、特征频率都要下降, 开关时间也会加长。因此, 一般规定最大工作电流作为一个极限参数。

2) 最大耗散功率 P_{CM} 这是晶体管在热特性方面的限制。晶体管工作过程中, 由于管子的集电结和发射结都有电压和电流, 所以它们都要消耗一定的功率。一般讲, 集电结消耗的功率比发射结的大得多, 因此, 晶体管总的消耗功率可近似认为是集电结消耗的功率。这个功率要产生热量, 使集电结的结温升高, 结温升高又会使集电极电流增大, 使结温进一步升高, 如散热不好, 就会形成恶性循环, 发生热击穿。因此, 根据不发生热击穿的要求规定了最高集电极结温。而对结构一定的晶体管都规定一个与可能产生最高结温相对应的最大耗散功率。

作为开关使用的晶体管的功率损耗主要来自三个方面: 导通损耗、截止损耗和开关损耗。一般讲, 截止损耗与其他两项损耗相比要小得多, 可以忽略。

①导通损耗 P_{ON} , 即管子处于导通状态时的损耗。它主要取决于导通时的集电极电流和晶体管的饱和压降。

②开关损耗 P_{SW} , 即开关过程中管子的损耗。由于晶体管不能瞬时开与断, 使开关过程中管子上同时存在电压和电流, 因而产生开关损耗。

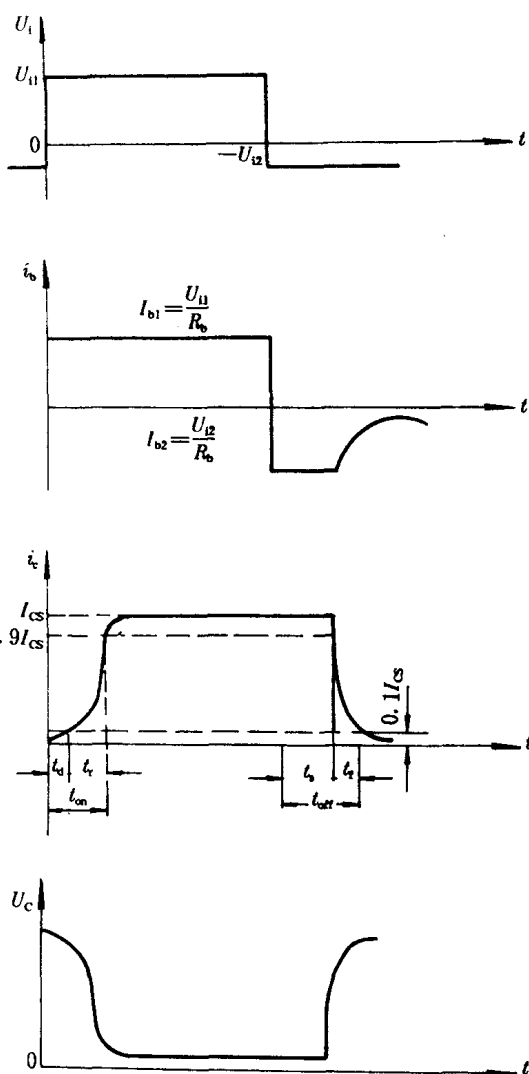


图 1-2 BJT 的开关特性

3) 最高耐电压 晶体管有两个结, 一个是发射结, 一个是集电结。它们所能承受的最大反向电压是晶体管的一个重要参数, 分以下几种:

① $U_{(BR)EBO}$: 集电极开路时射 - 基极间反向击穿电压。超过这个极限值, 发射结将被击穿。一般合金结晶体管 $U_{(BR)EBO}$ 较高, 典型值为几十伏。平面管 $U_{(BR)EBO}$ 较低, 典型值为几伏。

② $U_{(BR)CBO}$: 发射极开路时集 - 基极间反向击穿电压。由于这个反向击穿电压是由集电结雪崩击穿电压决定的, 所以有较高的值。

③ 集 - 射极间的击穿电压, 有下列几种情况:

$U_{(BR)CEO}$: 基极开路时集 - 射极间反向击穿电压;

$U_{(BR)CES}$: 基 - 射极间短路时, 集 - 射极间反向击穿电压;

$U_{(BR)CER}$: 基 - 射极间接一电阻 (R_B) 时, 集 - 射极间反向击穿电压;

$U_{(BR)CEX}$: 基 - 射极间接一电阻 (R_B) 并串联反偏电压 V_{RB} 时, 集 - 射极间反向击穿电压。

它们之间的大小关系为:

$$U_{(BR)CBO} > U_{(BR)CES} > U_{(BR)CEX} > U_{(BR)CER} > U_{(BR)CEO}$$

如图 1-3 所示。

(2) 二次击穿 前述的最高集 - 射极间电压额定值 $U_{(BR)CEO}$ 又称为一次击穿电压, 发生一次击穿时反向电流急剧增加。如果有外接电阻限制电流的增长时, 一般不会引起晶体管特性变坏; 如果不加限制, 就会导致破坏性的二次击穿。所谓二次击穿是指器件发生一次击穿后, 集电极电流继续增加, 在某电压、电流点产生向低阻抗区高速移动的负阻现象。二次击穿时间在 ns 至 μs 的数量级之内, 即使在这这样短的时间内, 它也能使器件内部出现明显的电流集中和过

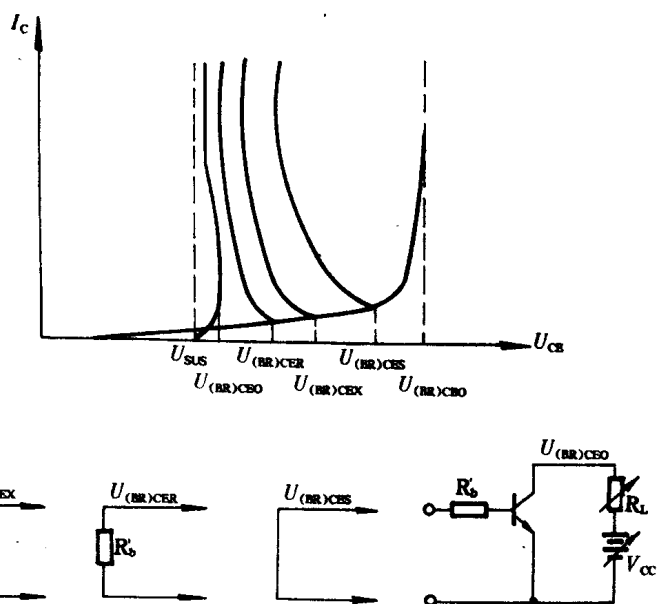


图 1-3 BJT 的几种击穿电压

热点。因此, 一旦发生二次击穿, 轻者使 BJT 耐压降低、特性变差, 重者使集电结和发射结熔通, 使 BJT 受到永久性损坏。

图 1-4 (a) 给出了晶体管在三种不同工作状态下的二次击穿示意图。图中画出了 $I_b > 0$ 、 $I_b = 0$ 和 $I_b < 0$ 三种典型工作状态下的二次击穿曲线。图中 $I(P)$ 、 $I(O)$ 和 $I(N)$ 分别表示上述三种情况下开始发生二次击穿的临界电流。从图中看出, 不同的 I_b

时，开始发生二次击穿的临界电流和电压是不同的。把不同的 I_b 下开始发生二次击穿所对应的电流和电压坐标点连接起来的曲线称为二次击穿临界线，如图 1-4 (b) 所示。

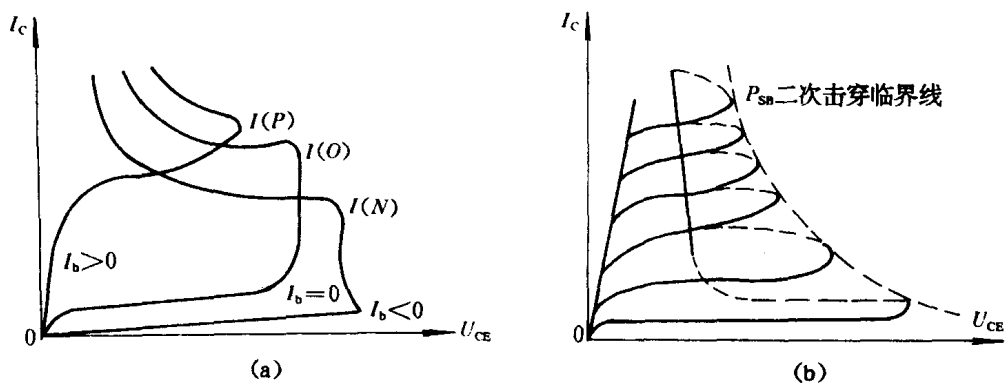


图 1-4 不同状态情况下的二次击穿曲线

(3) 安全工作区 安全工作区 SOA (Safe Operating Area) 是指 BJT 能够安全运行的电流电压极限范围，它主要受四个参数限制，如图 1-5 所示。

1) 集电极最大电流 I_{CM} 。如果在脉冲状态下，集电极最大电流要比直流运行时大，一般为直流时的 1.5 ~ 3 倍。具体值取决于脉冲持续时间和导通比。

2) 集电极最大耗散功率 P_{CM} 。

3) 二次击穿功耗 P_{SB} 。此曲线由实验决定。对于正偏二次击穿功耗，其电压电流关系为：

$$I_{SB} \propto U^{-n} \quad (1-1)$$

式中 I_{SB} 和 U 分别为 (正偏) 二次击穿临界点的电流和电压。n 一般在 1.5 ~ 4 之间。所以，该曲线在对数坐标上变成斜率为 (-n) 的直线。

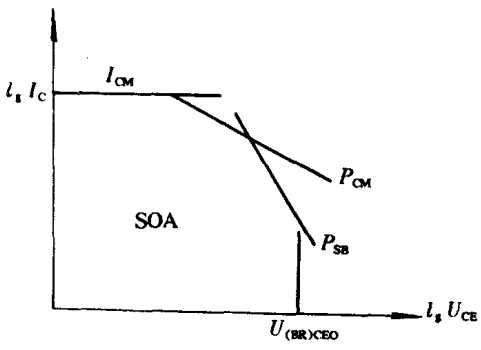


图 1-5 BJT 的直流安全工作区

4) 最大工作电压 U_{CEM} 。对于电阻负载， U_{CEM} 可取为 $U_{(BR)CEO}$ 。对于电感负载就取为维持电压 (Sustaining Voltage) $U_{(SUS)CE}$ 。所谓维持电压是指晶体管在电感负载下开关时，在规定的电流值内不发生异常现象所能承受的最大电压。维持电压又分为两种：

① $U_{(SUS)CEO}$ 为表示关断晶体管时基极没有反向偏压时的维持电压。

② $U_{(SUS)CEX}$ 为关断晶体管时基极有反向偏压时的维持电压。应该指出，由于在电感负载下的开关晶体管，其管压降与集电极电流在 UI 平面上的轨迹与电阻负载时不同，所以 $U_{(SUS)CEO}$ 、 $U_{(SUS)CEX}$ 要比 U_{CEO} 和 U_{CEX} 低。

目前，国际上习惯将达到产品水平的功率晶体管按 $U_{(SUS)CEO}$ 区分为三个范围：低压系列产品： $U_{(SUS)CEO} < 120V$ ；高电压系列产品： $120V < U_{(SUS)CEO} < 500V$ ；超高压系列产品： $500V < U_{(SUS)CEO} < 1500V$ 。

作为开关用的双极型晶体管的几个主要性能参数及对它们的要求如下：

- ①开关特性, 希望开通时间 t_{on} 和关断时间 t_{off} 小;
- ②直流电流放大系数 β , 希望大;
- ③饱和压降, 希望小;
- ④电压耐量 U_{CEO} , $U_{(SUS)CEO}$, 在不增加成本条件下, 希望高;
- ⑤电流耐量 I_{CM} , 在不增加成本条件下, 希望大;
- ⑥功率耐量 P_{CM} , 在不增加成本条件下, 希望大;
- ⑦二次击穿耐量 P_{SB} , 在不增加成本条件下, 希望大。

1.1.2 常用功率晶体管性能参数

本节列出了部分常用功率晶体管性能参数, 供选用参考:

表 1-1 常用功率晶体管性能参数

数值 型号	参数	U_{CBO}/V	U_{CEO}/V	$U_{(SUS)CEO}/V$	$I_C(\text{连续})/A$	P_C/W	$\beta(\text{min})$	开关时间(max)		
								$t_{on}/\mu s$	$t_s/\mu s$	$t_f/\mu s$
2SC4383		200	180	180	8	40	30	2.0	4.0	1.0
2SC2767		300	200	200	5	60	20	1.0	2.0	1.0
2SC2769		300	200	200	10	100	20	0.8	2.0	0.5
2SC3822		450	400	400	5	30	10	1.0	2.5	0.5
2SC3723		450	400	400	5	40	10	1.0	2.5	0.5
2SC3821		450	400	400	5	40	10	1.0	2.5	1.0
2SC4242		450	400	400	7	40	10	1.0	2.5	0.5
2SC3724		450	400	400	10	80	10	1.0	2.5	0.5
2SC2625		450	400	400	10	80	10	1.0	2.0	1.0
2SC3725		450	400	400	15	80	10	1.0	2.5	0.5
2SC2929		500	400	400	3	60	20	1.5	2.0	0.8
2SC3865		500	400	400	5	40	10	0.5	1.5	0.15
2SC4622		500	400	400	7	40	10	1.0	2.5	0.5
2SC4795		500	400	400	30	120	20	1.0	2.5	0.5
2SC2542		650	400	400	5	60	10	1.0	2.0	1.0
2SC2245		650	400	400	10	120	10	1.0	2.0	1.0
2SC2246		650	400	400	15	120	10	1.0	2.0	1.0
2SC2623		650	400	400	20	120	10	1.0	3.0	1.0
2SC4786		900	500	500	5	40	20	1.0	4.0	0.5
ET359		300	200	200	8	80	80	2.0	4.0	1.0
ET405		450	400	400	10	80	10	1.0	2.0	1.0
ET364		450	400	400	20	80	10	1.0	3.0	1.0
ET389		500	400	400	5	30	18	1.0	3.0	0.5
ET403		850	500	500	6	40	15	1.0	3.0	1.0
2SC3317		500	400	400	5	40	10	0.5	1.5	0.15
2SC3318		500	400	400	10	80	10	0.5	1.5	0.15
2SC3319		500	400	400	10	100	10	0.5	1.5	0.15
2SC3320		500	400	400	15	80	10	0.5	1.5	0.15

续表

数值 型号	参数 U_{CEO}/V	U_{CE0}/V	$U_{\text{(SUS)CEO}}/\text{V}$	$I_{\text{C}}(\text{连续})/\text{A}$	P_{C}/W	$\beta(\text{min})$	开关时间(max)		
							$t_{\text{on}}/\mu\text{s}$	$t_{\text{s}}/\mu\text{s}$	$t_{\text{f}}/\mu\text{s}$
2SC4750	500	400	400	15	80	10	0.5	1.5	0.15
2SC4831	500	400	400	15	80	10	0.5	1.5	0.15
2SC3321	500	400	400	15	100	10	0.5	1.5	0.15
ET400	500	400	400	10	80	10	0.5	1.5	0.15
ET401	500	400	400	15	80	10	0.5	1.5	0.15
2SC4273	500	400	400	5	40	20	1.0	2.5	0.5
2SC4507	500	400	400	5	40	20	1.0	2.5	0.5
2SC4274	500	400	400	10	40	20	1.0	2.5	0.5
2SC4508	500	400	400	10	40	20	1.0	2.5	0.5
2SC4275	500	400	400	10	80	20	1.0	2.5	0.5
2SC4509	500	400	400	10	80	20	1.0	2.5	0.5
2SC4276	500	400	400	15	80	20	1.0	2.5	0.5
2SC4510	500	400	400	15	80	20	1.0	2.5	0.5
2SC2656	450	400	400	7	80	10	1.5	3.0	1.5
2SC2437	450	400	400	7	100	10	1.5	3.0	1.5
2SC3505	900	700	700	6	80	10	1.0	5.0	1.0
2SC3033	900	700	700	7	80	8	0.5	2.5	0.8
2SD2234	1500	700	700	3	40	18	1.0	4.0	0.5
2SD2047	1500	700	700	5	80	18	1.0	3.0	0.5
2SC3866	900	800	800	3	40	10	1.0	4.0	0.8
2SC3550	900	800	800	3	80	10	1.0	4.0	0.8
2SC4603	900	800	800	3	80	10	1.0	4.0	0.8
2SC4538	900	800	800	5	80	10	1.0	4.0	0.8
2SC4419	900	800	800	6	100	10	1.0	4.0	0.8
2SC3030	900	800	800	7	80	8	0.5	2.5	0.8
2SD1049	120	80	80	25	80	20	1.0	2.5	0.4
2SD913	200	80	80	25	150	20	1.0	2.5	0.4
2SD914	200	120	120	25	150	20	1.0	2.5	0.4

表 1-2

常用功率达林顿晶体管性能参数

数值 型号	参数 U_{CEO}/V	U_{CE0}/V	$U_{\text{(SUS)CEO}}/\text{V}$	$I_{\text{C}}(\text{连续})/\text{A}$	P_{C}/W	$\beta(\text{min})$	开关时间(max)		
							$t_{\text{on}}/\mu\text{s}$	$t_{\text{s}}/\mu\text{s}$	$t_{\text{f}}/\mu\text{s}$
ETG36-040C	500	500	400	20	175	50	0.8	2.5	1.0
ETG36-040D	500	500	400	20	175	50	0.8	2.5	1.0
2SD1797	60	60	50	7	30	800	-	-	-
2SD833	80	80	80	7	60	2000	1.0	5.0	1.0
2SD916	80	80	80	7	40	1000	1.0	5.0	1.0
2SD1726	150	100	80	7	25	400	2.0	15	2.0
2SD834	250	200	180	4	25	1500	1.7	15	18