

日本1990年最新版

最新日本 晶體管及互換型號 大全

陳清山 劉烜偉 羅崇德 編譯
王學維 張文傑教授 審校
中南工業大學出版社

日本 1990 年最新版

最新日本 晶体管及互换型号 大全

陈清山 刘烜伟 罗崇德 编译

王学维 张文灿教授 审校

中南工业大学出版社

内 容 简 介

本书编译自日本 1990 年出版的最新资料,紧跟上了时代的步伐。本书囊括了日本所有公司生产并有出售的全部晶体管及其互换型号(也包括复合管、达林顿管、互补管和对管)。其中,数千种日本厂商独自命名的型号和最新生产的日本国标型号首次和我国读者见面。本书对晶体管的用途、公司、分类速查表、参数及其符号、外形极性图等等作了详尽的介绍,并介绍了中国、日本、国际、美国、苏联、英国、法国、西德、荷兰等国家的晶体管型号命名法。

自日本用航空邮购其原版书需人民币 150 元左右,然而,读者花 10 多元就可以购到内容超过了原版书的编译本。因此,本书是维修电工、电子产品设计者、电子零件的外贸和经销者以及无线电爱好者难得的工具书。

装帧设计:李 杰

湘新登字 010 号

日本 1990 年最新版
最新日本晶体管及互换型号大全

陈清山 刘恒伟 罗崇德 编译

王学维 张文灿 教授审校

责任编辑:田荣璋

*

中南工业大学出版社出版发行
湖南省地质测绘印刷厂印装
湖南省新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:34 字数:864 千字 插页:2

1992 年 7 月第 1 版 1992 年 7 月第 1 次印刷

印数:0001—8000

*

ISBN 7-81020-461-0/TN·021

定价:22.00 元

读者的喜讯

电子元器件是家用电器和高科技电子产品的“细胞”，是电子技术革命的“先行官”。我社1987年首次出版了《世界最新电子元器件工具丛书》，两次荣获中南五省优秀科技畅销书奖。但是，电子元器件的性能不断地被改进，新的元器件不断地被开发，因此，旧产品不断地被淘汰，新产品则迭次更新。为了跟上电子元器件一日千里的发展速度，我社决定每年重版和翻新这套书（16种）。

今年出版的是1989~1990年的最新版本，数以千计的崭新的元器件型号将首次与我国读者见面。自国外用航空邮购这套书需人民币二十元左右，而读者买齐这套编译本只需一百多元。全套于1992年底出齐，其书目如下：

- 1.《日本美国最新模拟集成电路及互换手册》..... 定价 20 元
- 2.《最新日本晶体管互换及日本管代换欧美管手册》..... 定价 17 元
- 3.《日本美国最新发光和受光半导体器件手册》..... 定价 13 元
- 4.《最新日本功率控制用晶体管及复合管大合》..... 定价 15 元
- 5.《最新日本晶体二极管及复合管大全》..... 定价 14 元
- 6.《日本美国最新集成稳压器及互换手册》..... 定价 14.5 元
- 7.《最新世界集成运算放大器及互换手册》(有 1986 年的版本出售:定价 7.95)..... (待出版)
- 8.《最新世界 CMOS 集成电路及互换手册》..... 定价 13.5 元
- 9.《最新世界 TTL 集成电路及互换手册》..... 定价 15.5 元
- 10.《最新世界模数和数模转换器、接口器及互换手册》..... 定价 18 元
- 11.《最新世界存储器集成电路大全》..... 定价 14.8 元
- 12.《日本美国最新线性集成电路及互换手册》(有 1986 年的版本出售:定价 10.3)..... (待出版)
- 13.《日本维修型晶体三极管参数及其互换手册》(1988 年版本)..... 定价 16 元
- 14.《微型计算机外围大规模集成电路手册》..... (待出版)
- 15.《最新日本晶体管及互换型号大全》(1990 年版本)..... 定价 22.0 元
- 16.《家电用日本最新半导体器件大全》(1991 年版本)..... (待出版)

中南工业大学出版社

一九九二年三月八日

序 言

先进的电子元器件是高科技电子产品和家用电器的细胞，是电子技术革命的先行官。由陈清山副编审编译、中南工业大学出版社出版的《世界最新电子元器件工具丛书》，共 15 个品种，全面系统地介绍了美国、日本等世界工业国生产的先进的电子元器件。

这套书每年被重版和翻新，1989 年和 1991 年两次荣获中南五省优秀科技图书奖。它不但填补了我国电子书籍的空白，而且，为我国电子产品的引进、研制和维修及时地提供了最新和可靠的资料。

湖南省科学技术委员会主任 陶 敏

1991 年 11 月 7 日

陈 清 山 简 介

——《世界最新电子元器件工具丛书》的编译者

武汉市人，毕业于武汉大学，具有电子和生物学两个方面的专业知识，现任湖南科学技术出版社副编审（副教授级）、工会主席。

他是一位多产的业余作家。他编译的《世界最新电子元器件工具丛书》，一套16个品种，每年重版并翻新，两次荣获中南五省优秀科技书奖；以他为主合作编写的《晶体管收音机与业余修理》一书，累计发行180多万册，获中南五省优秀科技图书奖，并被译成维吾尔族文种；其它译作还有：《日本发明与革新电路集锦》、《工程控制论习题详解》、《世界最新晶体管代换手册》（累计发行约10万册）和《最新世界场效应晶体管手册》等等。

他喜爱的座右铭是：“人生的旅途极短，真正的老家在天国——大自然”；“为人类思想的进步和解放，为历史的文明留下生命的痕迹”；“信息是黄金，决策是生命”；“自愧功底浅，犹须猛加鞭”。这些思想，从一个视角反映了他的世界观、人生观和价值观。

审校者 王学维
《世界最新电子元器件工具丛书》 责任编辑 田荣璋

一九九〇年二月二十六日

目 录

有关《大全》的说明 (①~②⑦)

一、关于《大全》使用的说明	(①~②)
二、晶体管参数表的栏目	(③~④)
三、对晶体管参数表栏目的详细说明	(⑤~⑫)
四、半导体分立器件型号的命名法	(⑬~②⑦)

第一篇 日本晶体管型号参数 (①12~382)

第一章 日本国家命名的晶体管及其复合管型号	(①12~251)
一、2SA111A~2SA1806	(①12~49)
二、2SB434G~2SB1490	(①50~85)
三、2SC27~2SC4691	(①86~189)
四、2SD124AH~2SD2250	(①190~251)

第二章 日本公司独自命名的晶体管及其复合管型号 (型号开头的字母及公司)

(252)

AA (日电)	(①252)	FJ (富士通)	(①268)	M (松下)	(①276)
AN (日电)	(①252)	FN (日电)	(①270)	NE (日电)	(①278)
BA (日电)	(①252)	FP (日电)	(①272)	NEL (日电)	(①278)
BN (日电)	(①254)	FT (富士通)	(①272)	NEM (日电)	(①278)
CE (日电)	(①256)	GA (日电)	(①274)	NEX (日电)	(①278)
DTA (罗姆)	(①256)	GN (日电)	(①274)	NTM (日电)	(①280)
DTC (罗姆)	(①260)	HC (日电)	(①274)	PU (松下)	(①280)
ET (富士电机)	(①264)	HD (日电)	(①276)	RN (东芝)	(①284)
ET- (富士电机)	(①266)	HN (东芝)	(①276)	RT (三菱)	(①294)
ETG (富士电机)	(①266)	HPA (三洋)	(①276)	UN (松下)	(①296)
FA (日电)	(①266)	HQ (日电)	(①276)	XN (松下)	(①304)
FB (日电)	(①268)	HR (日电)	(①276)	YTS (东芝)	(①306)
FE (富士电机)	(①268)				

第三章 晶体管型号按用途分类的速查表

(①309)

一、低噪声用晶体管型号	(①310)
二、高中频功率放大用晶体管型号	(①313)
三、低频功率放大用晶体管型号	(①316)
四、开关用晶体管型号	(①322)

第四章 日本晶体管外形、尺寸和引脚极性图索引

(①335)

第五章 已淘汰或无现货供应的日本国标晶体管型号 (见《日本维修型晶体管》)

(①370)

第二篇 日本晶体管互换型号 (②1~136)

一、2SA37~2SA1765 的互换型号	(②1~20)
二、2SB120~2SB1455 的互换型号	(②21~36)
三、2SC12~2SC4604 的互换型号	(②37~104)
四、2SD13~2SD2203 的互换型号	(②105~136)

附录: 1. 日本晶体管生产厂商的通信联络地址

(①308)

一、关于《大全》使用的说明

晶体管的概念有广义和狭义两类。就其广义而言，它包括一切半导体晶体管器件，如晶体二极管、晶体三极管（即电流控制的双极型晶体管）、场效应晶体管（即电压控制的单极型晶体管）、晶体闸流管（闸流晶体管、可控硅）等等。然而，本书晶体管的涵义通常是狭义的，它仅指一般晶体三极管，而不包括场效应晶体管和可控硅等等其它半导体器件。

只要熟悉了日本管的型号命名法，就能够知道晶体管的极性。例如，2SA 和 2SB 型管为 PNP 型；2SC 和 2SD 型管为 NPN 型。尽管其中的 2SA 和 2SC 为高频管、而 2SB 和 2SD 型为低频管，但是，这种高、低频的界线不十分严格，因此，最好根据具体参数选用高频或低频管。

日本晶体管外壳上标记的型号，通常采用简化了的标记方法，即把 2S 省略掉。例如，A999，是指 2SA999；B987，是指 2SB987；C2255，实际上是指 2SC2255 型晶体管；D210，实际上是指 2SD210 型晶体管。这一条，请读者特别注意。

本书在晶体管的参数符号的说明中，所谓的共发射极、共基极和共集电极电路，分别指的是发射极接地、基极接地和集电极接地的晶体管四端网络。

晶体管电路中的“地”为零电位的参考点。因此，高于地的电位为正值；低于“地”的电位为负值。通常，日本晶体管的电压参数符号中的第二下标字母，表示接地极。例如， V_{CB0} 中的“B”表示基极接地； V_{CE0} 中的“E”表示发射极接地。由于 2SA 和 2SB 是 PNP 型管，电源的正极为零电位的参考点，所以，它们的反向电压参数 V_{CB0} 和 V_{CE0} 及 V_{BE0} 等应为负值；2SC 和 2SD 是 NPN 型管，电源的负极为零电位的参考点，所以，它们的 V_{CB0} 和 V_{CE0} 等应为正值。显然，若 V_{CB0} 和 V_{CE0} 等为负值，则该管为 PNP 型；若 V_{CB0} 和 V_{CE0} 等为正值，则该管 NPN 型。

人们习惯于把实际流入晶体管内部的电流规定为正值，而把自晶体管内部流出的电流规定为负值。由于 I_c 表示集电极电流，对于 PNP 型管来说， I_c 是从管内流出来的，应为负值；对于 NPN 型管来说， I_c 是流入管内的应为正值。显然，若 I_c 是负值，则该管 PNP 型。

用途栏中只列出了晶体管的主要用途，因此，并不表明此晶体管无其它用途。一种晶体管的用途是十分广泛的，读者可根据参数灵活应用。手册中搜集的晶体管广泛用于军事、通信、工农业和科研等领域，其参数也是无线电爱好者需要经常查阅的。

极限参数栏中的 V_{CB0} 、 V_{CE0} 、 $I_{C(DC)}$ 、 P_c 是环境温度 T_a 为 25℃ 时的极限参数值； P_c 是在管壳温度 T_c 为 25℃ 时的极限参数。 P_c 与 P_c 的值相差很大，也请读者特别注意。极限参数值是在一定条件下瞬时也不能超过的最大值。

对“电特性参数”栏中的直流参数，介绍了反向饱和漏电流 I_{CBO} 和发射极直流放大系数 h_{FE} 以及饱和电压 $V_{CE(sat)}$ 和 $V_{BE(sat)}$ ；对“电特性栏”中的交流参数，介绍了特征频率 f_T 、开关时间 SW Time、共基极电路中的集电极电容 C_{ob} 和共发射极电路中的反馈电容 C_{π} 等等。

国产的代换型号（即相似型号），主要是根据极限参数和频率参数来确定的。其中，除了部颁标准的型号外，还选用了一些企业标准的型号。但是，这并不是说，只有本书中列出的型号才是代换型号。事实上，一种型号的日本管，可以用多种国产管与之代换，本书中不可

能全部列出，读者可以根据代换的主要参数灵活应用。

本书中的互补对称管（简称互补管）是指，参数相同（或相近似）仅极性相反的管子（凡存在着互补管的型号，本书只介绍了一种，但这并不意味着此晶体管无其它互补管）。

在本书中，复合管（用 D_0 表示）是指，在同一封装中，有两个或两个以上参数和极性完全相同或参数完全相同而极性相反的管子，并且，两管子的引脚各自独立。

达林顿管（用 D_0 表示）是指，在同一封装中，有两个晶体三极管，并按达林顿连接方式连接着（两个集电极连接在一起，一个晶体管的发射极连接到另一个晶体管的基极）。因此，达林顿管是电路中的复合管之一。达林顿管等效于电流放大系数为 $\beta(\beta_1 \cdot \beta_2)$ 、输入电阻为 $r_1(\beta_1 \cdot r_{i2})$ 的一只晶体管。其中， β_1 和 β_2 分别为 T_1 和 T_2 管的电流放大系数， r_{i2} 为晶体管 T_2 的输入电阻。可见，达林顿管具有比单只晶体管更高的增益和输入电阻。通常，达林顿管或达林顿连接方法，其追求的目标不是更高的增益，而是更高的输入阻抗。

关于组件（module）：组件又被称为模块或模件。它是把各种电子元器件按照标准的尺寸组装、布线并配置标准的引脚而构成的一类新的元器件。显然，它是第二次封装或集成的产物。组件具有一定的功能，可与其它的组件组装在一起，并在整体装置中分担部分任务。因此，它是具有特定功能，并可以被组合、被更换或被扩充的标准元器件。

关于外形图：在参数表格的《外形名称》的栏目中，以“TO- $\times \times$ 形”、“SC- $\times \times$ 形”、“(SC-59)”、“(SC-70)”等外形名称命名的外形图，均被搜集到《共用外形图》中；对于此栏目中的其它外形名称，如(SP-8)等等，均属于制造厂商独自命名的外形名称，以这种名称命名的外形图，可在各公司的外形图（如《松下外形图》）中去查找。

关于引脚排列：在《引脚排列、备注》栏目中，B 表示基极；C 表示集电极；E 表示发射极；S 表示屏蔽极；NC 表示空脚。在外形图中，用数码①、②、③……或 1、2、3、……标记了引脚。这些标记了数码的引脚与《引脚排列、备注》栏中的引脚排列相对应。例如，2SA1615-Z 型晶体管，其外形图的名称是“SC-63”，在《引脚排列、备注》栏中，其引脚排列是 BCEC，这意味着：1 脚是基极；2 脚是集电极；3 脚是发射极；4 脚是集电极。并且，在此栏中，用 D_0 表示达林顿管（即电路上的复合管）；用 D_0 表示封装中的复合管（即同一封装中有两个极性和参数相同的管子）；用 R 表示其晶体管内含有限偏置电阻；用“（维）”表示维修品或预订品；用“（废）”表示被废除品种；用 F·AGC 表示用作自动增益或自动频率控制的品种。

长沙市，湖南科学技术出版社工业室 陈清山

邮政编码 410005

二、晶体管参数表的栏目

1. 双页码上的晶体管参数表的栏目

晶体管的型号

制造或出售的公司名称

主要用途 (由厂商推荐)

晶体管主要的极限参数

(环境温度 $T_s = 25^\circ\text{C}$ 时的值; 仅 P_c 是 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 时的值)

极限参数 ($T_s = 25^\circ\text{C}$, * 者 $T_c = 25^\circ\text{C}$)				电特性参数 ($T_s = 25^\circ\text{C}$) [* 者典型值]					
V_{CE0} (V)	V_{CE0} (V)	I_{C0} (A)	P_c (W)	P_{c*} (W)	I_{CBO} (max) (μA)	h_{FE} (min) (max)	V_{CE} (V)	I_{C/I_E} (A)	$V_{CE(sat)}$ (max) (V)
									$V_{BE(sat)}$ (max) (V)
									I_C (A)
									I_B (A)

I_{CBO} 的最大(max)值和测定条件的 V_{CE} 的值

直流电流放大系数 h_{FE} 的最小(min)值、最大(max)值及其测定条件 V_{CE} 和 I_C 的值。
其中, 有 * 者为 h_{FE} 的典型值(typ)。通常, 对于 I_C 的标记, PNP 型的为负(-)值;
NPN 型的为正(+)值 (但不被省略)。

$V_{CE(sat)}$ 和 $V_{BE(sat)}$ 的最大值(max)和测定条件 I_C 以及 I_B 的值。

晶体管参数表的栏目(续)

2. 单页码上的晶体管参数表的栏目

f_T 的最小值(min)和测定条件 V_{CE} 、 I_C 的值。* 者为 f_T 的典型值。
测定条件 I_C 是负(-)值时为 PNP 型的; I_C 为正值为 NPN 型的。也有厂商用 I_E 作测定条件。

开关时间的最大值(max)。有 * 者为典型值。

C_{ob} 和 C_{ce} 的最大值(max)。有 * 者为典型值。

电 特 性 参 数 (Ta=25°C) [* 者典型值]											互 补 型	号	引脚排列	备 注	外 形 名 称	型 号
fT		SW Time		Cob		Cre		其 它 主 要 参 数								
Vce (V)	Ic/Ie (A)	ton (μs)	tf (μs)	tstg (μs)	(max) (pF)	(max) (pF)	(max) (pF)	参 数	特 性	测 定 条 件						

其它主要参数项目和特性值以及测定条件

互补(即互补对称)晶体管的型号

外形名称。××形是 JEDEC 登记的外形; 有 () 者是厂家独自命名型号的外形名称; 其它 SSC-xxx 无括号者是 EIAJ 登记的标准外形名称。

对应于外形图的引脚的排列 E、C、B……分别依次对应于外形图中的①、②、③……。
例如, 此栏目中的 E C B, 表示相对应图中的①脚为发射极; ②脚为集电极; ③脚为基极。D, 表示该管为达林顿管; D, 表示在同一封装中有两只完全相同的晶体管; R 为内接电阻。

晶体管的型号

三、对晶体管参数表栏目的详细说明

1. 型号

日本晶体管或其它国家（或地区）按日本专利生产的晶体管，都是按日本工业标准（JIS）规定的命名法（JIS-C-702）命名的。这种型号及其规格，均被日本电子机械工业协会（EIAJ）注册。

本书介绍的全部是双极性晶体管，通常被简称为晶体管或晶体三极管。它有 PNP 或 NPN 三层结构。其中间层称为“基区”，另外两层分别称为“发射区”或“集电区”。各区通过欧姆接触分别引出基极、发射极和集电极等三只有效的管脚，并通常采用英文缩略语 B（b）、E（e）和 C（c）来表示这三只管脚。由于晶体管中的电子和空穴都参与导电过程，故被称为“双极性晶体管”。其型号的组成部分被介绍如下：

2SC	780	A	G
1 项	2 项	3 项	4 项

第 1 项——表示晶体管的种类

2SA * * * * PNP 型 高频用晶体管

2SB * * * * PNP 型 低频用晶体管

2SC * * * * NPN 型 高频用晶体管

2SD * * * * NPN 型 低频用晶体管

低频用和高频用晶体管在参数值上的区别并不十分明确。这种分类是根据厂商推荐的用途而划分的。

对于两元件以上的封装中的复合管和内含电阻的晶体管，电子机械工业协会没有特别的规定，而采用了厂商独自命名的方法。其次，即使是一般的晶体管，有时也采用了厂商独自的命名方法。

第 2 项——是阿拉伯数字，自 11 开始，最大的是四位数，表示在日本电子机械工业协会注册登记的顺序号。不同公司生产的性能完全相同的晶体管可以使用同一顺序号，其数字越大，越是近期产品。但是，不能根据其顺序号来推测其用途和特性。

第 3 项——是在数字后面缀加的英文字母。它通常表示对原来产品的改良和变更的周历，但是，其变更后的外形的差异和噪声规格的分类等等，随着厂家的不同而各式各样。

第 4 项——是表示特种产品的英文字母。例如，松下公司用 N 表示符合日本广播协会（NHK）有关标准的登记产品，用 M 表示符合日本防卫厅海上自卫队参谋部有关标准登记的产品。又如，东芝公司用 G 表示通信工业用的产品，等等。在本书中，刊载了以型号为第一栏目的与晶体管有关的全部栏目，采用了由厂商正式出版发表的数据表格中的内容。

在设计和维修晶体管电路时，要从数千种型号中选择出符合自己使用目的产品是很困难的事情，因此，正确地使用本书中的“参数表”和由厂商发表的按用途分类的“速查表”，对读者而言，是十分必要的。

2. 公司

这是指制造或贩卖其产品的公司名称。本书中介绍的产品型号，是从下述公司中搜集

到的。

三肯——三肯电器股份公司
东芝——东芝股份公司
日电——日本电气股份公司
松下——松下电子工业股份公司
日立——股份公司日立制作所
欧里井——欧里井电气股份公司
富士电机——富士电机股份公司
富士通——富士通股份公司
三洋——三洋电机股份公司
三菱——三菱电机股份公司
罗姆——罗姆股份公司

3. 用途和单位略语

①关于用途

晶体管是构成电子电路的最基本的元件。在其结构、设计和制造工艺等许多方面有了长足的进步，种类繁多、适宜于各种用途的产品被大量地开发和生产出来。对电路设计者而言，重要的是能从数以千计的产品中选择出充分满足自己所希望特性的晶体管型号。为了对产品正确和快速的选择有所帮助，本书忠实地记载了由厂商在产品参数表格中推荐的用途。这些用途是最富有代表性的用途，但并不表示此晶体管无其它用途。一种晶体管的用途是多方面的，读者可以根据参数灵活应用。

②关于用途的略语

A——放大用	LN——低噪音
A _{out} ——音频输出	LS——低速度
CONV——变频	LV——低电压
CRT——显像管或阴极射线管显示器用	MW——微波用
C _{out} ——彩色信号输出	MI——混频用
(电视或阴极射线管用)	MS——中速度
D——驱动(激励)用	OSC——本机振荡用
DDC——直流-直流换流用	PA——功率放大
Digital——数字电路用	PSW——功率开关用或大电流开关用
G——通用或一般用	PD——功率驱动或大电流驱动用
HF——高频用	RF——高频放大
HG——高增益	R _i ——电源用
HS——高速度	SW——开关用
HV——高电压	TV——电视
H _{out} ——水平输出(电视	UHF——特高频
或阴极射线管用)	VHF——甚高频用
IF——中频放大	Vido——视频或宽频带信号
INV——换流或倒相用	V _{out} ——垂直输出(电视
LF——低频和音频用	或阴极射线管用)

关于十进制单位倍数符号的缩略语

a	阿托 (微微微)	da (D)	十
f	飞母托 (毫微微)	h	百
μ	微		
p ($\mu\mu$)	皮可 (微微)	k	千
n	纳诺 (毫微)	M	兆
m	毫	G	吉咖 (千兆)
c	厘	T	太拉 (兆兆)
d	分	P	拍它 (千兆兆)
		E	艾可萨 (兆兆兆)

注: () 号的外字母不属国际单位制推荐的符号; () 号的中文字母不属国际单位制推荐的读音, 属习惯读音。

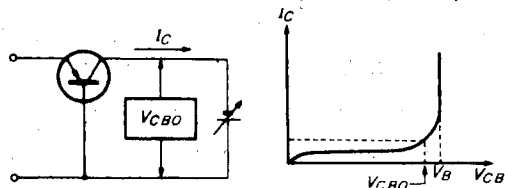
③关于常用电学单位的缩略语

W——瓦	mW——毫瓦	kW——千瓦
A——安	mA——毫安	μ A——微安
nA——纳诺安	kA——千安	
V——伏	mV——毫伏	μ V——微伏
pV——皮可伏	kV——千伏	eV——电子伏
Hz——赫芝	kHz——千赫芝	MHz——兆赫芝
GHz——千兆赫芝	THz——兆兆赫芝	
F——法拉	μ F——微法	pF——皮可法 (微微法)
Ω ——欧母	da Ω ——十欧姆	h Ω ——百欧姆
k Ω ——千欧姆	M Ω ——兆欧姆	G Ω ——千兆欧姆
H——亨	mH——毫亨	μ H——微亨
s——秒	ns——毫秒	μ s——微秒
min——分	h——小时	kh——千小时
m——米	mm——毫米	μ m——微米
in——英寸	dB——分贝	$^{\circ}$ C——摄氏度

4. 极限参数

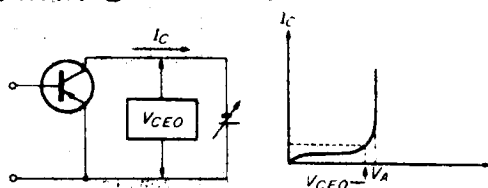
极限参数是指在使用晶体管时, 为了保证可靠性而绝对不能超过的电压、电流和功率损耗等参数的最大允许值。为了使晶体管有效地且安全、可靠地工作, 重要的是在极限参数以下使用晶体管。本字介绍了有代表性的极限参数。

V_{CB0} ——基极接地, 发射极对地开路, 集电极与基极之间在指定条件下的最高反向耐压 (单位 V 或 kV), 如图 1 所示。图 1 中, V_B 为雪崩击穿电压 ($\alpha = \infty$)



V_B = 基极接地雪崩击穿电压 ($\alpha = \infty$)

图 1 V_{CB0}



V_A = 发射极接地雪崩击穿电压 ($\beta = \infty$)

图 2 V_{CEO}

V_{CE0} ——发射极接地，基极对地开路，集电极和发射极之间在指定条件下的最高反向耐压（单位 V 或 kV），如图 2 所示。图 2 中， V_A 为雪崩击穿电压（ $\beta=\alpha$ ）。

I_C ——在集电极允许耗散功率的范围内，能连续通过集电结的反向直流电流的最大值或交流电流的最大平均值（单位 A 或 mA）。

P_C ——在规定的环境条件下（环境温度 $T_a=25^\circ\text{C}$ ），不施加散热片时，晶体管集电极能连续耗散的最大允许功率（单位 mW 或 W）。 P_C 与 I_C 、 V_{CE0} 的关系是： $P_C = I_C \cdot V_{CE0}$ （ I_C 和 V_{CE0} 不是指的极限值，而是指的电路中的实际值）中国和日本均规定： $P_C > 1\text{W}$ 的为大功率晶体管。

P_C^* ——在管壳温度 $T_c=25^\circ\text{C}$ 条件下，集电极耗散功率的最大值，即把附加无限大散热板作为前提时的最大值（单位 W 或 mW）。

晶体管集电极能连续耗散的最大允许功率与环境温度 T_a 和散热板面积及其材料有关。 T_c 与环境温度 T_a 及铝材料散热板面积的关系如图 3 所示。

V_{CEX} ——发射极接地，基极与发射极之间施加规定的反向偏压时，集电极与发射极之间在指定条件下的最高耐压。

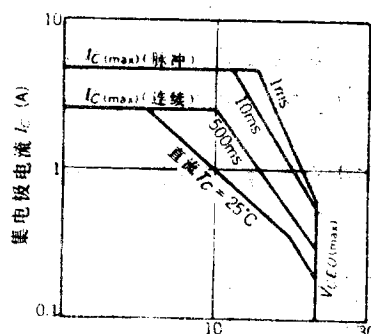
V_{CES} ——发射极接地，基极对地短路，集电极与发射极之间在指定条件下的最高耐压。

V_{CER} ——发射极接地，基极与发射极之间跨接电阻 R ，集电极与发射极之间在指定条件下的最高耐压。

V_{CBO} 、 V_{CEX} 、 V_{CES} 、 V_{CER} 、 V_{CEO} 之间有如下关系：

$$V_{CBO} > V_{CES} > V_{CEX} > V_{CER} > V_{CEO}$$

安全工作区——（safe operating area 或 SOA）——在功率晶体管的输出特性曲线图上，只要负荷轨迹不超出，便能保证安全工作的工作范围被称为安全工作区。安全工作区通常分为两大类：绝对不允许超出的“绝对安全工作区”和为了保证可靠性而规定的可靠性安全工作区。图 4 所示实际上是“可靠性安全工作”。



集电极-发射极间电压

图 4 安全工作区

用典型值（typ）时，在其参数值的后面缀加了 * 号。

在这些电特性参数中，也有一些参数值随晶体管的工作条件（如电压、电流和频率等

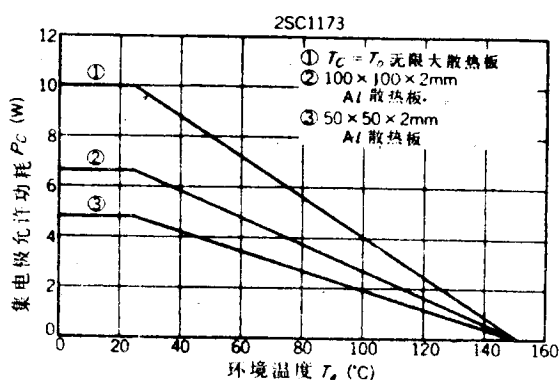


图 3 最大允许耗散功率 P_C 与环境温度 T_a 及散热板面积的关系

T_{JM} ——最大允许结温度。

T_{stg} ——非工作状态下的贮藏温度的最大范围。

通常，此温度范围是 $-55^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$ （或 $+155^\circ\text{C}$ ）。

T_a ——器件工作的环境温度。极限参数的条件。

T_c ——器件管壳温度。极限参数的条件。

5. 电气特性参数

晶体管的电气特性参数的项目有许多，对应于使用目的而言，各项目的重要性当然也存在差别，但是，本书记载了关于多种用途共用的参数项目。对于参数值，尽可能地采用最小值（min）或最大值（max），当采用典型值（typ）时，在其参数值的后面缀加了 * 号。

等)变化而发生较大的变化。因此,对于主要的参数项目,均同时记载了测试条件 温度的测试条件是:环境温度 $T_a = 25^\circ\text{C}$ 。

反向饱和漏电流 I_{CBO} ——基极接地,发射极对地开路,在规定的 V_{CBO} 反向电压条件下,集电极基极之间的反向饱和漏电流,被简称为反向饱和电流,也被称为反向饱和截止电流。对于小信号锗管而言,其值为数 μA ;对于锗功放管而言,其值为数 mA ;小信号硅管,其值为数 nA ;功率放大用硅管,其值为数 μA 。其特性曲线如图 5 所示。

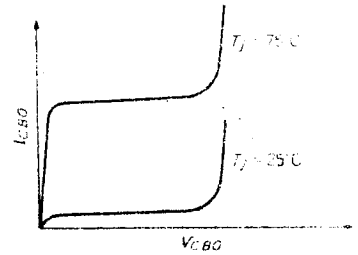
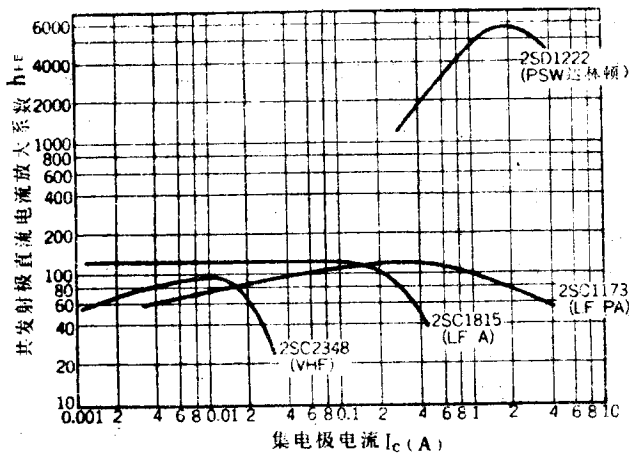
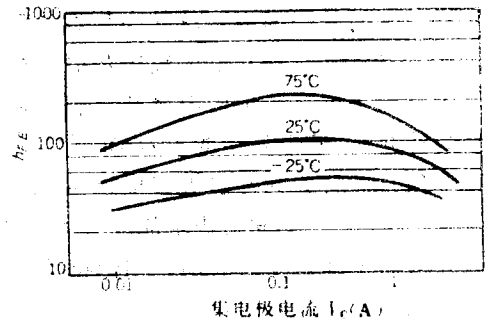


图 5—— I_{CBO}

h_{FE} ——共发射极直流电流放大系数。在共发射极电路中,静态(无交流信号输入)时,当 V_{CE} 和 I_C 为规定值时,集电极电流 I_C 和基极电流 I_B 的比值。对于大功率晶体管,虽然也有用脉冲输入测定的情况,但是,本书中未加以区别(见图 6)。对于同一只晶体管, h_{FE} 通常比共发射极交流电



(a) 晶体管的 h_{FE}



(b) h_{FE} 与温度的关系

图 6 晶体管的直流电流放大系数 h_{FE} 及其与温度的关系

流放大系数 β (俗称交流 β) 略小,但是,对于性能好的晶体管而言, h_{FE} 接近于 β 。因为 h_{FE} 的测量和计算简单,而且, h_{FE} 接近于 β ,因此,对于低频小功率,常用测量的 h_{FE} 来代替 β 。大功率晶体管通常均在大信号条件下工作, h_{FE} 相对于 β 而言,能更准确地表达其放大能力。

饱和电压(或饱和压降)——晶体管一般有三种状态:截止状态、放大状态和饱和导通状态。当发射结与集电结都处于反向偏置时,晶体管处于截止状态;当发射结处于正向偏置而集电结处于反向偏置时,晶体管处于放大状态;当发射结和集电结均处于正向偏置时,集电极与发射之间的电阻及压降都很小,晶体管处于饱和导通状态。晶体管在饱和导通状态时,各电极(端子)之间的电压被称为饱和电压。它是晶体管模拟开关特性的重要参数之一。其值越小电压利用率越高,功率损耗越小。本书介绍了饱和电压 $V_{CE(sat)}$ 和 $V_{BE(sat)}$ (见图 7)。

$V_{CE(sat)}$ ——在共发射极电路中,晶体管在饱和导通状态下(发射结和集电结均为正向偏置)的集电极和发射极之间的电压降(见图 7)。

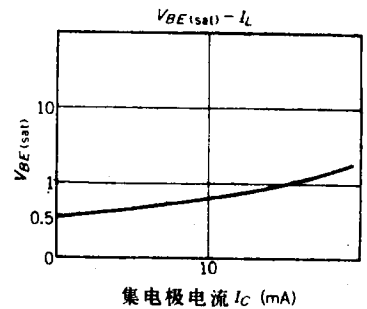
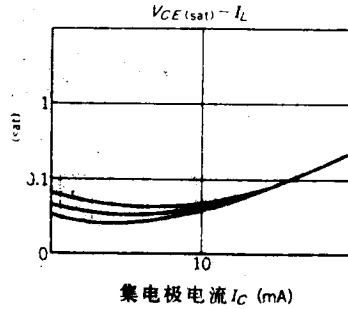
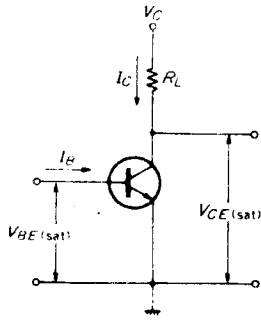


图7 饱和电压 $V_{CE(sat)}$ 和 $V_{BE(sat)}$

$V_{BE(sat)}$ ——在共发射极电路中，晶体管在饱和导通状态下(发射结和集电结均为正向偏置)的基极和发射极之间的电压降(见图7)。

截止频率——晶体管的电流放大系数随着工作频率的升高而下降，简单地表示晶体管高频特性的参数是截止频率，有 f_α 和 f_β 两个参数。

f_α ——在共基极电路中，在小信号的条件下，放大系数 α 值(集电极直流电流增量和发射极直流电流增量的比值 $\Delta I_C / \Delta I_E$) 随着工作频率的升高而下降，当下降到低频的 70.7% 时的频率值，称其为共基极截止频率 f_α 。

f_β ——在共发射极电路中，在小信号的条件下，放大系数 β 值(集电极电流 I_C 的增量与基极电流 I_B 增量的比值)随着频率的升高而下降，在下降 3 dB 时的频率值，被称为共发射极截止频率 f_β (见图8)。

f_T ——共发射极电流放大系数 β 的绝对值随频率的升高而下降到 1 时的值，叫做特征频率 f_T 。本书参数表格中记载着 f_T 。

关于开关时间，有如下的参数，在本书参数表格中介绍了其中的 t_{on} 、 t_r 和 t_{sig} 。

t_r ——上升时间。输出脉冲自最大值的 10% 增加到 90% 时所需要的时间(见图9)。

t_f ——下降时间。输出脉冲自最大值的 90% 下降到 10% 所需要的时间(见图9)。

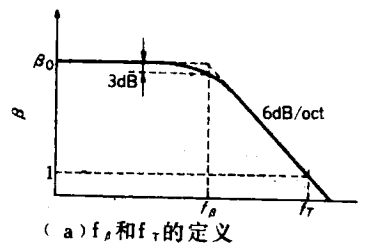
t_d ——延迟时间。自输入脉冲上升边变化到最大值 10% 的点，到输出脉冲变化到最大值 10% 的点所需要的时间(见图9)。

t_{sig} ——存贮时间。自输入脉冲下降边变化到最大振幅(最大值) 10% 的点。到输出脉冲最大值 10% 的点所需要的时间(见图9)。

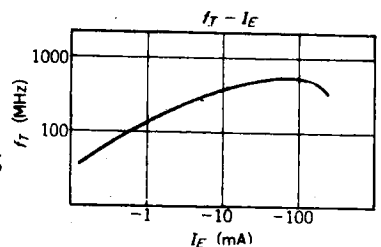
t_{on} ——开启时间。延迟时间 t_d 和上升时间 t_r 之和，即 $t_{on} = t_d + t_r$ (见图9)。

t_{off} ——关断时间。存贮时间 t_{sig} 与下降时间 t_f 之和，即 $t_{off} = t_{sig} + t_f$ (见图9)。

关于晶体管构造上的电容参数：在晶体管中，存在着构造上的结电容和寄生电容，它限制着高频特性。这些电容值越小，高中频特性就越好，但是，在实际上，是利用这些电容值与基极扩展电阻 r_{be}' 等的乘积来决定晶体管高频特性的。关于这类电容，规定了下述的



(a) f_β 和 f_T 的定义



(b) f_T 和 I_E 的关系

图8 f_β 和 f_T 的定义以及

f_T 与 I_E 的关系