

最新日本晶体管 参数及互换全集

董树岩 常施礼 罗崇德 编译
张文灿 王学维 审校



ZUIXIN RIBEN
JINGTIGUAN CANSHU
JI HUHUAN QUANJI

江西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

最新日本晶体管参数及互换全集/董树岩

—江西南昌:江西科学技术出版社

ISBN 7—5390—1057—6/TN·19

I. 最新日本晶体管参数及互换全集

II. 董树岩

III. 半导体技术,手册

IV. TN·32

最新日本晶体管参数及互换全集

董树岩等 编译

出版发行 江西科学技术出版社

社址 南昌市新魏路5号

邮编:330002 电话:0791-8513098

印刷 江西新华印刷厂

经销 各地新华书店经销

开本 787×1092 1/16

字数 120万

印张 45

印数 8000册

版次 1996年12月第1版 1996年12月第1次印刷

书号 ISBN 7—5390—1057—6/TN·19

定价 55.00元

(赣科版图书凡属印装错误,可向出版社发行部或承印厂调换)

内 容 简 介

无线电和电子工作者都有必要购买这本书。因为,本书囊括了国内外的最新技术资料,介绍了全部的日本晶体三极管,其中,约1万种日本国家标准型号和近1千种日本各公司独自命名的型号,被淘汰的型号(维修型号)也包括在内,并介绍了其用途、详尽参数、对应旧型号、达林顿管、互补型、复合管、参数的含义、代换型号和国内外型号命名法等内容。本书的姊妹篇是:《最新美国欧洲韩国晶体管参数及互换全集》(广州世界图书出版公司已出版)

本书是名副其实的日本晶体管型号参数全集,可谓“一册在手,应有尽有”。本书是维修电工、电子产品的设计者和经销者、无线电爱好者的案头工具书。

TN32-61

目

录

晶体管-参数-全集
晶体管-互换-全集

第一章 查阅须知

一、关于本书的使用说明

二、晶体管参数表的栏目

三、对晶体管参数表栏目的详细说明

四、半导体分立器件型号的命名法

第二章 日本国家命名的晶体管及其复合管型号

一、2SA12~2SA1836

二、2SB12~2SB1522K

三、2SC11~2SC4783

四、2SD11~2SD2285

第三章 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)

AA(日电)

AN(日电)

BA(日电)

BN(日电)

CE(日电)

DTA(罗姆)

DTC(罗姆)

ET-(富士电机)

ETG(富士电机)

FA(日电)

FB(日电)

FE(富士电机)

FJ(富士通)

FN(日电)

FP(日电)

FT(富士通)

GA(日电)

GN(日电)

HC(日电)

HD(日电)

HN(东芝)

HPA(三洋)

HQ(日电)

HR(日电)

M(松下)

NE(日电)

NEL(日电)

NEM(日电)

NEX(日电)

NTM(日电)

PU(松下)

RN(东芝)

RT(三菱)

UN(松下)

XN(松下)

YTS(东芝)

第四章 日本保留型及新型晶体管按用途分类的速查表

一、低噪声用晶体管型号

二、高中频功率放大用晶体管型号

三、低频功率放大用晶体管型号

四、开关用晶体管型号

第五章 日本晶体管外形、尺寸和引脚极性图索引

一、字母法

二、数字法

第六章 日本晶体三极管的互换型号

一、2SA12~2SA1674 的互换型号

二、2SB12~2SB1378 的互换型号

三、2SC11~2SC4442 的互换型号

四、2SD11~2SD1615A 的互换型号

附录:日本电气公司 JE9000 系列部分晶体管参数

第一章 查阅须知

一、关于本书的使用说明

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(即电压控制的单极性型晶体管)、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} 及 V_{BE0} 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,则该管为 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,则该管为 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被广泛用于军事、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°C 时的极限参数值; P_{c^*} 是在管壳温度 T_c 为 25°C 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_{re} 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_s 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_a 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 $r(\beta_1 \cdot r_{i2})$ 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, 其外形图的名称为“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_s 表示达林顿管(即电路上的复合管); 用 D_s 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的偏置电阻; 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。

晶体三极管的型号(日本国家标准型号和日本各公司独自命名的型号;★者表示维修型及淘汰型)

制造或出售产品的公司名称

由厂商推荐的主要用途

Ge, Si表示锗材料; Si表示硅材料; 其它字母表示工艺和结构

晶体管主要的极限参数

(环境温度 $T_a = 25^\circ\text{C}$ 时的值; 仅 P 型是 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 时的值)

(注: T_c 指管壳温度)

在指定条件下的电气特性参数

型号	公司	用途	材料	极限参数 ($T_a = 25^\circ\text{C}$)				(T, = 25°C) 电特			
				V_{CE0} (V)	V_{EBO} (V)	I_C (mA)	P_C (mW)	T_j (°C)	I_{CBO} 最大值 (μA)	h_{FE} (直流或脉冲)	V_{CE} (V) I_C (mA)

集电结反向饱和电流, 即反向漏电流
(单位: 微安) 及反向偏压条件

保证环境温度为 25°C 时集电结能承受的最高结温

最大集电极耗散功率 (单位: 毫瓦或瓦; 未标注单位者为毫瓦)

最大集电极直流电流 (单位: 毫安)

最大发射结反向耐压 (V_{EBO} , 单位 V);

射-集之间的最大反射耐压 (V_{CE0} , 单位 V);

有括号的数字表示 V_{CE0} , 无括号的数字表示 V_{EBO}

最大集电结反向耐压 (V)

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 (但十和一均被省略)。

因为 2SA 和 2SB 的为 PNP 型, 2SC 和 2SD 的为 NPN 型, 所以, 知道了

国家标准型号就能知道 I_C 和 V (电压) 参数的正负

一、晶体管参数表的栏目

晶体管参数表的栏目(续)

C_{r0} 表示共基极反馈电容的最大值(单位pF),有()的数据为 C_{r01760} 为共基极扩展电阻(单位 Ω),无括号或无*号的数据表示 $r_{os1761hie(real)}$ 为实际交流输入阻抗(单位 Ω),有*号的数据表示此交流输入阻抗

外形名称。 $\times\times$ 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 SC— $\times\times$,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 ECB,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。

旧型号、互补对称型号及有关说明。Da表示达林顿管;Du表示在
同一封装中有两只参数完全相同的管子;R为内接电阻

—中国或日本晶体管代换型号

[illegible]

集电结反向偏压
(伏)和发射极电流
 I_E (毫安)的关系

C_o 表示共基极电路的集电极输出电容量(单位pF)

f_{ab} 即 f_c , 为共基截止频率 (单位 Mc, Mc 即 MHz), 无 * 号的数据表示 $f_{ab}(f_{co})$; f_T 为特征频率的最小 (min) 值, 与测定条件 V_{CE} 和 I_c 的值有关, 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, 本栏有 * 号的数值表示 f_T (单位 Mc, 即 MHz)

t_{df} 为下降时间,本栏()内的数据表示下降时间(单位 μs); h_{ie} 为共发射极小信号输入时的交流输入阻抗(单位 Ω),无括号无星号(*)的数据表示 h_{ie} ; h_{ib} 为共基极小信号输入时的交流输入阻抗(单位 Ω),有星号的数据表示 h_{ib} (单位 Ω)

h_{oe} 为共发射极电路输出导纳(单位 μS), 本栏无 * 者表示 h_{oe} , h_{oe} 表示共基极电路输出导纳(单位 μS), 有 * 号的数据表 h_{oe}

t_{sig} 为存贮时间(单位 μs), 有()的数据表示 t_{sig} ;

h_{re} 即 Y_n , 为发射极接地小信号输入短路时的逆传输导纳, 无 * 者表示 $h_{re}(Y_n)$, 其数据需 $\times 10^{-4}$; $h_{os}(Y_o)$ 为基极接地小信号输入短路时的逆传输导纳, 有 * 者表示 $h_{os}(Y_o)$, 其数据需 $\times 10^{-4}$

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:

$\frac{2SC}{1\text{项}} \quad \frac{780}{2\text{项}} \quad \frac{A}{3\text{项}} \quad \frac{G}{4\text{项}}$

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履历,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要求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

Aout——音频输出

CONV——变频

CRT——显像管或阴极射线管显示器用

Cout——彩色信号输出

(电视或阴极射线管用)

D——驱动(激励)用

DDC——直流—直流换流用

Digital——数字电路用

G——通用或一般用

HF——高频用

HG——高增益

HS——高速度

HV——高电压

Hout——水平输出

(电视或阴极射线管用)

IF——中频放大

INV——换流或倒相用

LF——低频和音频用

LN——低噪音

LS——低速度

LV——低电压

MW——微波用

MIX——混频用

MS——中速度

OSC——本机振荡用

PA——功率放大

PSW——功率开关用或大电流开关用

PD——功率驱动或大电流驱动用

RF——高频放大、射频放大

Rtg——电源用

SW——开关用

TV——电视

UHF——特高频

VHF——甚高频用

Vido——视频或宽频带信号

Vout——垂直输出

(电视或阴极射线管用)

关于十进制单位倍数符号的缩略语

a 阿托(微微微)

f 飞母托(毫微微)

μ 微

p($\mu\mu$) 皮可(微微)

n 纳诺(毫微)

m 毫

c 厘

d 分

da (D) 十

h 百

k 千

M 兆

G 吉咖(千兆)

T 太拉(兆兆)

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

A——安

nA——纳诺安

V——伏

pV——皮可伏

Hz——赫兹

GHz——千兆(吉咖)赫兹

F——法拉

Ω ——欧姆

k Ω ——千欧姆

H——亨

s——秒

min——分

m——米

in——英寸

mW——毫瓦

mA——毫安

kA——千安

mV——毫伏

kV——千伏

kHz——千赫兹

THz——兆兆(太拉)赫兹

μ F——微法

da Ω ——十欧姆

M Ω ——兆欧姆

mH——毫亨

ns——毫秒

h——小时

mm——毫米

dB——分贝

kW——千瓦

μ A——微安

μ V——微伏

eV——电子伏

MHz——兆赫兹

pF——皮可法(微微法)

h Ω ——百欧姆

G Ω ——千兆(吉咖)欧姆

μ H——微亨

μ s——微秒

kh——千小时

μ m——微米

$^{\circ}$ 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。本书介绍了有代表性的极限参数。

V_{CBO} ——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($\alpha=\infty$)。

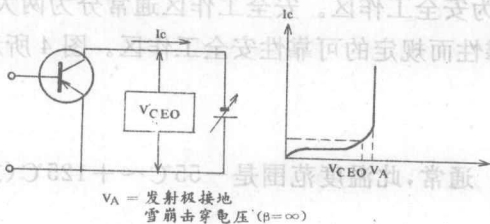


图 1 V_{CBO}

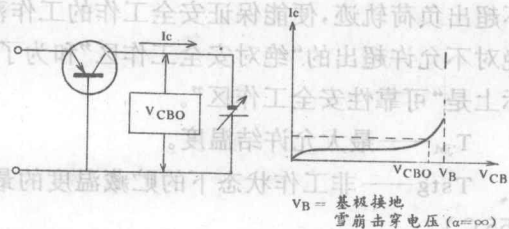


图 2 V_{CEO}

V_{CEO} ——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($\beta=\infty$)。

I_{CM} ——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)。

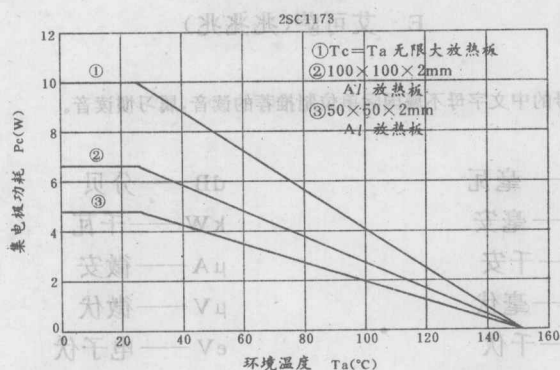


图3 最大允许耗散功率 P_c 与环境温度 T_a 及散热板面积的关系

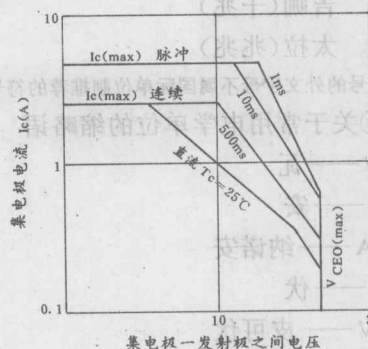


图4 安全工作区

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: $P_c = I_c V_{CE0}$ (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_{CE0} 之间有如下关系:

$$V_{CBO} > V_{CES} > V_{CEX} > V_{CER} > V_{CE0}$$

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,只要不超出负荷轨迹,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“可靠性安全工作区”。

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。

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。

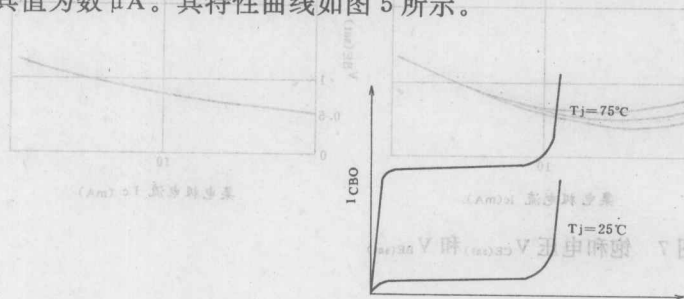
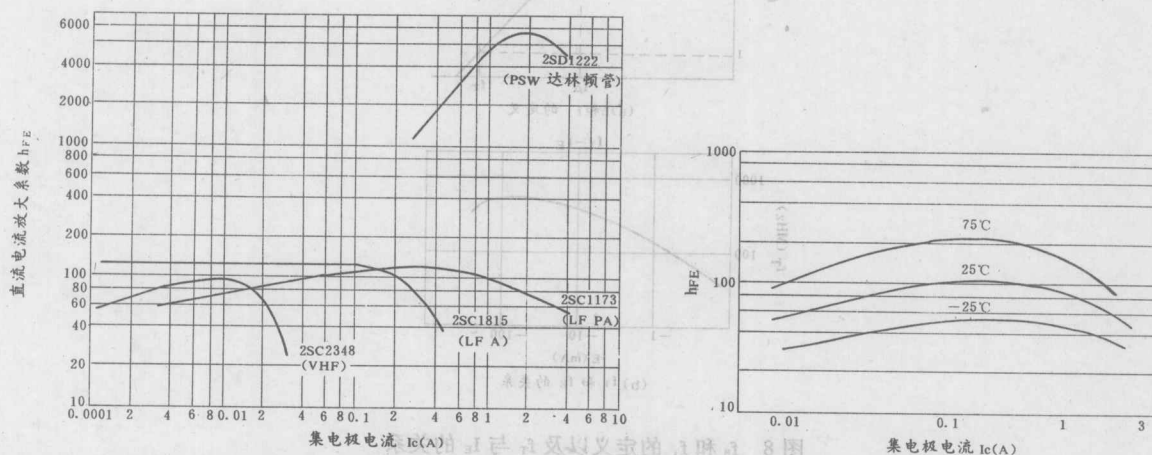


图 5 I_{CBO}



(a) 各种晶体管的 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

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,集电极与发射极之间的电阻

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)。

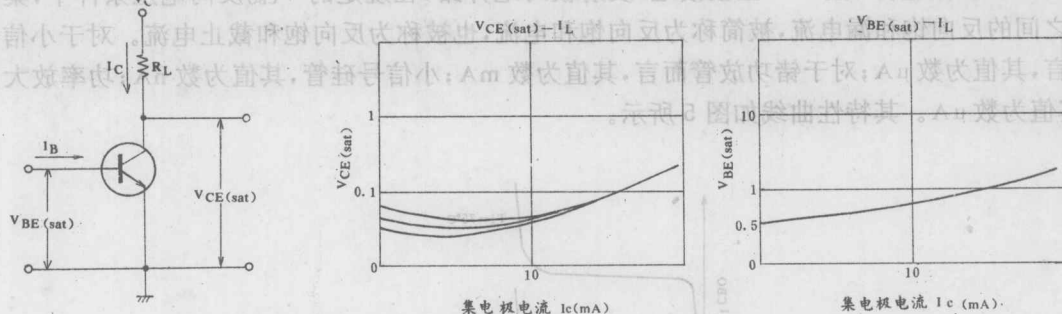


图 7 饱和电压 $V_{CE(sat)}$ 和 $V_{BE(sat)}$

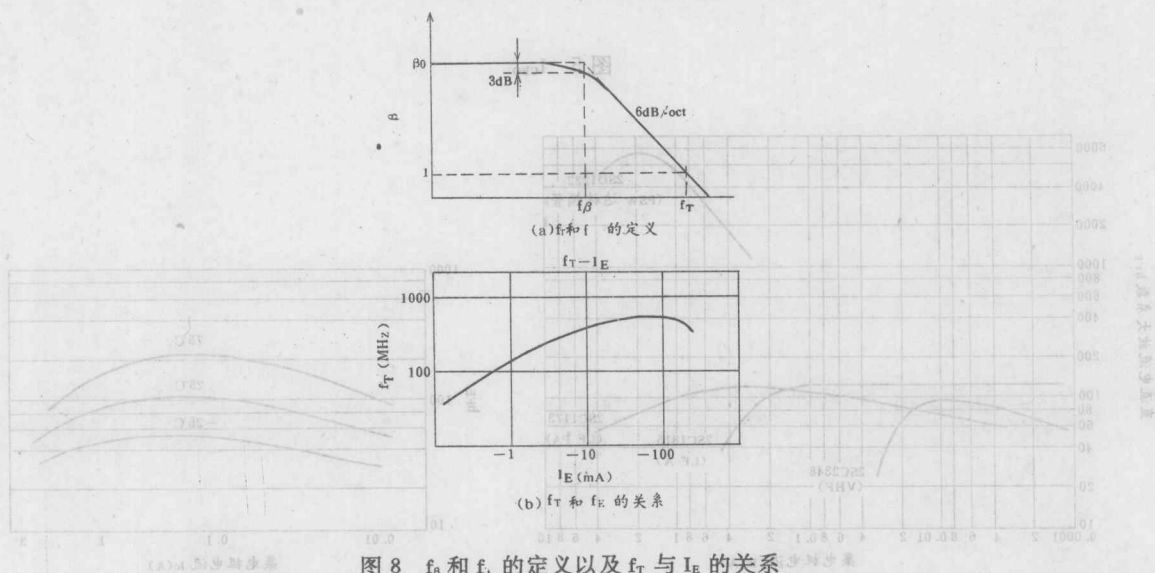


图 8 f_β 和 f_T 的定义以及 f_T 与 I_E 的关系

$V_{CE(sat)}$ ——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)。

$V_{BE(sat)}$ ——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 3dB 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 时的频率值,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_{stg} 。

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)。

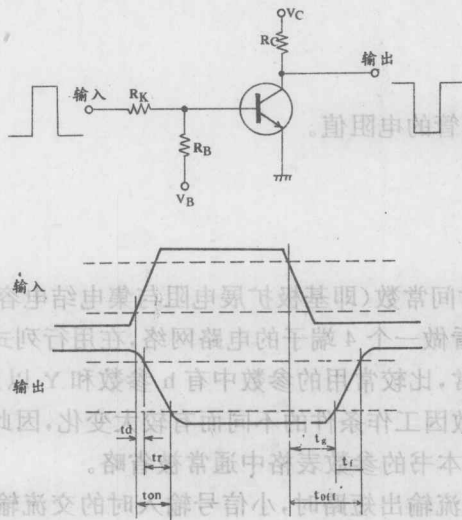


图 9 开关时间

t_r ——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_{stg} ——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_{stg} 与下降时间 t_f 之和,即 $t_{off} = t_{stg} + t_f$ (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 $r_{bb'}$ 等的乘积来决定晶体管高频特性的。关于这类电容,规定了下述的参数,在本书的参数表格中,介绍了其中的 C_{ob} 和 C_{re} 的值。

C_{ob} ——共基极电路的集电极输出电容(规定 V_{CB} 、 f 和 $I_E = 0$ 的条件下测定的)。

C_{oc} ——共发射极电路的集电极输出电容(规定 V_{CE} 、 f 和 I_C 或 I_E 的条件下测定的)。

C_{ib} ——共基极电路的输入电容(规定 V_{EB} 和 f 以及输出端开路时测定的)。

C_{ic} ——共发射极电路的输入电容(规定 V_{CE} 、 I_C 或 I_E 、 f 时,输出端交流短路状态下测定的)。

C_{rb} ——共基极电路中的反馈电容。

C_{re} ——共发射极电路中的反馈电容(规定 f 和 $I_E = 0$ 以及发射极、屏蔽极、测量仪器接地极三者连接在一起的条件下测定的)。

关于其它的电气特性,在上述典型(或标准)电气特性以外,根据用途选择地介绍了特别重要的参数项目。

NF——噪声系数。通过这一物理量可以大致地知道：当信号通过晶体管电路时，信噪比(S/N)劣化的程度。NF可用下式定义：

$$\text{噪声系数 NF} = \frac{\text{输入端信号功率/输入端噪声功率}}{\text{输出端信号功率/输出端噪声功率}}$$

因晶体管的噪声系数具有频率特性，因此，在测定条件中，通常给出了频率条件。噪声系数用dB作单位。

NV——输出噪声电压。

P_o——输出功率。

R₁/R₂——内含电阻的晶体管的电阻值。

G_p(或P_G)——功率增益。

C_G——转换增益。

R_{ON}——导通电阻值。

C_c·r_{bb}——集电极-基极时间常数(即基极扩展电阻与集电结电容量的乘积)。

关于电路参数。把晶体管看做一个4端子的电路网络，在用行列式表示的输入电压、电流和输出电压、电流关系的方式中，通常，比较常用的参数中有h参数和Y以及g、b参数。在微波电路中还使用了S参数。因为上述参数因工作条件的不同而有较大变化，因此，在各公司的参数说明中未标明参数值，而多用曲线表示。本书的参数表格中通常被省略。

h_{ie}——共发射极电路中，交流输出短路时，小信号输入时的交流输入阻抗(即交流输入电压对交流输入电流的比值)。

h_{oe}——输出导纳。共发射极电路中，交流输入开路(即交流输入电流在零状态时)条件下，交流输出电流的有效值对交流输出电压有效值的比值。

Y_{re}——发射极接地，小信号输入短路时的逆传输导纳(在规定的V_{CE}、I_C或I_E、f的条件下测定的)。

Y_{fe}——发射极接地，小信号输出短路时的顺传输导纳(在规定的V_{CE}、I_C或I_E、f的条件下测定的)。

S₂₁——散射系数

g_{ie}——发射极接地，输入电导。

g_{oe}——发射极接地，输出电导。

b_{ie}——发射极接地，输入电纳。

b_{oe}——发射极接地，输出电纳。

b_{fe}——发射极接地，顺传输电纳。

6. 外形图

伴随着晶体管应用范围的扩大，针对着市场的需求，设计出了多种多样的晶体管的外形。在本书中，尽可能地采用JEDEC[美国电子工业协会(EIA)的电子元件联合技术委员会]的标准的外形名称，并用TO-××形来标记这种外形名称。对于日本电子工业协会(EIAJ)标准的外形名称，尽管照原样用SC-××表示，但是，其中SG-59和SC-70的外形，随着厂商的不同，其引脚连接的方法差异很大，因此，对上述两种外形名称加了括号。对于未纳入JEDEC和EIAJ标准外形名称的、制造厂商独自命名的外形名称，均加了括号。JEDEC和EIAJ标准外形名称的外形图均搜集到《共用外形图》中；关于制造厂商独自命名的外形图被搜集到各厂商的外形图中，如《三洋外形图》等等。其中，关于引脚排列，在外形图中采用了①、②、③……或1.2.3.……或其他代号。这些数码或代号分

别与《引脚排列、备注》栏中的“EBC……”相对应。其中,E 表示发射极;B 表示基极;C 表示集电极。例如,2SA1615-Z 型晶体管,其外形名称是“SC-63”。在《引脚排列、备注》栏中,它的引脚的排列是BCEC。SC-63 是日本电子工业协会(EIAJ)命名的标准外形名称,因这种名称的外形图已被搜集到“共用外形图”章节中,可找到 SC-63 的外形图,这时就可以看到:脚一是基极;脚二是集电极(散热片);脚三是发射极;脚四是集电极。

值得注意的是:对于不同型号的晶体管,即使采用相同的外形图,但是,其引脚排列往往不同。

7. 互补对称型号

在厂商的参数表格中,作为互补对称型(简称互补型)被推荐的型号已全部被记载。但是,即使在有些组合(配对)以外,可以作为互补型使用的还存在着许多。

8. 引脚排列、备注

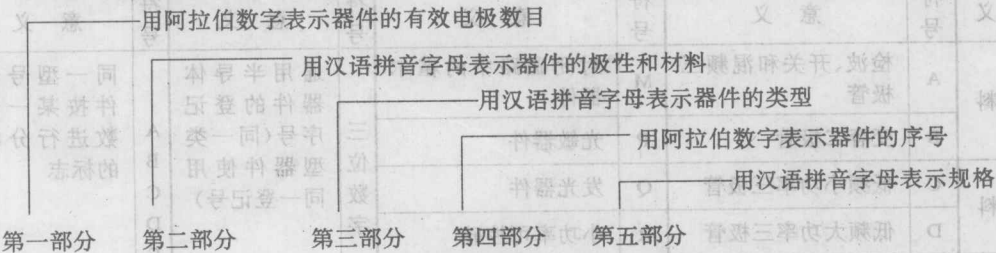
对应于外形图的引脚排列而言,在参数表格中,用 B 表示基极;用 C 表示集电极;用 E 表示发射极;用 NC 表示空脚;用 S 表示屏蔽极。其次,还记载着其他信息。再次,用“-”表示肯定未销售完的产品。此栏中采用了如下缩略语:

- Da——达林顿型晶体管。
- Du——两元件复合型晶体管。
- R——内含偏置电阻晶体管。
- (维)——维修品或预订品。
- (废)——被废除品种。
- F·AGC——自动增益或自动频率控制。

四、半导体分立器件型号的命名法

1. 中国半导体分立器件型号的命名法

中国晶体管和其它半导体器件的型号,通常由以下五部分组成,每部分的符号及意义见表 1。



例如,3AX81——81 号低频小功率 PNP 型锗材料三极管;2AP9——9 号普通锗材料二极管。

但是,场效应晶体管、半导体特殊器件、复合管、PIN 型二极管(P 区和 N 区之间夹一层本征半导体或低浓度杂质半导体的二极管。当其工作频率超过 100MHz 时,由于少数载流子的存贮效应和 I 层中的渡越时间效应,二极管失去整流作用,而成为阻抗元件,并且,其阻抗值的大小随直流偏置而改变),和激光器件等型号的组成只有第三、第四和第五部分。

例如,CS2B 是表示:B 规格 2 号场效应晶体管。

2. 国际电子联合会半导体分立器件型号的命名法