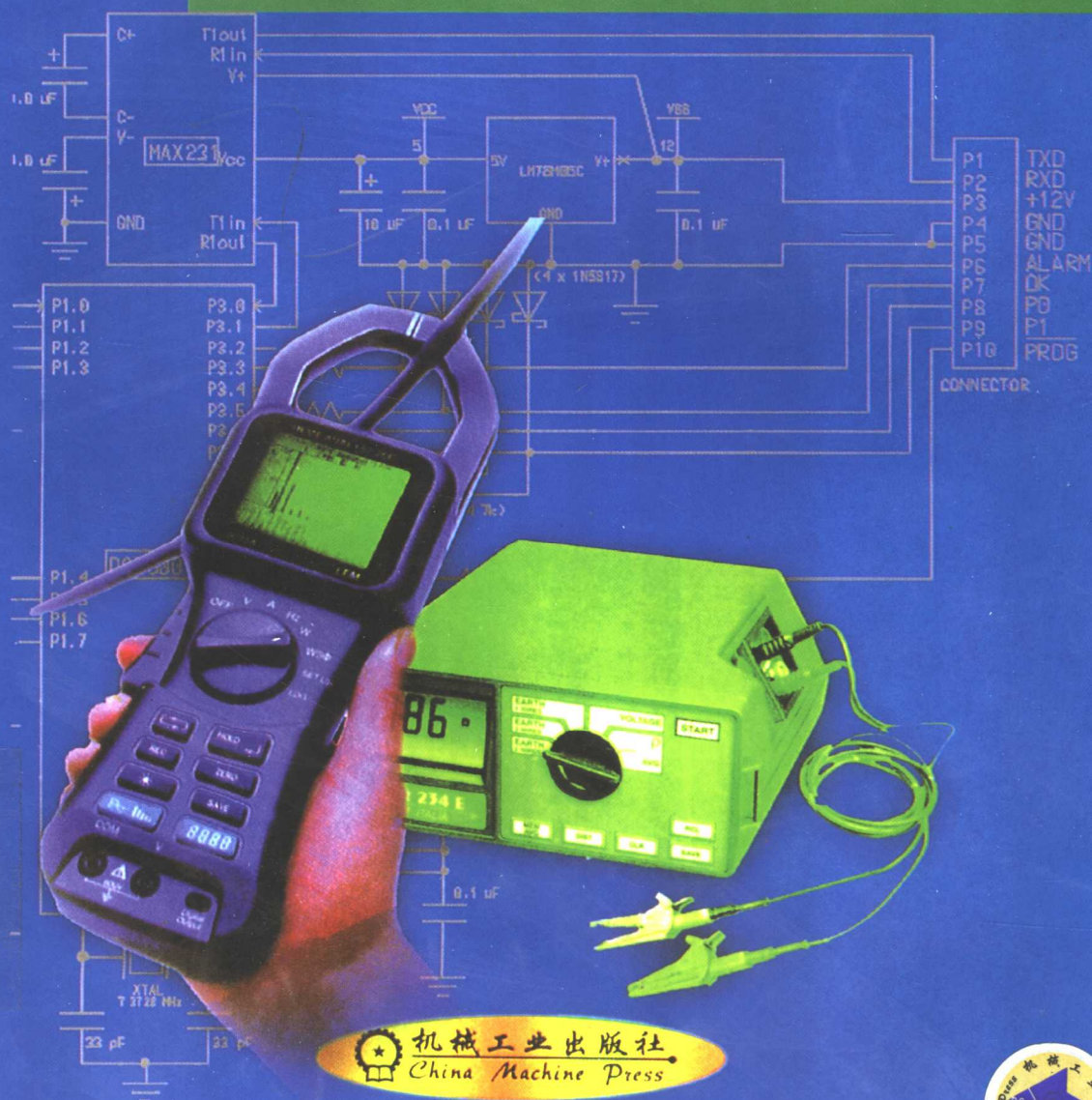


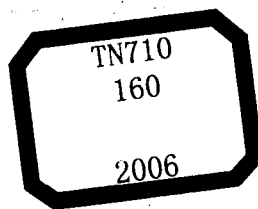
电子线路

赵便华 主编



机械工业出版社
China Machine Press





电子线路

赵便华 主编

刘连青 主审



机械工业出版社

本书采用实物教学,每一章内容均以电子元器件的特性为主线,突出电子元器件的应用,突出集成电路的特性与应用,重点介绍电子线路的基本概念、基本原理和基本分析方法。为加强学生实际技术能力的训练,本书还讲述了电子技术技能训练的基本要求,并通过实例说明训练步骤,同时配备了以实践技能为主的实验教学内容,注意了理论联系实际,让学生学有所用,切实做到为实现培养生产一线所需的实用型人才服务。

本书可以作为职业技术教育学校工科电类及相关专业的电子线路教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路/赵便华主编. —北京:机械工业出版社,
2003.1 (2006.7 重印)
ISBN 7-111-11534-1

I. 电… II. 赵… III. 电子电路-基本知识
IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 002584 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:孙流芳 责任校对:魏俊云 责任印制:洪汉军
北京京丰印刷厂印刷
2006 年 7 月第 1 版 · 第 2 次印刷
184mm×260mm · 12.75 印张 · 307 千字
3 001—5 000 册
定价:19.80 元

前 言

21 世纪的到来,把我们带入了一个崭新的信息时代。中国加入 WTO 以后,电子科学技术作为北京市的支柱产业,将飞速发展。为了适应电子技术的飞速发展,适应 21 世纪职业技术教育培养高素质劳动者的需要,我们以全国第四次职业教育工作会议提出的“大力发展中等职业教育,培养生产一线所需的既有专业知识又具有实践技能的实用型人才”为依据,总结了职业教育的特点,对传统的教学内容和进行了改革。本书充分体现了实用性、创新性、先进性和科学性,力求从实际应用出发,理论联系实际,让学生学有所用。

本教材的编写原则是:以电子技术行业岗位能力需要为目标,反映电子技术发展的新趋势,通俗易懂、精选内容,利于教学。本书以实用电路为基础,介绍电子线路的基本概念、基本工作原理,以及基本分析方法,围绕着电子线路器件讲述其应用。其特点如下:

- 教材突出实用性,以实物教学为主。第一章主要介绍电子线路中的主要元器件、集成电路及其在实际中的应用,介绍电子线路的分析方法,让学习者建立感性认识。

- 从第二章开始,分别介绍各种元器件的特性和它们的应用电路。在进行理论教学内容的同时,开设实验及综合训练,使学习者学有所用。

- 本教材以实用电路为主,讲述基本概念、电路的基本原理,去掉以往的大量的教学计算。

- 注重新知识、新技术的应用,为后续课程的学习打好基础。全书共有十二章。为突出其特点,在最后一章中,专门讲述了电子线路的读图常识,以利于学生对后续课程的学习。

- 由于该教材包括了高频电子线路内容,电子技术或通信专业教学时数应在 140 到 160 学时之间。与本教材配套的电子线路实验应单独考核,总学时为 60 学时。

- 考试方法建议采用单元测试法,每个单元包括实际动手操作考试和电路基本知识测试,各占 50%。学科成绩可以取各个单元成绩的平均值。

本书由北京市电子工业学校赵便华主编,北京职业信息技术学院刘连青主审。北京市计算机工业学校肖燕明、褚丽歆和北京市电子工业学校冯光丽、秦拥军、谭百花、石红梅、张爽参编。由于我们的能力和水平有限,书中如有错误之处,请各位读者提出批评,以便今后不断改进。

编 者

2002 年 11 月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 电子线路在实际中的应用	1
第二节 电子线路中的元件与器件	2
第三节 电子线路的分析方法	5
附录 半导体器件的型号命名方法和 主要参数	7
本章小结	15
习题一	15
第二章 二极管及其应用	16
第一节 二极管的伏安特性	16
第二节 整流电路	19
第三节 特殊二极管简介	22
本章小结	25
习题二	25
第三章 晶体管及其应用	27
第一节 晶体管的伏安特性和 主要参数	27
第二节 共发射极基本放大电路	33
第三节 放大电路的基本分析方法	36
第四节 共集电极和共基极放大电路	44
第五节 多级放大电路	48
第六节 放大电路的频率特性	51
本章小结	52
习题三	53
第四章 场效应晶体管及其应用	55
第一节 绝缘栅型场效应晶体管的伏安特性 和主要参数	55
第二节 共源极放大电路	58
第三节 共漏极放大电路	61
本章小结	62
习题四	63
第五章 集成运算放大器及其 应用	65
第一节 集成电路的特点	65

第二节 集成运算放大器的主要性能 指标和型号	66
第三节 差动放大电路	69
第四节 集成运算放大器的基本 输入方法	74
第五节 集成运算放大器的应用	78
本章小结	88
习题五	89
第六章 负反馈放大器	93
第一节 反馈的基本概念	93
第二节 负反馈放大器	99
第三节 负反馈对放大器性能 的改善	101
第四节 负反馈放大器的频率特性	105
本章小结	106
习题六	106
第七章 正弦波振荡器	110
第一节 正弦波振荡器的组成和 分类	110
第二节 LC 正弦波振荡器	112
第三节 RC 正弦波振荡电路	117
第四节 石英晶体振荡器	120
本章小结	122
习题七	122
第八章 功率放大器	125
第一节 概述	125
第二节 乙类功率放大器	127
第三节 无输出变压器功率放大器	129
第四节 高频功率放大器	133
第五节 集成功率放大器	140
第六节 功率放大器的散热	142
本章小结	142
习题八	143
第九章 直流稳压电源	145
第一节 概述	145

第二节 整流与滤波	145
第三节 串联稳压电路	148
第四节 集成稳压电路	151
第五节 开关型稳压电路	153
本章小结	155
习题九	155
第十章 高频小信号谐振放大器	158
第一节 概述	158
第二节 晶体管的高频等效电路	160
第三节 单回路谐振放大器	164
第四节 双回路谐振放大器	168
第五节 多级谐振放大器	170
第六节 小信号谐振放大器的稳定性	172
本章小结	175
习题十	175

第十一章 频率变换电路分析	
方法	177
第一节 概述	177
第二节 调制与解调	181
第三节 混频	190
本章小结	191
习题十一	191
第十二章 模拟电子技术基本	
技能训练	193
第一节 基本技能训练的要求	193
第二节 基本训练实例	194
本章小结	195
习题十二	195
参考文献	197

实际中,这样的电路还可以举出很多,它们是由电子元器件通过适当形式连接而组成的。每一个电路具有不同的功能,学习中应从实际应用入手,首先明确每个电路的组成,了解各部分电路实现的功能,掌握各部分电路的工作过程及各部分电路之间的联系,掌握整体电路的工作原理,学会电子线路的分析方法。

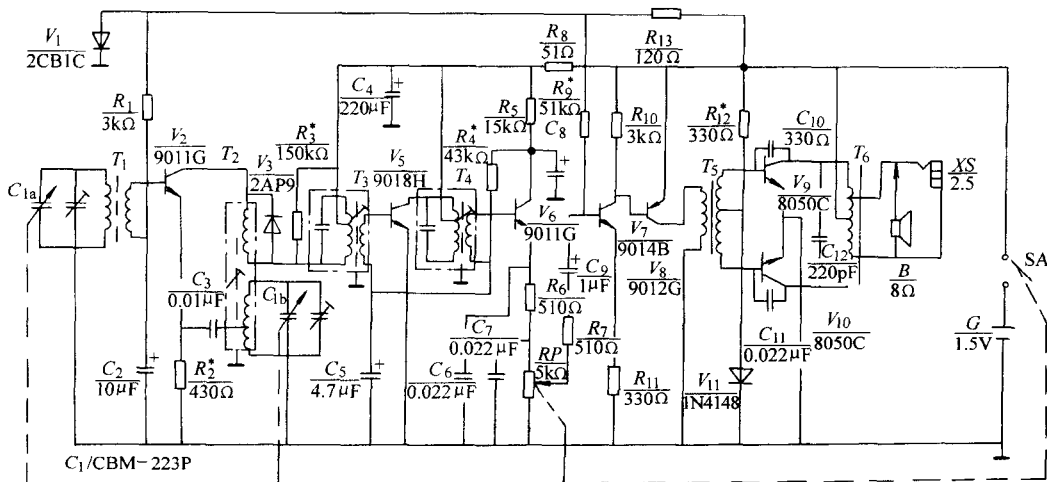


图 1-2 超外差式收音机电路

注：带 * 的为可调整电阻

第二节 电子线路中的元件与器件

一、常用的电子元件与器件

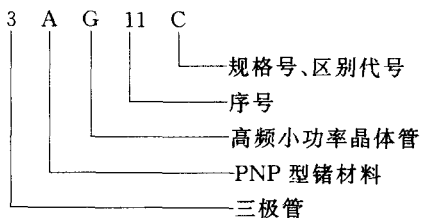
首先让我们来看一些实物，如图 1-3 所示。

可以说图 1-1、图 1-2 中所显示的电路正是由这些元器件组成的。

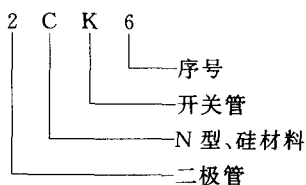
二、各种元器件的型号介绍

为了便于学习中更好地掌握电子线路知识，首先将元器件的型号和名称介绍给大家。以半导体器件为例：

例 (1) 锗 PNP 型高频小功率晶体管



例 (2) 开关二极管



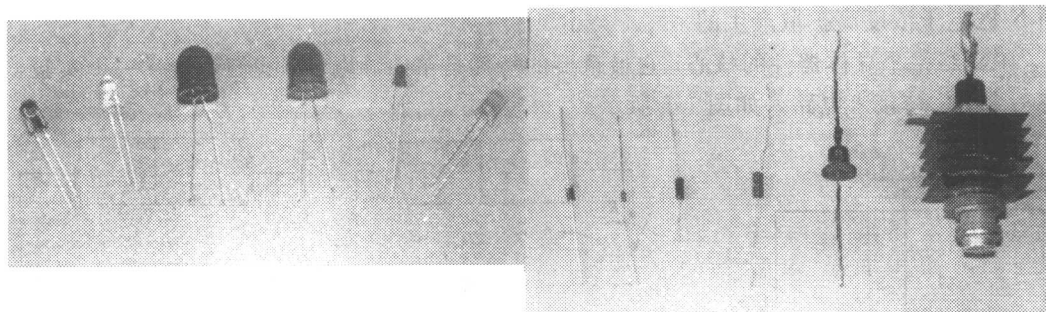
看到一个器件的型号以后，怎样区别它，可以用我国半导体分立器件型号的命名方法，见附录中表 A-1 和表 A-2。

例如：2AP9 从表 A-1 中可以知道，它是一个由 N 型半导体锗材料制作的普通二极管。

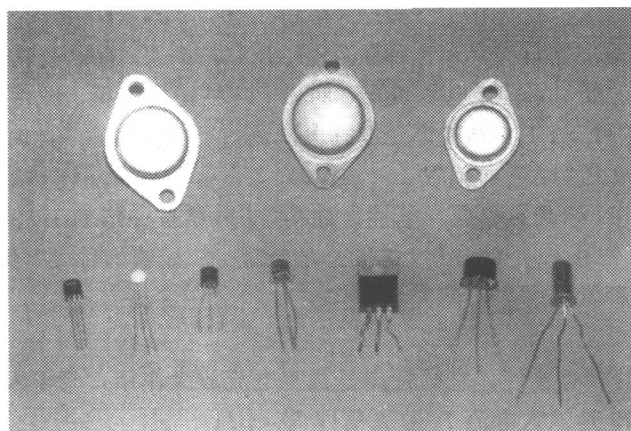
3DD8A 可以从表 A-1 中查出，它是一个由硅材料制作的 NPN 型低频大功率晶体管。

三、二极管

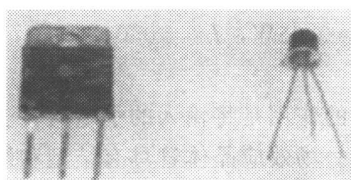
二极管是由半导体材料制作的最简单器件。它的电路图形符号是 ，它的主要特点是具有单向导电性。其主要参数可以参看附录中表 B-1~表 B-3。



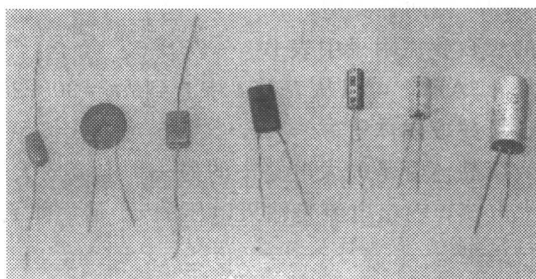
a)



b)



c)



d)

图 1-3 各种器件实物图

a) 常用二极管 b) 常用晶体管 c) 常用场效应晶体管 d) 常用电容

二极管的单向导电性是如何形成的？二极管是由半导体材料制成的。半导体分为 P 型半导体和 N 型半导体。P 型半导体是在纯净半导体中掺入三价元素得到的，它与导体不同，有两种载流子参与导电，即电子和空穴。对于 P 型半导体，空穴多电子少，因此，空穴是多数载流子，电子是少数载流子。N 型半导体是在纯净半导体中掺入五价元素得到的，N 型半导体中，电子多空穴少，所以，电子是多数载流子，空穴是少数载流子。

在 N 型半导体和 P 型半导体两种材料接触的交界面上会发现，它形成了一个具有特殊电性能的区域，称为空间电荷区，也称为 PN 结，如图 1-4 所示。PN 结是由于 P 区空穴浓度高

而N区电子浓度高扩散产生的。

PN结是半导体器件的核心。它最重要的特性是单向导电性。我们看这样一个实验,假设将一个PN结接入电路,如图1-5所示。

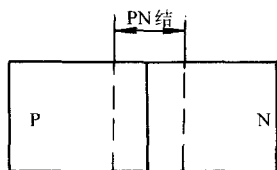


图 1-4 半导体的 PN 结

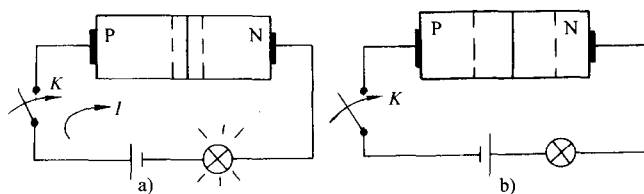


图 1-5 PN 结的单向导电性

a) PN 结正向偏置 b) PN 结反向偏置

图1-5a中,开关K闭合,则灯亮。在这种条件下,PN结变薄,有电流流过电路。注意,此时一定要让P区接电源正极,N区接电源负极,叫做PN结正向偏置。图1-5b中,开关K闭合,则灯不亮。在这种条件下,PN结变厚,没有电流流过电路。注意,此时P区接电源负极,N区接电源正极,叫做PN结反向偏置。

这个实验恰好说明了PN结具有单向导电性。如果将PN结按一定的工艺要求封装起来,将得到一个二极管。因此,二极管具有与PN结同样的特性。二极管的种类、型号很多,外形也各不相同,图1-3a是几种常见的二极管实物图。

四、晶体管

晶体管是电子线路中的核心器件。它的特点是具有电流放大作用,将输入的小电流转变为大电流输出,输出电流 I_C 是输入电流 I_B 的 β 倍即 $I_C = \beta I_B$ 。

晶体管的实物如图1-3b所示,电路图形符号如图1-6所示。按结构不同晶体管可以分为PNP和NPN型两种类型。

它的参数参见附录中表B-4~表B-6。

例如,3AX31可以从表B-4中查到 $h_{fe} = 30 \sim 200$, $P_{CM} = 0.05W$, $I_{CM} = 0.01A$

五、场效应晶体管

场效应晶体管是放大电路中的另一种电流放大器件,它的作用是将输入的小电压转变为输出的大电流,输出电流是输入电压的 g_m 倍,即 $I_D = g_m U_{GS}$ 。场效应晶体管具有结型和绝缘栅型两种类型。

场效应晶体管的实物如图1-3c所示,电路图形符号如图1-7所示。参数可见附录中表B-7。

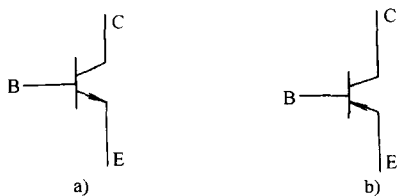


图 1-6 晶体管电路图形符号

a) NPN 型 b) PNP 型

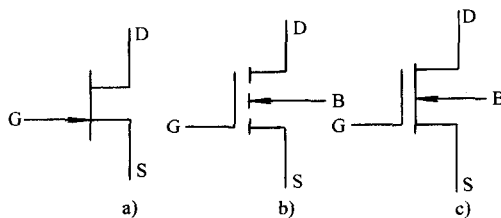


图 1-7 场效应晶体管的电路图形符号

a) 结型 b) 增强绝缘栅型 c) 耗尽绝缘栅型

六、集成电路

随着电子技术的不断发展,集成电路的应用越来越广泛,集成稳压电源、集成功率放大器、集成运算放大器等品种很多,这里,我们在附录中表 D-1 给出部分集成稳压电源和附录中表 C-1 给出部分集成运算放大器的一些参数,供学习者参考。

电路中元器件很多,在这里不一一介绍,希望大家在学习中学会用工具书自己去查找,同时要不断积累知识,不断学习新知识。

三端集成稳压电源、集成功率放大器、集成运算放大器的实物如图 1-8 所示。

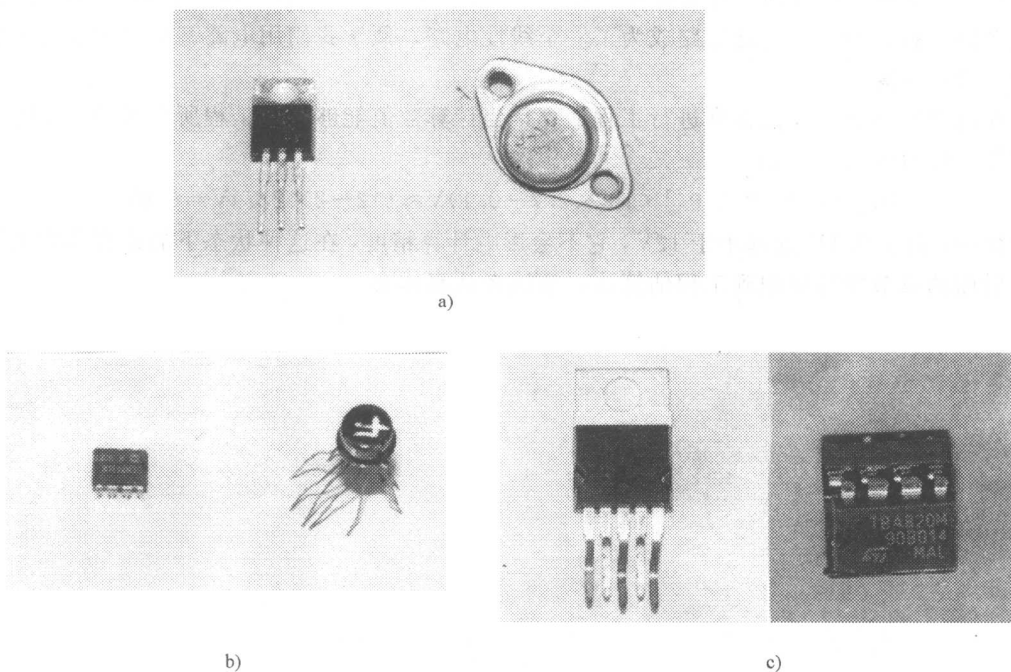


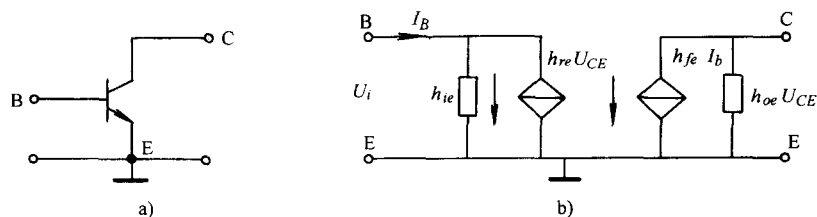
图 1-8 部分集成电路实物
a) 三端集成稳压电源 b) 集成运算放大器 c) 集成功率放大器

第三节 电子线路的分析方法

电子线路的分析方法通常有两种:一种是图解法,另一种是等效电路法。图解法就是利用晶体管的输入和输出特性来分析电路的工作状态,它的优点是简单直观,有利于基本概念的理解,便于定性分析。而等效电路法是计算方便,便于进行定量分析。学习中两种方法都能用到。此外,还用到了傅里叶级数分析法、折线分析法等。

本课程中,图解法主要用于阐述基本放大电路的物理概念,用于大信号电路的分析及非线性电路的分析;等效电路法主要用于小信号放大电路的分析,应用也很广泛。傅里叶级数分析法、折线分析法等主要用于分析非线性电路。

例如:等效电路法应用于分析放大电路时,在低频小信号输入的情况下,晶体管工作在放大状态,共发射极放大器中的晶体管可以等效成为 H 参数等效电路,如图 1-9 所示。

图 1-9 NPN 晶体管 H 参数等效电路a) NPN 晶体管 b) H 参数等效电路

从图 1-9 中可以看到，对应着晶体管 b、e、c 三个端点，可以将晶体管用所示的 H 参数等效电路代替。替代后，此电路成为了一个线性电路，便于我们用电路基础课中学过的电路分析方法去计算。

在电路计算中，我们常常进行工程估算，当计算数值能够满足工程所要求的精度时，可以将某些数值忽略，例如

$$U_{CE} = (12 - 2 \times 10^{-3} \times 10^3 \times 2.7 - 0.1) \text{V} \approx (12 - 2 \times 2.7) \text{V} = 6.6 \text{V}$$

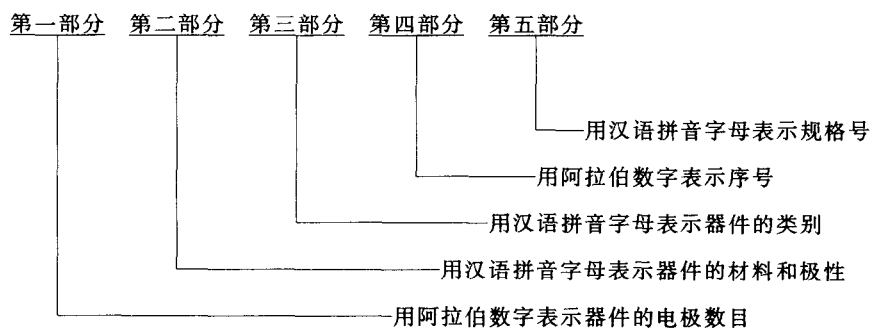
此计算中，由于 0.1V 远远小于 12V ，它不会影响计算精度，在这种状态下的计算称为工程估算。后面的章节中都要用到工程估算法，请读者认真体会。

附录 半导体器件的型号命名方法和主要参数

附录 A 半导体分立器件型号命名方法 (国家标准 GB249—1989)

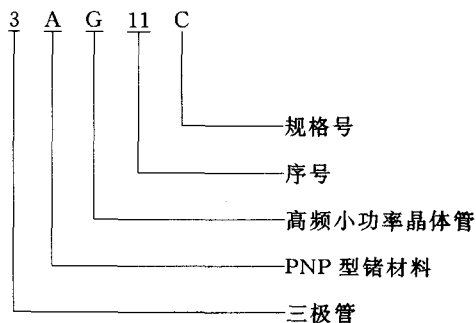
本标准适用于无线电电子设备所用半导体器件的型号命名。

一、半导体器件的型号由五部分组成

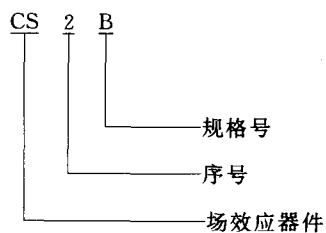


注：一些半导体分立器件的型号由一~五部分组成，另一些半导体分立器件的型号仅由三~五部分组成。

示例 1：锗 PNP 型高频小功率晶体管



示例 2：场效应晶体管



二、型号组成部分及其意义 (见表 A-1、A-2)

表 A-1 由一~五部分组成的器件型号符号及其意义

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分	第五部分
用阿拉伯数字表示器件的电极数目		用汉语拼音字母表示器件的材料和极性		用汉语拼音字母表示器件的类别		用阿拉伯数字表示序号	用汉语拼音字母表示规格号
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
2	二极管	A	N 型, 锗材料	P	小信号管		
		B	P 型, 锗材料	V	混频检波管		
		C	N 型, 硅材料	W	电压调整管和电压基准管		
		D	P 型, 硅材料	C	变容管		
3	三极管	A	PNP 型, 锗材料	Z	整流管		
		B	NPN 型, 锗材料	L	整流堆		
		C	PNP 型, 硅材料	S	隧道管		
		D	NPN 型, 硅材料	K	开关管		
		E	化合物材料	X	低频小功率晶体管 ($f_a < 3\text{MHz}$, $P_a < 1\text{W}$)		
				G	高频小功率晶体管 ($f_a \geq 3\text{MHz}$, $P_a < 1\text{W}$)		
				D	低频大功率晶体管 ($f_a < 3\text{MHz}$, $P_a \geq 1\text{W}$)		
				A	高频大功率晶体管 ($f_a \geq 3\text{MHz}$, $P_a \geq 1\text{W}$)		
				T	闸流管		
				Y	体效应管		
				B	雪崩管		
				J	阶跃恢复管		

表 A-2 由三~五部分组成的器件型号的符号及其意义

第三部分		第四部分	第五部分
用汉语拼音字母表示器件的类别		用阿拉伯数字表示序号	用汉语拼音字母表示规格号
符 号	意 义		
CS ^①	场效应晶体管		
BT	特殊晶体管		
FH	复合管		
PIN	PIN 管		
ZL	整流管阵列		
QL	硅桥式整流器		
SX	双向三极管		
DH	电流调整管		
SY	瞬态抑制二极管		
GS	光电子显示器		
GF	发光二极管		
GR	红外发射二极管		
GJ	激光二极管		
GD	光敏二极管		
GT	光敏晶体管		
GH	光耦合器		
GK	光开关管		
GL	摄像线阵器件		
GM	摄像面阵器件		

① 4CS 表示双绝缘栅场效应晶体管。

附录 B 部分常用国产半导体器件的主要参数

一、部分国产半导体二极管的参数

1. 点接触型二极管的主要参数 (见表 B-1)

表 B-1 点接触型锗二极管的主要参数

参 数		最大整 流电流	最高反向工作 电压（峰值）	反向击穿电压	正向电流 ($U_F=1V$ 时)	反向电流	最高工 作频率	结电容
单 位		mA	V	V	mA	μA	MHz	pF
型 号	2AP1	16	20	≥ 40 ($I_R=400\mu A$)	≥ 2.5	≤ 250 ($U_R=10V$)	150	≤ 1
	2AP7	12	100	≥ 150 ($I_R=400\mu A$)	≥ 5.0	≤ 250 ($U_R=100V$)	150	≤ 1
	2AP9	5	15	≥ 20	≥ 8	≤ 200 ($U_R=10V$)	100	≤ 0.5 ($U_R=6V$)
	2AP10	5	30	≥ 40	≥ 8	≤ 40 ($U_R=10V$)	100	≤ 0.5 ($U_R=6V$)
	2AP16	≤ 20	≤ 50		≥ 30	≤ 250 ($U_R=50V$)	40	$\leq$
	2AP17	≤ 15	≤ 100		≥ 10	≤ 250 ($U_R=100V$)	40	$\leq$
	2AP30C		15	20	2 ($U_F=1V$)	≤ 100		≤ 1

注：括号内的数据是测试条件。

2. 面接触型硅二极管的主要参数 (见表 B-2)

表 B-2 面接触型硅二极管的主要参数

参 数		最大整 流电流	最高反向工作 电压(峰值)	最高反向工作电 压下的反向电流	正向电流 ($U_F=1V$)	最大整流电流 下的正向压降	最高工 作频率
单 位		mA	V	μA	mA	V	kHz
型 号	2CP10	5~100	25	$\leq 5(T=100^{\circ}C)$		≤ 1.5	50
	2CP14	5~100	200	$\leq 5(T=100^{\circ}C)$		≤ 1.5	50
	2CP16	5~100	300	$\leq 5(T=100^{\circ}C)$		≤ 1.5	50
	2CP20	5~100	600	$\leq 5(T=100^{\circ}C)$		≤ 1.5	50
	2CP22	300	200	≤ 250		≤ 1.2	3
	2CP43	100	150	$\leq 5[(20\pm 5)^{\circ}C]$	≤ 100	≤ 1	50
	2CP44	100	200	$\leq 5[(20\pm 5)^{\circ}C]$	≤ 100	≤ 1	50
	2CZ11B	1000	200	$\leq 0.6mA$		≤ 1	3
	2CZ12C	3000	200	$\leq 1mA$		≤ 0.8	3
	2CZ12G	3000	600	$\leq 1mA$		≤ 0.8	3

注：括号内的数据是测试条件。

3. 硅稳压二极管的主要参数 (见表 B-3)

表 B-3 硅稳压二极管的主要参数

参 数	单 位	稳定电压 V	稳定电流 mA	动态电阻 Ω	电压温度系数 %/°C	极 限 参 数	
						耗散功率 mW	最大稳定电流 mA
型 号	2CW1	7~8.5	5	≤ 6	≤ 0.07	280	33
	2CW2	8~9.5	5	≤ 10	≤ 0.08	280	29
	2CW3	9~10.5	5	≤ 12	≤ 0.09	280	26
	2CW4	10~12	5	≤ 15	≤ 0.095	280	23
	2CW5	11.5~14	5	≤ 18	≤ 0.095	280	20
	2CW11	3.2~4.5	10	≤ 70	-0.05~+0.03	250	55
	2CW12	4~5.5	10	≤ 50	-0.04~+0.04	250	45
	2CW13	5~6.5	10	≤ 30	-0.03~+0.05	250	38
	2CW14	6~7.5	10	≤ 15	0.06	250	33
	2CW15	7~8.5	5	≤ 25	0.07	250	29
	2CW16	8~9.5	5	≤ 20	0.08	250	26
	2CW17	9~10.5	5	≤ 20	0.09	250	23
	2CW18	10~12	5	≤ 30	0.095	250	20
	2CW19	11.5~14	5	≤ 40	0.095	250	18
	2CW20	13.5~17	5	≤ 50	0.095	250	15
	2DW7A	5.8~6.6	10	≤ 25	0.005	200	30
	2DW7B	5.8~6.6	10	≤ 15	0.005	200	30
	2DW7C	6.1~6.5	10	≤ 10	0.005	200	30

二、部分常用国产晶体管主要参数

1. 低频小功率晶体管的主要参数 (见表 B-4)

表 B-4 低频小功率晶体管的主要参数

参 数	直流参数			交流参数				极 限 参 数		
	I_{CBO}	I_{CEO}	h_{FE}	h_{ie}	h_{fe}	h_{oe}	$f_a, f_{\beta fT}$	BU_{CEO}	I_{CM}	P_{CM}
单 位	μA	μA		k Ω		μS	MHz	V	mA	mW
型 号	3AX1	≤ 30	≤ 350	40~150			$f_a \geq 0.1$	10	10	150
	3AX3	≤ 15	≤ 250	40~150			$f_a \geq 0.465$	10	10	150
	3AX21	≤ 12	≤ 135	40~150	0.6~4.5	30~85		≥ 12	30	100
	3AX22	≤ 12	≤ 300	40~150				≥ 18	100	125
	3AX23	≤ 12	≤ 500	40~150	0.6~4.5	30~150		≥ 12	30	100
	3AX24	≤ 12	≤ 550	40~150	0.6~4.5	65~150		≥ 12	30	100
	3AX24A	≤ 12	≤ 550	40~150	0.6~4.5	35~150	$f_a > 1$	≥ 12	50	100
	3AX31C	≤ 6	≤ 500	50~150	0.5~4	20~85	$f_{\beta} > 8$	≥ 25	≥ 125	125
	3AX71F	≤ 12	≤ 500	50~150	0.5~4	20~85	$f_{\beta} \geq 15$	≥ 12	≥ 30	100

(续)

参 数		直 流 参 数			交 流 参 数				极 限 参 数		
		I_{CBO}	I_{CEO}	h_{FE}	h_{ie}	h_{fe}	h_{oe}	$f_{\alpha}, f_{\beta}f_T$	BU_{CEO}	I_{CM}	P_{CM}
单 位		μA	μA		$k\Omega$		μS	MHz	V	mA	mW
型 号	3AX63	≤ 100		≥ 20				$f_{\alpha} \geq 0.2$	60	500	500
	3BX1A	≤ 30			≤ 2	≥ 10	≤ 100	$f_{\alpha} \geq 0.465$	≥ 10		150
	3BX1B	≤ 20			≤ 2	≥ 15	≤ 100	$f_{\alpha} \geq 0.465$	≥ 15		150
	3BX1C	≤ 20			≤ 2	≥ 20	≤ 100	$f_{\alpha} \geq 1$	≥ 15		150
	3BX1D	≤ 20			≤ 2	≥ 35	≤ 100	$f_{\alpha} \geq 2$	≥ 15		150
	3BX1E	≤ 20			≤ 2	≥ 10	≤ 100	$f_{\alpha} \geq 0.465$	≥ 25		150
	3DX101	≤ 1		9~15				$f_T \geq 0.2$	≥ 10	50	300
	3DX102	≤ 1		9~15				$f_T \geq 0.2$	> 10	50	300
	3DX103	≤ 1		9~15				$f_T \geq 0.2$	> 10	50	300
	3DX104	≤ 1		9~15				$f_T \geq 0.2$	≥ 30	50	300
	3DX105	≤ 1		9~15				$f_T \geq 0.2$	≥ 40	50	300
	3DX106	≤ 1		9~15				$f_T \geq 0.2$	≥ 60	50	300

注：各种晶体管的测试条件不同，从略。

2. 高频小功率晶体管的主要参数（见表 B-5）

表 B-5 高频小功率晶体管的主要参数

参 数		直 流 参 数				交 流 参 数			极 限 参 数			
		I_{CBO}	I_{CEO}	I_{EBO}	h_{FE}	f_T	C_{ob}	r_b	βU_{CEO}	βU_{EBO}	I_{CM}	P_{CM}
单 位		μA	μA	μA		MHz	pF	Ω	V	V	mA	mW
型 号	3AG1B	≤ 7		≤ 20	20~200	≥ 25	≤ 5	≤ 100	10	0.8	10	50
	3AG8	≤ 5	< 100	< 100	20~250	≥ 10	≤ 10	≤ 150	10	1.5	10	60
	3AG21	≤ 10	≤ 200	≤ 50	20~250	≥ 10	≤ 10	≤ 200	10	0.5	10	50
	3AG24	≤ 5	≤ 200	≤ 50	20~250	≥ 50	≤ 5	≤ 80	10	0.5	10	50
	3AG43	< 3			> 24	> 100	< 10		25	2	30	60
	3AG45	< 2			> 24	> 300	< 3.5		25	1	20	60
	3AG50	< 2			≥ 24	300~500	< 3.5		25	1	30	100
	3AG64	≤ 20	≤ 100		80~200	≥ 100	< 15	< 20	≥ 35	≥ 1.5	150	500
	3AG80E	≤ 10			≥ 8	≥ 700	< 2	< 60	≥ 15		10	50
	3AG87C	≤ 10			≥ 10	≥ 700	≤ 4	< 100	≥ 15	≥ 0.5	50	300
	3AG96F	≤ 5			≥ 20	≥ 750	≤ 3	≤ 70	15		10	50
	3CG110A	≤ 0.1	≤ 0.1		≥ 25	≥ 100	≤ 4.5		≥ 15	≥ 4	10	100
	3CG102D	≤ 0.1	≤ 0.1		≥ 25	≥ 1200	≤ 2.5		≥ 15	≥ 4	25	150
	3CG110B	≤ 0.1	≤ 0.1		≥ 25	≥ 100	≤ 3.5		≥ 30	≥ 4	50	300
	3CG120C	≤ 0.1	≤ 0.1		≥ 25	≥ 700	≤ 7		≥ 45	≥ 4	100	500