



晶体管基础知识及其应用

上海市卢湾区业余工业专科学校

上海人民出版社

晶体管基础知识及其应用

上海市卢湾区业余工业专科学校

上海人民广播电台

晶体管基础知识及其应用

上海市卢湾区业余工业专科学校

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 **上海市印刷四厂**印刷

开本 850×1156 1/32 印张 8.25 字数 199,000

1972年5月第1版 1972年5月第1次印刷

书号: 15·4·228 定价: 0.55 元

毛主席语录



无产阶级认识世界的目的，只是为了改造世界，此外再无别的目的。

内 容 提 要

《晶体管基础知识及其应用》是一本电子技术的普及读物。

全书共分十章。第一章介绍电的基本知识；第二、四、九章分别介绍晶体二极管、三极管、可控硅的结构、原理和制造工艺；第三章重点讲晶体二极管单相整流电路；第五章详细叙述了晶体管的放大电路；第六章简要分析振荡电路；第七章是脉冲技术，主要讲晶体管脉冲单元电路原理；第八章是集成电路的一般常识；第十章是实用线路，详细分析了九种晶体管应用线路的工作原理，另外对晶体管收音机的工作原理（来复式及超外差式）也作了较为详细的分析。

本书在内容上力求由浅入深，通俗易懂。

本书可供广大工农兵、知识青年、业余无线电爱好者参考。

前 言

“春风杨柳万千条，六亿神州尽舜尧。”在我们伟大领袖毛主席亲自发动和领导下，波澜壮阔的无产阶级文化大革命取得了伟大的胜利。我们伟大的社会主义祖国呈现一片欣欣向荣的景象。电子工业战线上的广大群众，在毛主席的“自力更生”、“艰苦奋斗”的方针指引下，他们批判刘少奇一类骗子鼓吹、散布的唯心论的“先验论”、“洋奴哲学”、“爬行主义”等修正主义黑货，敢于向一切科学技术领域进军，促使我国的电子技术得到了迅速的发展，并且取得了显著的成绩，目前正在为赶超世界先进水平而日夜奋战。

为了适应当前生产发展的需要，满足广大工人、青年艺徒了解和掌握晶体管的结构、原理、一般制造工艺和晶体管电路的基本原理及其应用的基础知识，我们在党支部的领导下成立了由工人和教师参加的三结合编写小组，编写了这本《晶体管基础知识及其应用》。顾名思义，这是一本普及读物。为了上述目的，全书章节安排上力争做到由浅入深，内容上从晶体管结构、基本原理到具体应用都作了介绍。为了使读者复习翻阅方便起见，必要的电的基础知识也编了。但本书内容还是有详有略，有所侧重，如对整流电路、晶体管放大器、脉冲电路、实用线路等则写得多一些，细一些；对集成电路只作了一般常识性的介绍；对可控硅则抓住主要方面谈谈，以便读者在进一步学习晶体管技术方面有所帮助。

但由于我们学习毛主席著作很不够，对广大工农兵、革命干部、知识青年的要求了解还很不深入，水平又有限，因此缺点和错误一定不少，我们诚恳地希望读者提出批评指正。

我们在编写过程中得到了有关工厂领导和广大工人同志的大

力支持，有的为我们提供了实验设备，有的为我们提供了参考资料，我们一并在此表示感谢。

上海市卢湾区业余工业专科学校
《晶体管基础知识及其应用》编写小组

目 录

第一章 电的基本知识	1
第一节 直流电	1
第二节 交流电	9
第三节 变压器和电感器	13
第四节 电容器	15
第五节 RC 充放电电路	18
第六节 交流电路	22
第二章 晶体二极管	25
第一节 晶体二极管的结构和原理	25
第二节 晶体二极管的伏安特性	31
第三节 晶体二极管的分类和命名方法	33
第四节 晶体二极管的主要参数	36
第五节 利用万用表测量晶体二极管	36
第六节 晶体二极管制造工艺的一般介绍	38
第三章 整流电路	45
第一节 单相整流电路	46
第二节 滤波器	56
第三节 倍压整流电路	61
第四节 整流元件的串联和并联	64
第五节 简单的稳压电路	68
第四章 晶体三极管	73
第一节 晶体三极管的结构和工作原理	73
第二节 晶体三极管的特性曲线及参数	81
第三节 晶体三极管的简易测试法	90
第四节 晶体三极管制造工艺简介	94

第五章 晶体管放大器	101
第一节 放大器的基本要求	101
第二节 晶体管基本放大电路的图解分析	106
第三节 晶体管工作点的选择	114
第四节 晶体管放大器的偏置电路	117
第五节 晶体管多级放大器	124
第六节 功率放大器	129
第七节 放大器中的反馈	138
第八节 直流放大器	142
第六章 正弦波振荡器	148
第一节 振荡的基本原理	148
第二节 LC 振荡器的基本电路	150
第三节 RC 振荡器	153
第七章 脉冲技术	155
第一节 脉冲波形和参数	155
第二节 微分电路	157
第三节 限幅器	159
第四节 反相器	160
第五节 双稳态触发器	163
第六节 发射极耦合触发电路	165
第七节 单稳态触发器	167
第八节 多谐振荡器	170
第九节 锯齿波发生器	175
第十节 门电路	177
第八章 半导体集成电路	179
第一节 半导体集成电路的制造	179
第二节 数字集成电路	181
第九章 硅可控整流元件	183
第一节 可控硅的简介	183
第二节 可控硅型号和参数	186

第三节	可控硅的构造和原理	187
第四节	单结晶体管	188
第十章	实用线路分析	192
第一节	晶体管水位控制器	192
第二节	晶体管时间继电器	195
第三节	晶体管差动测湿仪	198
第四节	晶体管温度控制器	200
第五节	晶体管稳压电源	205
第六节	来复式单管收音机	209
第七节	晶体管无触点行程开关	214
第八节	六管超外差式收音机	217
第九节	光电计数器	232
第十节	晶体管倒顺车电路	235
第十一节	车床可控硅直流调速	241
附录	分贝的意义	249

第一章 电的基本知识

伟大领袖毛主席教导我们：“人们的认识，不论对于自然界方面，对于社会方面，也都是一步一步地由低级向高级发展，即由浅入深，由片面到更多的方面。”为了便于广大工农兵学习，我们在第一章里简略地介绍一些有关电的基本知识，作为学习的第一步。

第一节 直 流 电

一、电 流

我们知道电灯泡通上了电就会发光，电动机通上了电就会旋转，收音机通上了电就会发出声音，这都是电的作用，是由于电流通过这些器件所产生的结果。

一只灯泡在一定电压的作用下，电流流过得多一些，就亮一些，流过得少一些，就暗一些。如果灯泡亮一些，我们就说流过灯泡的电流强一些，反之，就说流过灯泡的电流弱一些。电流的强弱叫做电流强度，常用“ I ”表示。电流强度的单位是“安培”，简称“安”，用字母“A”表示。比安培小的单位有毫安（mA）和微安（ μA ）。它们之间的换算关系是：

$$1\text{ A (安)} = 1000\text{ mA (毫安)}$$

$$1\text{ mA (毫安)} = 1000\text{ }\mu\text{A (微安)}$$

电一般有直流电和交流电二种。

1. 直流电——电流的方向固定不变的，叫做直流电。电流的方向不变，大小也不变的，叫做稳定直流，如图 1-1(a) 所示。方向不变，而大小随时间改变的，叫做脉动直流，如图 1-1(b) 所示。

2. 交流电——电流的方向和大小随时间作周期性变化的,叫做交流电,如图 1-1(c) 所示。

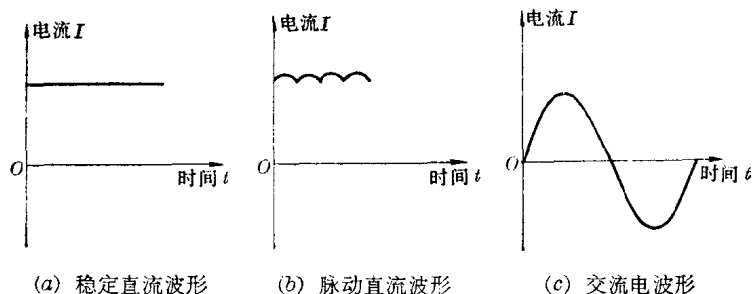


图 1-1

二、电位、电压、电动势

为了说明电流是怎样产生的,可以用水流来作对比。我们把电比作水,电流就好比水流。假如有甲、乙两只水缸,中间有阀门“K”把甲、乙两只水缸隔开,设甲缸的水位比乙缸高,如图 1-2 所示。

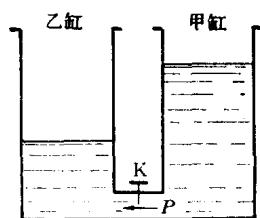


图 1-2

当我们把阀门 K 一打开,就有水流从甲缸经过管子 P 流向乙缸。这是因为水总是从水位高处流向水位低处的,要水流动,就得有一个水位差。同样,要在导体中有电流流过,就得在导体两端有一个电位差,电流也是从电位高处流向电位低处的。

电位的单位是“伏特”,简称“伏”,常用字母“V”表示,电压与电位差是一个意思,常用“U”表示,它的单位也是“伏特”。

在图 1-2 中,当甲缸的水流向乙缸后,甲缸的水位就逐渐下降,而乙缸的水位就相应上升,它们之间的水位差就愈来愈小,最后达到水位差为零时,甲缸的水就不再流向乙缸,水流也就停止了。那末,怎样才能产生连续的水流呢? 经验告诉我们,要维持水

的流动,就必须要维持水位差,如果我们在甲、乙两只缸之间接入一只水泵,如图 1-3 所示,水泵及阀门 K 同时打开,那末在水泵的作用下,乙缸的水又流向甲缸,使甲缸的水位升高,乙缸的水位下降,这样一来就能够维持甲缸和乙缸之间的水位差,水就能够不断地从甲缸流向乙缸,产生连续的水流。这里水泵就起了一个维持水位差的原动力的作用。同样,要在导体中使电流连续不断地流过,就必须要维持导体两端的电位差(或电压)。象干电池、蓄电池、发电机等都具有维持电位差的本领,衡量这种本领的物理量称为电动势。这种具有电动势的器件称为电源。

电动势常用“ E ”表示,它的单位和电压一样也是“伏特”。一伏的一千分之一叫“毫伏”,即:

$$1\text{ V (伏)} = 1000\text{ mV (毫伏)}$$

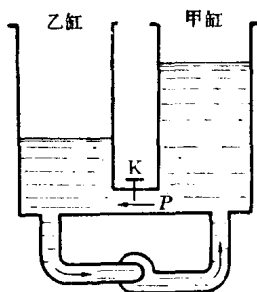


图 1-3

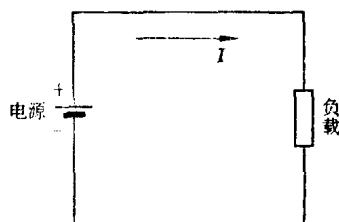


图 1-4

习惯上规定,电流的方向是从电源的正极(即电位高处)经过外电路(有负载的)流向电源的负极(即电位低处),如图 1-4 所示。图中,“+”、“-”分别表示电源的正极和负极。

三、电 阻

大家知道,水流过管子时要受到阻力。同样,电流过导体时也受到一定的阻力,这种阻力叫做电阻,用字母“ R ”表示。其单位是“欧姆”,用字母“ Ω ”表示。有时为了方便起见,还用千欧($k\Omega$)

和兆欧($M\Omega$)。它们之间的换算关系是:

$$1\text{ k}\Omega (\text{千欧}) = 1000\ \Omega (\text{欧姆})$$

$$1\text{ M}\Omega (\text{兆欧}) = 1000\text{ k}\Omega (\text{千欧})$$

导体电阻的大小与导体的材料、长度、截面积和温度等有关。铜、铝等金属都是良好的导体。电气设备中使用的电线大都是用铜、铝制成的。特别是铝,在自然界中蕴藏量极其丰富,以铝代铜在国民经济中是具有重大意义的。

四、欧姆定律

“一切客观事物本来是互相联系的和具有内部规律的”,在电路中,电流、电压、电阻这三者共处于一个统一体中,它们之间也是互相联系并存在着一定规律性的。欧姆定律就是反映这三者之间的内部规律性。欧姆定律可分二部分来介绍。

(一) 部分电路的欧姆定律

如图 1-5 所示的电路中,流过电阻 R 的电流 I 是和加在电阻 R 上的电压 U 成正比,而和电阻 R 成反比的。

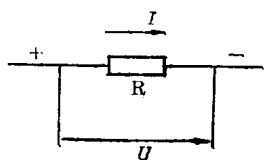


图 1-5

用公式表示,即: $I = \frac{U}{R}$

式中: I ——电流(安培);

U ——电压(伏特);

R ——电阻(欧姆)。

从欧姆定律可知:当电阻值一定时,加在电阻上的电压愈大,则流过电阻的电流也愈大。

例如:图 1-5 中,电压 $U = 20\text{ V}$, 电阻 $R = 10\ \Omega$, 则流过电阻 R 的电流按公式计算,得:

$$I = \frac{20\text{ V}}{10\ \Omega} = 2\text{ A}$$

(二) 全电路欧姆定律

全电路欧姆定律的电路,如图 1-6 所示。流过的电流 I 是与

电动势 E 成正比, 而与电路中的总的电阻(负载电阻 R 和电源内阻 r 之和, 即 $R+r$) 成反比的。

用公式表示, 即: $I = \frac{E}{R+r}$

式中: I ——电流(安培);

E ——电源的电动势(伏特);

R ——负载电阻(欧姆);

r ——电源内阻(欧姆)。

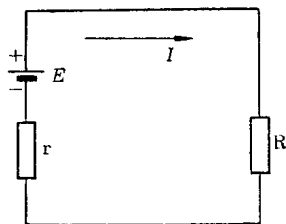


图 1-6

例如: 图 1-6 中, 电动势 E 为 22 V, 内阻 r 为 1Ω 的电源, 对 10Ω 的负载 R 供电, 问负载中的电流为多少? 负载两端的电压又是多少?

〔解〕 根据全电路的欧姆定律, 先求出电路中的电流, 按公式计算得:

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{22\text{ V}}{10\Omega + 1\Omega} = 2\text{ A}$$

再根据部分电路的欧姆定律求出负载两端的电压, 得:

$$U = I \cdot R = 2\text{ A} \times 10\Omega = 20\text{ V}$$

由此可以看出, 由于电源中存在内阻, 所以当负载接到电源上去之后, 电源的输出电压降低了, 降低的电压就是消耗在内阻上的电压, 即: $I \cdot r = 2\text{ A} \times 1\Omega = 2\text{ V}$, 这个电压称为内电路压降。

显然, 内阻愈大, 内电路压降也愈大, 实际负载上所得到的电压和电流则愈小。

五、电功和电功率

电流流过电气设备器件时, 就把电能转换为其它形式的能量。电流流过灯泡, 灯泡就发光, 表明电能转换成光能; 电流通过扬声器, 扬声器发出声音, 表明电能转换成声能; 电流流过电炉, 电炉发热, 表明电能转换成热能; 电流通过电动机时使电动机转动, 表明

电能转换成机械能。这种电流所做的功,简称电功。为了衡量电流做功本领的大小,常用电功率来表示。所谓电功率就是在单位时间内电流所做的功,常用字母“ P ”表示,单位是“瓦特”,简称“瓦”,用字母“ W ”表示。常用的单位还有千瓦(kW)和毫瓦(mW),它们的关系是:

$$1kW(\text{千瓦})=1000W(\text{瓦})$$

$$1W(\text{瓦})=1000mW(\text{毫瓦})$$

电功率与电流、电压之间也存在一定的关系,即:

$$P=UI$$

或
$$P=I^2R, \quad P=\frac{U^2}{R}$$

式中: P ——功率(瓦);

U ——电压(伏);

I ——电流(安)。

例如:某电路中,在一只 $1k\Omega$ 的电阻上流过 $0.1A$ 的电流,那末电流在电阻上所做的功按公式计算为:

$$P=0.1^2 \times 1000 = 10W$$

六、电阻的串联和并联

在实际工作中,有时候我们手头有的电阻数值与需要的电阻数值不符合(过小或过大),这时往往使用几只电阻串联或并联的方式来解决问题。怎样才能做到电阻的串联或并联,电阻串联或并联后总电阻的阻值又是如何变化的呢?就是说,“对情况和问题一定要注意到它们的数量方面,要有基本的数量的分析”,只有这样,我们在进行电阻的串联或并联使用时,才能做到心中有数。

(一)电阻的串联

二个或二个以上的电阻,将它们首尾相接地一个个连接起来,

如图 1-7 所示, 电阻的这种联结方式叫做电阻的串联。串联后总的电阻值是各个电阻值之和, 即

$$R_{\text{总}} = R_1 + R_2 + R_3$$

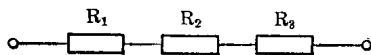


图 1-7

在图 1-7 中, 若 $R_1 = 50 \Omega$, $R_2 =$

25Ω , $R_3 = 25 \Omega$, 则总电阻 $R_{\text{总}} = 50 + 25 + 25 = 100 \Omega$ 。可见, 串联后的总电阻值是增加的。

(二) 电阻的并联

二个或二个以上的电阻, 将它们的一端连接在一起, 另一端也连接在一起, 如图 1-8 所示, 电阻的这种联结方式叫做电阻的并

联。并联后总的电阻值的倒数为各个电阻值的倒数之和, 即

$$\frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

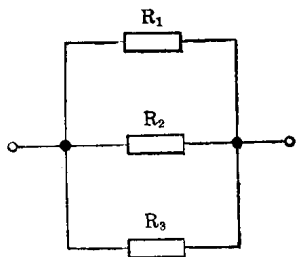


图 1-8

在图 1-8 中, 若 $R_1 = 50 \Omega$, $R_2 = 25 \Omega$, $R_3 = 25 \Omega$, 则并联后总电阻的倒数为

$$\frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{50} + \frac{1}{25} + \frac{1}{25} = \frac{5}{50} = \frac{1}{10}$$

$R_{\text{总}} = 10 \Omega$, 可见, 并联后总的电阻值是减少的。

七、常用电阻器件

电阻器在电路中使用得很普遍, 常用的电阻器可分为固定电阻器和可调电阻器两大类。电阻器按其结构来分, 可分为实芯电阻、薄膜电阻和线绕电阻三种, 如图 1-9 所示。

表 1-1 列出了各种类型电阻的主要用途, 可供选择电阻时参考。此外, 作为特殊用途的, 还有阻值可随温度而变化的热敏电阻和随光照而变化的光敏电阻等。

在电子线路中, 电阻器和电位器的表示方法如图 1-10 所示。

各种电阻的阻值、功率和误差一般均直接标明在电阻器上。