



应用型本科院校“十三五”规划教材/机械工程类
黑龙江省高等教育学会“十三五”高等教育科研课题（规划课题）
“机电类专业本科创新教育体系研究与实践”（批准编号：16G446）

主编 王妍玮 胡琥 张蔓

单片机原理及应用

（第2版）

Principle and Applications of Microcomputer

- 适用面广
- 应用性强
- 促进教学
- 面向就业



哈尔滨工业大学出版社



应用型本科院校“十三五”规划教材/机械工程类

黑龙江省高等教育学会“十三五”高等教育科研课题(规划课题)
“机电类专业本科创新教”号: 16G446)

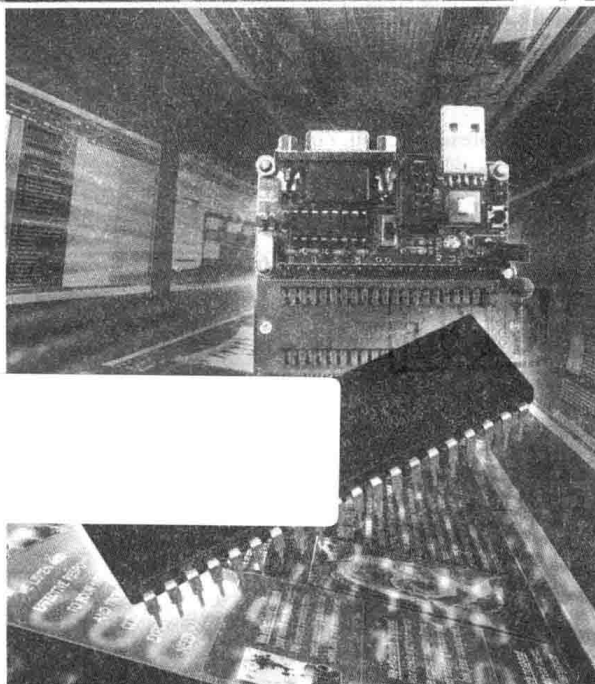


主 编 王妍玮 胡 琥 张 蔓
副主编 赵秋英 曾凡菊 郭越富

单片机原理及应用

(第2版)

Principle and Applications of Microcomputer



哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书以 C51 语言和 Keil 软件为主线,以提高动手能力为目的,采用理论与实践相结合的方法,深入浅出地介绍了 STC 系列单片机的基本结构、工作原理、程序编程基础及应用实例,让学生们学以致用。本书以 Keil 为编程工具,结合硬件焊接制作科技作品,具有很强的直观性,可保证学生理论基础够用、动手实践能力得到发挥。

本书共分为三部分,第一部分为基础篇,包括第 1~4 章,着重介绍单片机基础知识、硬件资源、软件编程基础和基础应用实例;第二部分为提高篇,包括第 5~8 章,主要介绍 STC 系列单片机定时器与计数器、EEPROM 的工作原理、AD 和 DA 及串行口通信原理,为深入掌握单片机提供保障;第三部分为应用篇,包括第 9~14 章,侧重介绍数码管、液晶屏、键盘输入、电机驱动、传感器等常用的功能模块实例分析。

本书适合在单片机教学、单片机课程设计及本科生毕业设计中使用,也可作为自学、科研及竞赛的参考资料,诣通过亲自动手制作实物,掌握所学知识。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/王妍玮,胡琥,张蔓主编. —2 版. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2017. 6

应用型本科院校“十三五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5603 - 6100 - 0

I. ①单… II. ①王…②胡…③张… III. ①单片微型计算机-
高等学校-教材 IV. ①TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 148992 号

策划编辑 杜 燕

责任编辑 李长波

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451 - 86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨久利印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 19.75 字数 450 千字

版 次 2012 年 8 月第 1 版 2017 年 6 月第 2 版

2017 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5603 - 6100 - 0

定 价 38.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

序

《应用型本科院校“十三五”规划教材》编委会

主 任 修朋月 竺培国

副主任 王玉文 吕其诚 线恒录 李敬来

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁福庆 于长福 马志民 王庄严 王建华

王德章 刘金祺 刘宝华 刘通学 刘福荣

关晓冬 李云波 杨玉顺 吴知丰 张幸刚

陈江波 林 艳 林文华 周方圆 姜思政

庾 莉 韩毓洁 蔡柏岩 臧玉英 霍 琳

目前国内应用型本科院校所用教材往往是对理论性较强的本科院校教材的面单删减,针对性、应用性不够突出,因材施教的目的难以达到。因此亟须既有一定的理论深度又注重实践应用能力培养的系列教材,以满足应用型本科院校教学目标、培养方向和办学特色的需要。

哈尔滨工业大学出版社出版的《应用型本科院校“十三五”规划教材》,在选题设计思路上认真贯彻教育部关于培养适应地方、区域经济社会发展需要的“本科应用型高级专门人才”精神,根据前黑龙江省委书记韩哲武同志提出的关于加强应用型本科院校建设的意见,在应用型本科院校成功经验总结的基础上,特邀请黑龙江省9所知名应用型本科院校的专家、学者联合编写。

本系列教材突出与办学定位、教学目标相一致性和适应性,既严格遵照学科体系的知识构成和教材编写的一般规律,又针对应用型本科人才培养目标

序

哈尔滨工业大学出版社策划的《应用型本科院校“十三五”规划教材》即将付梓,诚可贺也。

该系列教材卷帙浩繁,凡百余种,涉及众多学科门类,定位准确,内容新颖,体系完整,实用性强,突出实践能力培养。不仅便于教师教学和学生学习,而且满足就业市场对应用型人才的迫切需求。

应用型本科院校的人才培养目标是面对现代社会生产、建设、管理、服务等一线岗位,培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持工作有效运行的高等应用型人才。应用型本科与研究型本科和高职高专院校在人才培养上有着明显的区别,其培养的人才特征是:①就业导向与社会需求高度吻合;②扎实的理论基础和过硬的实践能力紧密结合;③具备良好的人文素质和科学技术素质;④富于面对职业应用的创新精神。因此,应用型本科院校只有着力培养“进入角色快、业务水平高、动手能力强、综合素质好”的人才,才能在激烈的就业市场竞争中站稳脚跟。

目前国内应用型本科院校所采用的教材往往只是对理论性较强的本科院校教材的简单删减,针对性、应用性不够突出,因材施教的目的难以达到。因此亟须既有一定的理论深度又注重实践能力培养的系列教材,以满足应用型本科院校教学目标、培养方向和办学特色的需要。

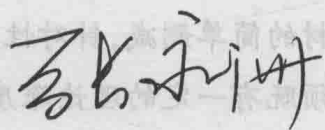
哈尔滨工业大学出版社出版的《应用型本科院校“十三五”规划教材》,在选题设计思路上认真贯彻教育部关于培养适应地方、区域经济和社会发展需要的“本科应用型高级专门人才”精神,根据前黑龙江省委书记吉炳轩同志提出的关于加强应用型本科院校建设的意见,在应用型本科试点院校成功经验总结的基础上,特邀请黑龙江省9所知名的应用型本科院校的专家、学者联合编写。

本系列教材突出与办学定位、教学目标的一致性和适应性,既严格遵照学科体系的知识构成和教材编写的一般规律,又针对应用型本科人才培养目标

及与之相适应的教学特点,精心设计写作体例,科学安排知识内容,围绕应用讲授理论,做到“基础知识够用、实践技能实用、专业理论管用”。同时注意适当融入新理论、新技术、新工艺、新成果,并且制作了与本书配套的PPT多媒体教学课件,形成立体化教材,供教师参考使用。

《应用型本科院校“十三五”规划教材》的编辑出版,是适应“科教兴国”战略对复合型、应用型人才的需求,是推动相对滞后的应用型本科院校教材建设的一种有益尝试,在应用型创新人才培养方面是一件具有开创意义的工作,为应用型人才的培养提供了及时、可靠、坚实的保证。

希望本系列教材在使用过程中,通过编者、作者和读者的共同努力,厚积薄发、推陈出新、细上加细、精益求精,不断丰富、不断完善、不断创新,力争成为同类教材中的精品。



第2版前言

“单片机原理及应用”是一门实践性很强的专业基础课,为了适应 21 世纪机械、电子、智能控制的飞速发展和高等院校应用型本科教育的客观要求,本着整合、拓宽、更新的原则,本书在注重基础理论的基础上,强调实践能力的培养,着重介绍单片机的基本原理、常用功能和应用实例,为解决工程中的实际问题奠定基础。

本书共分为三部分,分别为基础篇、提高篇和应用篇,由浅入深、循序渐进地对单片机进行阐述,编程方式上采用灵活、移植性好的 C51 编程,并对 Keil 编程软件和 UV2 开发环境进行介绍,从最初的独立元器件到单片机最小系统的制作、程序下载、调试和案例分析,实现了科技作品制作的全过程,直观性强,突出应用型本科学生动手实践能力的培养。本书在编写中具有以下特点:

1. 案例丰富,入门容易

本书编写中列举了大量实例,由浅入深,易于模仿,使读者易于参考书中实例模仿练习,易于上手。

2. 软硬结合,易于教学

本书采用 C51 编程和硬件电路板制作相结合的方法,克服传统单片机教学中只是软仿、没有实物的缺点,直观易懂,有利于教学,激发学生的学习兴趣。

3. 内容精练,突出实践

本书根据工程实践需要,对于原理本着系统、够用的原则进行了精练,避免了复杂的汇编语言基础知识的学习,同时,本书不断吸收最新的单片机相关知识,更新教学知识点。

本书的编写人员有:哈尔滨石油学院王妍玮(第 8、10、13 章),黑龙江东方学院胡琥(第 2、5、6 章),哈尔滨石油学院张蔓(第 1、12、14 章),哈尔滨华德学院郭越富(第 9、11 章),哈尔滨华德学院曾凡菊(第 7 章),哈尔滨石油学院赵秋英(第 3 章),哈尔滨远东理工学院周方圆(第 4 章)。具体编写字数如下:王妍玮 11 万字,胡琥 8 万字,张蔓 7 万字,郭越富 6 万字,赵秋英 5 万字,曾凡菊 3 万字,周方圆 5 万字。此外,长春师范大学蒋东霖也为本书的编写做了大量工作,在此一并感谢。

本书在编写中参考了已有单片机的教材和资料,并在书后的参考文献中列出,这些宝贵的资料对本书的编写起到了重要作用,在此对所有参考文献的作者表示感谢。

本书的基础理论部分主次论述清楚,条理清晰,应用部分实例来自编者们的多年的教学实例、科研和生产实践中的新研究成果。本书可以作为机械专业、自动化专业和信息安全专业的必修课教材,也可作为从事单片机研究人员的参考用书。

由于编者水平有限,书中出现疏漏和不足的地方在所难免,不妥之处恳请广大读者批评指正。

编 者

2016 年 12 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 单片机概述	1
1.2 常用电子元器件简介	3
1.3 常用的测试工具	10
1.4 单片机预备知识	12
习题	16
第2章 STC 系列单片机	17
2.1 STC 单片机概述	17
2.2 STC89C51RC/RD+单片机的引脚	20
2.3 STC89C51RC/RD+单片机内部结构和特点	22
2.4 STC89C51RC/RD+系列单片机存储器结构和地址空间	26
2.5 STC 系列单片机并行输入/输出端口(字操作)	31
2.6 STC 系列单片机布尔(位)处理器	33
2.7 STC 单片机最小系统	34
2.8 STC 单片机程序下载	35
习题	37
第3章 单片机的 C51 程序设计基础	38
3.1 单片机的 C51 基础知识介绍	38
3.2 C51 流程控制语句	49
3.3 程序结构和函数	55
3.4 Keil C51 开发环境	61
习题	70
第4章 单片机 I/O 口原理及应用实现	71
4.1 电路设计的背景及功能	71
4.2 电路的设计	79
4.3 C51 程序代码调试	82
4.4 设计实例	85
习题	100
第5章 定时器与计数器	101
5.1 电路设计的背景及功能	101
5.2 DS1302 时钟芯片概述	109
5.3 电路的设计	112

5.4	C51 程序代码设计调试	113
5.5	设计实例——基于 DS1302 的时钟	116
	习题	125
第 6 章	EEPROM 的工作原理及应用实现	126
6.1	电路设计的背景及功能	126
6.2	24C02 芯片概述	127
6.3	电路的设计	130
6.4	C51 程序代码设计调试	131
6.5	设计实例	133
	习题	135
第 7 章	ADC 和 DAC 的工作原理及应用实现	136
7.1	ADC、DAC 背景及功能	136
7.2	AD7716 的硬件结构及软硬件设计方法	138
7.3	TLC7528 的硬件结构及软硬件设计方法	148
	习题	154
第 8 章	串行口通信原理及应用实现	155
8.1	串行通信基本概念	155
8.2	51 单片机的串行口接口相关的特殊功能寄存器	158
8.3	51 单片机的串行口的工作方式	160
8.4	51 单片机串行口波特率设定	161
8.5	51 单片机串行口软件编程	162
8.6	51 单片机串行口电平转换	163
8.7	51 单片机串行口接口编程实例	165
	习题	170
第 9 章	数码管显示原理及应用实现	171
9.1	电路设计的背景及功能	171
9.2	电路的设计	186
9.3	程序代码调试	188
9.4	设计实例	189
	习题	195
第 10 章	键盘扫描原理及应用实现	196
10.1	电路设计的背景及功能	196
10.2	电路的设计	199
10.3	键盘扫描电路的 C51 程序代码设计	199
10.4	电路的改进——键盘的消抖动程序代码调试	202
10.5	设计实例	203
	习题	210

第 11 章 液晶显示原理及应用实现	211
11.1 电路设计的背景及功能	211
11.2 电路的设计	217
11.3 C51 程序代码调试	218
11.4 设计实例	224
习题	227
第 12 章 电机驱动设计	228
12.1 电路设计的背景及功能	228
12.2 电机控制策略	232
12.3 电路的设计	238
12.4 C51 程序代码设计	239
12.5 设计实例	240
习题	242
第 13 章 传感器设计	243
13.1 超声波传感器	243
13.2 红外传感器	251
13.3 光电传感器	258
13.4 烟雾传感器	261
13.5 温度传感器	266
13.6 热释电传感器	278
13.7 磁敏传感器	280
习题	284
第 14 章 综合应用实例	285
14.1 LED 显示遥控器按键值	285
14.2 简易红外线遥控开关	290
14.3 无线电遥控应用实例	294
习题	300
参考文献	301

图 1.1 单片机实物图

1.1.2 单片机的分类及发展

单片机最早是在微处理器(CPU)的基础上发展而来的。在单片机的开发过程中,最为人们熟知、应用最广泛、也是最成功的单片机是 Intel 公司的 8031。随后,在 8031 的基础上发展出了 MCS-51 系列单片机系统,所有 51 系列单片机都兼容 Intel 8031 指令系统。随着技术的进步,单片机的处理能力不断加强,功能不断完善。目前,单片机已经

第 1 章

绪 论

1.1 单片机概述

单片机自从 1971 年诞生开始,以其灵活的控制功能、极高的性价比,在各个领域得到了广泛的应用。单片机体积小,功耗低,抗干扰能力强,环境适应性强,可靠性高,价格低廉,学习开发容易。我国在 20 世纪 80 年代开始使用单片机,发展到现在,单片机仍然是进行产品设计的重要手段。

1.1.1 单片机简介

单片机(Micro Control Unit, MCU)是单片微型计算机的简称,又称为单片微控制器,是最常用的嵌入式微控制器,其实物如图 1.1 所示。单片机与实现单一功能的逻辑芯片不同,它是将处理控制单元(Contral Processing Unit, CPU)、存储单元(RAM、ROM)以及定时器、中断系统、输入输出接口等组合在一起构成的具备基本计算机属性的系统,它能够完成信息的处理、程序数据的存储等功能,相当于一个微型的计算机。

单片机由于具有诸多优点,被广泛地应用在工业控制领域,用来实现各种测试和控制功能。通过学习单片机的使用,可以帮助读者设计出功能更多、使用更方便的产品。



图 1.1 单片机实物图

1.1.2 单片机的分类及发展

单片机最早是在微处理器(CPU)的基础上发展而来的。在单片机的发展过程中,最为人们熟知,应用最广泛,也是最成功的单片机是 Intel 公司的 8031。随后,在 8031 的基础上发展出了 MCS-51 系列单片机系统,所有 51 系列单片机都兼容 Intel 8031 指令系统。随着技术的进步,单片机的处理能力不断加强,功能不断完善。目前,单片机已经具有从

4 位到 64 位的完善的产品门类,并且可以根据需要选择具有不同存储容量、不同外设功能的单片机。世界上许多著名的芯片公司都有单片机产品,表 1.1 列出了目前主流的 8 位单片机生产厂商和型号。

表 1.1 主要的 8 位单片机生产厂商和型号

生产厂商	国家或地区	单片机型号	备注
飞思卡尔 (Freescale)	美国	S08 系列、RS08 系列、HC08 系列等	原 Motorola 半导体
爱特梅尔 (Atmel)	美国	8051 系列、AVR 系列等	
微芯科技 (Microchip)	美国	PIC10 系列、PIC12 系列、PIC16 系列等	
恩智浦 (NXP)	荷兰	80C31、80C51、P87C554 等	原 Philips 半导体
Silabs	美国	C8051F 系列	
Zilog	美国	Z8051 系列、Z8 Encore 系列等	
凌阳科技 (Sunplus)	中国台湾	SPMC65 系列	
宏晶科技 (STC)	中国	STC 系列	

单片机按照其用途可分为通用型和专用型两类。通用性单片机具有比较丰富的内部资源,性能较强,功能全面,适应性强,能够满足多种应用需求。用户通过操作单片机内部的 RAM、ROM、定时器、I/O 端口等资源,可以实现不同的处理控制功能。我们通常所说的单片机就是指通用型单片机。本书介绍的也是通用型单片机。

专用型单片机是指根据用户需求或针对不同产品的特定功能设计制作的单片机。比如计算器中的计算单元,家用电器中的控制器等。这种应用的需求量巨大,是产品厂商和单片机厂商合作开发生产的。由于这种单片机是专门为特定功能或产品定制的,所以其系统结构和功能已经进行了优化,具有可靠性高、成本低的特点,特别适合在大批量产品中应用。

尽管 ARM 等 32 位处理器的应用已经日益受到人们关注,但在很多控制领域单片机有其自身的优势,到目前为止,兼容 8031 指令集的 51 单片机应用依然十分广泛,事实上,单片机仍然是世界上使用数量最多的处理器。比如生活中常见的电话、手机、计算器、各种家用电器、儿童电子玩具、鼠标、键盘等电脑配件中都有单片机的身影,汽车上也大量使用单片机进行电子控制。由此可见,单片机应用前景仍然十分乐观,而且单片机的学习可以为学习其他处理器奠定基础。

1.1.3 单片机的应用

单片机以其灵活的控制能力,丰富的产品线,使其应用领域广泛,几乎到了无孔不入的地步。单片机主要应用领域包括:

(1) 家用电器。为了实现家用电器的各种功能控制,单片机在家用电器中的应用十分广泛,包括电话、冰箱、洗衣机、微波炉、音响等设备。

(2) 工业控制。工业自动化及机电一体化的发展离不开单片机技术,在工业控制中,单片机负责信息采集、处理,过程控制、监控等。

(3)办公自动化。办公自动化看似是通过计算机实现的,但是单片机在其中扮演着重要的角色,如键盘、鼠标、打印机、传真机、考勤机等设备中都离不开单片机的控制处理。

(4)商业物流。商业物流发展速度很快,尤其是近几年网络购物的兴起,更是促进了物流业的迅速发展,这其中单片机发挥了重要作用,如电子秤、条码扫描器、POS收款机、GPS跟踪定位设备、出租车计价器等。

(5)智能化仪表。智能化仪表在生产生活中的应用很广泛,比如家庭用的水表、电表,工业化工用的各种指示仪表等,在这些智能化仪表中,单片机完成了数据处理、存储、传输、故障诊断、联网控制等功能。

(6)汽车电子。汽车的智能化程度越来越高,汽车仪表盘的显示、动力系统的监控、自动巡航技术、防盗系统等都离不开单片机。

(7)航空航天和国防军事。航空航天中的控制处理技术、遥测控制技术都需要单片机来完成;单片机在国防领域也有很多应用,如各种武器的电子系统。

单片机技术的广泛应用从根本上改变了控制系统、信息处理系统的设计思想和方法,从以前的纯硬件实现转变为硬件是基础、软件是灵魂的设计时代。同时,单片机的应用取得了巨大的经济效益和社会效益。

1.2 常用电子元器件简介

在单片机的硬件设计中,单片机是核心,但是也需要电阻、电容等各种电子元器件的配合,以完成特定功能电路的设计。

1.2.1 电阻、电容与电感

电阻、电容、电感是电路设计中最常用到的电子元件。

1. 电阻

电阻是电路中用得最多的元件。导体对电流的阻碍作用就称为导体的电阻,记为 R ,单位是欧姆(Ω)。电阻在电路中的主要作用是控制电流,调整电压。电阻的电气性能指标通常有阻值、误差、额定功率等。

电阻的分类方法很多,通常可以分为固定电阻、可变电阻、特种电阻三大类,还可按照材料分类,分为碳膜电阻、水泥电阻、金属膜电阻和线绕电阻等;按照功率分,有 $1/16\text{ W}$, $1/8\text{ W}$, $1/4\text{ W}$, $1/2\text{ W}$, 1 W , 2 W 等额定功率的电阻;按阻值精度可分为精度为 $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 20\%$ 的普通电阻和精度为 $\pm 0.1\%$, $\pm 0.2\%$, $\pm 0.5\%$, $\pm 1\%$ 和 $\pm 2\%$ 的精密电阻;按照封装方式可分为直插电阻和贴片电阻。

在进行电路设计中我们需要根据需求选择合适阻值、功率的电阻,在有些有精度要求的应用中还要选取精密电阻。电阻的阻值是人们最常关心的信息,直插式圆柱电阻通过色环来标记电阻的阻值,因此,也称为色环电阻。贴片电阻通过数字标记出电阻的阻值。下面分别介绍这两种电阻的阻值表示方法。

色环电阻将不同颜色的色环涂在电阻上表示电阻的标称值及允许误差。色环电阻的优点是无论怎么安装,都能方便地读出其阻值,便于检测和更换。表1.2为色环电阻的颜

色及代表的数值。色环电阻又分为四色环电阻和五色环电阻,表示的意义见表 1.3。

贴片电阻的阻值读数相对容易得多,在贴片电阻的正面印有 3 个数字或是 2 个数字和英文 R 组合的形式。对于印有 3 个数字的电阻,前两位数字乘以第三位数字的 10 的幂次方即为阻值,例如 103,表示 $10 \times 10^3 = 10 \text{ k}\Omega$;对于所有 2 个数字加字母 R 的电阻,表示阻值小于 10Ω 的电阻,如:6R8,表示 6.8Ω 电阻。

表 1.2 色环电阻的颜色及代表的数值

颜色	有效数字	数量级	允许偏差/%
银	—	10^{-2}	± 10
金	—	10^{-1}	± 5
黑	0	10^0	—
棕	1	10^1	± 1
红	2	10^2	± 2
橙	3	10^3	—
黄	4	10^4	—
绿	5	10^5	± 0.5
蓝	6	10^6	± 0.25
紫	7	10^7	± 0.1
灰	8	10^8	—
白	9	10^9	$+50 \sim -20$
无	—	—	± 20

表 1.3 色环电阻的读数方法

	四色环电阻					五色环电阻					
第 1 色环	十位数					百位数					
第 2 色环	个位数					十位数					
第 3 色环	10 的色环颜色数的幂					个位数					
第 4 色环	误差率					10 的色环颜色数的幂					
第 5 色环						误差率					
示例	颜色	黄	紫	红	银	颜色	红	黑	黑	红	金
	阻值	$(4 \times 10 + 7) \times 10^2 \Omega = 4.7 \text{ k}\Omega (\pm 10\%)$					阻值	$(1 \times 100 + 0 + 0) \times 10^1 \Omega = 1 \text{ k}\Omega (\pm 5\%)$			

注:在电阻表示中的“k”表示的是 1 000,而不是计算机中的 1 024。

2. 电容

电容(Capacitance)指的是在给定电位差下的电荷储藏量,故又称为电容器,记为 C ,国际单位是法拉(F)。一般来说,电荷在电场中会受力而移动,当导体之间有了介质,则

阻碍了电荷移动而使得电荷累积在导体上,造成电荷的累积储存,最常见的例子就是两片平行金属板。在没有放电回路,不考虑介质漏电和自放电效应(电解电容比较明显)的情况下,电荷会在电容中永久存在,这是它的特征。电容具有通交流、隔直流的特性。电容的用途非常广泛,它是电子设计、电力领域中不可缺少的电子元件,主要用于电源滤波、信号滤波、信号耦合、谐振、隔直流等电路中。

电容可以按照电容材质、封装、有无极性等多种方法进行分类。按照电容材质可分为聚苯乙烯电容、聚丙烯电容、云母电容、低频瓷介电容,铝电解电容、钽电解电容、空气介质可变电容、薄膜介质可变电容、薄膜介质微调电容,独石电容等;按照电容封装方式可分为直插电容和贴片电容,同时直插电容和贴片电容又可按照外形、体积进行详细分类。

这些电容的电气特性、电容量、体积、形状各有特点,应用领域也不尽相同;规定把电容器外加1V直流电压时所储存的电荷量称为该电容器的电容量。电容的基本单位为法拉(F)。但实际上,法拉是一个很不常用的单位,因为电容器的容量往往比1法拉小得多,常用微法(μF)、纳法(nF)、皮法(pF)(皮法又称微微法)等量值表示电容,它们的关系是

$$1 \text{ 法拉(F)} = 10^6 \text{ 微法}(\mu\text{F})$$

$$1 \text{ 微法}(\mu\text{F}) = 10^3 \text{ 纳法(nF)} = 10^6 \text{ 皮法(pF)}$$

目前常见的电容值表示方法为“XXX”形式的3个数字表示,如104,表示 $10 \times 10^4 \text{ pF}$,即 $0.1 \mu\text{F}$ 。

3. 电感

在这里我们所说的电感是电感元件。当线圈通过电流后,在线圈中形成磁场感应,感应磁场又会产生感应电流来抵制通过线圈中的电流。我们把这种电流与线圈的相互作用关系称为电的感抗,也就是电感,单位是亨利(H)。利用此性质即可制成电感元件。与电容相反,电感具有通直流隔交流的特性,常被用来作为电源纹波过滤器,以消除无用高频信号。在某一特定电感量下,阻止或过滤掉某一频率下的高频杂波,不至于电源干扰设备或设备干扰电源。

电感按照磁体性质可分为空芯线圈电感、铁氧体线圈电感、铁芯线圈电感、铜芯线圈电感;按照工作用途可分为天线线圈电感、振荡线圈电感、扼流线圈电感、陷波线圈电感、偏转电感;按电感形式分类有固定电感、可变电感。

电感的基本单位是H(亨),和电容单位法拉一样,H也是一个很大的计量单位。我们常用的是 μH (微亨),超过mH(毫亨)的都比较少见。H,mH, μH 之间的关系是 10^3 倍,即

$$1 \text{ H} = 10^3 \text{ mH(毫亨)} = 10^6 \mu\text{H(微亨)}$$

电感值通常是用数字标示,它的表示方式和计算方式类似贴片电阻,只是单位不同,例如220,同样第一二位为有效数字,第三位为10的幂次方数。计算结果是 $22 \mu\text{H}$,电感同样有色环电感,计算方式也类似四色环电阻,在这不作详细介绍。

1.2.2 二极管、三极管

1. 二极管

二极管又称半导体二极管、晶体二极管(Diode),它是一种具有单向传导电流的电子器件。在晶体二极管内部有一个PN结、两个引线端子,这种电子器件按照外加电压的方向,具备单向电流的导通性。一般来讲,晶体二极管是一个由P型半导体和N型半导体烧结形成的PN结界面。在其界面的两侧形成空间电荷层,构成自建电场。当外加电压等于零时,由于PN结两边载流子的浓度差引起扩散电流和由自建电场引起的漂移电流相等而处于电平衡状态,这也是常态下的二极管特性。

按照构造分类,二极管可分为点接触型二极管、键型二极管、合金型二极管、扩散型二极管、平面型二极管、合金扩散型二极管、外延型二极管、肖特基二极管;按照用途可分为检波用二极管、整流用二极管、调制用二极管、混频用二极管、放大用二极管、开关用二极管、变容二极管、频率倍增用二极管、稳压二极管、PIN型二极管、雪崩二极管、江崎二极管、快速关断(阶跃恢复)二极管、肖特基二极管等诸多类型。在电路设计中,二极管常用于整流、开关、限幅、续流、检波、变容、稳压、触发等。其中LED发光二极管是电路设计中非常常用的器件,常用于指示电路状态、显示等。

二极管种类繁多,在进行电路设计时,应根据具体功能需要选用合适的器件。

2. 三极管

三极管又称半导体三极管、晶体三极管或晶体管。在半导体锗或硅的单晶上制备两个能相互影响的PN结,组成一个PNP(或NPN)结构,其中间的N区(或P区)称基区,两边的区域称发射区和集电区,这三部分各有一条电极引线,分别称基极B(Base)、发射极E(Emitter)和集电极C(Collector)。三极管具有能起放大、振荡或开关等作用的半导体电子器件(见图1.2)。

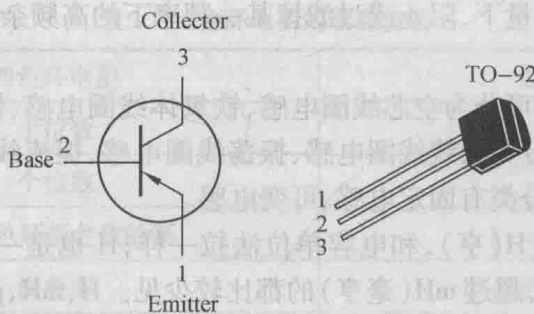


图 1.2 三极管

三极管按材料分有两种,锗管和硅管,而每一种又有NPN和PNP两种结构形式,但使用最多的是硅NPN和锗PNP两种三极管(其中,N表示在高纯度硅中加入磷,是指取代一些硅原子,在电压刺激下产生自由电子导电,而P是加入硼取代硅,产生大量空穴利于导电)。两者除了电源极性不同外,其工作原理都是相同的,常用于电流放大。按用途可分为中频放大管、低频放大管、低噪声放大管、光电管、开关管、高反压管、达林顿管、带阻尼的三极管等。按功率分有小功率三极管、中功率三极管、大功率三极管。按工作频率分

有低频三极管、高频三极管和超高频三极管。

3. 三极管的检测

测试三极管要使用万用电表的欧姆挡,并选择 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡位。红表笔所连接的是表内电池的正极,黑表笔则连接着表内电池的负极。

(1)在三极管类型(NPN 或 PNP)未知、引脚未知的情况下,首先利用万用表确定三极管的基极引脚。首先,任取两个电极,标记为电极 1 和电极 2,将万用表调至欧姆挡,用万用表表笔探测端分别测得电极 1 和 2 之间的正向电阻,再测量电极 2 和 1 之间的电阻(即电极 1,2 之间的反向电阻),观察指针的偏转程度,并进行记录。第一次未被选定的电极定义为电极 3,其次,再以同样的方法依次测量电极 1,3 和 2,3 之间的正向和反向电阻值。测量完毕后,观测每次测量电阻值的指针偏转角度,如果被测的两个电极间正向测量电阻偏转角度大,反向测量偏转角度小,而再进行其他两组电极测试时正向和反向测量指针偏转角度都很小,则在第一次未能被选择的被测电极就是三极管的基极引脚。

(2)测量 PN 结,确定管型。找出三极管的基极后,我们就可以根据基极与另外两个电极之间 PN 结的方向来确定管子的导电类型。将万用表的黑表笔接触基极,红表笔接触另外两个电极中的任一电极,若表头指针偏转角度很大,则说明被测三极管为 NPN 型管;若表头指针偏转角度很小,则被测管即为 PNP 型。

(3)找出了基极 B,另外两个电极哪个是集电极 C,哪个是发射极 E 呢?这时我们可以用测穿透电流 I_{CE0} 的方法确定集电极 C 和发射极 E。

①对于 NPN 型三极管,穿透电流的测量电路。根据这个原理,用万用表的黑、红表笔颠倒测量两极间的正、反向电阻 R_{CE} 和 R_{EC} ,虽然两次测量中万用表指针偏转角度都很小,但仔细观察,总会有一次偏转角度稍大,此时电流的流向一定是:黑表笔→C 极→B 极→E 极→红表笔,电流流向正好与三极管符号中的箭头方向一致,所以此时黑表笔所接的一定是集电极 C,红表笔所接的一定是发射极 E。

②对于 PNP 型的三极管,道理也类似于 NPN 型,其电流流向一定是:黑表笔→E 极→B 极→C 极→红表笔,其电流流向也与三极管符号中的箭头方向一致,所以此时黑表笔所接的一定是发射极 E,红表笔所接的一定是集电极 C。

(4)若在前面的测量过程中,由于颠倒前后的两次测量指针偏转均太小难以区分时,就要“动嘴巴”了。具体方法是:在第三步的两次测量中,用两只手分别捏住两表笔与管脚的结合部,用嘴巴含住(或用舌头抵住)基极 B,仍用第三步的判别方法即可区分开集电极 C 与发射极 E。

1.2.3 晶振及振荡电路

单片机的运行离不开时钟,大部分单片机都需要通过外接晶振来产生所需时钟(现在有些单片机内部集成了时钟振荡器,在一些对时钟精度要求不高,而对产品价格和体积敏感的场所可以不需要外接晶振而直接使用单片机内部振荡器产生的时钟,如 STC11F02, MSP430 等系列单片机)。晶振又称晶体振荡器,是用一种能使电能和机械能相互转化的晶体在共振状态下工作,以提供稳定、精确的单频振荡,常用的晶体振荡器为石英晶体振荡器。图 1.3 为各种晶振图片。在单片机设计中,它结合单片机内部