

通用技术

选择性必修1
电子控制技术

TONG YONG JI SHU

通用技术

选择性必修1

电子控制技术

地质出版社



普通高中教科书

通用技术

选择性必修1

电子控制技术



绿色印刷产品

批准文号：京发改规〔2016〕13号 举报电话：12315

ISBN 978-7-116-11980-2



9 787116 119802 >

定价：7.70元

地质出版社

普通高中教科书

通用技术

选择性必修 1

电子控制 技术

DIANZI KONGZHI JISHU

通用技术编写组 编

地质出版社

· 北京 ·

主 编：陈玲玲 王永奉
副 主 编：王明彦
本册主编：杨 旭
编 写 者：杨 旭 杨宇超

普通高中教科书 通用技术 选择性必修 1
电子控制技术

策划编辑：王永奉
责任编辑：刘瑞峰 胡庆翠
责任校对：田建茹
出版发行：地质出版社
咨询电话：(010) 66554599；(010) 66554602
网 址：<http://www.gph.com.cn>
电子邮箱：huqingcui@163.com；dzhjyfsh@163.com
传 真：(010) 66554601
社址邮编：北京市海淀区学院路31号，100083
经 销：各地新华书店
印 刷：山西华文科杰印业有限公司
开 本：890mm×1240mm 1/16
印 张：6.5
版 次：2020年2月第1版·2021年7月第3次印刷
定 价：7.70元
书 号：ISBN 978-7-116-11980-2

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社出版处负责调换)

致同学们

21世纪，人类已经进入高度发达的信息时代，以电子控制技术为特征的现代信息技术，已经在社会的各个领域得到广泛应用，改变了人们的生产与生活方式、工作与学习方式。信息的获取、传输、处理和应用能力将成为一个人最基本、最重要的能力之一。

在无线通信、机器人、航空航天、工厂自动化生产等领域，到处都使用着电子设备；在医疗领域，借助电子设备进行诊断、治疗也已经非常普遍。而且，这些电子设备中所使用的电子控制系统，正逐渐趋于智能化。电子控制技术与我们的生活密不可分，本课程将带你步入现代电子科技的殿堂。

在“电子控制技术”这门课程中，我们将会了解和学习电子控制系统的基本结构与组成、在生活中的应用，模拟电子技术、数字电子技术、传感器、继电器等的基础知识及其应用，以及设计和制作简单电子控制系统的知识与技能，从而进一步提高我们的技术素养，进一步体会技术的本质和技术与设计的思想方法，为接触和尝试解决更为有趣、更为丰富的技术问题提供机会，为今后更深层次的学习打下基础。

在学习过程中要注意以下几方面：

(1) 本教科书为同学们架设了一座跨进电子技术领域的“桥梁”。教科书中讲述的内容是电子控制技术的基础知识和这些知识的简单应用。在编写过程中，作者构思设计了丰富多彩的插图，力求用图解这一生动活泼的形式使同学们学习起来更加轻松愉快，使教科书既具知识性，又有趣味性，以满足同学们学习的需要。

(2) 同学们应该以学习设计和制作电子控制系统为主线，以电子控制电路的实际应用为重点，充分发挥自己的想象力，善于思考，勤于动手，学中做，做中学，积极主动地参与技术实践活动，设计、制作出更多更好的作品，从而强化手脑并用与知行合一，增强技术思想和方法的运用，培养和提高学科核心素养及创造能力、图样表达和物化能力等。

(3) 在进行“技术实践”等活动时，要发扬团队精神，互相协作，采取自主学习、合作学习等多种学习方式，不断提高自己的探究能力和终身学习的能力。

(4) “电子控制技术”是一门实践性很强的课程。在学习过程中，要以科学的态度、严谨的学风、一丝不苟的精神对待实践活动，认真分析，总结规律，不断提高分析问题和解决问题的能力。

学习任何一门课程都会遇到这样或那样的困难。希望同学们在学习过程中要有勇攀高峰的精神，只有这样，才能登上科学技术的顶峰。

目 录

第一章 电子控制系统概述	1
第一节 电子控制技术及其应用	2
一、电子控制技术及其发展历程	2
二、电子控制技术的应用	4
第二节 电子控制系统的结构与组成	6
一、开环电子控制系统的结构与组成	6
二、闭环电子控制系统的结构与组成	7
第二章 电子控制系统中的模拟电子技术	12
第一节 模拟电路基础	13
一、什么是模拟信号	13
二、常用的电子元器件	14
三、电子装接技术基础	26
第二节 电子控制系统中的放大电路	33
一、基本放大电路	34
二、基本共发射极放大电路的特性曲线	35
第三章 电子控制系统中的数字电子技术	40
第一节 数字电路基础	41
一、什么是数字信号	41
二、基本逻辑门电路	43
三、组合逻辑电路	51
第二节 电子控制系统中的数字集成电路	54
一、什么是集成电路	54
二、常用数字集成电路的类型及其封装形式	56
三、数字集成电路的简单应用	59

第四章 电子控制系统中的传感器与继电器	64
第一节 认识传感器	65
一、奇妙的传感器	65
二、传感器的作用	66
三、常见的传感器及其应用	67
第二节 电子控制系统中的执行器件——继电器	74
一、继电器的作用和种类	75
二、电磁继电器和无触点继电器	76
三、继电器的选择与使用	79
第五章 电子控制系统的设计与制作	82
第一节 开环电子控制系统的设计与制作	83
第二节 闭环电子控制系统的设计与制作	89
附录 电路仿真软件 Multisim 10 的使用	93

第一章 电子控制系统概述

从古老的漏壶计时，到2000多年前的都江堰水利工程；从中世纪的钟摆、天文望远镜，到工业革命时期的蒸汽机；从100多年前的飞机、汽车和电话，到70多年前的模拟计算机；从第二次世界大战期间的雷达、火炮防空网，到20世纪五六十年代的人造卫星、导弹和数字计算机；从人类第一艘登月飞船，到现代先进的卫星导航系统、航天飞机、宇宙和星球探测器……这些著名的科技发明直接催生和发展了控制技术。控制技术源于实践，服务于实践，在实践中升华，经过千百年的提炼，尤其是近半个世纪在工业实践中的普遍应用，已经成为人类科技文明的重要组成部分，在日常生活中不可或缺。

随着科学技术的迅猛发展，电子控制技术已经在工业、农业、科研和人们的日常生活等领域得到广泛应用。通过学习“电子技术”这门课程，我们可以更具体地进行电子控制技术基本知识的学习和电子控制技术设计的实践锻炼，更广泛地接受技术思想和方法的训练，进一步提高技术素养，提升综合素质。



第一节 电子控制技术及其应用

控制技术是人们为了使事物按照所希望的方式沿着某一确定的方向发展所使用的手段或方法。控制技术经历了漫长的发展过程。从早期的手动控制发展到今天的自动控制，从机械控制发展到人工智能控制，无不凝结着人类智慧的结晶。那么，什么是电子控制技术呢？

一、电子控制技术及其发展历程

调光台灯

普通的台灯是根据所需要亮度要求的不同而采用不同功率的灯泡。随着电子技术的发展，不用更换灯泡就可实现调整灯泡亮度的调光台灯（图1-1）已广泛应用于日常生活。这种台灯给我们的生活和学习带来很大方便。如果将一台普通台灯和一台调光台灯拆开，比较二者的电路，你就会发现：调光台灯之所以能够调节灯泡的亮度，是因为调光台灯中增加了一个简单的电子电路。也就是说，调光台灯灯泡亮度的调整是通过一个简单的电子电路来实现的。像这种利用电子元器件组成电子电路以实现控制的装置，就属于电子控制。



图1-1 调光台灯

电子控制技术是以控制系统的思想和方法为基础，利用电子元器件组成电子电路，实现信号采集、处理和驱动执行，从而发挥控制功能的一门技术。以电子技术为核心来完成这些控制功能的系统称为电子控制系统。在电子控制系统中，有电阻、电容器、电感器、晶体二极管、晶体三极管和集成电路等电子元器件，它们相互作用，形成一个整体，以实现控制的目的。

问题思考

许多住宅小区的楼道里都安装了声控灯，你认为声控灯是否应用了电子控制技术？为什么？



阅读材料

近代控制技术的发展历程

机械控制：完全用机械装置来实现的控制。它实现起来简单，但不能实现复杂的控制。例如，自行车（图1-2）可以用刹车装置来控制运动时的车速。机械控制有时也能实现一些简单的自动控制。

简单的机械电子控制：这种控制已经有了一些自动控制的特点，能实现一些简单的自动控制，但还离不开人的参与。



图1-3 双桶洗衣机

例如，传统的双桶洗衣机（图1-3）可以利用简单的机械定时旋钮和开关实现某种单一功能，如进水时使用的水位开关、洗衣时使用的弹簧式的机械定时开关等，每一个动作都需要人给出一个指令。



图1-2 自行车

复杂的机械电子控制：这是一种将机械控制与智能电子控制结合起来的控制。例如，微电脑控制的全自动洗衣机（图1-4），只要人接通电源，开启水阀，机器便会按设定好的洗衣程序运行，完成洗衣工作。它的内部安装有电子电路和精密的机械部件，并存储着根据人的需求而设计好的各种工作方案；此外，有些全自动洗衣机还能模仿人洗衣时的习惯，自动进行判断和处理，具有学习、记忆和寻优的功能。



图1-4 全自动洗衣机

智能电子控制：能自动进行检测、识别和控制，并能根据需要自动选择操作方案。机器人（图1-5）就有比较复杂的控制系统。它的工作速度可以比人快很多，可以承担广泛的任务，可以在恶劣的环境中工作；极少犯错，并从不会厌倦。真正的机器人需要有一个



图1-5 工作中的机器人

“大脑”，用来储存和处理控制机器人行动的信息。假如需要机器人做一项新的工作，只要擦净它的“记忆”，再装入一项新的指令即可，这个过程被称为编程。用计算机表示和执行人的智能活动，并模仿人的操作，进行判断和处理，具有学习、记忆和寻优等操作功能的系统，称为人工智能控制系统。



二、电子控制技术的应用

1. 电子控制技术在工业领域的应用

在科学技术快速发展的今天，工业生产已由过去的手工劳作发展到机械加工，再到现在的自动化生产线，实现了流程化、自动化和规模化，提高了生产效率、加工制作精度和产品质量，减轻了人的生产劳动强度，降低了原材料的消耗。例如，机械加工中的数控机床（图1-6）和焊接工艺中的波峰焊机（图1-7）等就应用了电子控制技术。



图1-6 数控机床



图1-7 波峰焊机

2. 电子控制技术在农业领域的应用

电子控制技术在农业生产中有着重要的用途。通过电子控制技术，可以实现农田自动施肥、自动供水，并对影响植物生长的主要因素中的温、湿、气、肥、光等进行自动调控，从而实现农业生产的自动化、工业化、规模化。例如，农业自动灌溉（图1-8）控制系统可以实现控制灌溉、控制施肥、监控过滤器冲洗流量、自动报警、网络信息发布和传递、墒情灌溉信息采集和分析、灌溉区远程监控等。



图1-8 农业自动灌溉

3. 电子控制技术在医疗领域的应用

在医学高度发达的今天，电子控制技术在疾病检测和治疗中发挥着重要作用。许多医疗器械、检测设备都用到了电子控制技术。例如，测量体温所用的红外线体温测量仪，常用的电子血压计（图1-9）、心电监护仪（图1-10）等仪器都用到了电子控制技术。



图1-9 电子血压计



图1-10 心电监护仪

4. 电子控制在军事领域的应用

电子控制技术在军事领域的变革和发展起着重要作用，对现代战争产生了极大影响。例如，现代战争中使用的地对空导弹采用了电子控制技术后，可以准确地拦截空中飞来的导弹和其他空中目标，甚至还能自动跟踪目标（图1-11）。

5. 电子控制在航空航天领域的应用

电子控制技术在航空航天领域同样发挥着巨大的作用。例如，火箭发射（图1-12）及其控制，航拍无人机（图1-13）的控制等都是通过人在地面指挥，采用遥控的方式来完成发射和飞行，并实现各种操作功能的。



图1-11 导弹拦截装置



图1-12 火箭发射



图1-13 航拍无人机

调查研究

电子控制技术应用实例

请结合生活实际，调查电子控制技术在各个领域的应用实例，说出它们属于电子控制技术的理由，简单阐述其应用价值，并填写表1-1。

表1-1 电子控制技术应用实例

实例	属于电子控制技术的理由	应用价值



在我们的生活中，电子控制系统随处可见，其系统构成和工作过程的复杂程度也相差很大。电子控制技术改善了我们的生活质量，使我们的生活更加美好；提高了产品质量与产量，降低了人们的劳动强度……当今，无论是人们的衣食住行还是文化生活、通信联系，无论是工、农业生产还是服务行业，无论是高科技产业还是一般产业，都离不开电子控制技术。

讨论交流

举例说明电子控制产品对社会生活产生的影响。



第二节 电子控制系统的结构与组成

在《技术与设计2》的学习中，我们已经知道，控制系统有开环控制系统和闭环控制系统之分。在电子控制系统中，根据其信息有无反馈，同样可以分为开环电子控制系统和闭环电子控制系统。

一、开环电子控制系统的结构与组成

校园里的铃声

在美丽的校园里，每当上课或下课的时候，都会响起清脆悦耳的铃声。

你们学校的电铃是人工控制的，还是由自动打铃器（图1-14）来控制的？请根据学过的知识，分别填写两种控制方式的流程图（图1-15）。



图1-14 自动打铃器

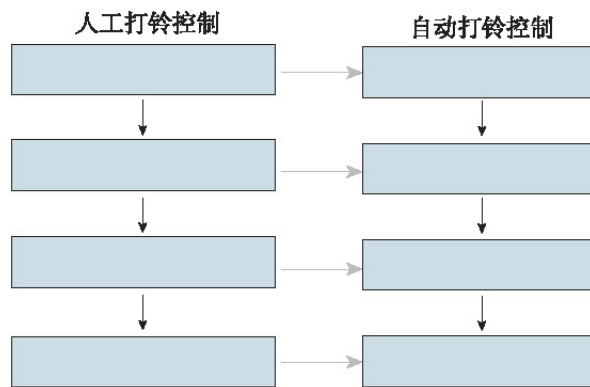


图1-15 打铃控制方式流程图

在上面的案例中，两种打铃控制方式都表明了这样一个过程：先进行信息采集，然后经过对信息的分析、判断发出相应指令，再执行指令，继而接通或断开电铃开关实现控制。由此可以看出，电子控制系统其实是模仿人的控制，实现人工操作的工作流程，达到自动控制的目的。

如果电子控制系统的输出结果对系统的控制没有影响，也就是被控制量的变化不会引起控制量的变化，即没有反馈，那么这种电子控制系统叫作开环电子控制系统（图 1-16）。

电子控制系统内部的电路通常由大量的电子元器件组成，结构比较复杂。使用方框图，往往可以在不十分了解系统内部结构细节的情况下，帮助我们分析有关的控制问题。下面是开环电子控制系统结构框图（图1-17）。

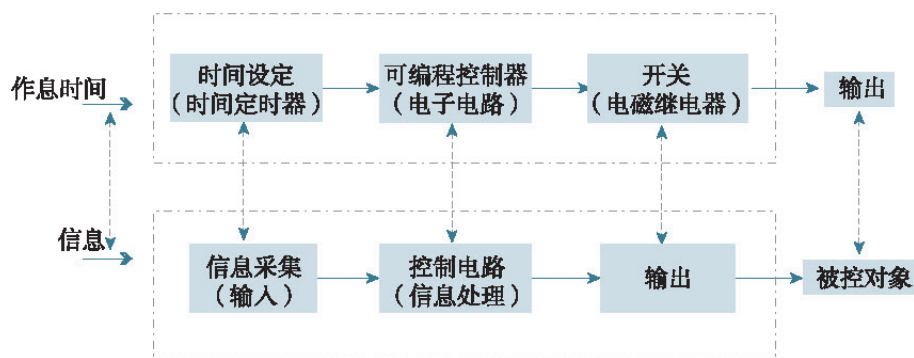


图1-16 打铃控制系统结构框图

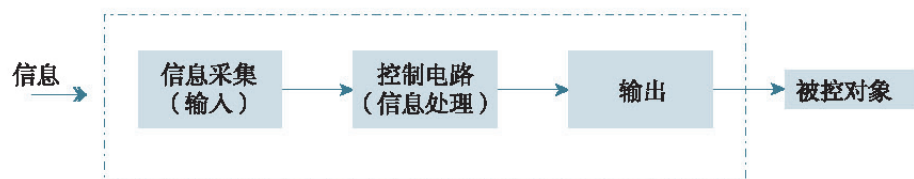


图1-17 开环电子控制系统结构框图

开环电子控制系统分成几个基本单元，即信息采集、控制处理和信息输出。

信息采集（输入）单元通常由各种传感器组成，输入的信息可以有各种不同的形式，其功能相当于人的感官。它能将采集的非电量变化的信息，如温度、湿度、力、磁场、光照度等环境参数的变化转化为电量的变化。

控制处理单元一般由各种具有控制功能的电子电路组成，其作用相当于人的大脑。它能对输入的电信号进行分析和处理等，并发出相应的指令。

信息输出单元通常由电磁继电器、可控硅、电动机等多种执行机构组成，其作用相当于人的手和脚，可以执行控制处理单元送来的电信号，进行具体操作，完成系统要求的功能。

开环电子控制系统一般结构简单、造价较低，适用于状态变化较为简单的被控对象和对被控量的控制精度要求不高的场合。

二、闭环电子控制系统的结构与组成

电冰箱的电子自动温度控制

电冰箱（图 1-18）是家庭常用的电器设备，它可以在环境温度等发生变化的情况下，保持箱体内的温度与设定的温度相同。电冰箱中应用的是闭环控制的电子自动温度控制装置，主要由温度传感器、控制电路、压缩机（制冷装置）等组成。

温度传感器放置在电冰箱的冷藏室内，它可以检测到电冰箱冷藏室的温度，将温度转变为电信号并送至控制电路，然后控制电路接通压缩机工作电路，压缩机开始制冷工作，电冰箱内温度下降。当温度下降到设定值时，冷藏室内的温度传感器又将温度转变为电信号传送到控制电路，从而使控制电路再次控制压缩机，停止其工作，使电冰箱内温度不再下降。由于外界环境原因，当电冰箱内温度再次上升时，温度传感器又将变化的信号送至控制电路，由控制电路控制压缩机进行制冷工作。如此循环，可以实现电冰箱制冷设备的自动控制。



图1-18 电冰箱

能对输出结果进行检测，并将检测信号反馈到输入端进行比较，再将输入与输出之差送至控制处理部分，从而对系统的控制进行分析、比较，并对控制量产生影响的控制系统称为闭环控制系统。

闭环电子控制系统的结构较为复杂，其信息路径有两条：一条自输入端传至输出端；另一条则是由输出端将信息反传到输入端的比较环节。这种控制系统的特点是有较高的控制精度和较强的抗干扰能力（图1-19）。

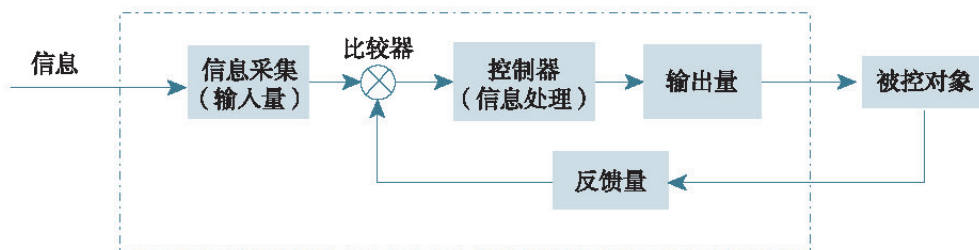


图1-19 闭环电子控制系统结构框图

讨论交流

开环电子控制系统和闭环电子控制系统在结构和组成上有哪些不同？



电子技术是发展非常迅速的工业技术之一，应用十分广泛。但需要指出的是，并不是所有的电子电路都能构成电子控制系统。以电子技术为核心构成电子控制系统，必须包括三个重要环节，即输入环节、控制环节和输出环节。输入环节用于采集信息，控制环节根据采集的信息发出控制指令，输出环节根据指令做出相应的动作。

技术实践

自动加热保温电水壶

自动加热保温电水壶（图1-20）的加热过程：水壶内注满水，插上电源，超温保险器、主加热器、保温加热器构成回路，加热指示灯亮。由于温控器并联于保温加热器和保温指示灯两端，因而保温加热器不发热，保温指示灯也不亮。主加热器发热升温，使水温达到沸腾温度时，超温保险器自动跳开，加热指示灯熄灭。



图1-20 自动加热保温电水壶

自动加热保温电水壶的保温过程：一旦测温装置测得的水温低于设定的温度，则保温指示灯亮，此时主加热器与保温加热器串联，而主加热器的电阻远比保温加热器的电阻小，所以保温加热器发热，进行保温。

（1）请同学们自己动手，用自动加热保温电水壶烧一次水，并仔细观察其加热和保温过程。

（2）收集自动加热保温电水壶的电路图，根据自动加热保温电水壶的加热和保温过程，分析该系统是开环控制系统还是闭环控制系统，并画出控制系统结构框图。



调查研究

根据开环电子控制系统和闭环电子控制系统的区别，分析、判断表1-2中的各项属于哪一类电子控制系统，并简单说明理由。

表1-2 电子控制系统分析表

	开环电子控制系统	闭环电子控制系统	理由
汽车转向灯			
扩音机			
电压力锅			
楼道声控灯			
智能洗衣机			
遥控玩具车			



开眼界

物联网控制技术

未来，我们只需要坐在电脑前，就可以体验到真实的购物享受，而不必再询问店主衣服的尺码是否合适等，如果喜欢，还可以试穿一下（图1-21）。

未来，我们只要把蔬果的标签在仪器前轻轻一刷，或者用仪器对蔬果进行简单的检测，就可以了解蔬果的产地、农药残留量和营养成分等信息（图1-22）。农产品检测系统和溯源系统让我们买着顺心，吃着放心。



图1-21 智能试衣镜



图1-22 智能蔬果检测器

未来，我们只需要一部手机，就可以使用智能家居控制系统遥控家中的所有电器（图1-23）。坐在办公室，就可以打开家中的空调，并且泡上一壶香茶。

未来，开车不再有焦急的等待，而是自由的驰骋。运用汽车智能导航系统将不再会发生交通事故，安全驾驶将得以实现（图1-24）。



图1-23 智能家居控制系统



图1-24 汽车智能导航系统

用来实现这些控制功能的主要是物联网控制技术，而电子控制技术是物联网控制技术的核心之一。

物联网控制技术是基于互联网、电信网等信息承载体，让所有能够被独立寻址的普通物理对象实现互联互通，从而实现智能控制，满足人们的各种需求。



调查研究

电子控制技术的发展

进入21世纪，人们面临的是以电子计算机和互联网为标志的信息社会。现代电子控制技术在国防、科学、工业、医学、通信（信息处理、传输和交流）及文化生活等各个领域都发挥着巨大作用，使社会生产力和经济获得空前发展。现在的世界，电子控制技术无处不在：电视机、数码相机、手机、电脑、大规模生产的工业流水线、互联网、机器人、航天飞机、宇宙探测器……可以说，人们生活在这个智能电子控制技术的世界和时代中，一天也离不开电子控制技术。

请你查找并收集相关资料，深入了解电子控制技术的发展过程，体会电子控制技术的发展给我们的生活带来的巨大变化，以及对人类和社会的巨大影响。



小结与评价

一、小结

同学们通过回答下列几个问题，对本章的学习情况进行小结。

- (1) 什么是电子控制技术？电子控制技术对现代生产、生活的作用是什么？
- (2) 电子控制技术的应用价值是什么？
- (3) 电子控制系统有哪些主要形式？你能说出这些系统有哪些优缺点吗？
- (4) 电子控制系统的三个基本组成部分是什么？
- (5) 开环和闭环电子控制系统各自的特点是什么？

二、评价

以小组为单位组织一次调查活动，调查对象为日常生活中经常用到的电子控制产品或装置。

1. 活动要求

- (1) 选择调查对象，并收集相关资料。
- (2) 根据资料或请教他人，分析这种电子控制产品或装置的基本构成。
- (3) 根据基本构成分析这种电子控制产品或装置使用了什么样的电子控制系统。这种电子控制产品或装置对当前和今后的社会生活、经济、文化等方面可能产生哪些影响？其发展趋势可能是什么？

- (4) 绘制系统框图。
- (5) 写出小论文，并在全班交流。

2. 评价提示

- (1) 是否选择了合适的产品或装置并收集到了足够的资料？
- (2) 对系统的分析正确吗？
- (3) 小论文中的观点表述得清楚吗？
- (4) 能主动与同学进行讨论和交流吗？

自我评价：_____

同学评价：_____

老师评价：_____

第二章 电子控制系统中的模拟电子技术

自从英国物理学家麦克斯韦于 1865 年发表了关于电磁场的论文后，在随之而来的一个多世纪里，电子技术得到了突飞猛进的发展。在电子技术发展的初期，几乎所有的电子产品都应用了模拟电子技术，如最早的电话机、收音机、电视机等。模拟电子技术是处理模拟信号相关的电子技术，如信号放大、调制解调电路等，其发展与电子元器件由电子管到晶体管再到集成电路的不断发展有着密切联系。

通过本章学习，我们能够辨别生活中的模拟信号，认识常见的电子元器件，掌握焊接组装简单电子电路的方法，提升我们动手实践的能力，并且通过分析简单的放大电路来进一步培养我们分析问题和解决问题的能力。



第一节 模拟电路基础

模拟电子技术是电子技术和电力技术的基础，在信号放大、功率放大、调制解调电路等领域具有无法替代的作用。

一、什么是模拟信号

在我们周围，每天都会有大量的信息要传递、交换、处理和存储等（图2-1）。对于电子控制系统来说，这些信息主要是指电压和电流信号等，可分为两大类，即模拟信号和数字信号。

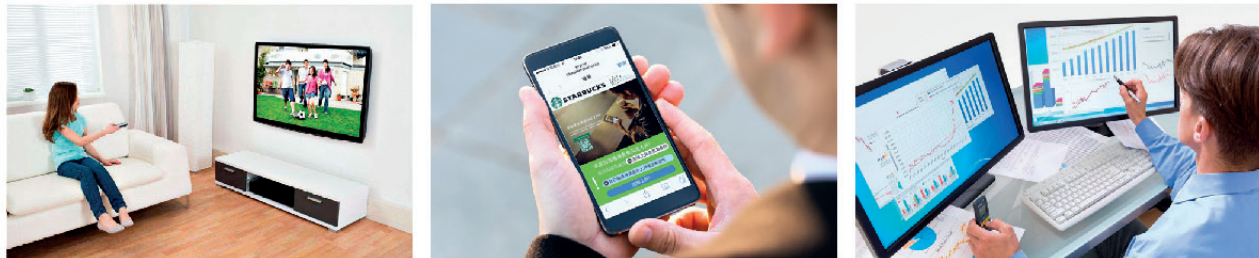


图2-1 日常生活中的信号

什么样的信号是模拟信号呢？



话筒的功能

声音信号只有通过话筒转换成电压信号后才能进行放大处理。在不同时刻，声音的大小是不停变化的。当话筒将声音信号转换成电压信号时，声音信号与话筒转换出来的电压信号应该是一一对应的关系。也就是说，转换时，话筒输出的电压信号波形必须与声音信号的波形一致，否则就不能反映声音的原貌，如图2-2所示。

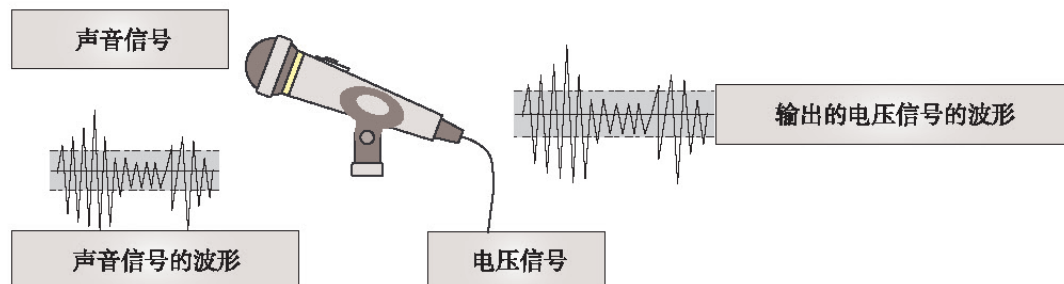


图2-2 话筒的信号转换

上面案例中提到的这种模拟声音波形的信号就是一种模拟信号。所谓模拟信号是指那些在数值和时间上都连续变化的信号，如房间温度、管道压力等。我们把处理这类信号的电路叫作模拟电路。模拟信号可以用波形表示（图 2-3）。

图 2-3 中的电压值是随时间连续变化的，且任何时刻的值都在最大值和最小值之间。只要仔细观察，我们在生活中还会发现许多类似的模拟信号。

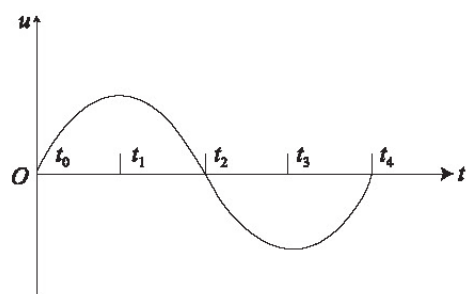


图2-3 模拟信号波形示意图

问题思考

你还能在生活中找出哪些模拟信号？这些信号为什么是模拟信号？



二、常用的电子元器件

电容话筒的内部

歌手们在录音棚里为大家录制动听的歌声时，最常用到的话筒之一就是电容话筒（图 2-4、图 2-5）。电容话筒的内部构造是什么样子的？

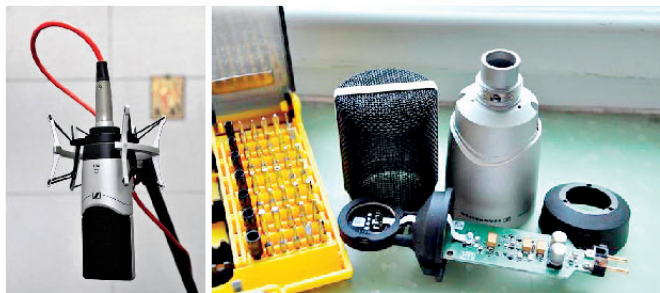


图2-4 电容话筒的实物图及拆解图

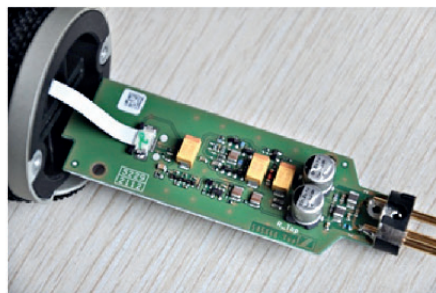


图2-5 电容话筒的内部电路板

电容话筒内部有一块绿色的模拟电路板，在这块电路板上有很多零件。我们将这些组成电子电路的零件称为电子元器件。

在学习复杂的模拟电路之前，我们有必要先认识并学习一下常用的电子元器件。

1. 电阻器

电阻器在日常生活中一般被直接称为电阻。它在电子设备中约占元器件总数的1/3，其主要作用是稳定和调节电路中的电流和电压，其次还可以作为分流器、分压器和消耗电能的负载等。电阻的英文缩写为R，电路符号为 \square 或 \sim 。常见电阻实物如图2-6所示。

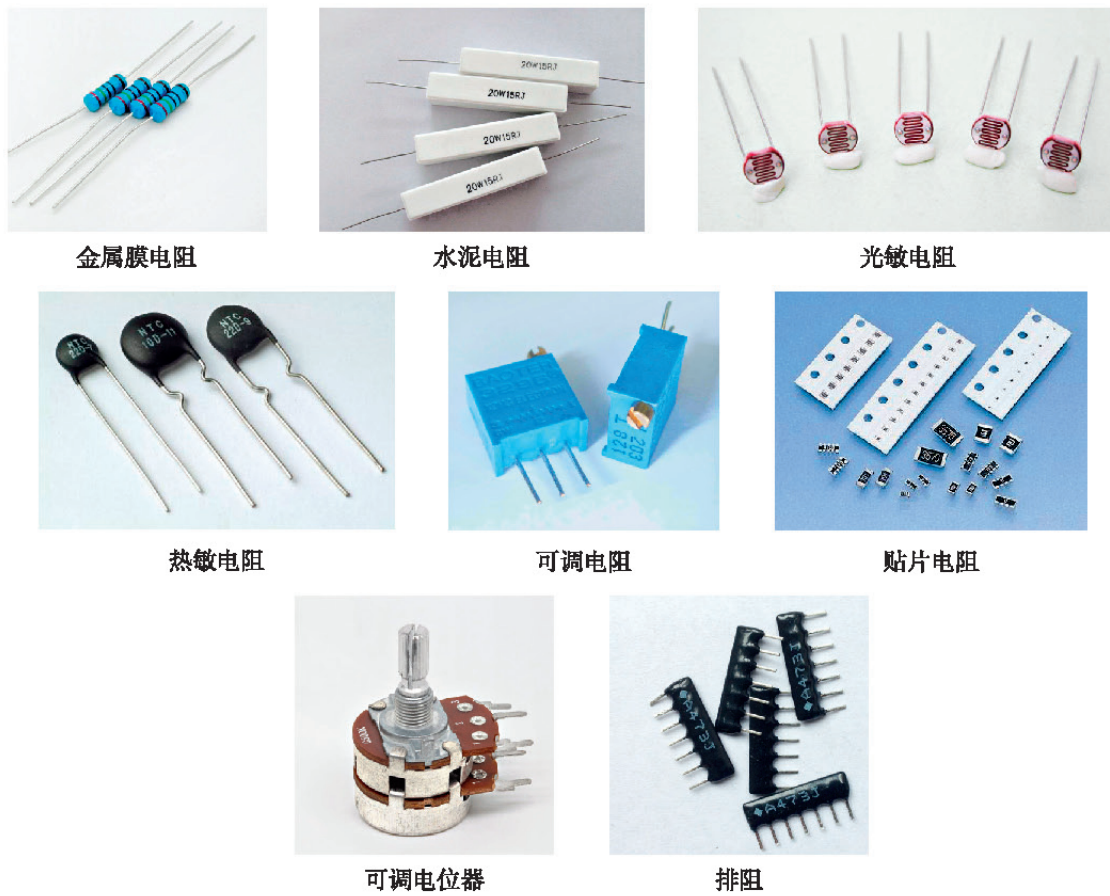


图2-6 常见电阻实物图

阅读材料

金属膜电阻（色环电阻）标记法

金属膜电阻（色环电阻）一般用五环或四环标示。色环电阻的基本单位为 Ω （欧姆）。电阻数值的读取方法如图2-7所示。

五环电阻：前三环是有效数字，第四环是10的幂，第五环是色环电阻的误差范围。

四环电阻：前两环是有效数字，第三环是10的幂，第四环是色环电阻的误差范围。

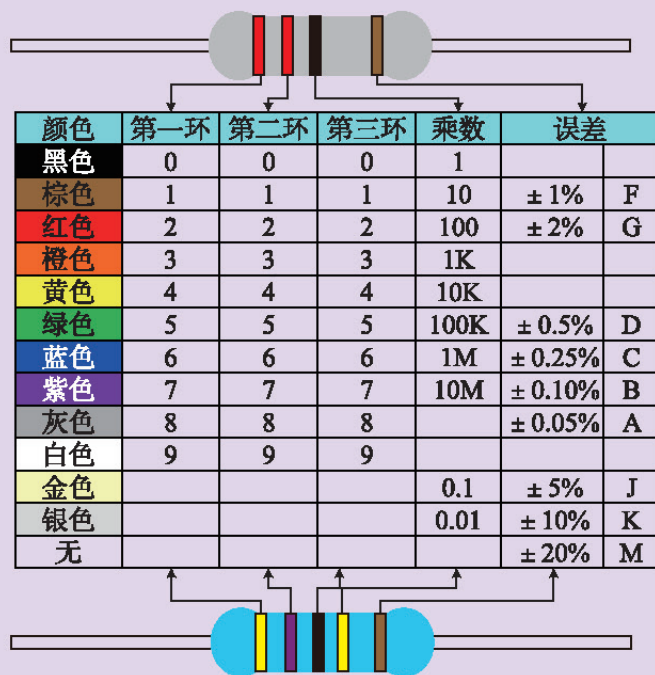


图2-7 金属膜电阻（色环电阻）数值的读取方法

自学技术

电阻的识别与测量

请教师给班级同学分组，每组2~3人，并为每组同学提供5种常见电阻（其中色环电阻不少于3个）。请同学们完成以下内容。

(1) 对教师提供的电阻进行识别，并填写表2-1。

表2-1 电阻识别表

电阻种类	种类1	种类2	种类3	种类4	种类5
电阻名称					
电阻个数					

(2) 从教师提供的电阻中找出3个色环电阻，依照色环电阻数值的读取方法读取其阻值，并将结果记录在表2-2中。

(3) 使用数字万用表测量题目(2)中3个色环电阻的阻值（测量方法请教师讲解），并将测量结果记录在表2-2中。

表2-2 电阻的阻值记录表

电阻	R_1	R_2	R_3
数值读取法			
数字万用表测量法			

(4) 分组讨论，比较使用两种方法（数值读取法和数字万用表测量法）所得阻值的区别。



2. 电容器

电容器，顾名思义，是“装电的容器”，是一种储存电荷的器件，英文缩写为C，电路符号如图2-8所示。电容器也是电子设备中大量使用的电子元件，具有阻止直流电通过而让交流电顺利通过的特性。电容器

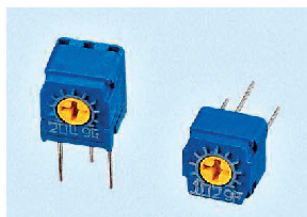
被广泛应用于电路中的隔直通交、滤波、能量转换等方面。常见电容器实物如图2-9所示。



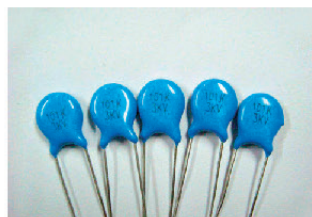
图2-8 电容器电路符号示意图



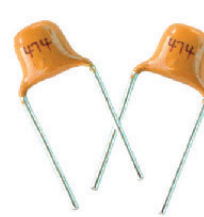
金属膜电容器



微调电容器



瓷片电容器



独石电容器



图2-9 常见电容器实物图

阅读材料

电容器的识别和数值读取

电容器的标示方法一般有直标法和数标法。电容的基本单位为F（法拉），电容单位的换算关系为：

$$1\text{F}(\text{法拉})=10^3\text{mF}(\text{毫法})=10^6\mu\text{F}(\text{微法})=10^9\text{nF}(\text{纳法})=10^{12}\text{pF}(\text{皮法})$$

直标法：电容量大的电容器将电容量、耐压直接标示在电容器上。电容量小的电容器将电容量以字母或数字的形式标示在电容器上。

数标法：一般用3位数字表示电容量大小，前两位表示有效数字，第三位表示倍幂。

在图2-10中，电容器1：电容 $C=1000\mu\text{F}$ ，耐压=80V

电容器2：电容 $C=20\text{pF}$

电容器3：电容 $C=10 \times 10^4\text{pF}=0.1\mu\text{F}$

电解电容器在使用时要分清正、负极，不可反向接到电路中。电解电容器的正、负极判断如图2-10中的电容器1所示。



图2-10 电容器的识别

自学技术

电容器的识别与测量

请教师给班级同学分组，每组2~3人，并为每组同学提供3种常见电容器（其中电解电容器不少于2个）。请同学们完成以下内容。

(1) 对教师提供的电容器进行识别，并填写表2-3。

表2-3 电容器识别表

电容器种类	种类1	种类2	种类3
电容器名称			
电容器个数			

(2) 从教师提供的电容器中找出 2 个电解电容器，对电解电容器引脚的正、负极进行判断。

(3) 使用直读法读出 2 个电解电容器的电容值，并将结果记录在表 2-4 中。

(4) 使用数字万用表测量题目 (3) 中 2 个电解电容器的电容值 (测量方法请教师讲解)，并将测量结果记录在表 2-4 中。

表2-4 电容值记录表

电容器	C_1	C_2
直读法		
数字万用表测量法		

(5) 分组讨论，比较使用两种方法 (直读法和数字万用表测量法) 所得电容值的区别。



3. 电感器

电感器是能够把电能转化为磁能而存储起来的元器件，它的英文缩写为 L，电路符号为 $\text{—}\text{〰}\text{—}$ 。它具有阻止交流电通过而让直流电顺利通过的特性。电感器在电路中经常和电容器一起使用，构成 LC 滤波器、LC 振荡器等。人们还利用电感器的特性，制造了变压器、继电器等。常见电感器实物如图 2-11 所示。



空心电感器

工字电感器

滤波电感器

变压器

色环电感器

图2-11 常见电感器实物图

阅读材料

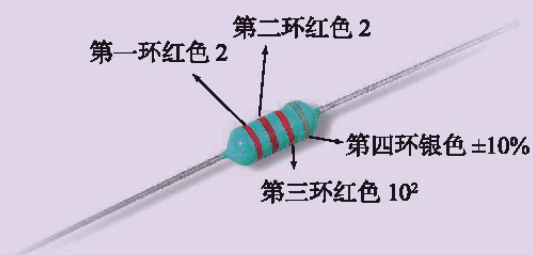
色环电感器的识别和数值读取

色环电感器的标示方法基本与色环电阻是一致的，只是从外观上看，色环电感器比色环电阻更粗一些。电感的基本单位为 μH (微亨)， 1H (亨利) = $10^6\mu\text{H}$ 。

色环电感器数值的读取方法与色环电阻相同。

五环电感：前三环是有效数字，第四环是 10 的幂，第五环是色环电感器的误差范围。

四环电感：前两环是有效数字，第三环是10的幂，第四环是色环电感器的误差范围。



在图2-12中，色环电感器的数值为 $22 \times 10^2 \mu\text{H} = 2200 \mu\text{H}$ ，误差范围为 $\pm 10\%$ 。

图2-12 色环电感器数值的读取



技术实践

常见电子元件的识别与测量

请教师给班级同学分组，每组2~3人，并为每组同学提供混合在一起的不同种类的电阻、电容器和电感器。请同学们按以下要求完成技术实践。

(1) 将教师提供的电子元件进行分类，并填写表2-5。

表2-5 电子元件识别表

元器件	个数	种类
电阻		
电容器		
电感器		

(2) 使用数字万用表测量其中一个电阻的阻值。

被测电阻种类：_____；被测电阻阻值：_____。

(3) 在教师提供的电子元件中，如果存在电解电容器，判断出电解电容器引脚的正、负极。

(4) 找出教师提供的电子元件中的色环电阻与色环电感器，观察并总结其外观特点。

外观特点：_____



讨论交流

你学会测量电阻、电容器、电感器的方法了吗？在测量时，遇到了什么问题？请与身边的同学针对这些问题进行讨论交流，并总结数字万用表的使用方法。



4. 半导体二极管

半导体是指导电性介于绝缘体和导体之间，且导电性可控的一种材料。大部分的电子产品，如手机、电脑、电视等，都离不开半导体。半导体二极管是最常用的半导体元器件之一，简称二极管，它的英文缩写为D，电路符号为 ▷| 。常见二极管实物如图2-13所示。

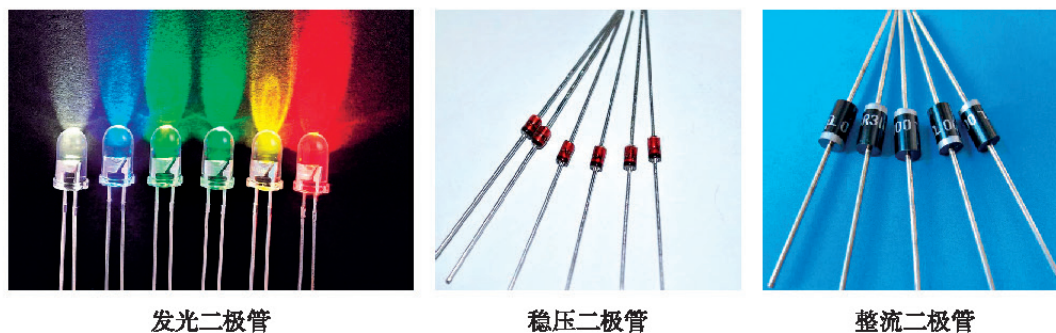


图2-13 常见二极管实物图

阅读材料

半导体的导电特性

目前，最常用的半导体材料是硅和锗等。在纯净的半导体（被称为本征半导体）中掺入微量合适的杂质元素，可以形成杂质半导体，使半导体的导电能力显著增强。例如，在硅或锗的纯净半导体中掺入微量的磷元素形成的杂质半导体称为N型半导体，掺入微量的硼元素形成的杂质半导体称为P型半导体。人们正是通过掺入某些特定的杂质元素，才能比较精确地控制半导体的导电能力，制造成不同类型的半导体元器件，如半导体二极管、半导体三极管等。

把P型半导体和N型半导体结合在一起，在它们的界面会形成一个特殊的薄层，称为PN结。PN结具有单向导电性。将一个PN结用外壳封装起来，并加上电极引线，就构成了一个二极管。二极管的基本结构如图2-14a所示。

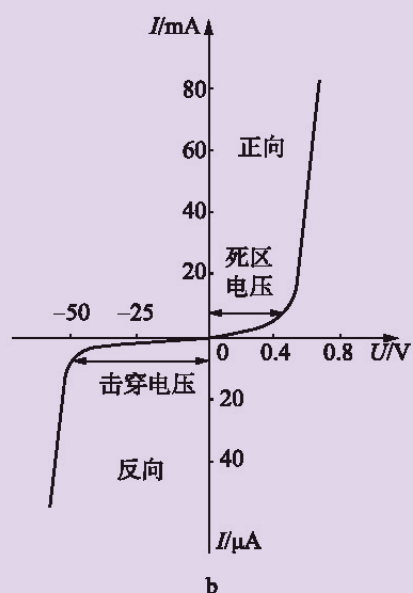
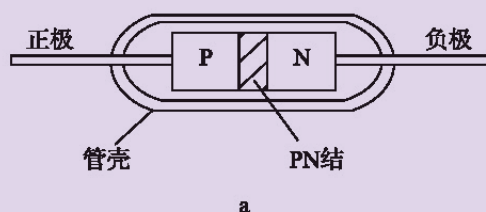


图2-14 二极管的结构及伏安特性曲线

二极管的性能常用伏安特性曲线来表示,即加在二极管两端的电压和流过二极管的电流之间的关系曲线,如图2-14b所示。从图中可以看出,当外加正向电压比较小时,二极管呈现很大的电阻,基本处于截止状态,此时的正向电流很小,几乎为零。这个区域称为正向特性的“死区”,对应的正向电压称为“死区电压”。当正向电压超过死区电压后,正向电流增长很快,此时二极管处于导通状态。导通时的正向压降变化很小,可以近似为常数。

如果在二极管两端外加反向电压,且反向电压不超过某一范围时,反向电流几乎不随反向电压的增大而增大,通常称之为反向饱和电流。反向饱和电流很小,因此可认为二极管处于截止状态。

当外加反向电压超过某一特定数值后,反向电流会突然增大,二极管失去单向导电性,这种现象称为击穿。发生击穿时的反向电压称为反向击穿电压。二极管被击穿后,会造成永久性的损坏,一般无法恢复原来的特性。

正因为二极管具有单向导电性,所以经常把它用在整流、稳压、极性保护等电路中。



问题思考

在生活中,你发现哪些地方或者哪些电子产品上使用了半导体二极管呢?



阅读材料

用直读法判断二极管的极性

由于二极管具有单向导电性,所以在电路中使用二极管之前,要对二极管的极性进行判断。

二极管的正、负极可以用直读法来判断,即通过看二极管外壳上的标记来判断二极管的正、负极(图2-15)。

(1) 全新的普通直插二极管,正极引脚比负极长。

(2) 部分普通直插二极管上会有一个色环,表示二极管的负极。

(3) 全新的发光二极管,正极引脚比负极长。

(4) 发光二极管内部可见两块金属区域,与面积较大区域相连的引脚为负极,与面积较小区域相连的引脚为正极。

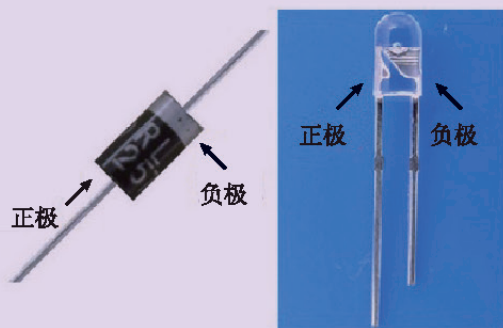


图2-15 二极管的极性判断



技术探究

使用数字万用表判断稳压二极管的极性

请教师给班级同学分组，每组2~3人。请同学们按照下列方法，使用数字万用表判断稳压二极管引脚的极性。

(1) 将数字万用表调到二极管挡，用红表笔（即数字万用表内电池负极）、黑表笔（即数字万用表内电池正极）分别连接稳压二极管的任意引脚（图2-16）。

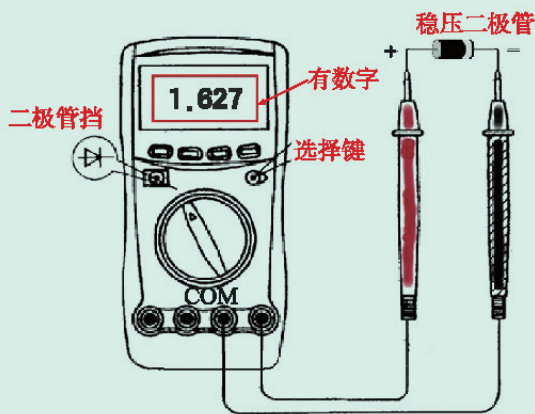


图2-16 使用数字万用表判断稳压二极管的极性

如果数字万用表显示非0数值，则红表笔所接引脚为正极，黑表笔所接引脚为负极。如果数字万用表显示数值为0，则红表笔所接引脚为负极，黑表笔所接引脚为正极。

(2) 每组同学测量2个稳压二极管，并将结果记录在表2-6中。

表2-6 稳压二极管测量数据记录表

稳压二极管	数值1	数值2	结论
稳压二极管 1			
稳压二极管 2			

技术实践

节能小灯的制作

请教师给班级同学分组，每组2~3人，并为每组同学提供一套节能小灯实践套件。请同学们按以下要求完成技术实践。

(1) 元器件的检测：用数字万用表检测发光二极管，并填空。

取10倍率的电阻挡，用黑表笔接发光二极管的正极，红表笔接负极，会看到_____现象；改用红表笔接发光二极管的正极，又会看到_____现象。

实验结论：发光二极管除了具有_____性外，导电时还能_____，普通发光二极管发光时的正向导通电压为_____。

(2) 节能小灯的制作。

套件中共有6个发光二极管，其电路如图2-17所示，请按照电路图进行组装。组装完成后，接通12V直流电压，完成用发光二极管制作的节能小灯。

(3) 如果电路中有一个发光二极管接反了，通电后会发生什么情况？

备注：在一些电路图中，有时为了使电路简化，会将电路中直流电源的正极用符号 $\text{—}|$ 表示，将接地用符号 $\text{—}|$ 表示。

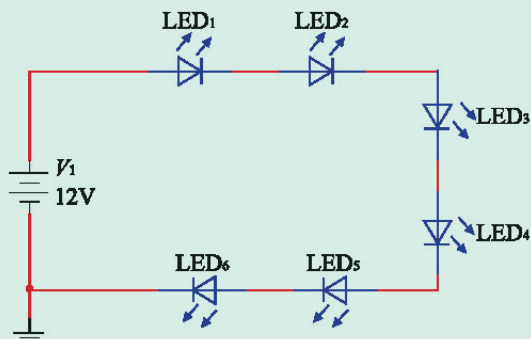


图2-17 节能小灯电路图

5. 半导体三极管

半导体收音机

半导体收音机（图2-18）可以接收无线电广播信号，并将其还原成声音。收音机接收的信号是微弱的，只有经过信号放大电路后，才能输出让我们满意的信号，使我们可以清楚地听到广播节目。半导体三极管是这个信号放大电路的重要组成部分。



图2-18 半导体收音机

半导体三极管（图2-19）也称晶体三极管，是电子电路中最重要元器件之一。它最主要的功能是电流放大和开关作用，可以把微弱的电信号转变成一定强度的信号。

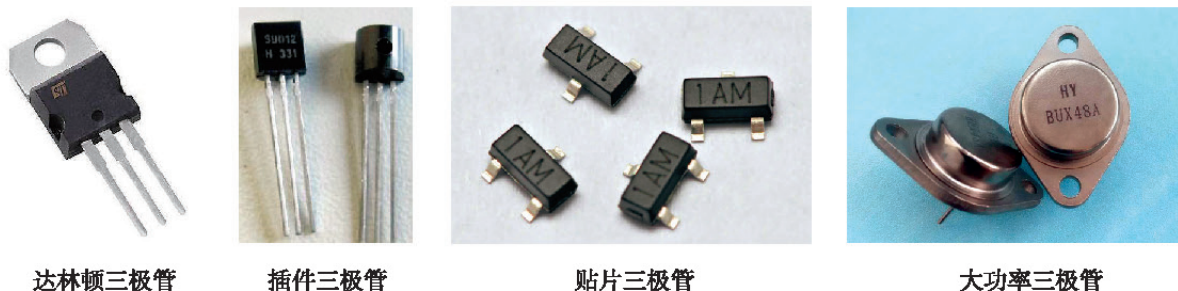


图2-19 常见三极管实物图

三极管有3个电极，其中一个电极为三极管的基极（用字母B表示），一个电极为三极管的集电极（用字母C表示），最后一个电极为三极管的发射极（用字母E表示）。根据三极管内部结构和组合方式的不同，三极管分为两种类型，即NPN型三极管和PNP型三极管，它们的电路符号如图2-20所示。

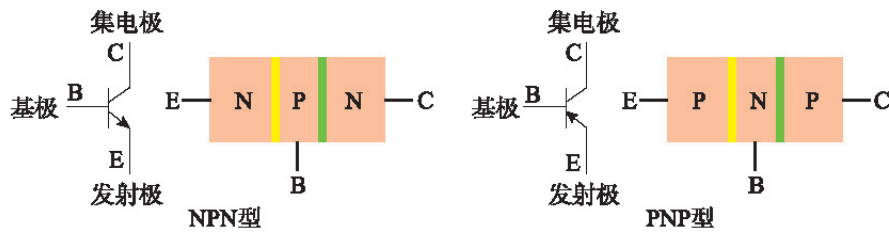


图2-20 三极管的电路符号与结构示意图

阅读材料

迅速识别三极管引脚

请教师给班级同学分组，每组2~3人，要求同学们掌握使用数字万用表迅速识别三极管引脚的方法。

将数字万用表调到二极管挡，分别用红表笔（即数字万用表内电池负极）接触三极管的其中一个引脚，用黑表笔（即数字万用表内电池正极）测量三极管的其余两个引脚；或者用黑表笔接触三极管的其中一个引脚，用红表笔测量三极管的其余两个引脚。如果出现以下现象，即可判断识别被测三极管引脚：

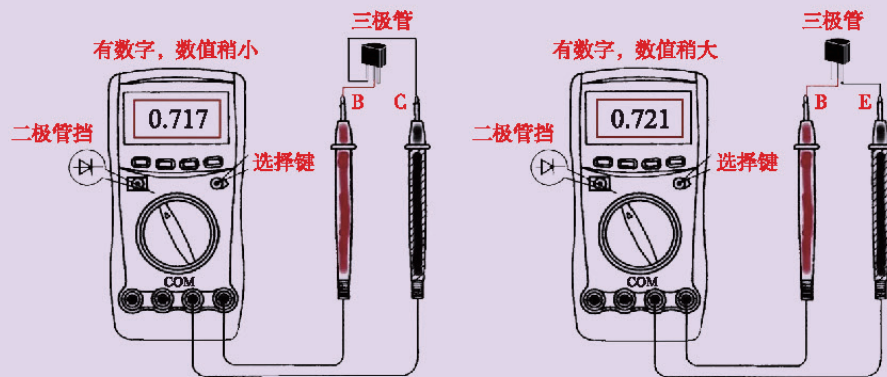


图2-21 用数字万用表识别三极管引脚（NPN型）

(1) 用红表笔接触三极管的其中一个引脚（图2-21）：

- ◇ 用黑表笔测量其余两个引脚，都导通，有电压显示，即三极管为NPN型。
- ◇ 用红表笔接触的三极管引脚为基极B。
- ◇ 用黑表笔测量其余两个引脚时，电压数据值稍大的引脚为发射极E。
- ◇ 用黑表笔测量其余两个引脚时，电压数据值稍小的引脚为集电极C。

(2) 用黑表笔接触三极管的其中一个引脚：

- ◇ 用红表笔测量其余两个引脚，都导通，有电压显示，即三极管为PNP型。
- ◇ 用黑表笔接触的三极管引脚为基极B。
- ◇ 用红表笔测量其余两个引脚时，电压数据值稍大的引脚为发射极E。
- ◇ 用红表笔测量其余两个引脚时，电压数据值稍小的引脚为集电极C。



技术探究

(1) 请同学们使用数字万用表检测2个三极管,并将检测数据记录到表2-7中,然后对三极管引脚进行判断识别。

表2-7 三极管测量数据记录表

三极管	三极管类型 (NPN型或者PNP型)	数据1	数据2	结论
三极管 1				
三极管 2				

(2) 查阅相关资料,以NPN型三极管为例,通过实验的方法,或利用晶体管特性图示仪,了解三极管放大电路中各极电流的关系,说明三极管实现电流放大作用的工作原理,并区分三极管的输入特性曲线和输出特性曲线。



技术实践

三极管的简单应用

使用电路仿真软件 Multisim 10 绘制如图 2-22 所示的电路原理图,进行电路仿真,并完成下面各题。

(1) 增大 R_p 阻值,使发光二极管 LED 发光。用数字万用表测量三极管发射极 E 和集电极 C 之间的电压 $U_{CE1} =$ _____ V,此时三极管集电极电流 _____ (填“很大”或“很小”),三极管处于 _____ (填“导通”或“截止”)状态,三极管集电极 C 处于 _____ (填“高”或“低”)电位。

(2) 减小 R_p 阻值,使发光二极管 LED 熄灭。用数字万用表测量三极管发射极 E 和集电极 C 之间的电压 $U_{CE2} =$ _____ V,此时三极管集电极电流 _____ (填“很大”或“很小”),三极管处于 _____ (填“导通”或“截止”)状态,三极管集电极 C 处于 _____ (填“高”或“低”)电位。

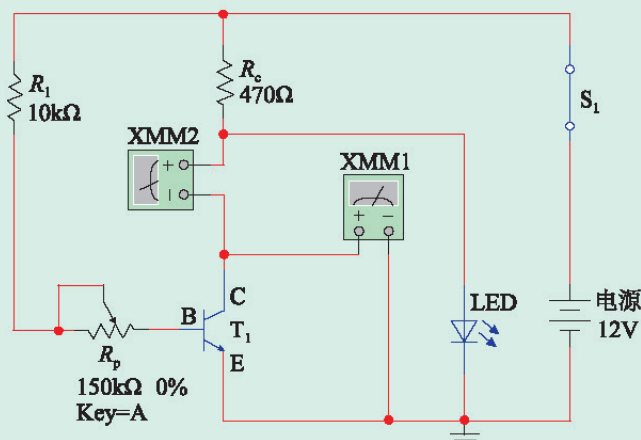


图2-22 三极管电路图



调查研究

晶闸管

晶闸管是继二极管、三极管以后出现的一种大功率半导体元器件。在性能上，晶闸管不仅具有单向导电性，而且还具有比二极管等整流元器件更好的可控性。它的出现促进了电子控制技术的发展。

请你查找和收集关于晶闸管的资料，了解晶闸管的结构、种类、作用和工作过程等。



开眼界

半导体工艺

你知道半导体元器件是怎样制作出来的吗？它们是在硅晶圆片（图2-23）上，利用半导体工艺技术（氧化、淀积、离子注入、曝光、刻蚀等），而后再经过测试、裁剪及封装等工艺制作出来的。一片硅晶圆片上可以做出许多个半导体元器件。

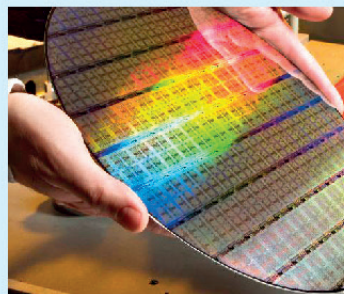


图2-23 半导体硅晶圆片

随着半导体工艺不断发展，半导体元器件的体积越来越小，电子电路的集成度越来越高，手机、计算机等电子产品也越来越便携，这些都离不开半导体工艺的发展。

请收集相关技术资料，了解当前世界上半导体工艺的发展现状及我国在半导体工艺方面所取得的成就，和同学们交流。



三、电子装接技术基础

前面我们认识了常用的电子元器件，在日常生活中如果想完成电子电路，应该如何将电子元器件装接起来呢？最常用的方法是使用面包板搭建电路或使用万用电路板焊接电路。

阅读材料

面包板

面包板（图2-24）上有很多小插孔，是专为电子电路的无焊接实验设计制造的。由于在面包板上各种电子元器件及导线可以根据需要随意插接并重复使用，不需要焊接，所以面包板非常适合电子电路的组装、调试和训练。

面包板的左、右两边各有两列插孔，列与列之间不导通。每列插孔中，5个插孔为一组，这5个插孔相互导通。这两列插孔习惯上作为正、负极插接。由于生产厂家不同、面包板型号不同等，这两列插孔相互导通的插孔数量有可能不同。在

使用前，应该对所使用的面包板进行测量，然后再正常使用。

在面包板中间，有一个凹槽，把面包板隔断成左、右两部分。两部分结构相同，但它们之间不导通。

在面包板的中间部分，每行中的5个插孔为一组。这5个插孔相互导通，但行与行之间不导通。

在搭建电路时，首先要确定电路图的连接方法，并准备好相应的电子元器件及导线等。插接时，要将元器件的引脚或导线头沿着与面包板板面垂直的方向插入插孔，应能感觉到有轻微、均匀的摩擦阻力。在面包板倒置时，插好的元器件不应脱落。

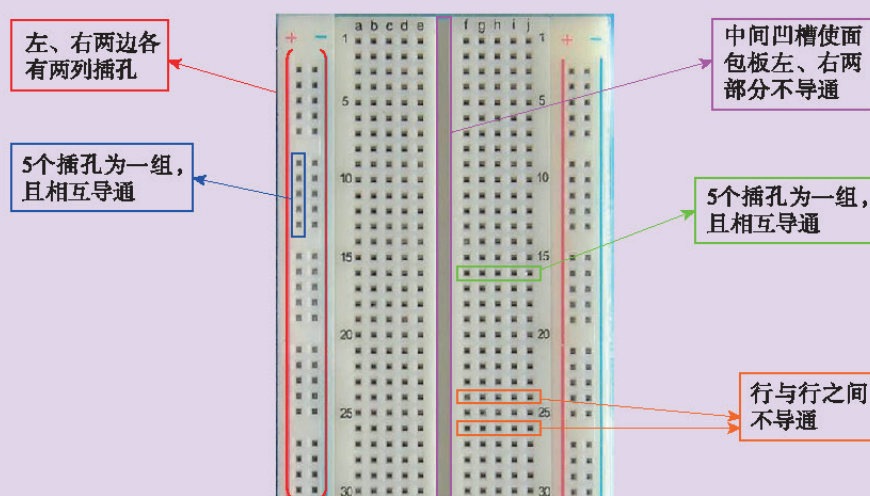


图2-24 面包板

万用电路板

万用电路板（图2-25）是一种按照标准间距（2.54mm）布满焊盘，可按自己意愿插装电子元器件及导线，而后焊接电路的印制电路板。

使用万用电路板时，一般按照电路的需要，将电子元器件从万用电路板的无焊盘面插入，然后在有焊盘面完成焊接电路。

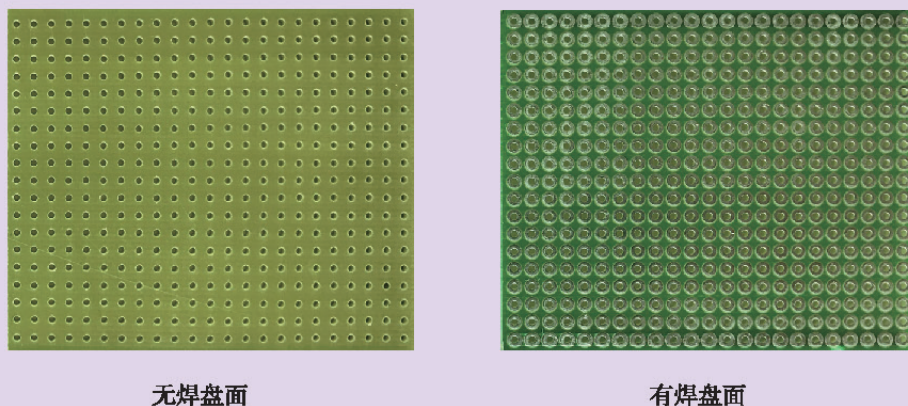


图2-25 万用电路板



焊接是指对焊料加热，使其熔化后，在元器件与焊盘之间凝固，形成一层合金结合层（图2-26）。该合金结合层具有良好的导电性和机械强度。焊接质量的好坏，直接影响电子电路及电子装置的工作性能。优良的焊接质量，可使电路具有良好的稳定性、可靠性。焊接一般分为手工焊接和机器自动焊接。

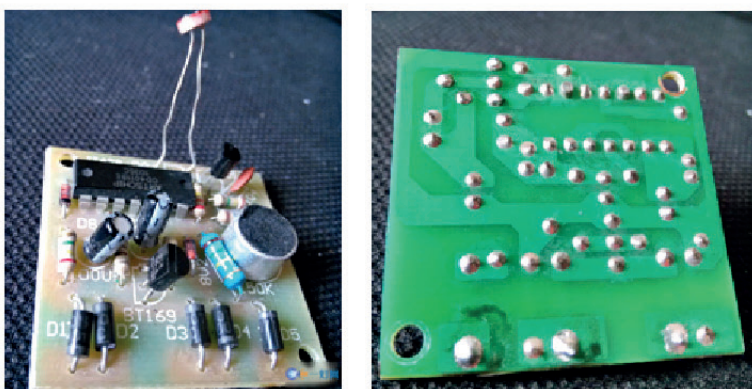


图2-26 电路板焊接实物图

1. 手工焊接的工具及材料

如果进行手工焊接，那么需要使用的工具有电烙铁、吸锡器、热风枪、镊子等。

在焊接过程中，对于焊料的选择，也是特别重要的。常用的焊锡材料有管状焊锡丝、抗氧化焊锡和含银的焊锡等。手工焊接中最适合使用的是管状焊锡丝，焊锡丝中间夹有优质松香和活化剂，使用起来非常方便。

焊接是在空气中和高温下进行的，因此焊料和被焊金属表面必然产生阻碍焊接过程的氧化层。助焊剂作为一种焊接辅助材料，能有效阻止氧化层的生成。现在应用最广泛的助焊剂是松香助焊剂。

阅读材料

手工焊接常用的工具及其用途

普通电烙铁（图2-27）：用于焊接要求不高的场合，如焊接导线、连接线等。

恒温电烙铁（图2-28）：具有恒温控制装置，可以使焊接温度稳定，适合焊接比较精细的电路板。



图2-27 普通电烙铁



图2-28 恒温电烙铁

吸锡器（图2-29）：用于把熔融的焊料吸走。

热风枪（图2-30）：用于表面贴片元器件的焊接与拆卸。

镊子（图2-31）：用于放置、调整元器件等。



图2-29 吸锡器



图2-30 热风枪



图2-31 镊子

手工焊接常用的材料及其用途

管状焊锡丝（图2-32）：用于熔化后连接元器件的引脚与焊盘，其直径分为0.6mm、0.8mm、1mm等。

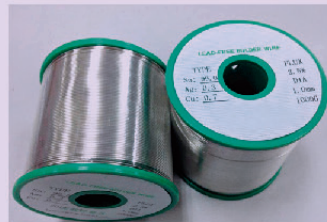


图2-32 管状焊锡丝



图2-33 松香助焊剂

松香助焊剂（图2-33）：能够除去焊件表面的氧化物，阻止生成氧化层。

电烙铁的使用与保养

- (1) 使用电烙铁前应检查使用电压是否与电烙铁的标称电压相同。
- (2) 电烙铁应保持干燥，不宜在过分潮湿的环境中使用。
- (3) 关掉电源后，利用余热在烙铁头上镀上一层锡，以保护烙铁头。
- (4) 拆卸或安装烙铁头时，要关掉电源并确定烙铁头温度已经降至常温状态。
- (5) 当烙铁头上有黑色氧化层时，用砂布或砂纸擦拭干净，然后通电并上锡。



2. 手工焊接的方法

(1) 手工焊接握电烙铁的方法（图2-34）：

正握法：适用于中功率电烙铁或带有弯头的电烙铁的操作。

反握法：动作稳定，长时间操作不易疲劳，适用于大功率电烙铁的操作。

握笔法：一般用于在操作台上焊接印制电路板等焊件。

(2) 手工焊接拿焊锡丝的方法（图2-35）：

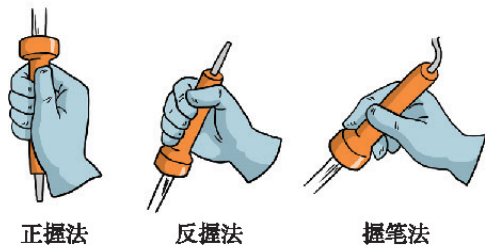


图2-34 手握电烙铁的方法

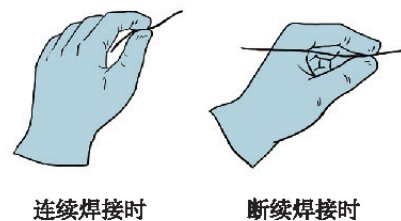


图2-35 手拿焊锡丝的方法

技术实践

手工焊接并组装闪烁灯电路

请同学们在教师的指导下进行手工焊接学习。在实际动手操作前，同学们必须认真学习关于焊接技术的安全注意事项，并做好手工焊接的前期准备。

只有在符合手工焊接标准的环境中，才能进行手工焊接操作。

此次技术实践所需的电子元器件如表 2-8 所示。

表2-8 闪烁灯电路所需的电子元器件清单

元器件名称	规格	数量
电阻	47kΩ	2 个
电解电容器	33μF、6.3V	2 个
发光二极管	红、绿都可	2 个
三极管	2N2222	2 个

闪烁灯电路如图 2-36 所示。

步骤一：焊前准备。

一只手拿焊锡丝，另一只手握电烙铁，进入备焊状态。要求电烙铁干净，无焊渣等氧化物，并在表面镀有一层焊锡。

步骤二：加热焊件。

将烙铁头与印制电路板成 45° 角靠在两焊件的连接处，加热整个焊件，时间为 1~2 秒。

步骤三：送入焊锡丝。

焊件的焊接面被加热到一定温度时，将焊锡丝从电烙铁对面接触焊件。

步骤四：移开焊锡丝。

当焊锡丝熔化一定量后，立即向左上 45° 方向移开焊锡丝，此时电烙铁继续放在焊盘上。

步骤五：移开电烙铁。

焊锡浸润焊盘和焊件的施焊部位后，向右上 45° 方向移开电烙铁，结束焊接，并将过长的引脚剪短到适宜位置。拿开电烙铁时，不要过于迅速或用力向上挑，以免溅落锡珠或使焊锡点拉尖等。

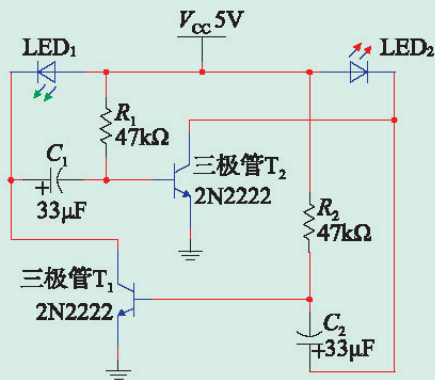


图2-36 闪烁灯电路图

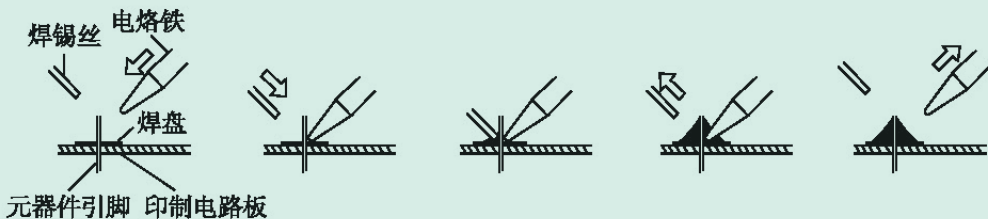


图2-37 手工焊接流程图



创客坊

元器件的拆卸方法

同学们可以根据以下方法拆卸已焊接完成的元器件。

引脚较少的元器件的拆卸：一手拿电烙铁加热待拆卸元器件引脚焊点，一手用镊子夹着元器件，待焊点焊锡熔化时，用镊子将元器件轻轻向外拉。

多焊点且引脚较硬的元器件的拆卸：用吸锡器逐个将引脚焊锡吸干净后，再用镊子将元器件取出。

双列或四列贴片集成芯片的拆卸：用热风枪对着芯片引脚垂直、均匀地来回吹热风，同时用镊子的尖端靠近芯片的一角，待所有引脚的焊锡熔化时，用镊子尖轻轻将芯片挑起。

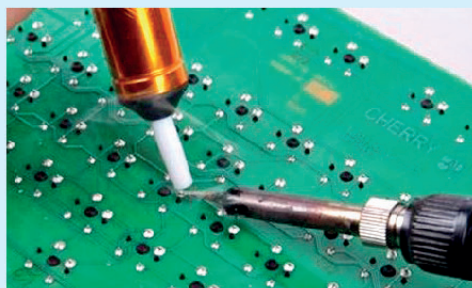


图2-38 用吸锡器拆卸元器件

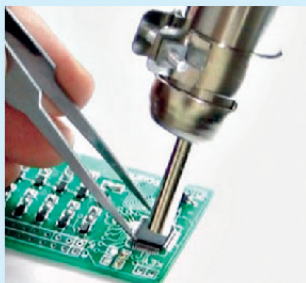


图2-39 用热风枪拆卸贴片集成芯片



3. 手工焊接的技术要求

- (1) 无空洞区域，表面无瑕疵。
- (2) 引脚、焊盘浸润良好，并且引脚形状可辨识。
- (3) 引脚周围100%有焊锡覆盖，并在焊盘或导线上有薄而顺畅的边缘。
- (4) 焊锡不接触元器件引脚弯曲处或元器件本体。
- (5) 不可出现焊料过多或过少及虚焊、松动、桥接等情况（图2-40）。
- (6) 焊接完成后，剪切元器件引脚不可过长或过短。



图2-40 焊接缺陷示意图

随着电子技术的发展，电子产品向多功能、小型化、高可靠性方向发展。电路越来越复杂，产品组装密度也越来越高，手工焊接虽能满足高可靠性的要求，但很难同时满足焊接高效率的要求。因此，高效的自动焊接技术就应运而生。自动焊接技术主要包括浸焊、波峰焊和回流焊（再流焊）等类型。

阅读材料

常见的自动焊接技术

1. 浸焊

浸焊是将插好元器件的印制电路板浸入熔融状态的锡锅中，一次完成印制电路板上所有焊点的焊接。它比手工焊接生产效率高，操作简单，适用于批量生产。全自动浸焊工艺流程如图2-41所示。

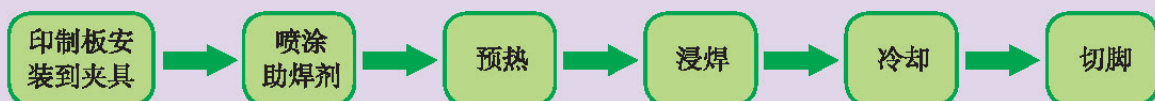


图2-41 全自动浸焊工艺流程图

2. 波峰焊

波峰焊是利用焊锡槽内的机械式或电磁式离心泵，将熔融焊料压向喷嘴，形成一股向上平稳喷涌的焊料波峰并源源不断地从喷嘴中溢出；装有元器件的印制电路板以平面匀速直线运动的方式通过焊料波峰，在焊接面上形成润湿焊点而完成焊接。波峰焊的工艺流程：准备→装件→喷涂助焊剂→预热→波峰焊→冷却→切脚→清洗。焊接工艺流程如图2-42所示。

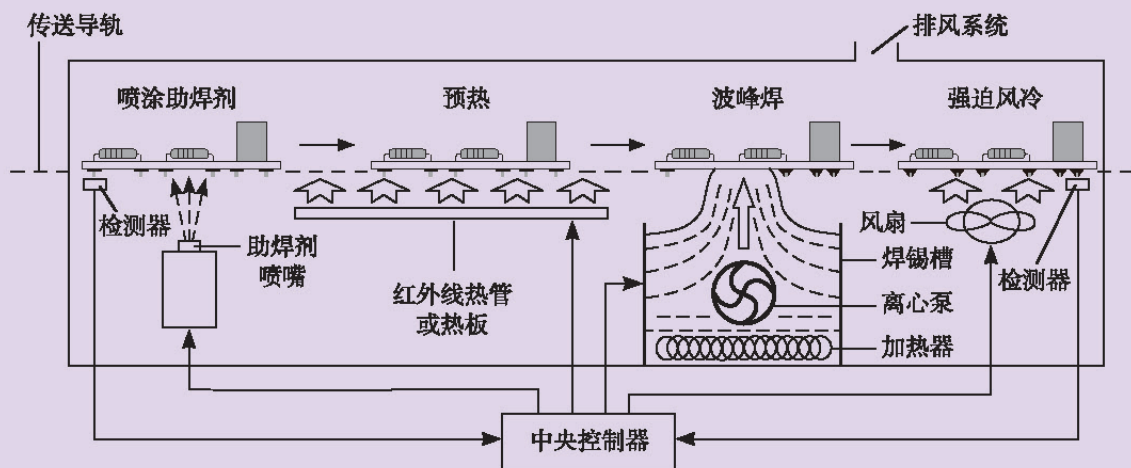


图2-42 波峰焊焊接工艺流程图

3. 回流焊

回流焊也被称为再流焊，是伴随微型化电子产品的出现而发展起来的焊接技术，主要应用于各类表面组装元器件的焊接。回流焊技术的焊料是焊锡膏，是预先在PCB焊盘上施放适量和适当形式的焊料，然后贴放表面组装元器件，经固化后，再利用外部热源使焊料再次流动达到焊接目的的一种成组或逐点焊接工艺。回流焊的主要工艺流程：来料检测→丝印焊膏→视觉检测→贴片→烘干→再流焊→清洗→焊点视觉检测。



技术探究

简易广告循环彩灯的制作

使用电路仿真软件Multisim 10绘制如图2-43所示的简易广告循环彩灯电路图,进行电路仿真,观察仿真结果并做好记录。然后,利用电路板焊接电路,制作一个简易广告循环彩灯。彩灯的焊接位置可自行确定。

简易广告循环彩灯由电阻、电容器、电位器、三极管及发光二极管等常用电子元器件构成。电路的电源电压可接3~5V。当电源接通时,电路中的2个三极管便轮流导通和截止,2组发光二极管就不停地循环发光。改变 R_{P1} 、 R_{P2} 的阻值可以改变发光二极管闪烁的速度。

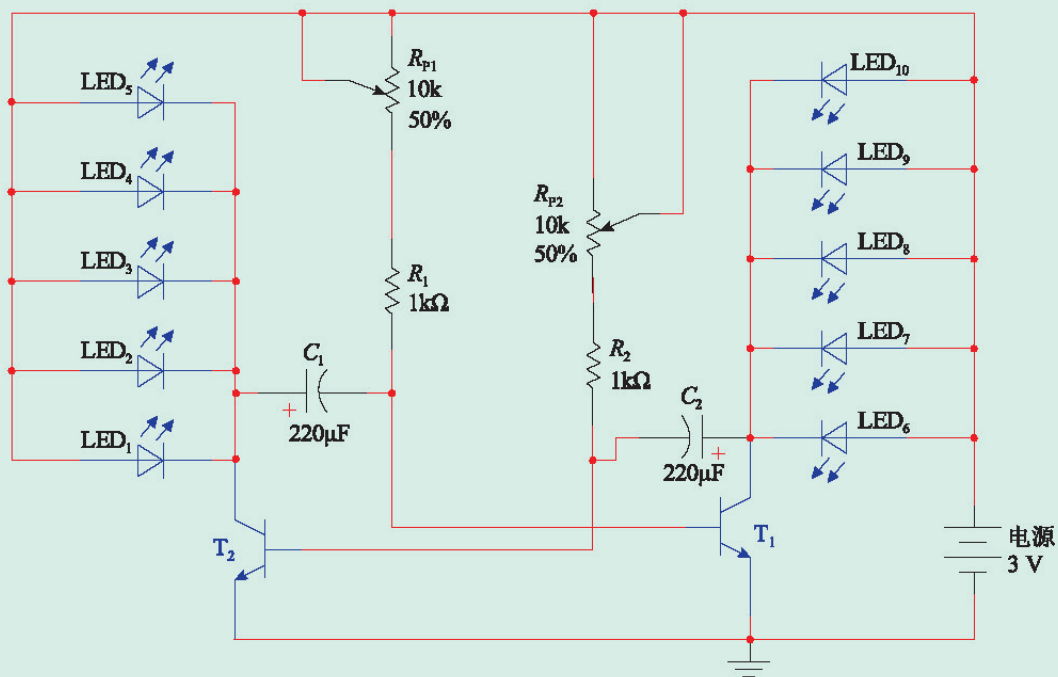


图2-43 简易广告循环彩灯电路图

第二节 电子控制系统中的放大电路

在体育馆开演唱会时,如果只凭歌手自己发出的声音是不能让所有观众都听清楚的,这时最需要使用的工具就是麦克风和音箱,其作用是将歌手的声音不失真地放大,让所有观众都能清楚地欣赏到音乐。这种起到放大作用的电路称为放大电路,它是电子电路中最基本的电路之一,也是各种电子仪器和装置赖以工作的重要电路(图2-44)。

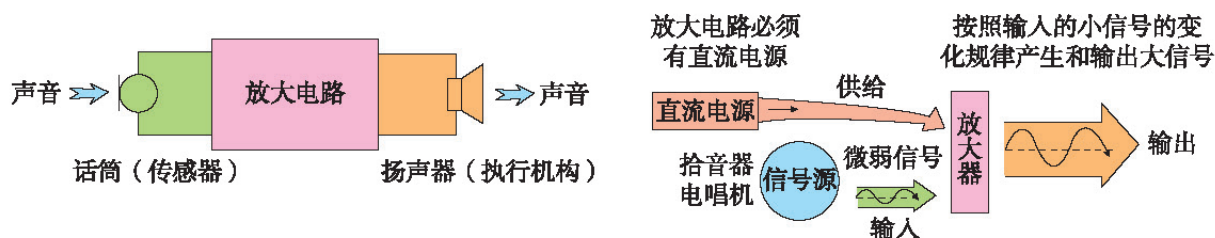


图2-44 放大电路的作用

一、基本放大电路

基本放大电路一般是指由一个三极管和相应元器件组成的放大电路，通常有6种基本组态，分别为共发射极放大电路、共集电极放大电路、共基极放大电路、共源极放大电路、共漏极放大电路和共栅极放大电路。下面以共发射极放大电路为例来学习基本放大电路。

问题思考

在日常生活中，你能找出其他使用放大电路的地方或电子产品吗？

技术探究

搭建基本共发射极放大电路

在面包板上使用电子元器件搭建基本共发射极放大电路，或者使用电路仿真软件Multisim 10绘制电路原理图，进行电路仿真。基本共发射极放大电路如图2-45所示。

其中，使用了NPN型的三极管 T_1 （型号为2N2222）。电路中各元器件的作用如表2-9所示。

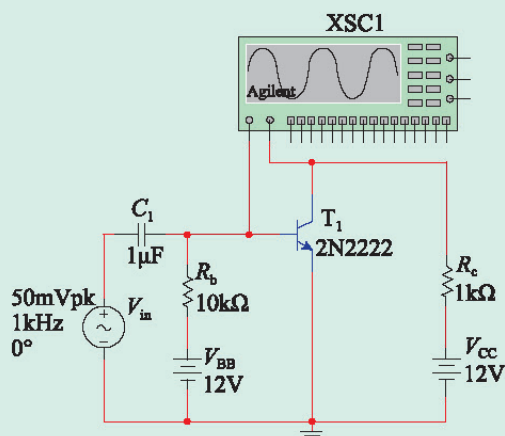


图2-45 基本共发射极放大电路

表2-9 基本共发射极放大电路中各元器件的作用

元器件名称	作用
三极管 T_1	起放大作用（核心元器件）
交流电源 V_{in}	待放大的时变输入信号
电容 C_1	防止直流电流流入交流电源 V_{in}
直流电源 V_{BB}	通过电阻 R_b 给三极管 T_1 提供开启电压及合适的电流
电阻 R_b	给三极管 T_1 提供合适的基极电流 I_B
直流电源 V_{CC}	通过电阻 R_c ，并与 V_{BB} 和 R_b 配合，使三极管 T_1 工作在放大状态
电阻 R_c	将集电极电流 I_C 转化为输出电压 V_{out}

由于图2-45中三极管的发射极是输入回路与输出回路的共同端，所以称其为共发射极放大电路。对图2-45所示电路进行仿真之后，观察示波器上的波形图，应该可以观察到如图2-46所示的波形图。

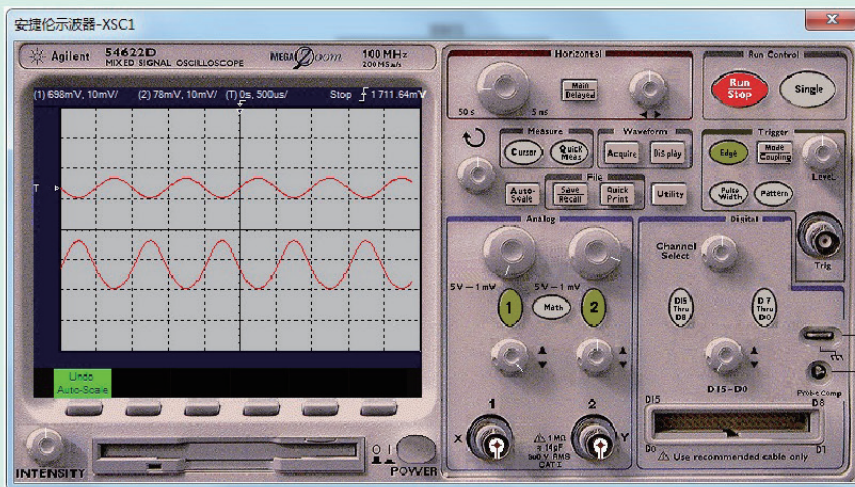


图2-46 基本共发射极放大电路仿真波形图

调查研究

请你查阅放大电路的相关技术资料，找出其他形式的基本放大电路。它们和基本共发射极放大电路在连接形式上有什么不同呢？

二、基本共发射极放大电路的特性曲线

在基本共发射极放大电路图2-45中，既有直流电源，又有交流电源，即交、直流共存。我们在分析及设计放大电路时，常将直流信号和交流信号分开进行分析，从而得到放大电路的特性曲线。

阅读材料

直流分析（静态分析）

在图2-45中，当 $V_m = 0$ 时，我们说基本共发射极放大电路为直流工作状态（电容器视为开路），也称为静态。那么图2-45的直流电路（静态电路）如图2-47所示。我们可以得到电路图的静态特性曲线图（图2-48）。

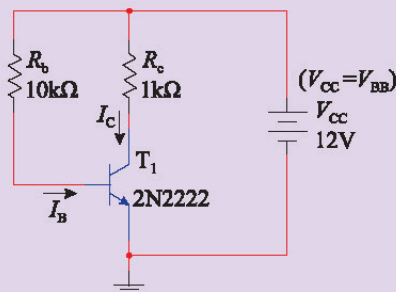


图2-47 基本共发射极放大电路的直流电路

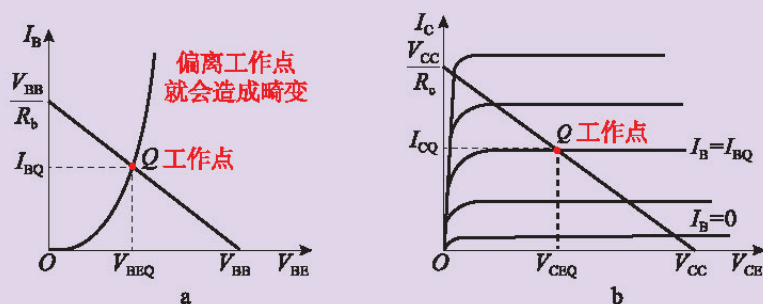


图2-48 静态特性曲线图

由基本共发射极放大电路的直流电路图，我们可以得出下列关系：

表2-10 静态特性分析

特性曲线	公式方程	条件	结论
静态特性 曲线图 a	$V_{BE} = V_{BB} - I_B R_b$ (由图 2-47 所得)	当 $V_{BE} = 0$ 时, $I_B = \frac{V_{BB}}{R_b}$	(在图 2-48a 中) 找到 工作点 Q , 并确定三极 管工作时基极电流 I_{BQ} 。
		当 $I_B = 0$ 时, $V_{BE} = V_{BB}$	
静态特性 曲线图 b	$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_c$ (由图 2-47 所得)	确定工作 点 Q (由 图 2-48a 所得)	当 $V_{CE} = 0$ 时, $I_C = \frac{V_{CC}}{R_c}$ 当 $I_C = 0$ 时, $V_{CE} = V_{CC}$ (在图 2-48b 中) 确 定三极管工作时集电 极输出电流 I_{CQ} 和输出 电压 V_{CEQ} 。

工作点 Q 非常重要，如果我们选取的点偏离了工作点，那么放大电路的输出信号就会造成畸变、失真。例如，我们和家人通电话时的声音与面对面说话时的声音会略有不同，这种差别就是电话中的放大电路和元器件引起声音失真造成的。



技术实践

基本共发射极放大电路静态特性曲线分析

假设图2-49的放大电路特性曲线如图2-50所示，请你通过实验，找出放大电路的工作点 Q ，以及工作点位置所对应的基极工作电流 I_{BQ} 、发射极工作电流 I_{CQ} 、输出电压 V_{CEQ} ，并在图2-50中将工作点 Q 、 I_{BQ} 、 I_{CQ} 及 V_{CEQ} 标出来。其中： $R_b = 100k\Omega$ ， $R_c = 4k\Omega$ ， $V_{BB} = 3V$ ， $V_{CC} = 12V$ 。

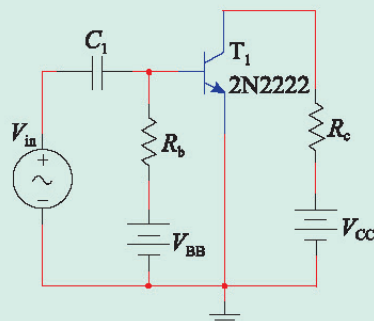


图2-49 基本共发射极放大电路的直流电路

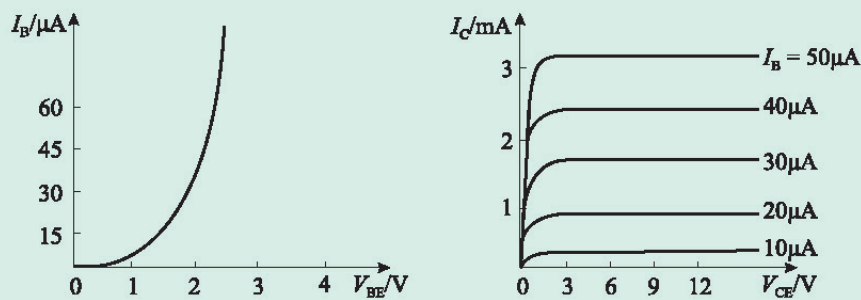


图2-50 基本共发射极放大电路静态特性曲线

阅读材料

交流分析（动态分析）

在图2-45中，当 $V_{in} \neq 0$ 时，我们说基本共发射极放大电路为交流工作状态，也称为动态。假设交流信号源 V_{in} 为正弦信号电压源，那么电路中的信号=交流信号+直流信号。

我们在其静态特性曲线的基础上加入交流信号，即可得到其动态特性曲线（图2-51）。

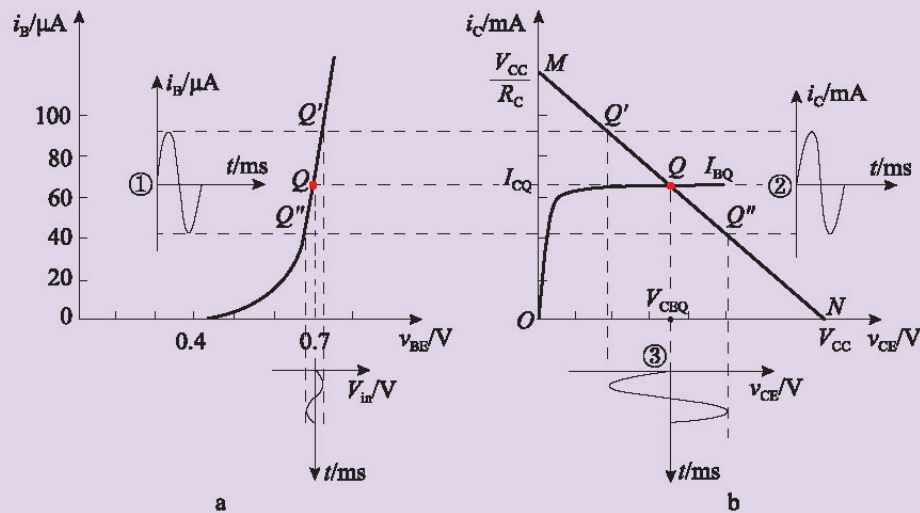


图2-51 动态特性曲线图

动态分析和静态分析类似，我们可以得出下列关系：

表2-11 动态特性分析

特性曲线	条件	结论
动态特性曲线图 a	当 $i_B = 0$ 时, $v_{BE} = V_{BE} + V_{in}$	工作点将以 Q 为中心, 以 Q' 和 Q'' 为界往复运动, 并得到基极电流 i_B 也呈交流正弦波变化。

续表

特性曲线	条件	结论
动态特性曲线图 b	确定工作点 Q 、 Q' 、 Q''	集电极电流 i_C 以 I_{CQ} 为中心呈交流正弦波变化，输出电压 v_{CE} 以 V_{CEQ} 为中心呈交流正弦波变化。

输出电流 i_C 增大时，输出电压 v_{CE} 减小，即得出如下相位关系：

输入交流小信号 V_{in} 波形与基极电流 i_B 波形相位相同。

集电极电流 i_C 波形与基极电流 i_B 波形相位相同。

输出电压 v_{CE} 波形与集电极电流 i_C 波形相位相反。

如果把这些电压、电流的波形画在对应的 ωt 轴上，可以得到如图 2-52 所示的波形图。

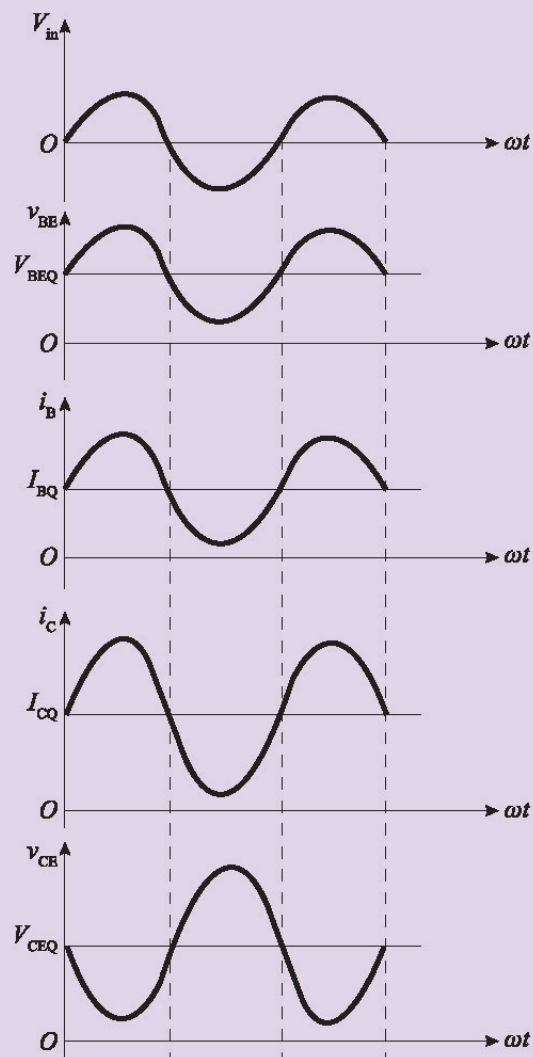


图2-52 基本共发射极放大电路中各电压、电流的波形图



小结与评价

一、小结

同学们通过回答下列几个问题，对本章的学习情况进行小结。

- (1) 电子电路中常用的电子元器件有哪些？它们的主要作用是什么？
- (2) 手工焊接时需要使用的工具有哪些？基本的手工焊接步骤是什么？
- (3) 基本共发射极放大电路的静态特性工作点的作用是什么？

二、评价

运用手工焊接技术、二极管的相关知识，设计、制作简易彩色节能 LED 灯泡。

1. 活动要求

- (1) 熟练掌握手工焊接所需工具的使用方法、手工焊接技术的具体步骤及焊接时的注意事项。
- (2) 收集生活中常用二极管的资料，观察哪些地方使用了二极管。
- (3) 设计一个至少有两种颜色的简易节能 LED 灯泡。
- (4) 每个小组应由两人以上共同设计，并与其他组的同学交流或与指导教师一起分析，讨论方案的可行性与特点。
- (5) 选择可行方案，使用电路仿真软件 Multisim 10 绘制电路原理图，进行电路仿真。
- (6) 购买元器件或由实验室提供元器件，搭建、制作电路。
- (7) 写出实习报告（包括实习目的、使用仪器、使用元器件、使用工具、设计思想、制作过程等），并分析电路原理。

2. 评价提示

- (1) 通过哪些途径收集到相关资料的？
- (2) 手工焊接过程中是否遇到困难？
- (3) 是否使用了电路仿真软件 Multisim 10 进行电路仿真？效果如何？
- (4) 在活动中表现如何？
- (5) 通过此次设计、制作活动，有哪些收获？
- (6) 是否遵守了实验室或技术实习操作规程？
- (7) 实习报告是否符合要求？

自我评价：_____

同学评价：_____

老师评价：_____

第三章 电子控制系统中的数字电子技术

电子技术可以分为模拟电子技术和数字电子技术。随着电子技术的不断进步及社会发展的现实需求，数字电子技术已成为促进社会科技发展的主力军。我们每天通过网络、电视、通信等多种渠道所获取的大量信息都是经过分析、比较、判断、放大、运算、传输、变换等一系列数字化处理过程的。在日常生活中，常用的计算机、电视、手机等电子设备或电子系统，无一不采用数字电路或数字系统，我们正处在信息时代和数字时代。

本章我们来学习电子控制系统中的另一个重要组成部分——数字电子技术。通过本章学习，我们能够辨别生活中的数字信号，了解数字信号与模拟信号的相互转换方式，掌握基本数字门电路和数字集成电路的分析方法，进一步培养面对科学探究积极参与、善于思考、认真分析等严谨的科学态度。



第一节 数字电路基础

一、什么是数字信号

问题思考

前面我们已经了解到日常生活中的信号可以分为模拟信号和数字信号，并学习了模拟信号的概念，那么，什么是数字信号呢？



数字钟

生活中的数字钟（图 3-1）在走时过程中，时钟面板上的秒数字每隔一秒钟跳变一次，秒数字跳变 60 次后，分数字才跳变一次。



图3-1 数字钟实物图

像这种非连续变化的量可以用数字来表示，通常在数字电路中用二进制“1”和“0”来表示这些数。用高和低两个不同的电压（电平）来表示二进制数中的“1”和“0”，其形成的在高、低电平之间来回跳变的电信号就是通常所说的数字信号。

数字信号是指在数值和时间上断续（离散）变化的信号，处理这类信号的电路叫作数字电路。数字信号可以用波形表示（图3-2）。

图3-2中的电压值是随时间断续（离散）变化的，且任何时刻的值只能是最大值和最小值两种情况中的一种。其中，用数字“1”表示最大值，用数字“0”表示最小值。

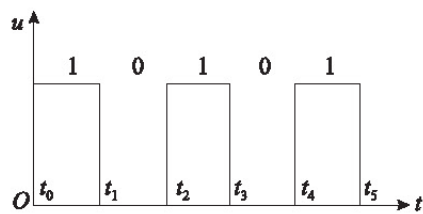


图3-2 数字信号示意图

与模拟信号相比，数字信号抗干扰能力强、损耗小，容易实现远距离、高质量的通信。生活中的各种信息（语言、图形、图像等），都可以统一地转换成二进制信号，便于计算机处理、加密和采用大规模集成电路实现信号转化并数字化，这样可以使集成电路具有功耗低、体积小、成本低等特点。这也是人们追求将模拟信号转化为数字信号的原因。

讨论交流

生活中的哪些信号是数字信号？和同学们一起比较数字信号与模拟信号的优点。



阅读材料

电视机的模拟信号和数字信号

20世纪80年代，我国生产的电视机接收的信号是模拟信号，可接收的电视频道很少。今天，我们家庭中的电视机几乎都是数字电视，接收的是数字信号。电子技术的发展，给我们的生活带来了巨大的改变。

如图3-3所示，我们可以看出20世纪80年代生产的电视机播出的画面还不太清晰，而现在生产的电视机（图3-4）画面清晰逼真，让我们有身临其境的感觉。其原因就是20世纪80年代生产的电视机接收的是模拟电视信号，而现在生产的电视机接收的是数字电视信号，数字电视信号相比于模拟电视信号更容易实现高质量的信息传输。



图3-3 20世纪80年代生产的电视机实物图



图3-4 现在生产的电视机实物图



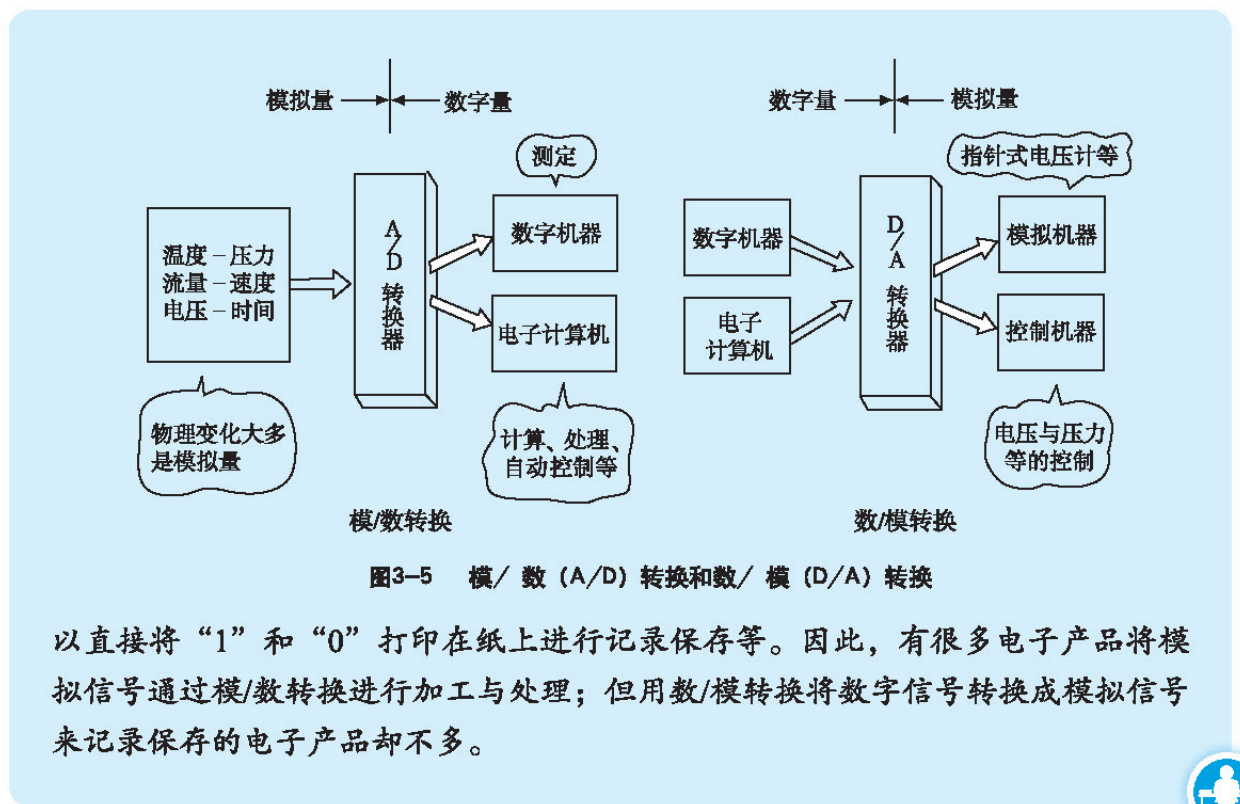
开眼界

模/数转换和数/模转换

由于数字信号相比模拟信号具有一系列的优点，因此，在许多电子产品中，都将模拟信号转换成数字信号，实现高质量、高精度的信息处理与转发，达到满意的效果。同时，也有许多电子产品需要把数字信号转换成模拟信号，以满足不同功能、不同场所的需要。这种将模拟信号转换成数字信号的电路（装置）称为模/数（A/D）转换器；将数字信号转换成模拟信号的电路（装置）称为数/模（D/A）转换器。

我们周围还有许多电子测量和电子控制系统，如对时间、压力、流量、速度等物理量用数字仪器测量或用计算机处理时，都需要用模/数转换器将模拟量转换成数字量；另外，在用数字仪器、电子计算机等测量或计算的数值去控制某些对象时，又需要数/模转换器将数字量转换成模拟量（图3-5）。

由于数字信号中只有“1”和“0”两个值，可以很方便地用（具有记忆功能的）电路输出电压的高和低、电容器上电荷的有和无等记录“1”和“0”，还可



二、基本逻辑门电路

数字信号是用数字电路来进行处理的，而数字电路中最基本的单元是门电路。在电子控制系统中，控制（处理）部分的输出信号与输入信号之间存在着一定的逻辑关系，其中输出信号对应于逻辑结论，输入信号对应于逻辑前提。

电子控制系统的控制（处理）部分正是依据各输出信号与输入信号之间的逻辑关系（因果关系）来处理信息的。为处理方便，将逻辑前提和逻辑结论均用字母 A 、 B 、 C 等来表示，显然这些字母都应当只有电信号的高（真）和电信号的低（假）两个状态，即“1”和“0”。

能实现各种逻辑关系的电路称为数字电路（逻辑电路）。在数字电路中，“真”用高电平表示，“假”用低电平表示，“1”和“0”称为数字电路的真值或逻辑值。

任何复杂的逻辑关系都是由“与”“或”“非”3种基本逻辑关系组合而成的，实现这3种基本逻辑关系的电路分别称为与（AND）门、或（OR）门和非（NOT）门。它们的输入信号代表逻辑前提，输出信号代表逻辑结论。例如，在计算机主机的主板（图3-6）中，大规模集成电路主要是由与门电路、或门电路和非门电路组成的。

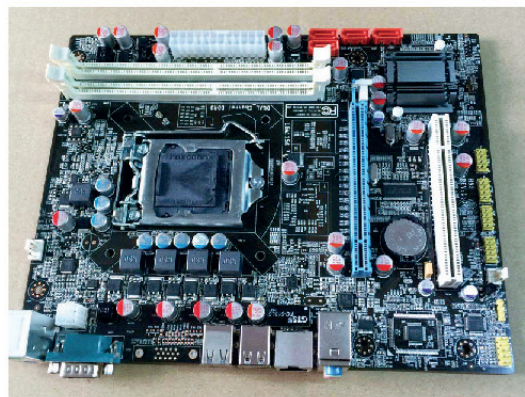


图3-6 计算机主机的主板

1. 与门电路

双开关电灯控制电路

图3-7所示的是用两个开关控制一盏电灯的电路。可以看出：只有开关A和开关B同时闭合，灯泡L才能亮；如果开关A和开关B中的任意一个断开，灯泡均不会亮。其中，开关A和开关B的闭合与断开是条件，灯泡亮与不亮是结果。其电路构成了一个与门电路。

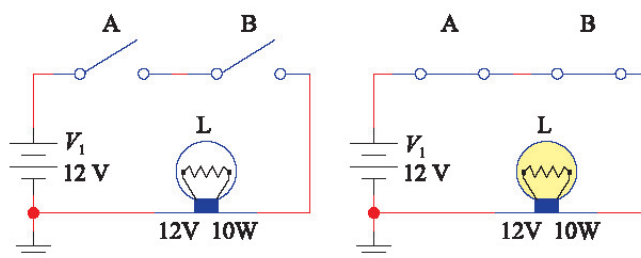


图3-7 与门电路示意图

分析电路中开关A和开关B的闭合或断开与灯泡L的亮或不亮之间的关系，如表3-1所示。其中，以“0”“1”来表示逻辑关系的表格称为真值表。

表3-1 与门电路逻辑关系表

开关A	开关B	灯泡L
断开	断开	不亮
断开	闭合	不亮
闭合	断开	不亮
闭合	闭合	亮

开关A	开关B	灯泡L
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

开关A	开关B	灯泡L
假	假	假
假	真	假
真	假	假
真	真	真

同样，可利用二极管的单向导电性，将两个二极管和一个电阻按图3-8所示电路进行连接。其输入端A和输入端B与输出端F之间的逻辑关系，如表3-2所示。

表3-2 与门电路电压值表与真值表

电压值表			真值表		
A	B	F	A	B	$F = A \cdot B$
低	低	低	0	0	0
低	高	低	0	1	0
高	低	低	1	0	0
高	高	高	1	1	1

数字电路的逻辑关系还常用波形图来描述。波形图记录了门电路的输入/输出信号的电平随时间变化的情况(图3-9)。

在输入端A和输入端B两个波形的输入电压作用下,得到如输出端F波形所示的输出电压(图3-10)。

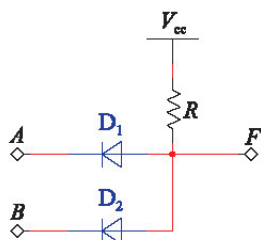


图3-8 与门逻辑电路

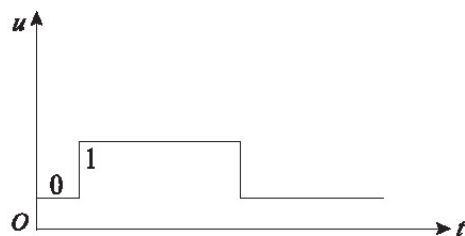


图3-9 数字电路波形图

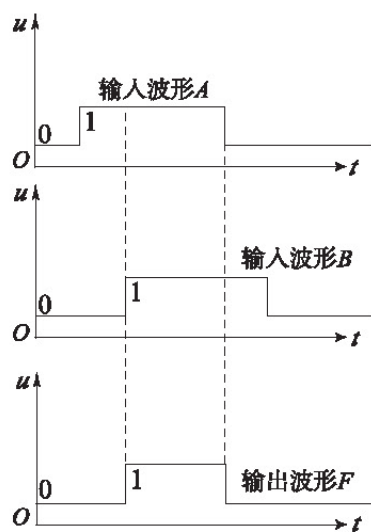


图3-10 与门波形图

在画数字电路波形图时,常常省去坐标轴,但输入波形与输出波形之间的时间必须严格对应,如图3-11中的虚线所示。图中第三个时间区间,输入A和输入B都为“1”,输出F为“1”,符合“全高出高”的规则;其他情况不符合,因而输出F为“0”,如图3-11所示。

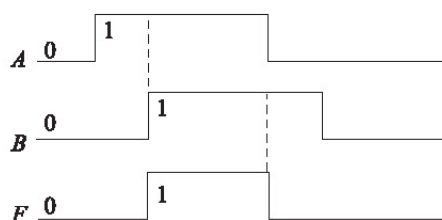


图3-11 与门波形图

从上面这些表示方法和分析可以看出,像这样的电路结构,电路的输入与电路的输出结果完全符合逻辑代数中的“与”逻辑关系,即两输入相乘的结果等于输出结果。实现“与”逻辑关系的电路称为与门电路。“与”逻辑表达式为: $A \cdot B = F$,即是与门的逻辑表达式。

在电子控制系统中,与门电路的逻辑符号用图3-12来表示。

与门电路中输入端与输出端的逻辑关系为:只有当与门的所有输入端都为高电平(“1”)时,其输出端才是输出高电平(“1”),即“全高出高,有低出低”。

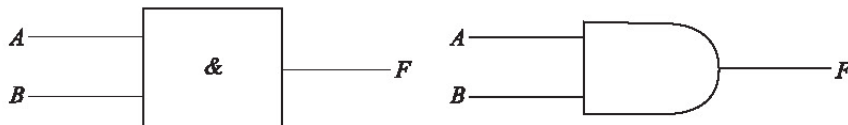


图3-12 与门逻辑符号

技术探究

与门电路实验

1. 熟悉集成电路74LS08的引脚排列

识别引脚时,将外形结构标志(凹口)置于左侧,由左下角起按逆时针方向读数,依次为1脚、2脚……如图3-13所示。该集成电路共用一个电源

V_{CC} (14脚) 和一个接地端 GND (7脚)。图中1、4、9、12和2、5、10、13分别为输入端, 3、6、8、11为输出端。

2. 测试集成电路 74LS08

请同学们将集成电路 74LS08 插入 14脚的插座中, 并按图 3-14 所示搭建电路, 或者使用电路仿真软件 Multisim 10 绘制电路原理图, 进行电路仿真。74LS08 是由 4 个 2 输入 AND 电路构成的。拨动开关 A、B, 观察 LED₁ 的发光情况, 填写真值表 (表 3-3), 并画出波形图 (图 3-15)。其中, 开关 A、B 闭合时为“0”, 断开时为“1”。

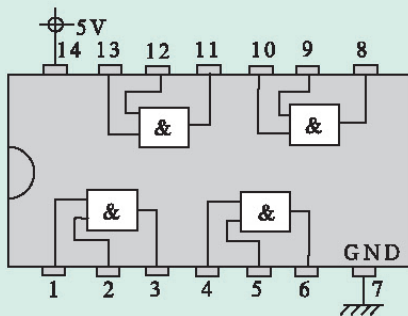


图3-13 74LS08的引脚排列

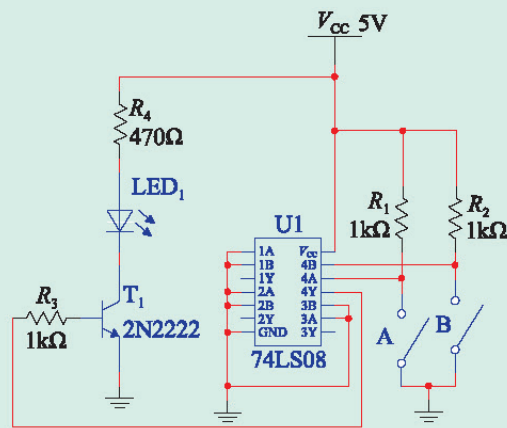


图3-14 与门实验电路图

表3-3 与门真值表

输入		输出
A	B	F
1	1	
1	0	
0	1	
0	0	

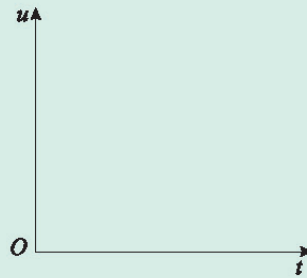


图3-15 波形图

2. 或门电路

双开关电灯控制电路

在图3-16所示的电路中, 可以看出, 两个开关中的任意一个开关闭合时, 灯泡 L 均会点亮, 只有当两个开关均为断开状态时, 灯泡 L 才会熄灭。其中, 开关 A 和开关 B 的断开或闭合是灯泡 L 是否通电的前提, 灯泡 L 的亮与不亮是结论。

同样, 可利用二极管的单向导电性, 采用如图 3-17 所示的方式进行连接, 其输入端 A 和输入端 B 与输出端 F 之间的逻辑关系符合逻辑代数中的“或”逻辑关系。

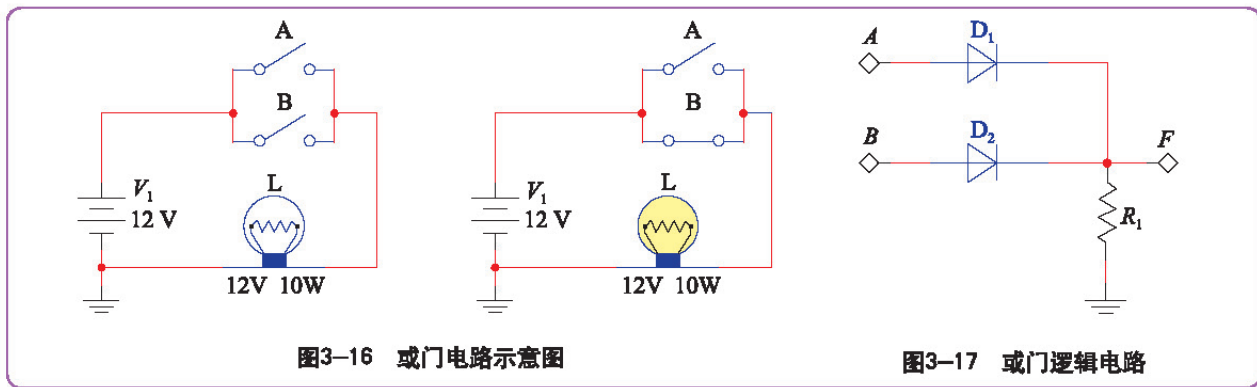


图3-16 或门电路示意图

图3-17 或门逻辑电路

技术实践

或门电路实验

1. 熟悉集成电路 74LS32 的引脚排列

方法与集成电路 74LS08 相同,如图 3-18 所示。

2. 测试集成电路 74LS32

请同学们将集成电路 74LS32 插入 14 脚的插座中,按图 3-14 所示与门实验电路图搭建电路,仅将图中集成电路 74LS08 更换成集成电路 74LS32,其他保持不变。74LS32 是由 4 个 2 输入

OR 电路构成的。拨动开关 A、B,观察 LED₁ 的发光情况,填写真值表(表 3-4),并画出波形图(图 3-19)。其中,开关 A、B 闭合时为“0”,断开时为“1”。

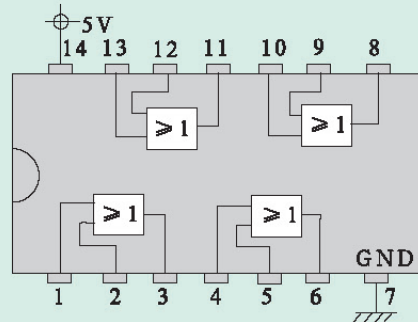


图3-18 74LS32的引脚排列

表3-4 或门真值表

输入		输出
A	B	F
1	1	
1	0	
0	1	
0	0	

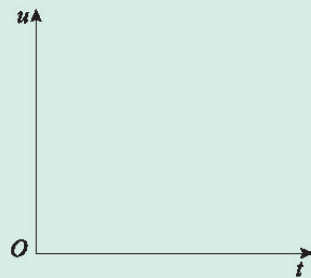


图3-19 波形图

通过前面的实验及分析,可以发现电路中的输入与输出之间的逻辑关系完全符合逻辑代数中的逻辑加法。“只要逻辑前提中有一个或一个以上为真,逻辑结论就为真”的逻辑关系,称为“或”逻辑关系。可用“+”表示两逻辑输入的关系,即 $A + B = F$ 。我们将符合这种逻辑关系的电路称为或(OR)门电路,其逻辑符号如图3-20所示。

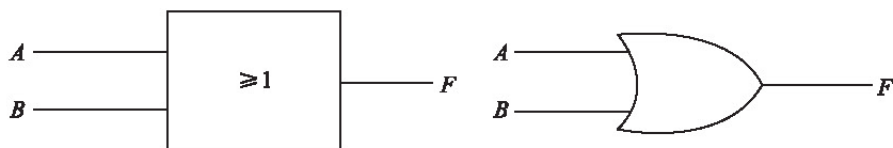


图3-20 或门逻辑符号

或门电路中输入端与输出端的逻辑结论为：或门的输入端有高电平（“1”）时，其输出端就是输出高电平（“1”），即“有高出高，全低出低”。

其实，在我们的生活中可以找到很多符合这种逻辑关系的例子。例如，到学校图书馆借书，可以凭本校学生证或借书证进行借书，也就是两证中只要有一个即可，这种逻辑关系就是一种“或”逻辑关系。

问题思考

你还能列举出生活中符合“与”逻辑关系、“或”逻辑关系的实际例子吗？你还能发现哪些与上述两种门电路不同的逻辑关系的实例吗？



3. 非门电路

电冰箱的照明灯电路

我们在日常生活中使用电冰箱时，打开电冰箱的门，电冰箱内的指示灯点亮，将电冰箱的门关上后，指示灯会熄灭。你知道这是为什么吗？

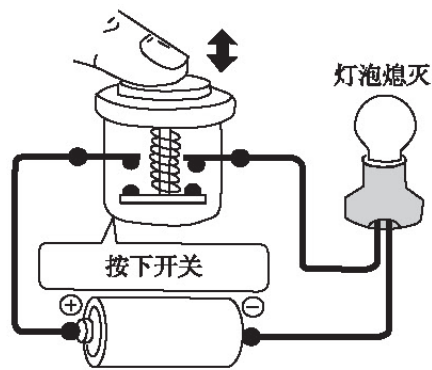


图3-21 电冰箱的照明灯电路示意图

我们对图3-21所示的电路稍加分析，就不难回答上面案例中提出的问题。在这个电路中，如果没有人去按开关，灯泡始终处于点亮状态，当有人按下开关时，灯泡就会因断电而熄灭。

这种输入端与输出端之间的逻辑关系为相反的逻辑，在逻辑代数中定义为“逻辑否定”。输出端与输入端的信号为否定关系的电路称为非（NOT）门电路。非门电路的逻辑符号如图3-22所示。

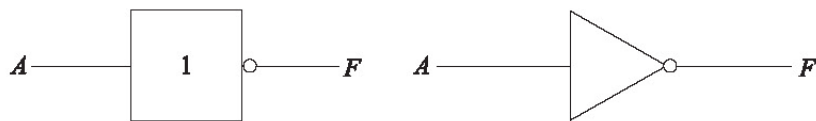


图3-22 非门逻辑符号

非门电路，相当于“否定”或“反相”的意思，具有否定的功能，也就是输入为“1”时输出为“0”，输入为“0”时输出为“1”的逻辑电路。非门电路也被称为反相器。

利用三极管的开关特性，可以将其组成非门电路，如图3-23所示。由于非门电路中输入与输出各只有一个端口，其电路的输入、输出组成也只有两种形式（图3-24）。

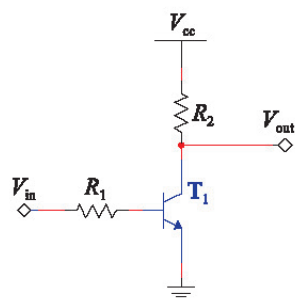


图3-23 三极管非门电路

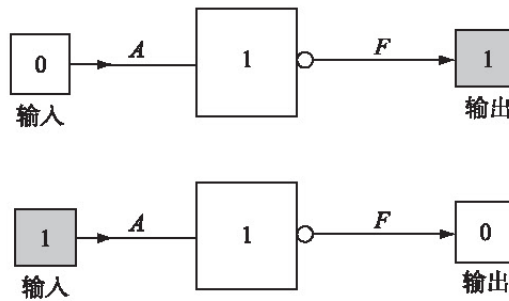


图3-24 非门电路组成形式

根据输入与输出间的逻辑关系，可列出非门电路真值表（表3-5），同时可以写出其逻辑表达式： $F = \overline{A}$ ，读作 F 等于 A 非或 A 反。同样，可以根据逻辑电路和真值表画出非门电路的波形图，如图3-25所示。

表3-5 非门电路真值表

输入	输出
A	$F = \overline{A}$
0	1
1	0

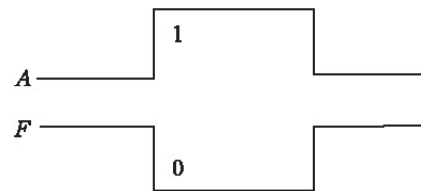


图3-25 非门波形图

阅读材料

三极管的工作状态和开关作用

三极管的开关作用对应于触点开关的“断开”和“闭合”。

我们知道三极管有3种工作状态，即截止状态、放大状态和饱和状态。

当三极管工作在截止状态时，相当于触点开关的断开状态；工作在饱和状态时，相当于触点开关的闭合状态。

当三极管工作在截止状态时，其各电极之间的电压典型数据见图3-26a。

当三极管工作在饱和状态时，其各电极之间的电压典型数据见图3-26b。

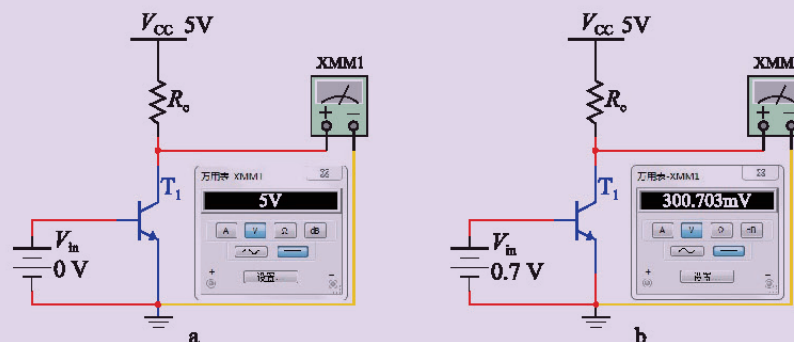


图3-26 三极管开关电路

作为各类门电路的基本电路有与（AND）门、或（OR）门、非（NOT）门3种。在数字电路中，往往通过各类门的组合来进行信号处理。这些门（与门、或门、非门）的组合，

可以组成两种新的门电路。第一种是由与门和非门组成的与非门，另一种是由或门和非门组成的或非门。

4. 与非门电路

与非（NAND）门电路是由与门电路与非门电路组合而成的，即：与门+非门=与非门。与非门逻辑符号合成图及与非门逻辑符号分别如图 3-27 和图 3-28 所示。

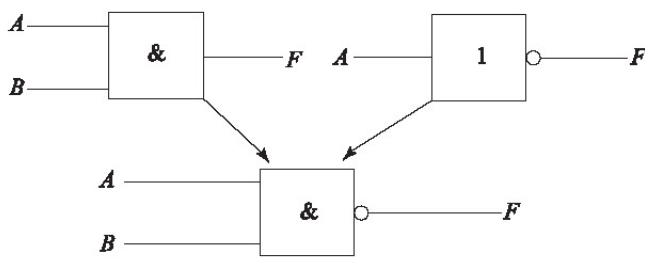


图3-27 与非门逻辑符号合成图

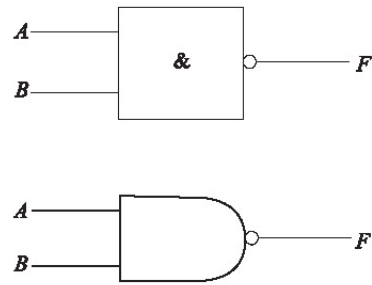


图3-28 与非门逻辑符号

与非门电路的输出结果和与门电路完全相反。其逻辑表达式可以写为： $F = \overline{A \cdot B}$ 。表 3-6 为与非门真值表。

表3-6 与非门真值表

输入		输出
A	B	$F = \overline{A \cdot B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

5. 或非门电路

或非（NOR）门电路是由或门电路与非门电路组合而成的，或非门逻辑符号合成图及或非门逻辑符号分别如图 3-29 和图 3-30 所示。

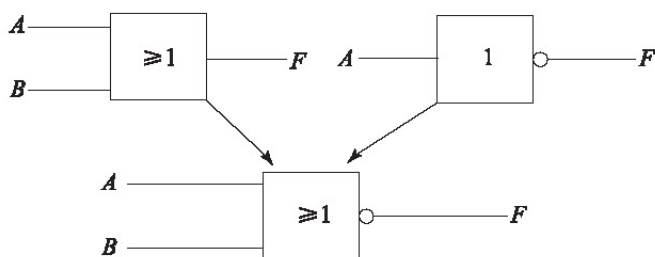


图3-29 或非门逻辑符号合成图

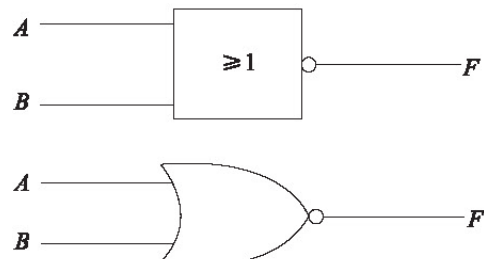


图3-30 或非门逻辑符号

或非门电路的输出结果和或门电路完全相反。即只要有一个开关为“1”，输出就为“0”，也就是说，当输入全为“0”时，输出才为“1”。或非门电路的逻辑表达式为： $F = \overline{A + B}$ 。

自学技术

或非门逻辑关系

按照与非门逻辑关系的分析方法，自主完成或非门逻辑关系的学习，并填写或非门真值表（表3-7）。

表3-7 或非门真值表

输入		输出
A	B	$F = \overline{A + B}$
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

创客坊

与非门电路实验

集成电路 74LS00 是由 4 个 2 输入 NAND 电路构成的，请使用与门电路实验的实验方法，来验证与非门输入端和输出端的逻辑关系，并写出其真值表（提示：只需将电路图上的集成电路 74LS08 替换为集成电路 74LS00 即可）。

或非门电路实验

集成电路 74LS02 是由 4 个 2 输入 NOR 电路构成的，请使用与门电路实验的实验方法，来验证或非门输入端和输出端的逻辑关系，并写出其真值表（提示：只需将电路图上的集成电路 74LS08 替换为集成电路 74LS02 即可）。

三、组合逻辑电路

生活中的叫号器

在生意火爆的餐馆里，慕名而来的食客在排队等待，手中捏着一张排队的号码；在银行服务大厅中，人们手持排队号码，等着自己的号码在屏幕上出现。这些

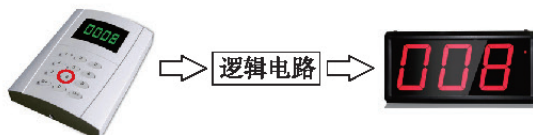


图3-31 叫号器示意图

叫号系统往往是将计算机与显示屏联系起来。最简易的叫号器就是操作者按下某一数字对应的按键，显示器上就会显示对应的数字，如图3-31所示。

通过上面的案例可知，按下按键和屏幕显示具有即时性。如果一个复杂的逻辑电路是由若干个基本逻辑门电路组成，且在任意时刻，输出状态仅取决于当前的输入状态，而与输出端过去的状态无关，那么我们就说这个逻辑电路为组合逻辑电路。

问题思考

- (1) 通过组合逻辑电路的定义，你能总结出组合逻辑电路的特点吗？
- (2) 在生活中，还有哪些地方使用了组合逻辑电路？



阅读材料

组合逻辑电路分析

分析组合逻辑电路的目的是，对于一个给定的逻辑电路，确定其逻辑功能。

1. 分析组合逻辑电路的基本步骤

- (1) 根据逻辑电路，写出各级的输出端和输入端信号的逻辑函数表达式。
- (2) 将各逻辑表达式化简，得到最简逻辑表达式。

逻辑表达式化简提示：

$$A + \bar{A} = 1, \quad A + 1 = 1, \quad \overline{\bar{A}} = A, \quad AB + A\bar{B} = A(B + \bar{B}),$$

$$A + BC = (A + B)(A + C), \quad (A + B)(A + C) = \overline{\bar{A} + \bar{B} + \bar{A} + \bar{C}}$$

- (3) 根据最简逻辑表达式列出真值表。
- (4) 根据真值表和最简逻辑表达式对逻辑电路进行分析，最终确定其功能。

2. 分析图 3-32 所示的组合逻辑电路

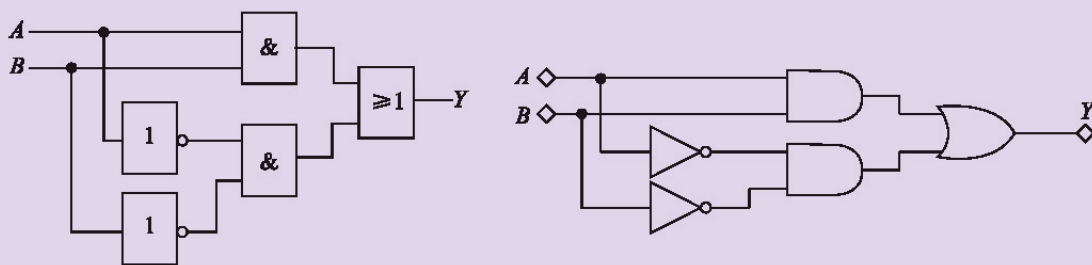


图3-32 组合逻辑电路图

- (1) 写出逻辑函数表达式： $Y = AB + \bar{A}\bar{B}$
该表达式不需要化简和变换，可以直接列出真值表。
- (2) 列出真值表（表 3-8）。

表3-8 真值表

A	B	Y
0	0	1
0	1	0

续表

A	B	Y
1	0	0
1	1	1

(3) 确定逻辑功能。

分析真值表后可知, 当 A 、 B 输入变量相同时, 输出 Y 为 1, 为有效信号, 所以此电路的逻辑功能为判断 A 、 B 是否相同。



技术实践

电路分析

图 3-33 所示的电路是组合逻辑电路吗? 如果是, 请分析其逻辑功能。

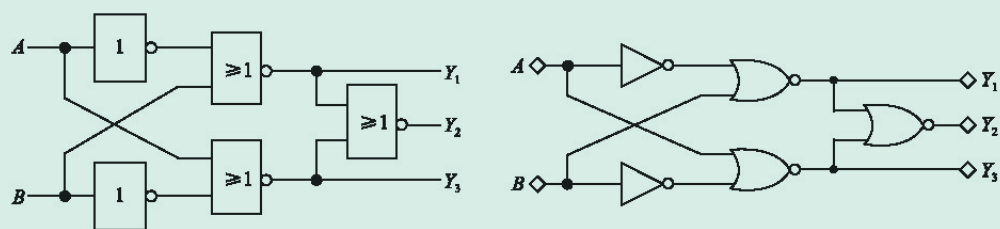


图3-33 逻辑电路图

(1) 写出逻辑表达式。

(2) 列出真值表 (表 3-9)。

表3-9 真值表

A	B	Y_1	Y_2	Y_3
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

(3) 分析逻辑功能。

(4) 请使用电路仿真软件 Multisim 10 对图 3-33 所示的逻辑电路图进行仿真实验, 验证任务 (3) 中分析得出的逻辑功能。



第二节 电子控制系统中的数字集成电路

一、什么是集成电路

在电子技术领域里，所有电子产品都用到了许多不同类型的电子元器件，如电阻、电容器、二极管及三极管等，这些电子电路中常用的元器件在实际使用时，总是需要以各种各样的方式组装成一定的电路才能工作。对于一个稍微复杂一些的电路，不论多么成熟，总需要经过一定的调试才能使用，而调试工作一般都比较复杂而且费时，降低了人们的工作效率；同时，随着电路复杂程度的提高，电子产品的体积会增大，重量会增加。

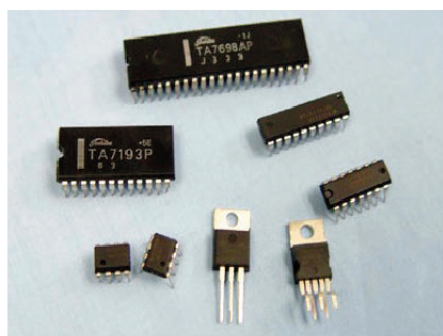


图3-34 集成电路

那么，如何解决这些问题呢？人们经过探索和实践，发明了集成电路（图3-34）。

从1962年世界上第一个集成电路诞生以来，集成电路的技术越来越先进，在实际中的应用也越来越广泛。集成技术的每一次发展，都为电子技术带来一次进步。例如，在计算机方面，从占地几百平方米的电子管式电子计算机（图3-35）发展到可以摆在办公桌上的笔记本电脑（图3-36），集成电路立下了汗马功劳。

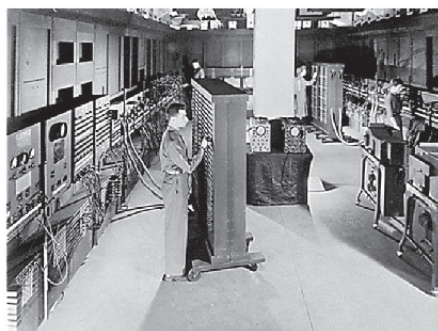


图3-35 电子管式电子计算机

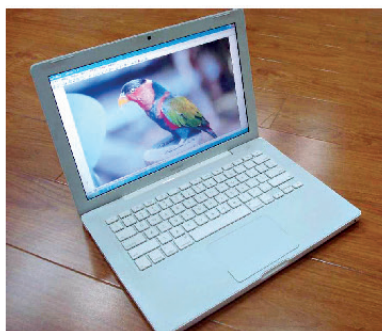


图3-36 笔记本电脑

在前面的学习中，我们已经接触过集成电路，如在与门电路实验中我们使用的集成电路 74LS08。集成电路就是把具有某种功能的电路通过半导体制作工艺，将整个电路中的元器件集成在一块硅基片上，构成特定功能的电子电路。

调查研究

收集集成电路的相关资料，了解集成电路的发展过程及发展现状，并说明集成电路具有哪些方面的优点。



开眼界

机器人

最早的机器人诞生于科幻小说之中，但是随着科技的发展，机器人已经进入我们的生活。机器人是高级整合控制论、机械、电子、计算机、材料科学和仿生学的产物。

在机器人的控制系统中，数字电子技术、数字集成电路起到了关键性的作用，因为机器人（图3-37）的控制是由微型计算机来完成的。



图3-37 机器人实物图



集成电路有很多种类，我们常将集成电路按照它的集成度、用途和制造工艺等来进行分类。

阅读材料

集成电路的分类

集成电路的集成度通常是指集成电路在一个芯片上集成了多少个元器件，集成的元器件越多，集成度就越高。根据集成度的高低，集成电路可分为小规模集成电路（内部有几十个元器件）、中规模集成电路（内部有几百个元器件）、大规模集成电路（内部有上千个元器件）和超大规模集成电路（内部有上万个元器件）等。截至2012年年底，在一个芯片中集成了超过10亿个晶体管的处理器已经得到商用。随着当今半导体制造工艺水平的迅速提高，目前，Intel Core i7处理器的芯片集成度已经达到了14亿个晶体管。

集成电路按用途可分为“模拟集成电路”和“数字集成电路”两种。模拟集成电路处理的是模拟信号，数字集成电路处理的是数字信号。在有些情况下，可将二者混合使用。

集成电路按制造工艺分为有膜集成电路、半导体集成电路和混合集成电路等。有膜集成电路按照膜的厚度又可以分为厚膜电路和薄膜电路；半导体集成电路是采用平面工艺制造的；混合集成电路采用的工艺可以是膜工艺，也可以是半导体平面工艺，这种集成电路性能较好，但是价格较高。



电子控制系统中常用的集成电路是半导体集成电路。它的内部集成有晶体三极管、晶体二极管、电阻及电容器等在普通电路中常用的基本元器件。根据内部所用的元器件不同，半导体集成电路又可分为双极型和单极型两种。

双极型半导体集成电路的内部电路使用的是双极型的晶体三极管，工作速度快，工作频率高，但是制作工艺相对复杂，功耗较大，价格较高；单极型半导体集成电路内部电路中的晶体管采用的是场效应管，由于结构上的特点，使得它容易实现大规模集成，耗电少，价格也便宜，不过其工作速度相对较慢。单极型集成电路的内部电路以使用MOS管组成的各种电路为主。根据在一块集成块内部所使用的MOS管的沟道类型，这种集成电路可以分为N沟道MOS集成电路和P沟道MOS集成电路两类，简称“NMOS”集成电路和“PMOS”集成电路。此外，还有在一块集成块内部同时使用NMOS和PMOS的混合MOS集成电路，简称“CMOS”集成电路。在这三者中，“CMOS”集成电路是最常用的。

二、常用数字集成电路的类型及其封装形式

1. TTL 与 CMOS 型数字集成电路

数字集成电路是将元器件集成于同一半导体芯片上而制成的用于处理数字信号的逻辑电路或系统。数字集成电路由若干门电路组成，能完成某个逻辑功能，如编码、译码、存储等。数字集成电路种类很多，常用的是TTL（图3-38）与CMOS（图3-39）两种类型。

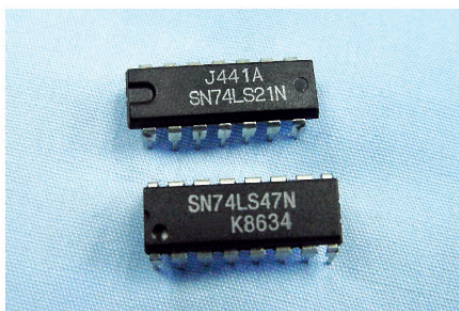


图3-38 TTL数字集成电路

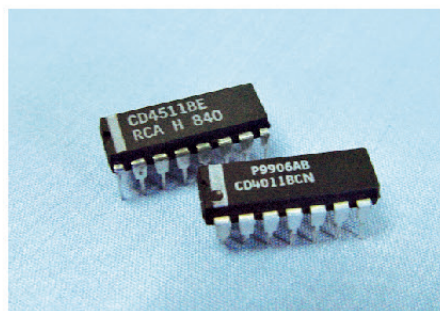


图3-39 CMOS数字集成电路

TTL与CMOS数字集成电路的形状相同，但结构和特性有很大的不同。在使用时，它们的逻辑电平和电路的输出能力不一样，因此两种类型的数字集成电路通常不在同一个电路中使用。如需要同时在一个电路中使用，则需要加电压（电平）转换电路。因此，理解和掌握它们的各自特性是非常重要的。

TTL数字集成电路的输入端和输出端电路的结构形式，主要是由NPN型晶体三极管构成的，所以又称为晶体管逻辑电路。它的优点是工作速度快、频率高、信号传输的延迟时间短，但功耗较大。

CMOS数字集成电路是由场效应管组成的集成电路。因为它具有功耗小、抗干扰能力强、开关速度快、制造工艺简单、容易实现大规模集成等优点，所以应用较为广泛，但它的工作速度比不上TTL数字集成电路。

调查研究

查找和收集 TTL 数字集成电路和 CMOS 数字集成电路的相关技术资料，了解其各自的主要特点和性能。



2. 数字集成电路的封装形式

数字集成电路的封装形式是指数字集成电路的外形，常见的有DIP（双列直插）型、扁平型和SIP（单列直插）型等（图3-40）。

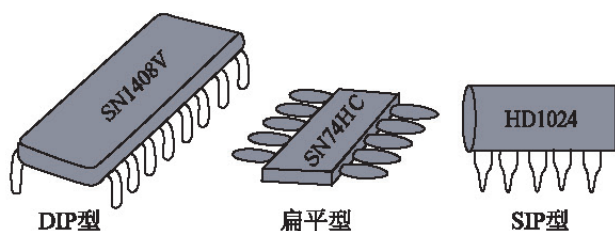


图3-40 数字集成电路的封装形式

问题思考

你能从外观上识别常见的数字集成电路吗？



3. 常用数字集成电路引脚排列序号及引脚

常用数字集成电路引脚排列序号及引脚如图3-41所示。

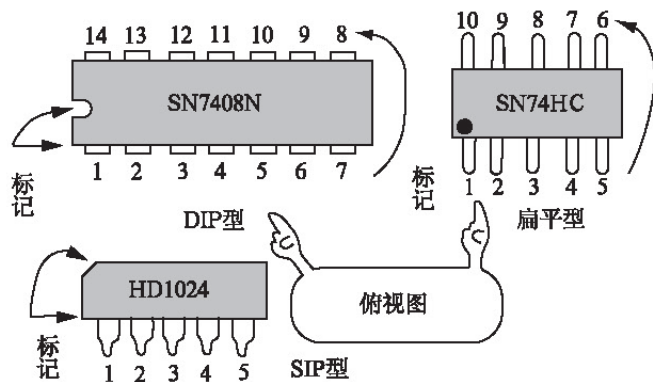


图3-41 常用数字集成电路引脚排列序号及引脚图

讨论交流

分组讨论交流正确判断数字集成电路引脚排序的方法和技巧。



阅读材料

数字集成电路的使用注意事项

(1) 使用时不要超过最大额定电压与电流。集成电路的反向耐压较低，因此，尤其要注意电源电压的极性。

(2) 把握好焊接时间。一个引脚的焊接时间应在10s以内，集成电路耐热的最大额定温度通常是260℃，时间是10s。电烙铁的温度是250℃~300℃。因此，若超过10s，会引起引脚发热，可能损坏集成电路。

(3) 集成电路的引脚不得折弯。集成电路的引脚比较脆弱，根部尤为如此。因此，不得将其折弯，否则易折断。



图3-42 数字集成电路的使用注意事项示意图

(4) 引脚序号不得弄错。集成电路的引脚较多，接线时一定要仔细地确认引脚的序号，不得弄错。

(5) 注意防止静电对CMOS输入端的破坏。由于CMOS的输入端具有一定容量的电容，因此，要注意防止电容积累电荷所产生的高压损坏CMOS的输入端。最新的CMOS产品内虽设有抗静电的保护电路，但这并不意味着可用手触摸CMOS的引脚。

另外，焊接CMOS时要使用陶瓷型烙铁。若使用金属型烙铁，会形成静电电流。保存CMOS时要用铝箔包好，插入导电海绵中。

(6) 不要带电作业。接线时不要忘记切断电源，这与使用一般电子元器件的操作要求相同。

数字集成电路中未用端口的处理

例如，在一片数字集成电路中封装有4个与门，如果只用了3个与门，剩下的1个与门应该如何处理？保持原样开路（即不接任何地方）状态可以吗？

一般来讲，未用门的端口开路时，实际中出现的问题也不多。然而，原则上未用输入端要接低电平或高电平，尤其是CMOS数字集成电路的输入端不允许“悬空”。输出端应处于开路状态，这也是TTL与CMOS共同的处理方式。

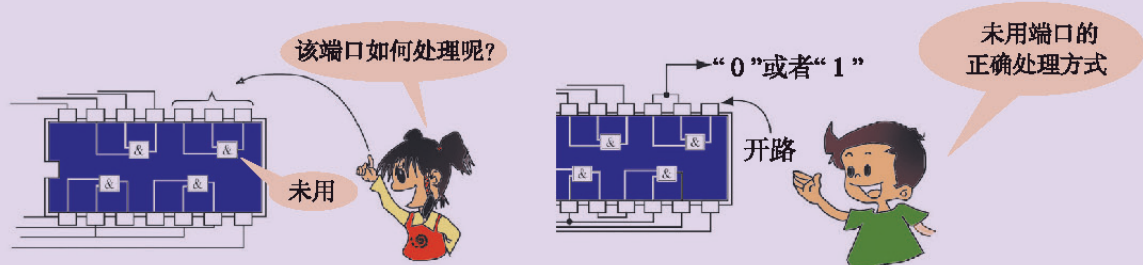


图3-43 数字集成电路中未用端口的处理示意图



讨论交流

在使用数字集成电路的过程中，除了上面讲到的注意事项外，还有哪些需要注意的事项？请你查阅相关资料，和同学们一起讨论交流。



三、数字集成电路的简单应用

门电路是数字系统中最基本的逻辑单元，它只能实现最基本的逻辑功能。在实际使用中，往往需要将门电路组合成复杂的逻辑电路——就电路的结构和工作原理而言，可分为两大类，即组合逻辑电路和时序逻辑电路——从而进行触发、计数、存储、编码、译码和显示等。在前面的章节中，我们已经介绍了简单的组合逻辑电路，下面我们着重介绍生活中经常用到的定时器。

555 定时器是一种将数字电路和模拟电路巧妙地结合在一起的集成电路，是一种多用途的单片集成电路。若在同一硅片上集成两个 555 单元电路，则称为 556 双时基电路，利用它能极方便地组成产生各种波形的脉冲振荡器、定时延时电路、双稳态电路、检测电路、电源变换电路及频率变换电路等。

555 定时器具有以下特点：

- (1) 定时精度高，工作速度快。
- (2) 使用电源电压范围宽，为 2 ~ 18V，能和数字电路直接连接。
- (3) 有一定的输出功率，可直接驱动小型继电器、指示灯及微电机。
- (4) 结构简单，使用灵活。
- (5) 工作可靠性高。

正因为 555 集成电路有这么多优点，它在电子电路的设计中得到了最广泛的应用，几乎任何一种基本单元电路都用得上它。例如，它被广泛应用于自动控制、测量、通信、家用电器及电子玩具等各种领域。

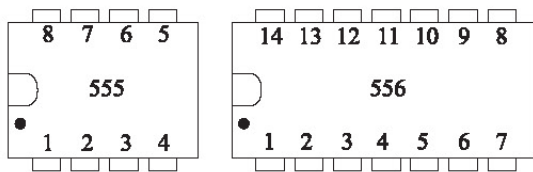


图3-44 555定时器的封装及引脚图

555定时器的封装及引脚如图3-44所示。

技术实践

“叮·咚”电子门铃电路

2 ~ 3 名同学组成一个学习小组，在教师的指导下，使用集成电路 555 定时器及其他常用电子元器件在面包板上搭建“叮·咚”电子门铃电路（图 3-45），或者使用电路仿真软件 Multisim 10 绘制电路原理图，进行电路仿真，并进行小组之间的交流。

- (1) 了解 555 定时器各引脚的名称（图 3-46）及功能（表 3-10）。

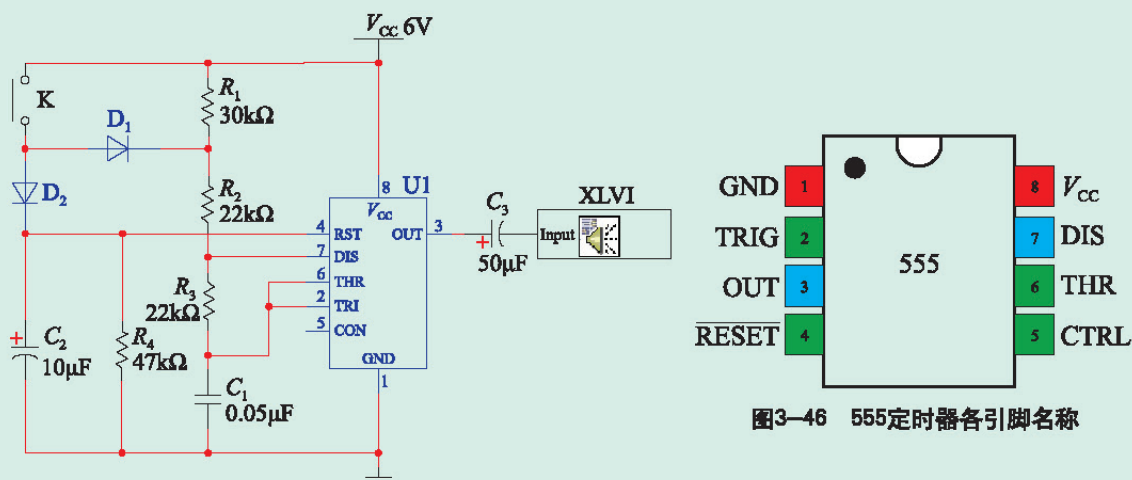


图3-45 “叮·咚”电子门铃电路

图3-46 555定时器各引脚名称

表3-10 555定时器各引脚功能表

引脚	名称	功能
1	GND (地)	接地，作为低电平 (0V)。
2	TRIG (触发)	当此引脚电压降至 $\frac{1}{3}V_{CC}$ 或由控制端决定的阈值电压时，输出端给出高电平。
3	OUT (输出)	输出高电平或低电平。
4	RESET (复位)	当此引脚接高电平时，定时器工作；当此引脚接地时，定时器复位并输出低电平。
5	CTRL (控制)	控制定时器的阈值电压。当此引脚接空时，默认两阈值电压为 $\frac{1}{3}V_{CC}$ 和 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 。
6	THR (阈值)	当此引脚电压升至 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 或由控制端决定的阈值电压时，输出端给出低电平。
7	DIS (放电)	用于给内部电容器放电。
8	V_{CC} (供电)	提供高电平并给定时器供电。

(2) 理解“叮·咚”电子门铃电路 (图3-45) 的工作原理并搭建电路。

工作原理：

1) 当按键开关 K 未闭合时，555 定时器的 4 引脚通过 R_4 接地，因此 4 引脚此时输入低电平，即处于复位状态，3 引脚 (输出端) 无信号输出，扬声器 XLV1 不发出声音。

2) 当按键开关 K 闭合后，电源 V_{CC} 通过二极管 D_2 给电容器 C_2 充电，很快使 4 引脚得到高电平，同时电源 V_{CC} 通过 R_1 、 R_2 、 R_3 给电容器 C_1 充电，使电路产

生震荡，3 引脚有信号输出，扬声器发出“叮”的声音。

3) 而后，断开按键开关 K，电容器 C_2 通过 R_4 放电，使 4 引脚维持一段时间的高电平，且此期间电源 V_{CC} 通过 R_1 、 R_2 、 R_3 给电容器 C_1 充电，使电路产生一个更低频率的输出信号从 3 引脚输出，扬声器发出“咚”的声音。

4) 当电容器 C_2 放电完全，4 引脚转入低电平，电路复位，停止震荡，3 引脚没有输出信号，扬声器不发出声音。

(3) 如果想改变电子门铃电路输出声音的音调和声音的长短，我们可以改变哪些条件或者哪些电子元器件（电阻、电容器等）的参数呢？请进行小组讨论。

(4) 如果使用电路仿真软件 Multisim 10 绘制电路原理图，进行电路仿真，请注意扬声器 XLV1 是 LabVIEW 测试仪中的 Speaker（图 3-47）。使用时，如果想听到计算机模拟的声音，在电路进行仿真之后，关闭仿真，双击扬声器面板，点击“play sound”按钮即可。

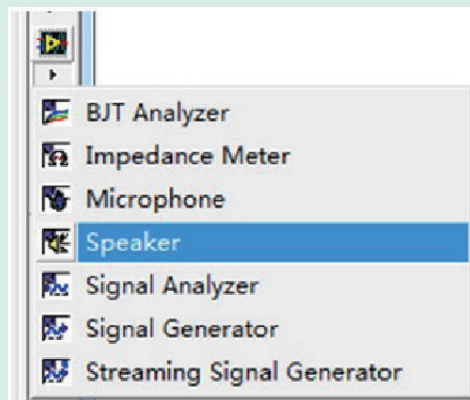


图3-47 扬声器XLV1的位置

创客坊

模拟电子琴电路的仿真实验

请同学们使用电路仿真软件 Multisim 10 绘制模拟电子琴电路（图 3-48）的原理图，并对其进行仿真。具体可参照“叮·咚”电子门铃电路的分析方法。

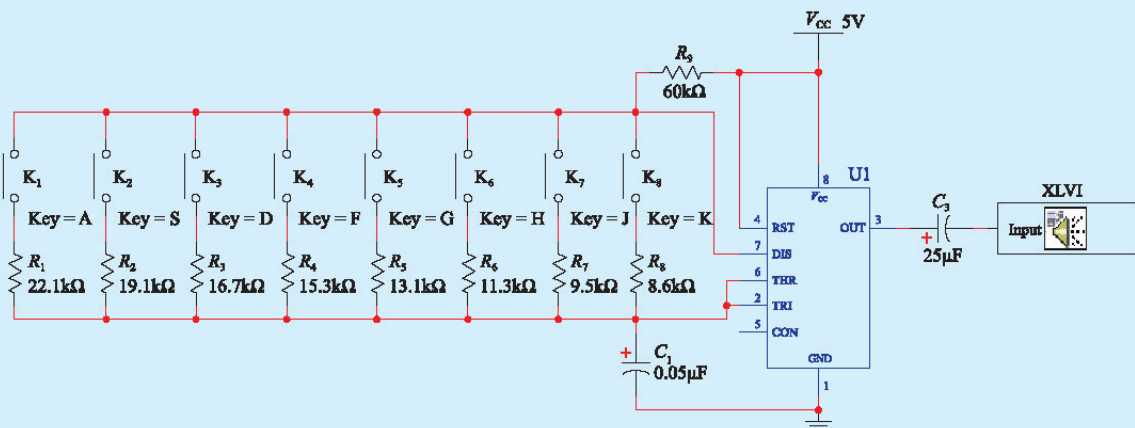


图3-48 模拟电子琴电路

技术探究

简易交通灯的制作

使用电路仿真软件 Multisim 10 绘制如图 3-49 所示的简易交通灯电路图，进行电路仿真，并观察仿真结果。然后对电子元器件进行检测，使用面包板插接电路或使用电路板焊接电路，完成简易交通灯的制作。

简易交通灯利用红色、黄色和绿色 3 种发光二极管模拟道路上的交通信号灯。发光二极管按照红色、黄色、绿色的顺序循环发光，发光时间为 7s ~ 2min，可以通过调节可调电阻进行设置。电路中的 555 集成电路产生稳定的时钟脉冲，输入到集成电路 4017 计数器中，该计数器有 10 个输出，用于连接到发光二极管，产生道路上交通信号灯的效果。

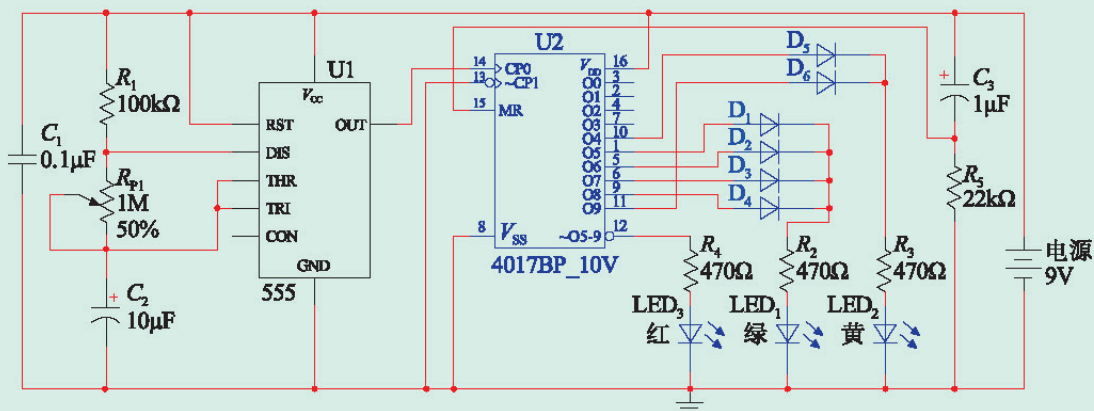


图3-49 简易交通灯电路图

小结与评价

一、小结

同学们通过回答下列问题，对本章的学习情况进行小结。

- (1) 数字信号与模拟信号各有哪些优点？
- (2) 数字电路中常用的基本门电路有哪几种？写出它们的逻辑表达式和真值表。
- (3) 组合逻辑电路的定义是什么？
- (4) 数字集成电路在电子控制系统中的作用是什么？

二、评价

运用数字电路的相关知识，设计、制作一个简易的灯光闪烁电路。

1. 活动要求

- (1) 收集数字电路中常用的集成电路资料，观察生活中哪些地方用到了灯光闪

烁器。

(2) 设计的灯光闪烁器, 至少应有一种集成电路。

(3) 每个小组应由两人以上共同设计两种以上方案, 并与其他组的同学交流或与指导教师一起分析, 讨论方案的可行性与特点。

(4) 选择可行方案, 使用电路仿真软件 Multisim 10 绘制电路原理图, 进行电路仿真。

(5) 购买元器件或由实验室提供元器件, 搭建、制作电路。

(6) 写出实习报告(包括实习目的、使用仪器、使用元器件、使用工具、设计思想、制作过程等), 并分析电路原理。

2. 评价提示

(1) 通过哪些途径收集到了相关资料?

(2) 使用数字集成电路设计灯光闪烁器是否遇到困难?

(3) 是否使用了电路仿真软件 Multisim 10 进行电路仿真? 效果如何?

(4) 在活动中表现如何?

(5) 通过此次设计、制作活动, 有哪些收获?

(6) 是否遵守了实验室或技术实习操作规程?

(7) 实习报告是否符合要求?

自我评价: _____

同学评价: _____

老师评价: _____

第四章 电子控制系统中的传感器与继电器

通过前面的学习，我们知道如何来实现电子控制系统中电信号的分析、比较、判断、放大、运算、传输、变换等。但是，你知道这些电信号是如何接收来的吗？你知道这些经过处理的电信号又最终通过什么元器件使电子设备正确运转的吗？

传感器是将非电量信息转换成与之有确定对应关系的电量信息的电子元器件，是感知、获取与检测信息的窗口；继电器是一种具有隔离功能的电子控制开关元器件，被广泛应用于遥控、通信、自动控制等电子设备中。下面我们就来学习电子控制系统中的“五官”——传感器和电子控制系统中的执行器件——继电器的相关知识。



第一节 认识传感器

一、奇妙的传感器

当你走路碰到障碍物（信息的接收=输入）时，你会停止或避开（停止或避开=输出）。由此可以说明，行动与“五官的感觉”有着密切的联系。

人的五官用于收集信息，然后将收集到的信息传给大脑，大脑对这些信息做出分析和判断后，再指挥身体去完成相应的动作。

那么，在电子控制系统中，又由谁来负责信息的收集呢？

电动自控感应门

电动自控感应门（图4-1），在没有人的时候是关闭的；当有人靠近时，会自动打开，并延时一段时间后自动关上，不需要人来控制。这是因为电动自控感应门安装了相当于人眼的传感器，可以判断是否有人要通过，进而发出开门和关门的指令。



图4-1 电动自控感应门

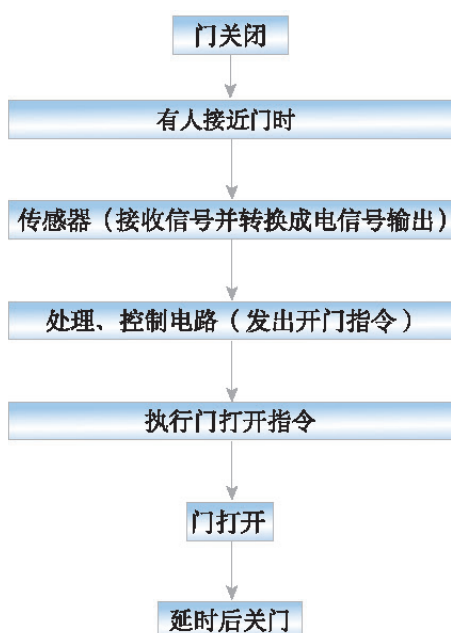


图4-2 电动自控感应门控制流程图

电动自控感应门之所以有自动控制的功能，是因为当有人接近感应门的时候，传感器就会感知到，并发出“有人”的电信号。这说明传感器有和人的眼睛一样的功能，能“看”到物体的存在，并发出电信号。该电信号被控制器接收，经变换放大后再传给电动机，电动机根据传来的信号开始转动，把门打开。当人通过后，传感器又传送一个电信号给控制器，使电动机转动，把门关上（图4-2、图4-3）。



图4-3 电动自控感应门电路结构框图

传感器是一种能把外界各种非电信号转化成电信号的电子元器件，是感知、获取与检测信息的窗口，是电子控制系统中的重要组成部分。众多科学实验和生产实践中都需要使用传感器，特别是自动检测和自动控制系统要获取的信息，都要通过传感器转换为容易传输与处理的电信号。

传感器一般由敏感元件和输出部分组成，通过敏感元件获取外界信息并转换为电信号，通过输出部分输出。敏感元件的种类不同，其内部结构也不一样。它们通常是被密封起来的，从外形上不容易观察到其内部结构。

问题思考

在生活中，你还发现哪些电子产品中用到了传感器？这些产品有什么功能和特点？应用在哪些场合？



二、传感器的作用

开眼界

智能手环

智能手环（图4-4）可以记录我们的运动量、运动轨迹，甚至可以检测我们的睡眠状况、健康状况。你知道这些功能是如何实现的吗？答案是主要通过传感器实现的。

那么，智能手环中一般使用哪些传感器？这些传感器又起到哪些作用呢？

1. 加速度计

加速度计是运动检测设备上的基本传感器，它的主要作用是用来记录行走步数。

2. GPS 全球定位系统

GPS也是一种传感器，只有一些专业运动检测设备上才配备了GPS芯片，它的主要作用是记录运动轨迹（地理位置、运动路线等）。



图4-4 智能手环



传感器作为人体感官的工程模拟物，可以将其与人体感官相比拟（图4-5）。

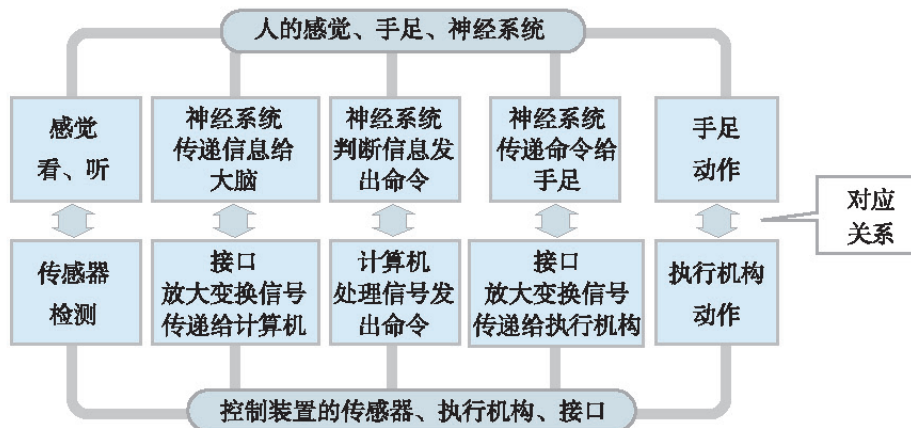


图4-5 传感器与人体感官对应图

传感器获得外界的输入信息，并将非电量信息转换成与之有确定关系的电信号传输给控制电路进行处理。传感器是控制电路的信号源，不同的传感器可以收集不同的变化信息，并能将这些信息转换为电流、电压等电信号，以便于传输、处理、存储和输出。传感器在电子控制系统中是必不可少的重要组成部分。

三、常见的传感器及其应用

调查研究

传感器在自动控制系统中的应用

图4-6表示的是一个自动检测产品质量与数量的装置。该装置的传送带移动时，瓶子跟着移动。当瓶子移动挡住光源发出的光线时，传感器无光照射。此时，传感器会产生一个电信号传送给控制机构，记录下瓶子的个数；同样，瓶子中一定高度的液体挡住了光源时，传感器不受光，也会发出一个电信号给控制机构，用于检测液面高度是否满足要求。这样，该控制系统就可以自动地检测瓶子个数及瓶子中的液量。图4-6中的传感器①检测个数，传感器②检测液量。传感器代替了人的眼睛，实现了需要利用人的感官才能实现的功能。

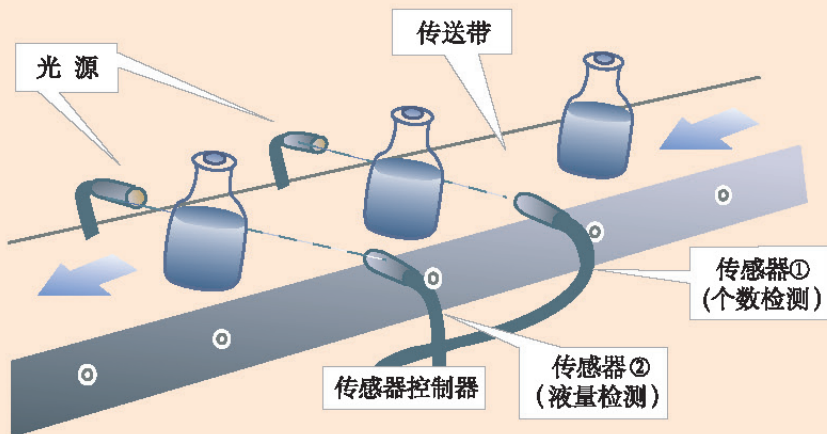


图4-6 自动检测瓶子个数及瓶子中液量的装置示意图

- (1) 分组讨论上述控制系统的电路结构，并画出电路结构框图。
- (2) 查阅有关传感器的资料，找出上述控制系统中使用的传感器类型，总结此类传感器的特点。



在电子控制系统中，常见的非电信号主要有光照、温度、声音、力、速度、流量及磁场等，作为这些信号转换的元器件主要有光敏传感器、热敏传感器、声敏传感器和磁敏传感器……

每种传感器因材料的不同和检测对象的不同，又可分为不同的种类。比如，热敏电阻、热电偶都属于热敏传感器，光敏电阻、光电二极管、光电三极管都属于光敏传感器……

1. 光敏传感器

光控楼道灯

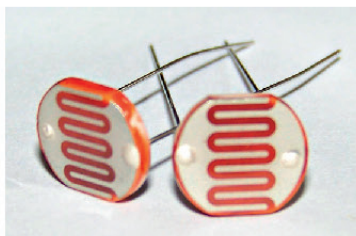
光控楼道灯（图4-7）在白天有光照射时，灯不亮，电路不工作；晚上无光照射时，电路自动接通，灯被点亮，实现了灯电路的自动控制。其中，光照射强弱信号的采集与转换就是利用光敏传感器来完成的。在这里，人用眼睛判断光线的强弱并确定是否开（关）灯的工作，由光敏传感器代替完成了。



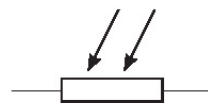
图4-7 光控楼道灯

光敏传感器是以光电元器件作为转换元器件的传感器，由光电导材料硫化镉（CdS）和引出电极两部分组成。其顶部有一个光感应窗，当光线照射时，其电阻阻值随光照变化而变化。它具有体积小、质量轻、性能稳定和价格低等优点，可用于检测直接引起光量变化的非电量，如光强度、光照度、辐射测温、气体成分分析等；也可用来检测能转换成光量变化的其他非电量，如零件直径、表面粗糙度、应变、位移、振动、速度、加速度，以及物体的形状、工作状态的识别等。光敏传感器具有非接触、响应快、性能可靠等特点，因此在工业自动化装置和机器人中获得广泛应用。我们在生活中常见的城市路灯自动控制、楼道灯自动控制等都用到光敏传感器。

光敏电阻（图4-8）是一种常见的电阻性光敏传感器，它的主要作用是检测光的强度，将光线的强弱变化转化为电阻值的大小变化，从而实现对应转换。



实物图



电路符号

图4-8 光敏电阻

问题思考

光敏传感器是否只有在有可见光的照射时才会将光信号转换为电信号？



技术实践

光敏电阻的测量

光敏电阻在电子产品中较为常用，它具有在不同的光照条件下阻值不同的特性，如表4-1所示。

表4-1 光敏电阻的特性

条件	特性
无光照射	电阻值很大（往往超过 $1M\Omega$ ）
有光照射	电阻值适中（ $2k\Omega \sim 200k\Omega$ ）

请同学们使用数字万用表测量光敏电阻，且在表4-2中记录下其在不同光照条件下的阻值。测量方法与测量色环电阻的方法基本相同，只需注意光敏电阻是否被光源照射。

表4-2 光敏电阻测量数据表

条件	光敏电阻的阻值/ Ω
无光照射	
有光照射	



讨论交流

与其他同学讨论交流光敏电阻的检测方法及结果，并总结光敏电阻的特性。



阅读材料

光电二极管与光电三极管

光电二极管是一种能将接收到的光信号转换成电信号输出的半导体二极管，又称光敏二极管，其基本特性是在光的照射下能产生电流。光电二极管常在反向偏压下工作，其实物图及电路符号如图4-9所示。

光电三极管的工作原理可等效为光电二极管与普通三极管的组合。图4-10所示为光电三极管的实物图、电路符号及等效电路。在图4-10中，三极管的基极—集电极相当于一个光电二极管，在光照下产生的光电流 I_L 输入到三极管的基极进行放大，因此三极管集电极输出的光电流可达 βI_L 。因为光电三极管基极输入的是光信号，因此通常只有两个引脚，即发射极E和集电极C。但有些光电三极管的基极有引出，用于温度补偿和附加控制等作用。有的光电三极管在外形上与光电二极管较为相似，在使用时应注意加以区分。

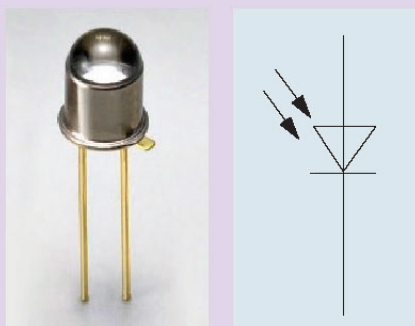


图4-9 光电二极管实物图及电路符号

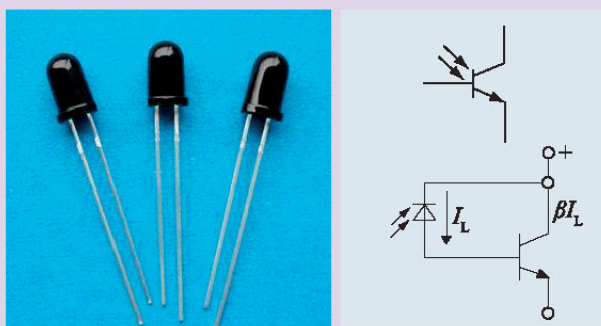


图4-10 光电三极管的实物图、电路符号及等效电路



创客坊

应用光电三极管制作报警器电路

查阅光电三极管相关的电子技术资料，使用光电三极管作为报警器电路的传感器，使电路导通实现报警。

请使用电路仿真软件Multisim 10绘制电路原理图，并进行电路仿真，观察仿真结果，总结电路工作原理并完成实验报告（可参考图4-11）。

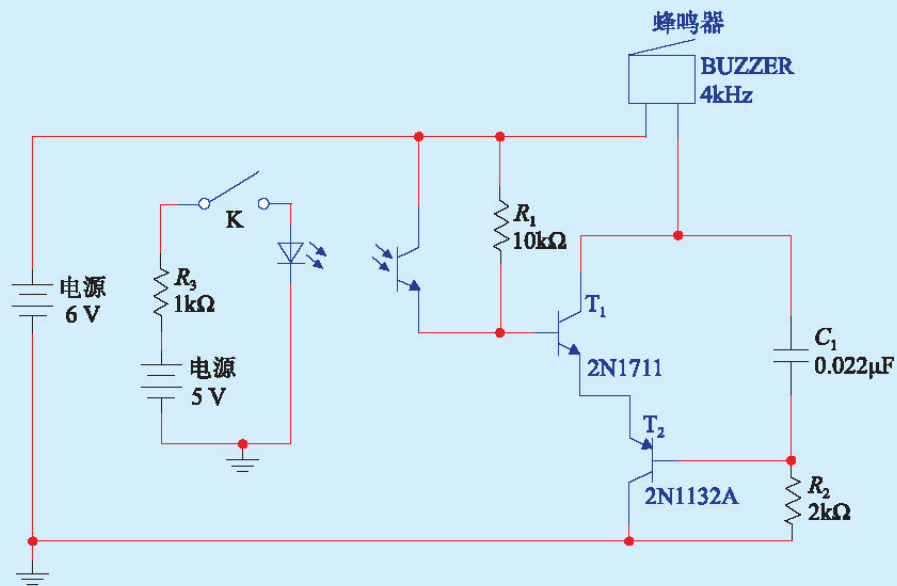


图4-11 应用光电三极管的光电报警器电路



2. 热敏传感器

智能电饭煲

智能电饭煲（图4-12）是大家非常熟悉的一种家用电器。它要实现煮饭、保温等功能，主要依靠装在电饭煲内部锅底上的一种热敏传感器（热敏电阻）起作用。

智能电饭煲的工作过程可以分为加热状态、沸腾状态和保温状态。加热状态时，首先保持水温在35℃，使电饭煲中的米充分吸水；然后进入中间状态，测定经过设定的两个温度间所需的时间，自动计算米的容量，自动供应适当的电量提高和保持温度……这里能实现自动加热和保温等功能的核心元器件是热敏电阻。热敏电阻是将温度转换成电压或电流等电信号的元器件。



图4-12 智能电饭煲

热敏传感器（也叫温度传感器）用于检测和接收物体发出的热，以及由热产生的辐射等。其中，将温度变化转换为电阻值变化的称为热电阻传感器；将温度变化转换为热电势

变化的称为热电偶传感器。热敏传感器中最常见的是热敏电阻，下面我们就以热敏电阻为例来认识和了解热敏传感器。

热敏电阻（图4-13）具有温度上升、电阻变小的负温度特性或温度上升、电阻变大的正温度特性。它的这种特性，除了用于智能电饭煲外，还常被用于空调、电冰箱、保温热水器、微波炉等家用电子产品中。

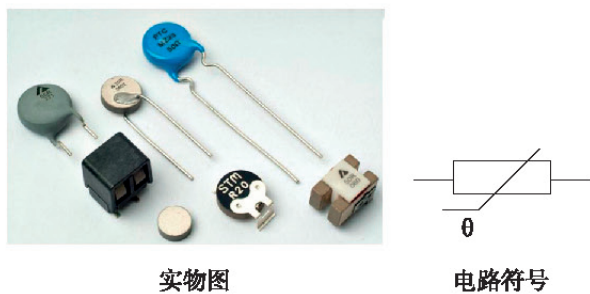


图4-13 热敏电阻的实物图及电路符号

技术探究

热敏电阻的检测

热敏电阻在使用过程中有时会损坏。为了保证其是完好的，可以使用数字万用表进行测量（图4-14）。

（1）测量原理：热敏电阻的电阻值随环境温度的变化而发生变化。

（2）测量方法及步骤：

1）准备材料：热敏电阻、串联电阻、干电池、数字万用表、温度计、烧杯、冷水、热水、铁架台、导线等。

2）查找待测热敏电阻的相关资料，得到其标称阻值（一般指环境温度为25℃时热敏电阻的实际电阻值）。

3）在室温条件下（室温接近25℃），使用数字万用表的欧姆挡测量热敏电阻的实际电阻值，并与标称阻值对比，如果两值相差在 $\pm 2\Omega$ 内，即此热敏电阻正常；如果两值相差过大，则说明其性能不良或已损坏。

4）按图4-14所示连接电路，并安装好实验装置。

5）用温度计测量冷水和两次加热水时的温度值，亦即热敏电阻的温度值。

6）用数字万用表测量热敏电阻在上述3种不同温度下的电阻值（测量时应断开开关）和相应的电压值（测量时，热敏电阻两端的裸露引线应尽量离开水面）。

（3）填写表4-3并在图4-15中画出特性曲线。

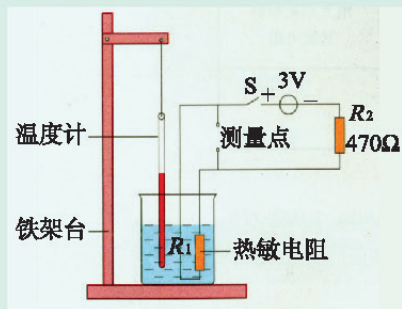


图4-14 热敏电阻检测示意图

表4-3 热敏电阻测量数据表

测量项目	冷水	第一次加热水	第二次加热水
热敏电阻的温度/℃			
电阻值/Ω			
电压值/V			

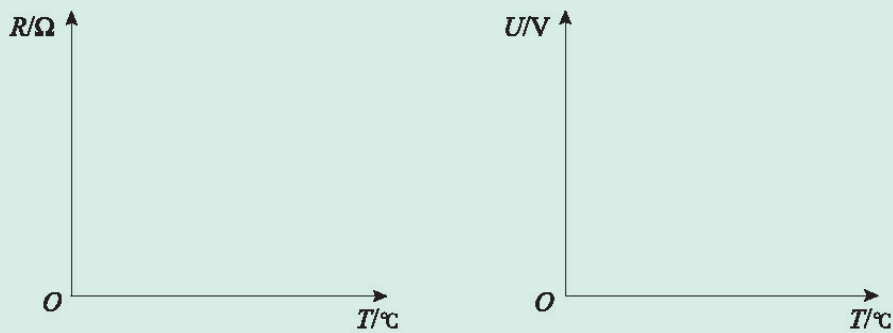


图4-15 特性曲线

讨论交流

你是否学会了热敏电阻的测量方法？在测量时，你遇到了什么困难？请和其他同学对这些问题进行讨论交流，并探讨是否还有其他测量热敏电阻的方法。

3. 声敏传感器

声敏传感器

打电话时，对方的声音能通过电话传递给自己，这是由声敏传感器实现声音转换的。声敏传感器把声音信号转换成与之对应的电信号，经电路接收与处理，传给对方接收，然后再还原成声音。



图4-16 应用了声敏传感器的手机

声敏传感器用于检测和接收在气体、液体和固体中传播的机械振动，并将其转换成电信号，是将声音信号的变化转换成与之相对应的电信号的变化了的传感器。驻极体麦克风就是一种常见的声敏传感器，它在扩音装置和通信技术中起着重要的作用。

技术实践

简易声控灯电路

1. 认识驻极体麦克风（声敏传感器）

驻极体麦克风（图4-17）的背面有两个电极（漏极D和源极S）。当我们将驻极体麦克风接入电路时，漏极D需要接正极（+），源极S需要接地。所以在使用驻极体麦克风之前，我们必须判别出其引脚的极性并检测其灵敏度，方法如下：



图4-17 直插式驻极体麦克风

(1) 首先检查引脚有无损坏情况,如有损坏,请进行更换。

(2) 将数字万用表调到电阻($2\text{k}\Omega$)挡,然后使用黑表笔接其中任意一个引脚,红表笔接另一个引脚,记录下电阻值 R_1 ;再对调两表笔,同样测量并记录下电阻值 R_2 。

(3) 比较两次测得的电阻值的大小,阻值较小的那次测量,黑表笔所接引脚是源极S,红表笔所接引脚是漏极D。

(4) 将数字万用表黑表笔接源极S,红表笔接漏极D,而后对着麦克风正面吹气,数字万用表屏幕上的数字变化越大,证明麦克风性能越好。

2. 搭建简易声控灯电路

使用驻极体麦克风及其他电子元器件在面包板上搭建简易声控灯电路(图4-18),或者使用电路仿真软件 Multisim 10 绘制电路原理图,进行电路仿真。

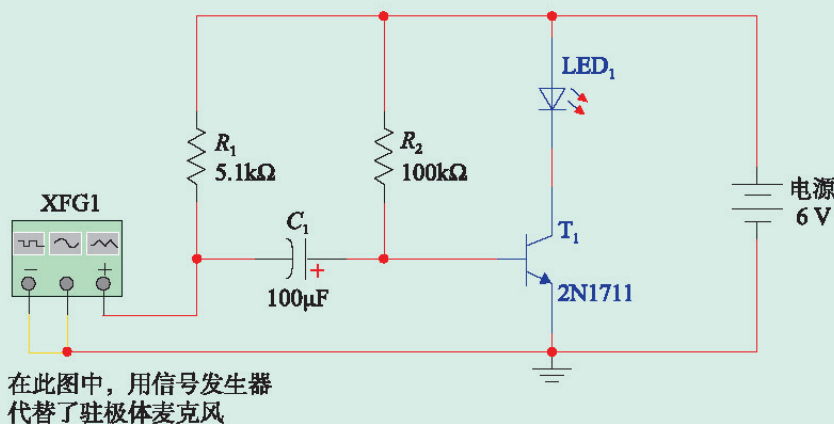


图4-18 简易声控灯电路

(1) 使用前面所讲的测量方法,识别驻极体麦克风引脚的极性(漏极D和源极S)。

$R_1 =$ _____ ; $R_2 =$ _____。

结论: _____

(2) 观察并总结简易声控灯电路所实现的结果。

调查研究

查阅有关电子技术资料,列举出其他类型的传感器,了解其特点及作用等。

信息时代的今天,传感器已成为获取自然领域中信息的主要途径与手段。如果把计算机比喻为处理和识别信息的“大脑”,把通信系统比喻为传递信息的“神经系统”,那么传

传感器就是感知和获取信息的“感觉器官”。近年来，关于传感器技术新原理、新材料的研究更加深入、广泛，新品种、新结构、新应用的传感器不断涌现，随着无线网络化技术的广泛应用，传感器的应用范围也得到较大程度的扩大。传感器在电子控制技术中的应用将会越来越频繁。

阅读材料

传感器的发展趋势

在科幻电影中，你一定看到过无人驾驶汽车的身影。它们不仅可以实现自动驾驶，还具有更多精彩的功能。例如，无人驾驶汽车可以和你对话聊天，可以接受语音指令，可以发射武器，可以进行医疗扫描等。随着电子技术数字化、智能化的飞速发展，无人驾驶汽车已经走下屏幕，不再是幻想。

驾驶普通汽车时，驾驶员可以感知周围的环境，并依据不同的情况做出判断，迅速反应。而在无人驾驶汽车（图4-19）中，汽车需要依靠各种各样的传感器来实现复杂环境的感知。目前，用于周围环境感测的传感器主要有视觉图像传感器、激光雷达、GPS、超声波探测器、陀螺仪、加速计和高度计等，可以说无人驾驶汽车全身装满了传感器，这充分说明了传感器的重要性，也推动着传感器技术的不断向前发展。



图4-19 无人驾驶汽车

目前，我国已经研发出无人驾驶汽车，但是，以安全上路的标准来衡量，还有一段距离。从传感器技术发展的角度来说，传感器如何更好地与微处理器相结合，使其具有缜密的逻辑思考、正确迅速的结论判断功能；多个多种功能的传感器如何更好地实现一体化，实现数据融合；传感器本身如何实现体积更小、质量更轻、灵敏度更高；传感器如何与“物联网+”技术结合，实现无线传输、远距离传输等，都是需要提升的地方。因此，智能化、集成化、多功能化、微型化、无线网络化即成为传感器未来的发展方向和发展趋势。



第二节 电子控制系统中的执行器件——继电器

在电子控制系统中，传感器相当于人的感官，控制（处理）部分相当于大脑，而执行部分相当于手和脚。执行部分是接收并执行控制（处理）部分发出的命令，完成控制的部件。

继电器就是一种常用的控制设备。通俗地讲，它就是电子控制的开关，在条件满足的情况下关闭或者开启。继电器的开关特性在很多控制系统中得到广泛的应用。从另一个角度来说，由于为某一个用途设计、使用的电子电路，最终或多或少都需要和某些机械设备相连，所以继电器也起到电子设备和机械设备的接口作用。

一、继电器的作用和种类

声光报警控制

在图4-20所示的电路中，控制电路是将直流低压电源、按钮开关和继电器线圈串联，工作电路是将继电器触点与负载（电铃和显示灯）串联后接入高压电路中。人们可根据意图（通过按钮开关）使继电器线圈通电。利用电磁感应原理，线圈产生电磁力，使工作电路中的开关触点闭合（常开触点接通），从而使显示灯报警回路接通（其中的显示灯与电铃即为被控对象），显示灯亮，电铃振铃。

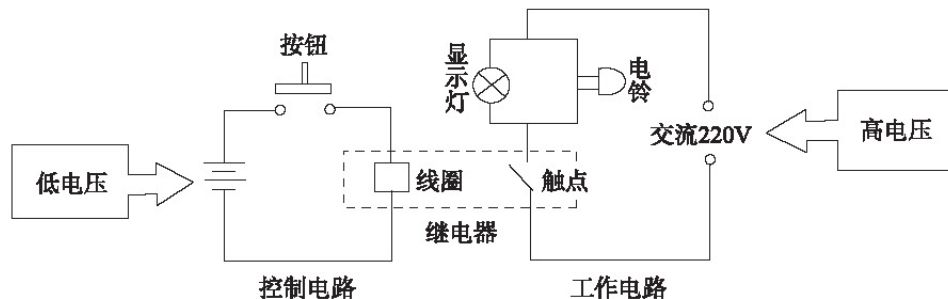


图4-20 继电器控制电路

由上面的案例可见，继电器是一种控制指令的执行部件。它在电子控制系统中一般是作为开关元器件实现普通开关的功能，能接收并执行控制（处理）电路发出的命令，用弱电（低电压、小电流）信号控制强电（高电压、大电流）工作设备的运行。这就是继电器“以低控高”“以小控大”的作用（图4-21）。

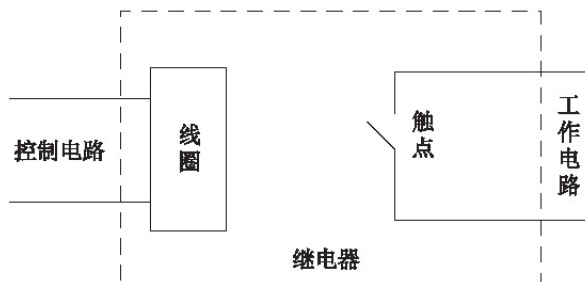


图4-21 继电器的开关作用原理

继电器的种类很多，可以受电流激励，也可以受热、声、光等激励。在继电器受激励后，触点打开或者闭合，将开关分别接在需要控制的电路中。它的功能比普通开关多，性能也比普通开关好。

继电器有两个主要部分，一个是控制系统，另一个是被控制系统。控制继电器之所以能起控制作用，是因为当它的控制系统中输入的某种信号，如电、磁、热、光等物理量达到一定值时，能使被控制系统中的被控制量由零突变到一定值，或者由一定值突变到零，从而达到控制、保护、传递和转换信息等作用。

在控制系统中，常见的继电器可分为电磁继电器和无触点继电器两大类。

二、电磁继电器和无触点继电器

1. 电磁继电器

很早以前，人们就根据电磁感应现象做成了电磁继电器，用来满足通信的需要。经过不断变革与创新，电磁继电器得到迅速发展，成为当代继电器中数量最多、应用最广泛的一种。

电磁继电器就是通过控制电流通过线圈所产生的电磁力驱动磁路中的可动部分而实现触点开、闭或转换功能的继电器。常见的电磁继电器有直流电磁继电器（图4-22）、交流电磁继电器（图4-23）等。

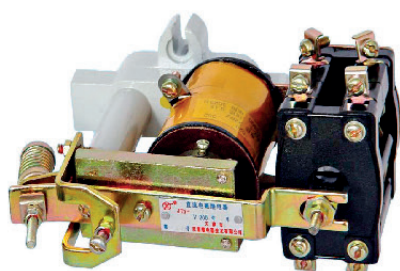


图4-22 直流电磁继电器

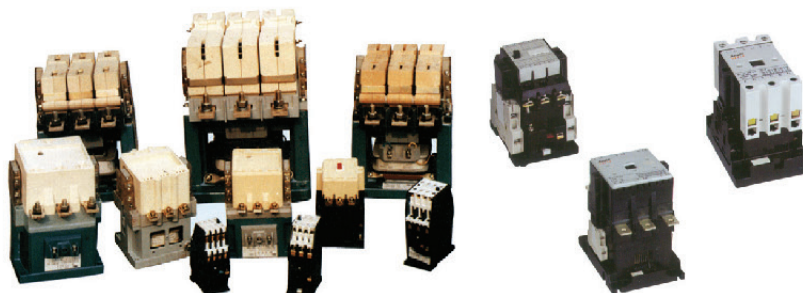


图4-23 交流电磁继电器

电磁继电器的结构和工作原理

电磁继电器由一个线圈、铁芯、一组或几组带触点的簧片组成。触点有动触点和静触点之分，在工作过程中能够动作的称为动触点，不能动作的称为静触点。电磁继电器工作原理如图4-24所示。电路中的小灯泡L、电源 E_2 和开关的静触点、动触点组成工作电路。在常态时，工作电路是断开的。

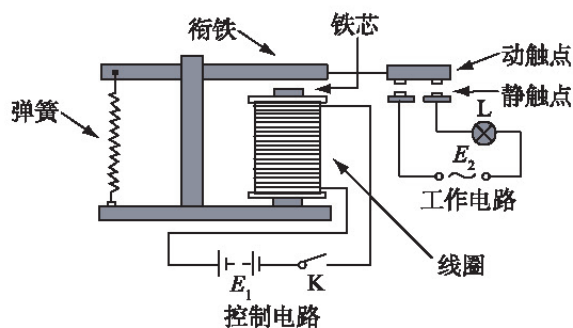


图4-24 电磁继电器工作原理示意图

在线圈两端接入电源 E_1 和开关K，便组成了控制电路。在常态时，控制电路也是断开的。

闭合开关K，线圈有电流流过，从而产生电磁效应；衔铁就会在电磁力吸引的作用下克服弹簧的拉力吸向铁芯，从而带动衔铁的两个动触点同时与两个静触点接触，使工作电路被接通，小灯泡L发光。

断开开关K，电磁铁失去磁性，对衔铁无吸力；衔铁在弹簧的拉力作用下回到原来的位置，动触点与静触点分开，工作电路被切断，小灯泡L不发光。

从上面的案例不难看出，电磁继电器的工作电路和控制电路之间是互相独立的。实际上，工作电路的电压可以很高，而控制电路的电压可以较低，这样能够保证操作者在安全的环境下工作。

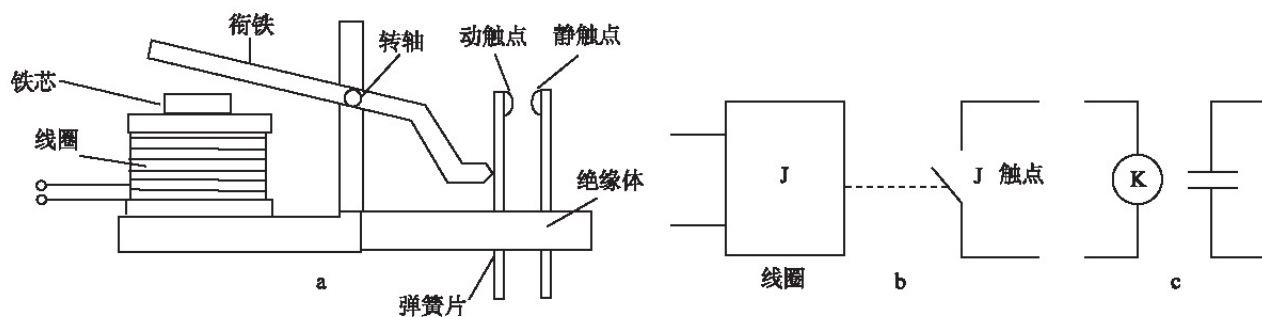


图4-25 电磁继电器的结构图和符号图

电磁继电器的典型结构图如图4-25a所示，电路符号如图4-25b和c所示。它主要由铁芯、线圈、衔铁、动静触点、返回弹簧片等组成。其工作原理并不复杂，只要在线圈两端加上一定的电压，线圈中就会流过一定的电流，从而产生电磁效应，铁芯就会具有磁性，衔铁就会在电磁力吸引的作用下克服返回弹簧片的作用力而吸向铁芯，从而使动触点与静触点（常开触点）吸合，电路接通。当线圈断电后，电磁力也随之消失，衔铁就会在弹簧片的作用力下返回原来的位置，从而达到切断电路的目的。

在使用中，如果以一定方式将电磁继电器的线圈接入某种输入回路作为接收信号之用，而将其接点接入某种输出回路作为输出信号之用，就可对被控对象实现各种不同的控制作用。电磁继电器常用触点和线图符号如图4-26所示。

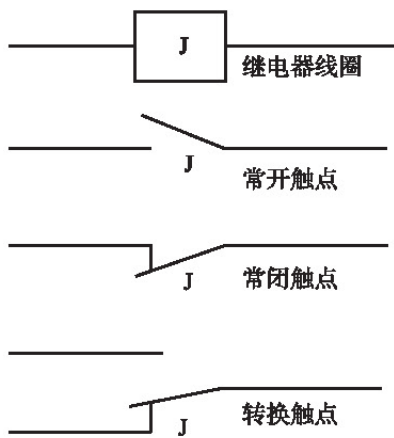


图4-26 电磁继电器常用触点和线图符号

电磁继电器触点的接触方式主要有三种，即点接触、线接触与面接触（图4-27）。显然，面接触的实际接触面要比线接触的大，线接触的实际接触面要比点接触的大。在中小功率的电磁继电器中，因触点容量较小，故点接触的形式用得最多。

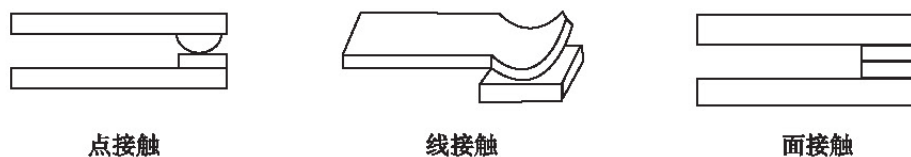


图4-27 电磁继电器触点的接触方式

问题思考

使用电磁继电器进行电路控制还有哪些优点？



技术探究

直流电磁继电器控制开关电路

根据学习的电磁继电器的相关知识，使用电路仿真软件 Multisim 10 绘制直流电磁继电器控制开关电路（图4-28），进行电路仿真，观察仿真结果，并和其他同学进行讨论，完成实验总结。

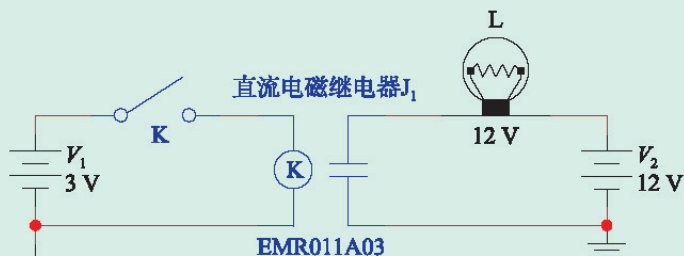


图4-28 直流电磁继电器控制开关电路

实验结果与总结：_____



技术实践

利用直流电磁继电器实现电机正反转控制

根据学习的电磁继电器的相关知识，使用电路仿真软件 Multisim 10 绘制直流电磁继电器控制电机正反转电路（图4-29），进行电路仿真，观察仿真结果，并和其他同学进行讨论，完成实验总结。

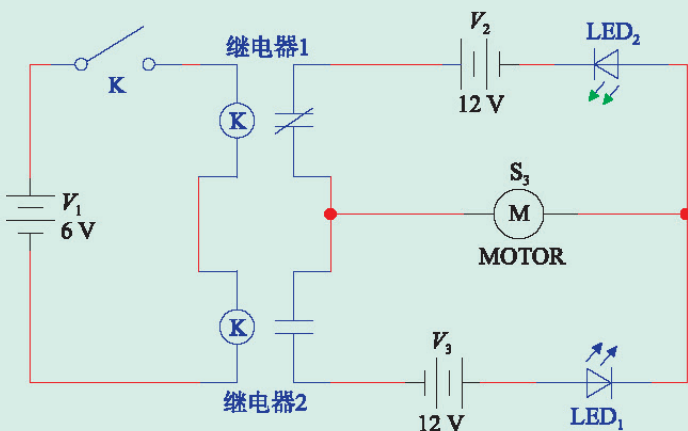


图4-29 直流电磁继电器控制电机正反转电路

电路图原理：

(1) 电路中的继电器1与继电器2类型不同，继电器1的初始状态为触点开关闭合，通电后，其触点开关断开；而继电器2的初始状态为触点开关断开，通电后，其触点开关闭合。

(2) 当开关K断开时，继电器1的触点开关闭合，继电器2的触点开关断开，此时直流电源V₂给直流电机S₃供电，LED₂被点亮。

(3) 当开关K闭合时，继电器1的触点开关断开，继电器2的触点开关闭合，此时直流电源V₃给直流电机S₃供电，LED₁被点亮。直流电机S₃由于供电电压极性改变，从而反向旋转。

实验结果与总结：_____



创客坊

防汛报警器

请你利用直流电磁继电器设计一款简易的防汛报警器。要求当河水水位上涨超过警戒线时，报警电路接通，鸣笛报警。



2. 无触点继电器

无触点继电器就是指固态继电器（图4-30），简写成“SSR”。它是一种能够像电磁继电器那样执行开、闭线路功能的全固态器件，其输入和输出的绝缘程度与电磁继电器相当。它利用电子元器件（如开关三极管、双向可控硅等半导体元器件）的开关特性，可达到无触点、无火花地接通和断开电路的目的。固态继电器与传统的电磁继电器相比，是一种没有机械、不含运动零部件的继电器。它问世于20世纪70年代，由于具有无触点的工作特性，因此在许多领域的电控及计算机控制方面得到广泛应用。



图4-30 固态继电器

调查研究

查阅继电器的相关技术资料，列举出继电器还有哪些类型，了解其特点及应用。



三、继电器的选择与使用

1. 继电器的选择

选择继电器，应根据控制过程中所提出的要求，并结合元器件本身的结构类型与技术性能来考虑。在使用继电器时，要对继电器的种类与型号进行选择。

(1) 按输入信号的性质选。例如，反映热量或温度信号时，应选用热继电器；反映时间信号时，应选用时间继电器；反映电压、电流或功率信号时，应选用电压、电流或功率继电器；反映直流或交流信号时，应选用直流或交流继电器等。

(2) 按使用场合选。例如，在海洋、高原、热带环境中应选用相应的继电器；在尘埃多、有害气体多的场合，应选用密封或封闭式继电器；在有爆炸性气体的场合，应选用防爆型继电器等。

(3) 按继电器的动作速度选。例如，操作频率较低时，可以选用动作速度较低的一般电磁式继电器；要求动作速度较高时，可选用舌簧继电器一类的中、高速继电器；要求速度更高时，就需选用半导体继电器。不同的继电器具有不同的寿命，如小型密封式

继电器和保护用继电器的寿命通常为1万~2万次，电话继电器可达百万次，舌簧继电器可达千万次，半导体继电器的寿命则更长。选用时，必须按使用要求来确定相应继电器的种类。

(4) 按不同工作制选。工作制不同，对继电器的过载能力的要求也不同；不同的继电器对不同工作制的适应能力也不一样。例如，双金属片热继电器用作重复短期工作的电动机的过载保护时，由于电机频繁地启停而可能出现误动作的情况，此时就需选用温度继电器。

(5) 按安装方式与尺寸选。安装方式有插入式、焊接式、长引出线式与螺栓或螺钉式等几种，外形尺寸有一般、小型、超小型等几种，可根据使用要求分别选择。

(6) 按继电器的主要参数选择。继电器的主要参数包括额定工作电压或额定工作电流、直流电阻、吸合电流、触点负荷等。所选继电器的额定工作电压或额定工作电流需要与工作电路的电压或电流相匹配。实际使用中，要使继电器可靠吸合，给定电压可以等于或略高于额定工作电压，但一般不要大于额定工作电压的1.1倍，否则会烧毁线圈；不可选用触点负荷小的继电器去控制大电流或高电压等。

2. 选择与使用继电器的注意事项

在选择与使用继电器时，应注意以下几点：

(1) 了解必要的条件。①控制电路的电源电压以及能提供的最大电流；②被控制电路的电压和电流；③被控制电路需要几组、什么形式的触点。选用继电器时，一般控制电路的电源电压可作为选用的依据。控制电路应能给继电器提供足够的工作电流，否则继电器吸合是不稳定的。

(2) 根据使用条件查找相关资料，找出需要的继电器的型号和规格。若手头已有继电器，可依据资料核对是否可以利用。最后考虑尺寸是否合适。

(3) 注意继电器的主要技术参数，一般在铭牌上标识：①额定工作电压：是指继电器正常工作时线圈所需要的电压，根据继电器的种类和型号不同，可以是交流电压，也可以是直流电压。②线圈直流电阻：是指继电器线圈的直流电阻。③额定工作电流：是指额定工作电压下继电器线圈的电流。④接点数目：继电器开关常开或者常闭使信号断开或者接通的接点个数。

(4) 注意器具的容积。若是用于一般用电器，除考虑机箱的容积外，对小型继电器来说主要考虑电路板的安装布局。对于小型电器，如玩具、遥控装置等，则应选用超小型继电器。

有些继电器，并不说明驱动继电器线圈需要多大电流，使用时可以测量线圈的电阻值，然后利用欧姆定律换算出电流。例如，我们测量的电阻值为 150Ω ，线圈驱动电压为直流 $24V$ ，则电流为 $24V/150\Omega = 0.16A$ 。这样就可以知道电源需要提供多大的电流才能使继电器动作。

小结与评价

一、小结

同学们通过回答下列几个问题，对本章的学习情况进行小结。

- (1) 什么是传感器？传感器主要有哪些种类？
- (2) 常见的传感器有什么特点？它们在电子控制系统中有什么作用？
- (3) 收集各种传感器的资料图片或去电子元器件商场购买一些常用的传感器，介绍其检测方法与应用场合。
- (4) 什么是继电器？继电器在电子控制系统中的作用是什么？常用的继电器主要有哪些？
- (5) 电磁继电器的基本工作原理是什么？电磁继电器和固态继电器的特点分别是什么？两者有什么区别？

二、评价

运用所学的传感器知识，设计、制作一个简单的电子装置。

1. 活动要求

- (1) 收集各种传感器的技术资料。
- (2) 设计的电子装置至少应用两种传感器。
- (3) 每个小组应由两人以上共同设计，并与其他组的同学交流或与指导教师一起分析，讨论方案的可行性与特点。
- (4) 修改和完善设计方案，绘出电路原理图后，在实验平台上完成制作。
- (5) 写出实习报告（包括实习目的、使用仪器、使用元器件、使用工具、设计思想、制作过程等），并分析电路原理。

2. 评价提示

- (1) 通过什么途径收集相关资料的？
- (2) 设计一个简单的传感器装置对你来说有什么困难？
- (3) 是主动参与还是被动参与活动的？
- (4) 是否满意自己与同学之间的交流、合作？
- (5) 是否遵守了实验室或技术实习操作规程？
- (6) 实习报告是否符合要求？

自我评价：_____

同学评价：_____

老师评价：_____

第五章 电子控制系统的设计与制作

在设计电子控制系统时，受控对象往往是不能够改变的。要想系统满足性能要求，关键是要看控制器设计得如何。在电子控制系统中，控制器就像人的大脑一样起着重要的作用，充当着系统管理和组织核心的角色。系统各组成部分能否有条不紊地协同工作在很大程度上取决于控制器的好坏。控制器根据输入信号和反馈信号来确定控制信号，从而控制执行器进行下一步操作。

本章我们将学习如何应用功能电路设计开环电子控制系统和简单的闭环电子控制系统，并对设计好的电子控制系统进行安装、调试和改进。



第一节 开环电子控制系统的设计与制作

光电式自动水龙头

控制器作为电子控制系统的重要组成部分，其结构有的较为复杂，有的较为简单，我们先通过光电式自动水龙头来简单了解一下。光电式自动水龙头的工作原理示意图和框图如图5-1和图5-2所示。

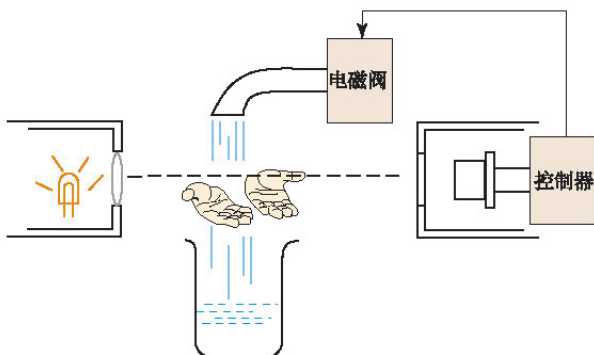


图5-1 光电式自动水龙头的工作原理示意图

洗手池两侧装有光源和光敏传感器。当有人洗手时，由于手挡住了光，使光敏传感器产生的电信号发生变化，

它被放大电路放大后传输到控制器中，控制器做出反应，然后控制电磁阀供水；当手离开时，控制器又控制电磁阀关闭水龙头。这就是一个典型的自动控制系统。

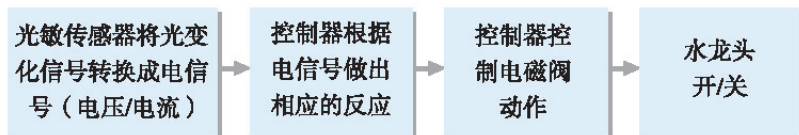


图5-2 光电式自动水龙头的工作原理框图

在上面这个案例中，控制器的主要部件就是一块或几块电子线路板，它可以接收传感器信号，对信号进行放大、整形等处理，并驱动电磁阀动作。系统中的传感器和电磁阀等都是成品器件，不需要我们去设计、制作，只需要按照系统的要求在市场购买即可。系统中的控制器是系统的灵魂，是我们需要根据系统的要求去设计的部分。

由此可以看出，分析系统需求，画出系统框图或控制流程图，从而得到电子控制系统的模型，然后再进一步进行系统各部分的设计，这是我们进行电子控制系统设计的常规方法。

问题思考

在设计光电式自动水龙头时，应如何解决以下问题：

- (1) 水龙头是否会受到其他光线的干扰而在不需要时打开？
- (2) 人已经离开了，水龙头还没有关上。
- (3) 由于经常使用，污物阻挡光线传播，水龙头不能灵活动作。
- (4) 电子设备需要防水防潮。



通过前面的学习，我们已经知道，开环电子控制系统没有反馈回路，因此主要应用在控制精度要求不高的场合。下面我们结合水位报警系统进一步认识开环电子控制系统的特点。

水位报警系统

图5-3和图5-4分别是简单的机械式水位报警系统的工作原理图和工作流程图。

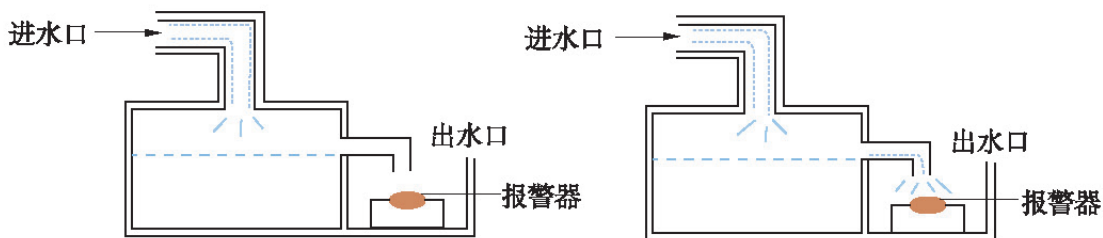


图5-3 机械式水位报警系统的工作原理图



图5-4 机械式水位报警系统的工作流程图

由流程图可以看出，当水位达到预定位置后，如果继续蓄水，报警器就开始报警。这样的系统在水位超出预定位置后，只能报警而没有采取一定的方法控制进水，即没有反馈环节，因此是开环控制系统。

在现实生活中，类似的控制系统还有温度报警系统、防盗报警系统等多种多样的开环控制系统。下面我们开始学习开环电子控制系统的设计与制作。由于数字集成电路具有通用性强、电路稳定性好等特点，因此可以用来设计、制作简易、有趣的开环电子控制系统。

技术实践

温度自动报警器的设计与制作

温度自动报警电路的原理图如图5-5所示。

1. 电路的各组成部分

(1) 温度传感器。

在此电路中，温度传感器采用集成芯片LM35D。LM35D是一种输出电压与摄氏温度成正比的温度传感器，其灵敏度为 $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ ，工作温度为 $0^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ ，工作电压为 $4 \sim 30\text{V}$ 。例如，温度为 20°C 时，该温度传感器的输出电压约为 200mV ；温度为 30°C 时，输出电压约为 300mV 。

(2) 电压放大电路。

电压放大电路由集成运算放大芯片LM358和分压电阻构成。由集成运算放大器的“虚短”（在理想情况下，两个输入端的电位相等，就好像两个输入端短接在一起，但事实上并没有短接，称为“虚短”）的特性可以得到输入端2脚和3脚

的电压基本相同；由“虚断”（由于理想运算放大器的输入电阻无限大，流入运算放大器的电流很小，相当于开路，但事实上并没有开路，称为“虚断”）的特性可以得到2脚和3脚的电流约为0A。根据分压原理，放大电路电压的放大倍数约为6，即将输入电压放大6倍。

（3）电压比较器和报警器。

电压比较器由集成运算放大芯片LM358构成。首先，通过调节电位器在6脚给定预设电压，当5脚的输入电压小于6脚的电压时，输出电压约为0V，发光二极管不导通，报警电路不报警；当5脚的输入电压大于6脚的电压时，输出电压约为6V，发光二极管导通，报警器报警。

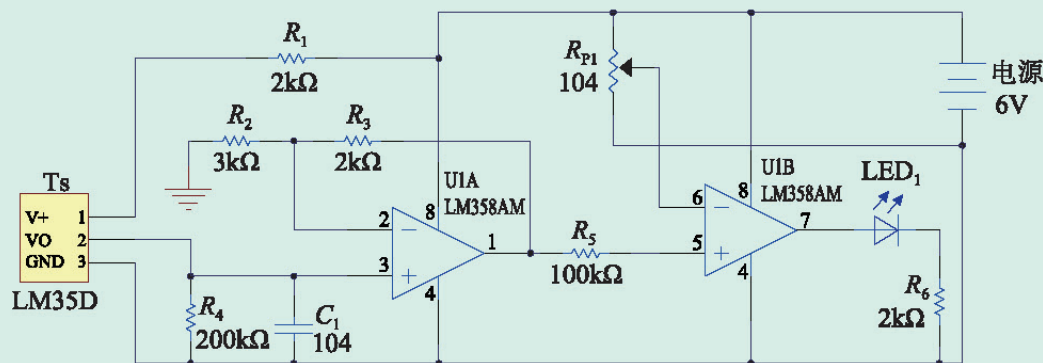


图5-5 温度自动报警电路的原理图

2. 电路的工作流程

温度自动报警电路的工作流程图由温度传感器、电压放大电路、电压比较器和报警器构成（图5-6）。温度传感器将温度值转换成电压值，经过电压放大电路放大后与预设电压值进行比较，如果超出预设电压值，则报警电路就会报警。

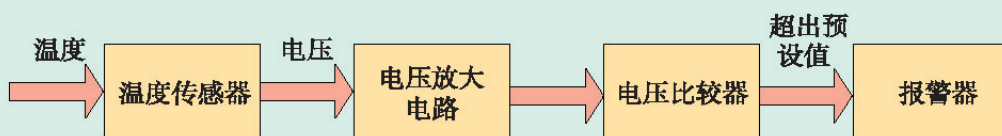


图5-6 温度自动报警电路的工作流程图

3. 电路的安装与调试

（1）按照温度自动报警电路的原理图（图5-5），在面包板上安装电子元器件（注意元器件的安装位置和正、负极不要反接）。

（2）连接对应的导线。

（3）连接电池盒或稳压电源。

（4）调节电位器 R_{P1} ，设置报警温度。

（5）按下电源开关，接通电路。

（6）观察电路现象。

（7）断开电源，调节电位器 R_{P1} ，再次接通电源，观察电路现象。



技术探究

湿度自动报警器

1. 湿度声光自动报警器

湿度声光自动报警器电路由两级三极管电路组成（图5-7），需要使用对潮湿敏感的元器件。可以在绝缘体上固定两个电极，当绝缘体吸水潮湿后，绝缘性能受到破坏而使电极间“漏电”，这里的“漏电”指的是电源通过湿度传感器给三极管 T_1 基极提供的电流，这个电流的大小取决于传感器两个电极间电阻的大小。在这个电流的作用下，三极管 T_1 导通，从而通过 T_1 的CE极给三极管 T_2 基极提供了工作电流，使 T_2 导通，报警器示警。如果在蜂鸣器两端并联上由发光二极管和限流电阻串联而成的光指示器件，就成为湿度声光自动报警器电路。当其检测到潮湿信号时，自动发出灯光和音响示警信号。这个电路能作为下雨、下雾或者婴儿尿不湿告知器。如果怕吵醒婴儿，可以去掉蜂鸣器而只保留光指示部分。

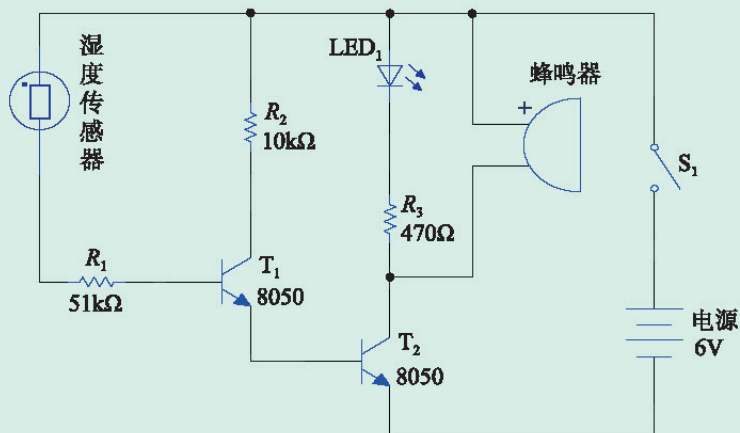


图5-7 湿度声光自动报警器电路

安装与调试步骤：

- (1) 按照图 5-7 所示电路，在面包板上插接所需电子元器件，连接相应导线。
- (2) 连接电池盒或稳压电源。
- (3) 按下电源开关，接通电路。
- (4) 将湿度传感器的两个电极放入水中或其他潮湿地方，观察电路动作情况。

注：以下光电各个实习电路，安装与调试时可参照上述步骤。

2. 采用继电器的湿度自动报警器

上述电路有一个特点，就是利用三极管开关直接驱动负载——发光二极管、蜂鸣器等，使得自控电路执行机构的选择受到限制。例如，如果要求湿度过大就启动电热风等干燥设备，那么三极管开关因为带载能力有限就无能为力了，而继电器电路就可以解决上述问题。我们只需将三极管的负载改为继电器，再由继电器的触点去带动大电流负载就可以了。在继电器电路中，C为动触点，A为常闭触

点，B为常开触点。当湿度传感器闭合时，继电器吸合，常开触点C-B接通。继电器触点可以根据需要选用常开或常闭触点（图5-8）。请在面包板上安装电路并进行调试。

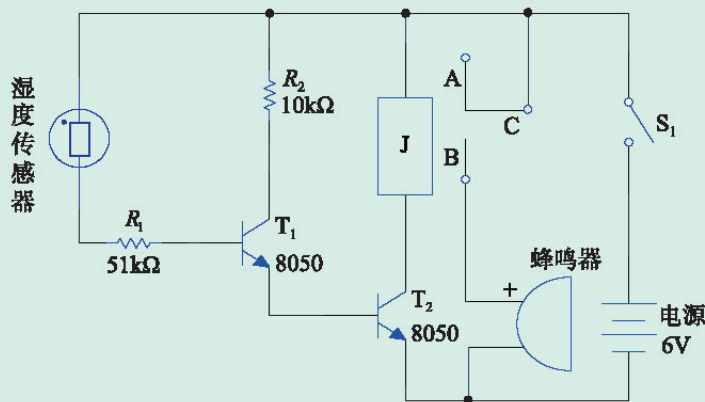


图5-8 采用继电器的湿度自动报警器电路

讨论交流

早上阳光照进屋内，需要闹铃提醒我们起床，上面的电路怎样改动才能满足我们的需求呢？现在楼道里的声控灯也是采用声音来控制灯的亮或灭，参照上述电路是否能画出原理图？请分组讨论交流。

创客坊

较复杂的自动控制电路

1. 设计要求

用数字集成电路等元器件安装一个多谐振电路，并利用它设计、安装和调试一个温度报警电路。

- (1) 要求控制点温度高于 30°C 时报警。
- (2) 报警温度值可调。
- (3) 能同时进行声光报警。

超温报警器是一种指示环境温度范围的仪器。环境温度在设定的温度范围内，报警器不报警；而一旦环境温度高于所设定的温度上限或低于所设定的温度下限时，报警器都将报警，且相应的指示电路能指示温度的范围。温度报警电路是开环电子控制系统，由温度传感器、控制电路和报警电路三大部分组成（图5-9）。

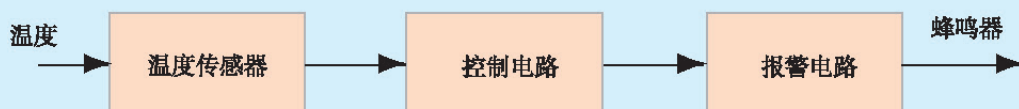


图5-9 温度报警电路系统

其中，温度传感器可以采用热敏电阻感测要控制的温度。控制电路负责比较设定温度值和实测温度值。当实测温度值超过（或低于）设定温度值时，输出一个电压信号驱动报警电路动作。报警电路可由多谐振荡器构成。多谐振荡器是指输出波形中除了基波成分外，还含有丰富的高次谐波成分。我们通过前面的学习已经知道，逻辑门电路和555电路都可以构成多谐振荡器。在本例中，我们采用逻辑门电路组成的多谐振荡器。

2. 电路分析

(1) 由集成电路构成的多谐振荡器（图5-10）。多谐振荡器是一种自激振荡电路。该电路在接通电源后不需要外接触发信号就能产生一定频率和幅值的矩形脉冲或方波。由于矩形脉冲中含有丰富的高次谐波，电路没有稳定的状态，故又称为无稳态电路。

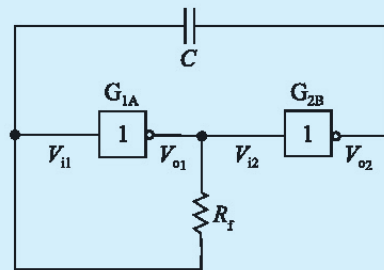


图5-10 集成电路构成的多谐振荡器

由逻辑门电路组成的多谐振荡器虽然有多重电路形式，但它们具有如下共同特点：首先，电路中含有开关器件，如门电路和电压比较器等，主要用来产生高、低电平；其次，具有反馈网络，将输出电压恰当地反馈给开关器件，使之改变输出状态；第三，还有延迟环节，利用 R_fC 电路的充、放电特性可实现延时，以获得所需要的振荡频率。在许多实用电路中，反馈网络都兼有延时作用。

(2) 由多谐振荡器构成的超温声光报警器电路（图5-11），其中的温度传感器是一个负温度系数的热敏电阻，其阻值将随环境温度的变化而变化，温度上升则阻值下降，温度下降则阻值上升。电位器 R_{p1} 用来设置温控点。在允许的温度范围内， R_{p1} 的中点电位处于逻辑低电平“0”，经非门 G_{1A} 后输出为高电平“1”，三极管 T_1 截止，发光二极管LED不亮。此时，二极管 D_2 将非门 G_{1B} 的输入端钳位于逻辑低电平，使非门 G_{1B} 、 G_{1C} 组成的多谐振荡器处于停振状态，扬声器不发声，说明温度在设定的控制范围之内。当温度上升至设定的温控点时，热敏电阻的阻值减小，使 R_{p1} 的中点电位上升到逻辑高电平，非门 G_{1A} 输出为低电平，使三极管 T_1 导

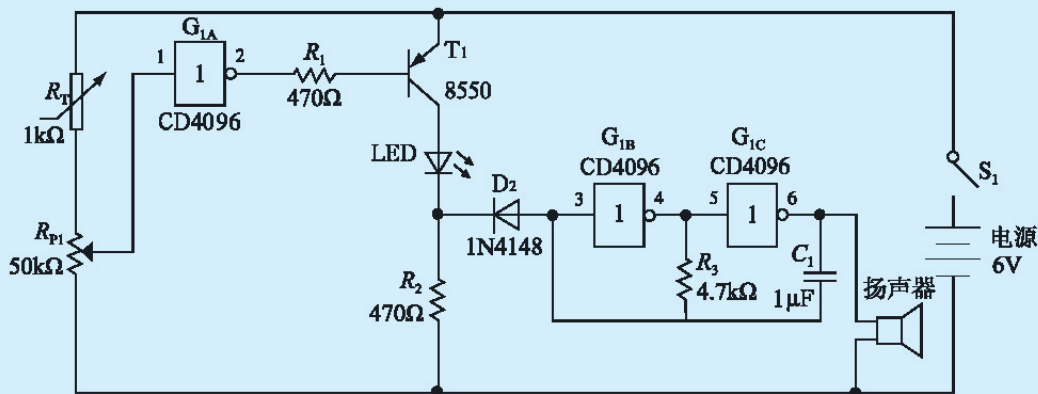


图5-11 由多谐振荡器构成的超温声光报警器电路

通，LED被点亮，有电流流过 R_2 并产生较大的压降，使二极管 D_2 截止，非门 G_{1B} 输入端相当于输入高电平，由非门 G_{1B} 、 G_{1C} 组成的多谐振荡器起振，扬声器发出声响，进行超温声光报警。



第二节 闭环电子控制系统的设计与制作

闭环控制是控制系统呈闭合状态的反馈控制。反馈控制是将控制量与目标量相比较，对所得的差值反复地自动地进行修正，直至达到系统平衡的控制。

水位自动控制系统

我们在前面介绍的水位报警系统中加一个反馈装置，就可将其变成一个闭环水位自动控制系统，图 5-12 所示是水位自动控制系统结构示意图。

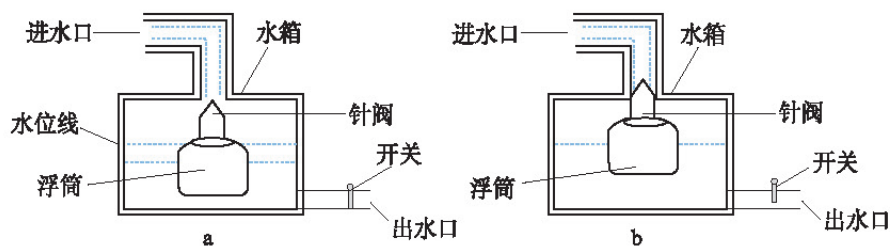


图5-12 水位自动控制系统结构示意图

由图5-12可以看出，出水口的出水量和出水时间是随机的，水箱中的浮筒随着水位的高低而浮升或降落。进水口的进水是靠水箱内的浮筒及针阀来控制的。当出水量小于进水量时，水箱水位到达水位线，浮筒上面的针阀正好将进水口堵住，水箱不再进水；当出水量大于进水量时，水箱水位不到水位线，水箱继续进水。

这个过程是以浮筒、针阀为反馈去控制开关，通过机械方式不断比较进水量和出水量，以保证水箱内的水位始终保持在水位线上。

根据图5-12，还可以画出水位自动控制系统工作流程图（图5-13），从图中可以看出闭环控制系统中有反馈环节。

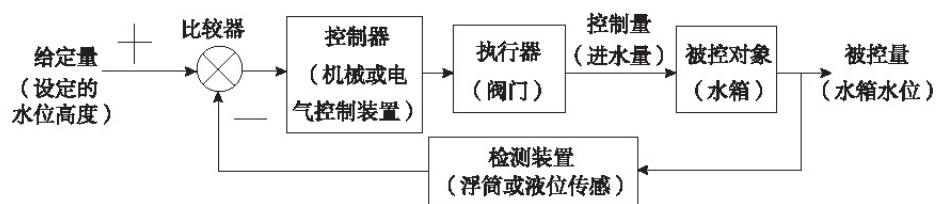


图5-13 水位自动控制系统工作流程图

通过水位自动控制系统可以看出，闭环控制同开环控制最大的不同就是在系统中引入了反馈。我们在设计时要注意反馈的引入应该能使输出保持稳定，即输出量过高要使其降低，而输出量过低应使其升高。

下面我们制作一个简易闭环电子控制系统——水塔水位自动控制电路。

水塔需要利用水泵从蓄水池不断补充水，水多了会溢出，水少了会使供水中断，这就需要水位自动控制装置。我们先看一个简单的开关控制电路。

1. 简单的开关控制电路

图5-14是由开关三极管 T_1 、继电器 J 、控制开关 S_1 、基极限流电阻 R_1 和电源等组成的开关控制电路。通过操作开关 S_1 ，可以很好地控制继电器的吸合和释放，继而利用继电器的触点来控制水泵电机的运转或停止，以保持水塔中的水量。

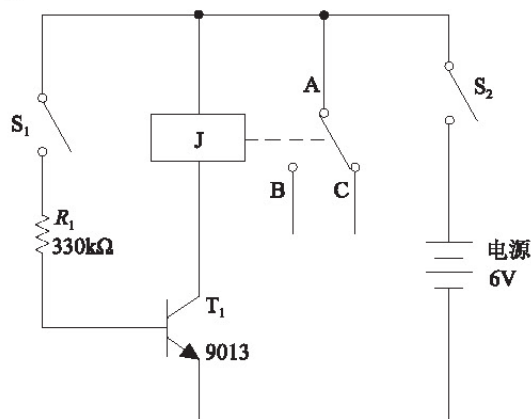


图5-14 简单的开关控制电路

2. 简单的水位控制电路

将图5-14电路中的开关换成水位传感元件和放大电路，我们就可以做成一个简单的水位控制电路。最简单的水位传感元件可以采用两个裸导线做电极，当水淹没电极时，利用水的导电性使电极导通（图5-15）。

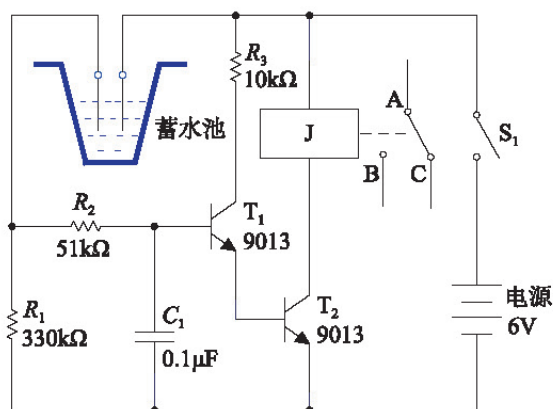


图5-15 简单的水位控制电路

3. 水塔水位自动控制电路

水塔水位控制系统是一个闭环控制系统，除包含传感器电路、控制电路和加水水泵三大部分电路以外，还具有反馈环节。其中，水位传感器可采用裸导线作为电极来代替，利用水的导电性进行水位控制。控制电路负责比较给定水位值和实测水位值，当实测水位值超过（或低于）给定水位值时，输出一个信号去驱动水泵电路。水塔水位自动控制电路及其系统框图分别如图5-16和图5-17所示。

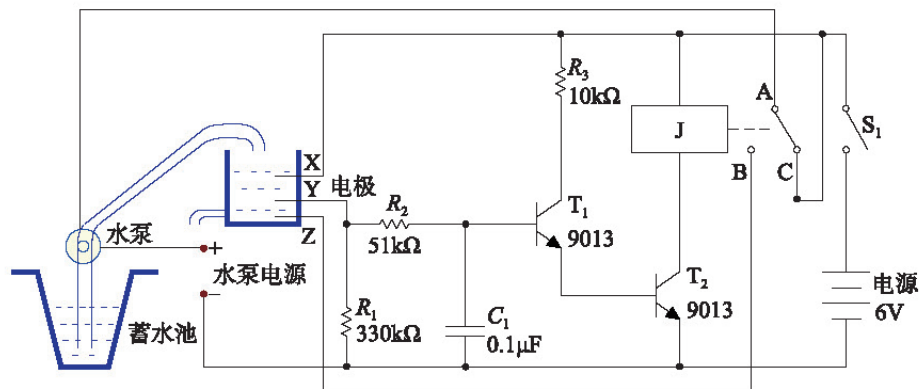


图 5-16 水塔水位自动控制电路



图 5-17 水塔水位自动控制电路系统框图

(1) 电路分析:

如图5-16所示,水塔水位自动控制电路由水位传感器、控制电路、水泵和电源等部分组成。控制电路由三极管 T_1 、 T_2 和继电器 J 等组成。当水塔缺水时,水面低于 Y 点,水位传感电极 X - Y 、 Y - Z 之间由于没有被水淹没而形不成通路, T_1 、 T_2 截止,继电器呈释放状态,继电器的动触点 C 与常闭触点 A 接触,接通水泵电源,水泵电机启动,向水塔供水。当水位上升至 X 点,水位传感电极 X - Y 之间形成通路,电源使得 T_1 、 T_2 导通,继电器吸合,常闭触点断开,水泵因失电而停止供水。此时,继电器动触点 C 与常开触点 B 相接触,电源通过继电器接通的常开触点 C - B 以及 Y - Z 之间能导电的水,继续产生维持 T_1 、 T_2 导通所需的偏置电流,继电器吸合。直到水位降至 Y 点以下时, Y - Z 之间开路, T_1 、 T_2 截止,继电器释放,常闭触点接通,水泵又开始供水。如此往复循环,实现对水塔水位的自动控制。

(2) 安装与调试:

电路可以在面包板上进行插接,也可以在电路板上进行焊接。

调试电路时,我们可以用一只水杯代替水塔,而水泵的运行与否可以通过观察继电器是否吸合来确定。接通电源,将 X 和 Y 短接, Z 断开,此时应能听到继电器吸合的声音,水泵失电不运行;断开 X 和 Y 的连接,继电器释放。如果将 X 、 Y 和 Z 短接,继电器吸合,断开 X 连线,继电器保持吸合,当 Y 和 Z 断开时,继电器释放,则可验证电路正常工作。加水后,调整传感电极安放的位置,即可使用。

讨论交流

夏天,房间内安装的空调可以用来调节室内温度。空调在开启后,人们会设定一个让人比较舒适的温度。当室内温度高于设定的温度时,空调会启动吹出凉风,当温度低于设定温度时,空调会停止工作,从而保证房间内温度恒定,这是一个典型的闭环控制系统。请同学们根据以上所学内容,试着分析、讨论一下空调的工作原理,并画出系统工作流程框图。

技术探究

结合本节所学内容,用集成电路设计、安装一个电子恒温控制系统,并进行调试。

小结与评价

一、小结

同学们通过回答下列几个问题，对本章的学习情况进行小结。

- (1) 设计制作电子控制系统的基本步骤是什么？
- (2) 与开环电子控制系统相比，闭环电子控制系统在调试时应注意哪些问题？

二、评价

组织一次对当地电子设备销售市场的调研活动。

1. 活动指导

- (1) 了解市场上有哪些新颖的小型电子控制设备。
- (2) 询问这些电子设备的功能。
- (3) 了解这些电子设备的价格。
- (4) 查找相关资料(书、杂志、互联网等)，了解这些电子设备是怎样工作的。
- (5) 用学过的知识设计、制作一种具有相同功能的小电子设备，并比较价格。

2. 评价提示

- (1) 能通过交流得到小电子设备的准确信息吗？
- (2) 能根据功能画出系统框图吗？
- (3) 能根据框图设计出相应的电路吗？
- (4) 能保证你的作品价格低于市场产品的价格吗？

自我评价：_____

同学评价：_____

老师评价：_____

附录 电路仿真软件Multisim 10的使用

Multisim 10是一个完整的电子电路设计工具。它提供了一个非常大的元件数据库，并提供了原理图输入接口、全部的数模Spice仿真功能、高频电路仿真、通信电路设计与仿真和后期处理功能。它提供的简单易用的图形输入接口可以满足你的设计需求。

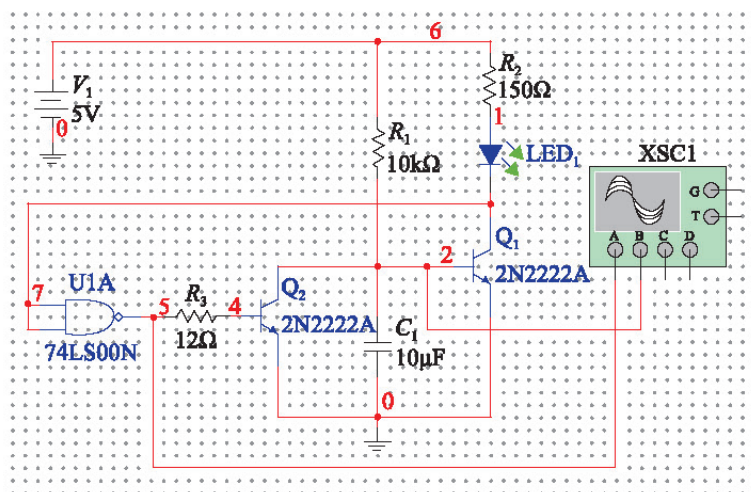
Multisim 10提供了全部先进的设计功能，满足从参数到产品的设计要求。因为程序将原理图输入、仿真和可编程逻辑紧密集成，你可以放心地进行设计工作。

双击软件Multisim 10图标后，进入用户界面，它包括右图中的基本元素。



下面引导你建立并仿真一个简单的电路。

要建立的是一个简单的二极管闪烁电路。完成本节中各个步骤后，可得到如下电路。



一、放置元件

下面讲述如何利用元件工具栏放置元件，这是放置元件的一般方法。也可以用 Place/

Place Component 放置元件。当不知道要放置的元件包含在哪个元件库中时，这种方法很有用。

1. 放置第一个元件

第一步：放置电源（一个5V电源）。

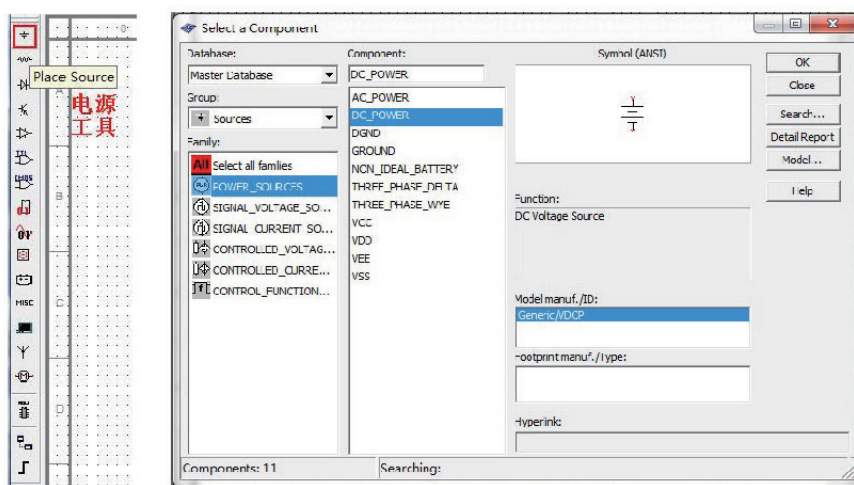
用鼠标单击电源工具按钮，在按钮上移动鼠标会显示按钮所代表的元件族的名称。

(1) 在 Family 中点击 POWER_SOURCES。

(2) 在 Component 中点击 DC_POWER。

(3) 单击对话框“OK”。

(4) 将鼠标移到要放置元件的左上角位置，利用页边界可以精确地确定位置，单击鼠标，电源出现在电路窗口中。如下图所示。

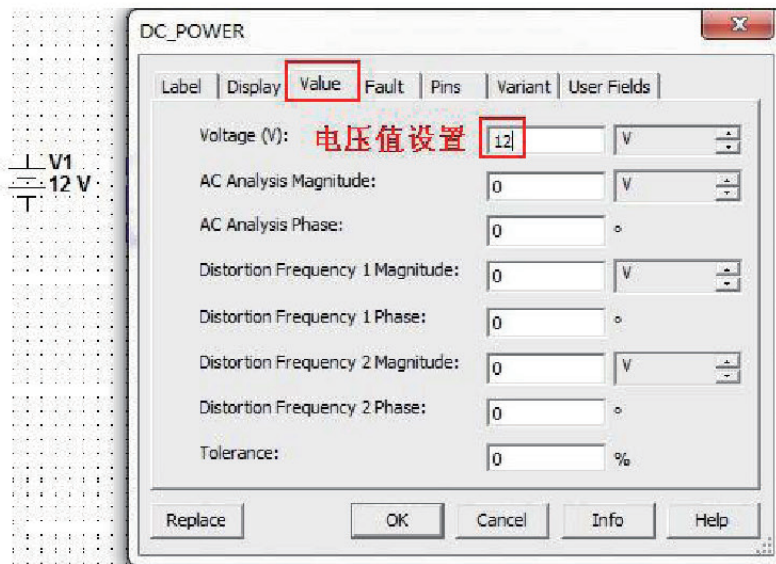


第二步：改变电源值。

电源的缺省值是 12V，可以容易地将电压改为我们需要的 5V。

(1) 打开电源特性对话框，电源值标签（Value tab）显示如下图。

(2) 将 12 改为 5，单击确定。



2. 放置下一个元件

第一步：放置第一个电阻。

移动鼠标于基本元件工具箱上，在出现的工具栏中单击电阻按钮，出现 Basic 浏览器，单击 RESISTOR。

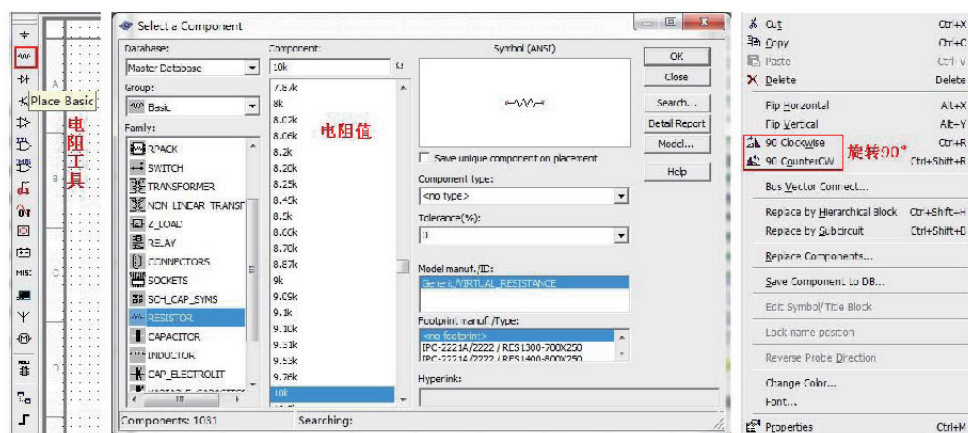
第二步：旋转电阻。

为了连线方便，需要旋转电阻。

(1) 右击电阻，出现弹出式菜单。

(2) 选择菜单中的 90 CounterCW 命令。

(3) 如果需要，可以移动元件的标号，特别是对电阻进行了数次旋转后。例如，你要移动元件的参考 ID，只需单击并拖动它即可，或者利用键盘上的箭头键，标号每次移动一个格点。



第三步：按上述方法添加电路中的其他元件。

第四步：存储文件。选择 File/Save As 菜单命令，给出存储位置与文件名。

二、给元件连线

我们将开始为 V_1 和地连线。

第一步：开始自动连线。

(1) 单击 V_1 下边的引脚。

(2) 单击接地符号上的引脚，两个元件就自动完成了连线。

(3) 用自动连线完成其他连接。

(4) 按 ESC 结束自动连线。

要删除连线，右击连线从弹出式菜单中选择 Delete 或按键盘上的 DELETE 键。

第二步：增加节点。

(1) 选择 Place/Place Junction 菜单命令，鼠标指示已经做好放置节点准备。

(2) 单击 U1 两输入点的连线放置节点。

(3) 出现节点特性对话框，保持节点特性为缺省状态，单击“OK”。

(4) 放置下一个节点。

三、给电路添加仪表

Multisim 10 提供了一系列虚拟仪表，可以用这些仪表测试电路的特性。这些仪表的使用和读数与真实的仪表相同，感觉就像实验室中使用的仪器。使用虚拟仪表显示仿真结果是检测电路特性最好、最简便的方法。

单击设计工具栏中的 Instruments 按钮进入仪表功能。单击此按钮后会出现仪表工具栏，每一个按钮代表一种仪表。



1. 增加与连接仪表

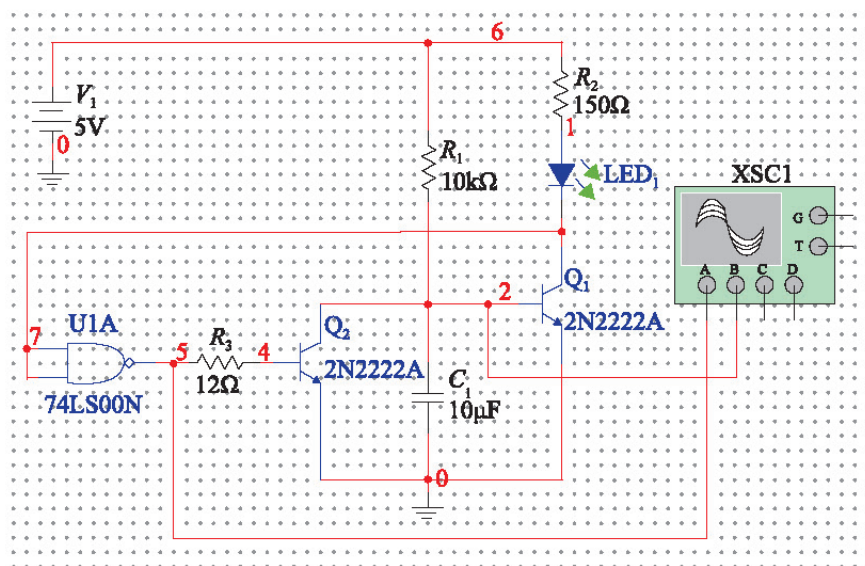
第一步：添加示波器。

- (1) 单击虚拟仪表工具栏的示波器按钮。
- (2) 移动鼠标至电路窗口的右侧，然后单击鼠标。
- (3) 示波器图标出现在电路窗口中。

第二步：给示波器连线。

- (1) 单击示波器的 A 通道端子，拖动连线到 U1A 与 R_3 间的节点上。
- (2) 单击示波器的 B 通道端子，拖动连线到 Q_2 与 C_1 间的连线上。

电路结果应该如下图所示。



2. 设置仪表

每种虚拟仪表都包含一系列可选设置来控制它的使用。

双击示波器图标，打开示波器设置对话框，显示如下：



选择 Y/T 时，时间参数（Timebase）控制示波器水平轴（X 轴）的标度。

为了得到稳定的读数，时间参数设置应与频率成反比——频率越高，时间参数越低。

四、仿真电路

1. 仿真电路

可以使用前边已经建立的电路，或打开其他电路文件（此电路中所有的元件、连线与仪表均已正确连接，并设置好）。

要仿真电路，单击设计工具栏中的仿真开关按钮，或选择弹出式菜单中的 Run/Stop 命令。

2. 观察仿真结果

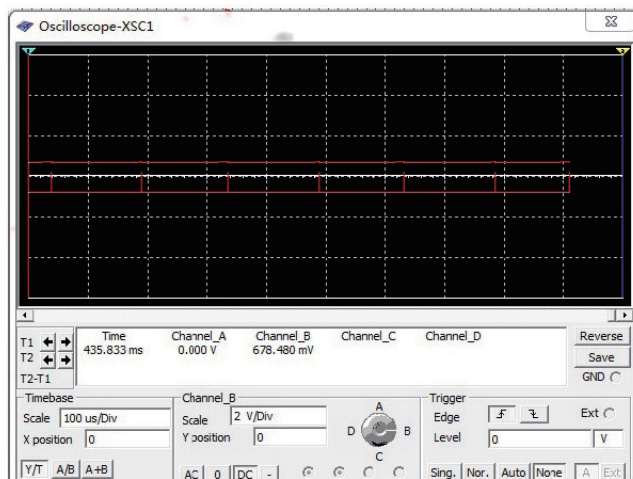
观察仿真结果的最好方法是用前边添加到电路中的示波器进行观察。

从示波器中观察结果。如果仪表不是“打开”状态，可以双击图标“打开”它。

如果按前边的介绍正确地设置了示波器，应能看到如下结果。

3. 停止仿真

单击设计工具栏中的仿真开关按钮，或选择弹出式菜单中的 Run/Stop 命令。



后 记

根据教育部的统一部署，依据教育部颁布的《普通高中通用技术课程标准（2017年版）》，参考十多年来的教材实验成果，并在广泛征求一线教师、教研人员的意见及进行教材比较研究的基础上，本着强调基础、注重发展、突出育人的修订原则，对《电子控制技术》进行了修订。此次修订，主要对教材的内容结构体系进行了调整，重新架构了学生实践活动体系，在教材内容的选择上，注重思想性、时代性、整体性和创新性，注重中国优秀技术文化教育，注重反映我国古代、近现代科技成果和科技进步成就，特别注重吸收我国最新技术研究成果和技术设计新理念。修订后的教材，脉络更加清晰，结构更加严谨，内容编排更加符合学科逻辑、教学逻辑和学生的认知规律，形成了较为完善的以学生的技术核心素养为导向、注重培养学生创新思维和实践能力的教材内容结构体系和学生活动结构体系。有助于培养学生的创新思维和工匠精神，有助于学生技术学科核心素养的养成，有助于立德树人的根本任务的落实。

本套教材的原主编为孙世强、鲍琬、陈玲玲，本册教材的原编写人员为李杰、杨旭、肖迪凡、胡建明。本套教材的修订主编为陈玲玲、王永奉，副主编为王明彦；本册教材的修订主编为杨旭，参加本册教材修订工作的人员有杨旭、杨宇超。

本册教材的修订得到了许多专家、学者和老师的指导与帮助。北京市西城区教师研修学院李英杰老师对书稿进行了审阅，提出了重要的修改意见。北京教科院孟献军老师、山东省教科院王秀玲老师、湖南省教科院董仲文老师、贵州省教科院刘惠平老师、河北省教科所王秋岩老师及石家庄市教科所胡刚老师等对本册教材的修订工作给予了大力支持和指导，在此深表感谢。

本册教材在山东、北京、河北、湖南、贵州、四川、广东等多个省（市）进行了试教，并请了一批一线教师进行了审读，根据师生的反馈意见，我们对本册教材先后进行了多次修改。在此，对参加审读与试教的各位老师和同学一并表示感谢。