



普通高中教科书

通用技术

选择性必修1

电子控制技术



普通高中教科书

通用技术

选择性必修1

电子控制技术

主编 顾建军 王志军



江苏凤凰教育出版社
Phoenix Education Publishing, Ltd

相信通用技术的学习一定会成为同学们高中时光中夯实基础、练就素养、挑战自我、享受创造与发展乐趣的美好生活的一部分。



评价内容	达成程度		
	优秀	合格	不合格
能描述电子控制系统的含义, 列举其在生产生活中的应用实例 (TA)			
能描述电子控制系统的 basic 组成及其之间的作用和联系 (TA、ET)			
能用日常语言简要说明电子控制系统的运行过程 (ET、SB)			
能理解并开列控制系统和闭环控制系统 (TA、ET)			

说明
 TA——技能要求, ET——过程要求, SB——知识要求, TD——操作技能, CM——职业素质

《冲虚真经》第九十回《子华授神籙秘旨》开篇语曰：“眼有明兮有暗，能于千尺渡深渊”。称暗为是暗位之神千百里，顺耳耳，《武成伐纣平篇》云：“天下无一人二眼无二心，只隔近远听闻而已”。可见，顺耳耳在民间同老舍先生《骆驼祥子》的聋与听力与人类自有的感官一样，视觉，听觉受，古人的思想却反映了古人想要发展自己感官、提高自身能力的美好愿望。

古人的聪智的进今已成现实。现在，利用电子控制技术，我们能在茫茫大海与大洋彼岸的某国某方实行远程探测，能在地球控制室中心对太平洋中某国的潜艇和海底生活动物进行实时监控，对地球国家及全球各国进行军事侦察。



了解本书章节和任务的构成,能使我们总揽全貌,形成关于课程学习的宏观架构。

学习目标会使我们明确学习的方向，为进入学习过程做好心理准备。

同学们，
欢迎你们进入
技术世界。

基于学生生活经验和技术学科基本特点的情境，带领我们走进真实的技术世界，发现复杂而真实的技术问题，进入富有意义建构的学习过程。

每节有2~4个相互联系的任务。我们将在完成一个个任务的过程中，建构积极价值观、必备品格和关键能力，形成核心素养。

亲临其境、亲自动手、亲身体验是本栏目的宗旨。这里的一系列精彩项目将使我们经历激动人心的操作实践，使我们感受到技术实践的特有乐趣，感悟到技术世界的丰富多彩。

怎样使用本书 导读

学习评价

对学习过程和学习结果作一回总结回顾和反思，有助于学习目标的真正实现，有助于核心素养的有效形成。



综合实践

将本章所学内容与本学科其他内容、与其他学科知识、与自己已有知识和经验综合起来，可以提高综合能力，领略学习的最高境界。



本章小结

在学完一章后，以思维导图形式，对学习内容进行概括和归纳，有助于我们学会学习和自我建构。



练习

生动活泼、形式多样的作业，使我们所学的内容得以巩固，同时也打通了与课外活动结合的通道。



拓展阅读 选用

这些是我们技术学习中拓宽视野、深化认识、铸造精神、品味技术信息的“美味佳肴”，不要错过哟。



案例分析 选用

本栏目富有典型意义的范例、素材、话题是学习对话的平台，使我们享受到由丰富的技术感性走向深刻的技术理性的快乐。



小书角



思维碰撞

基于关键的技术问题，立体化地加以呈现，这是我们思维互联、智慧众筹、头脑风暴的广阔天地。



学习反思



马上行动

穿插在课文之中、形式多样的活动使我们所学的知识与技能得到及时的巩固、应用和内化，也是我们学会技术学习的有力工具。



技术提示

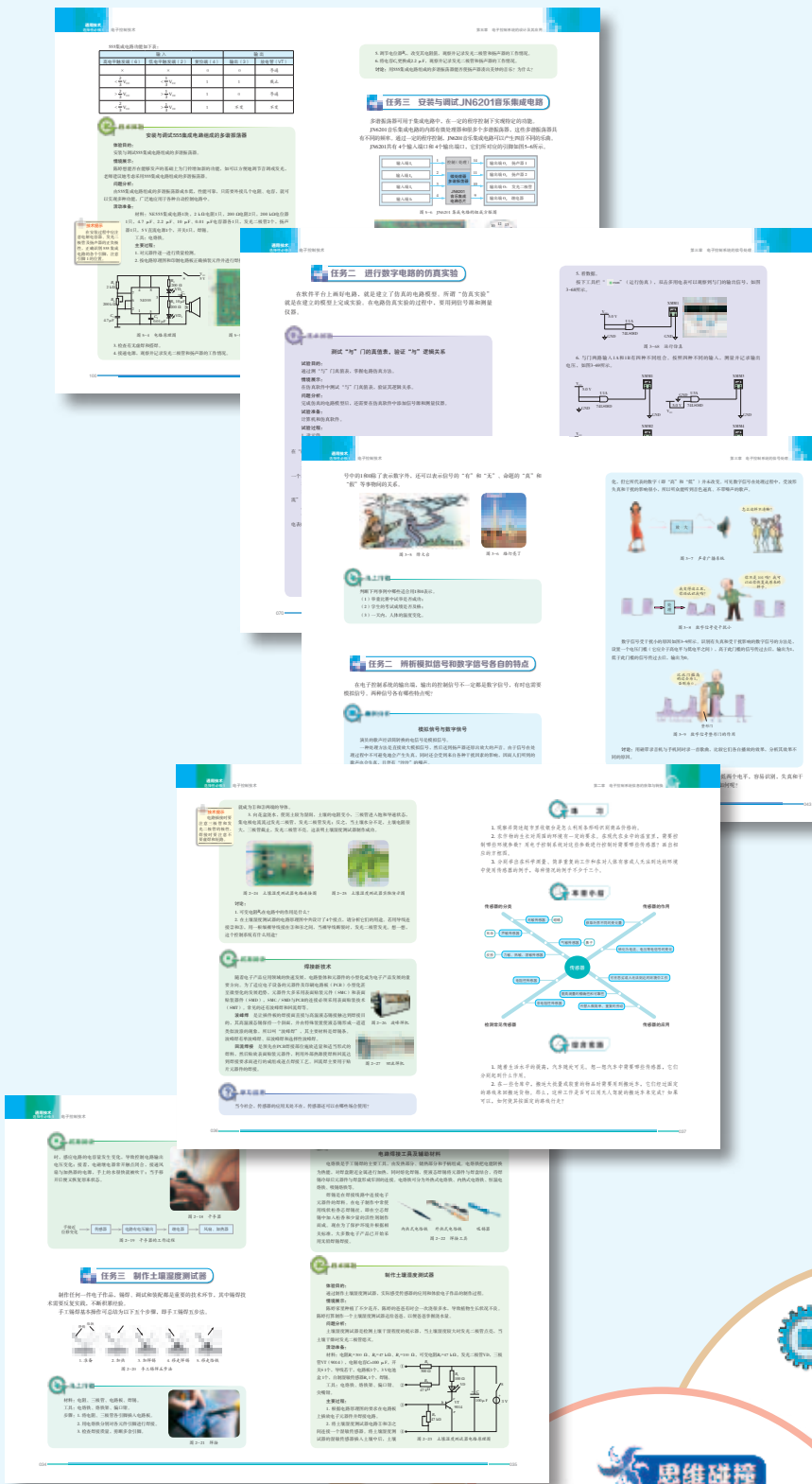


技术试验

技术试验是在技术活动中为了某种目的所进行的尝试、检验、优化等探索性的实践活动，使我们的实践才能和创新才能得到展示。



技术探究





目录

电子控制技术

1

第一章 电子控制概述

一 电子控制技术与电子控制系统

任务一 感知电子控制技术的应用/002

任务二 探析电子控制系统的特点/006

二 电子控制系统的组成和工作过程

任务一 认识指纹锁电子控制系统的组成和工作过程/009

任务二 探究电子控制系统的工作过程/011

三 开环电子控制系统和闭环电子控制系统

任务一 辨析开环电子控制系统及其应用/014

任务二 体验闭环电子控制系统及其应用/016

2

第二章 电子控制系统信息的获取与转换

一 辨识常用传感器

任务一 探寻人与传感器的关联/022

任务二 检测常见传感器/025

二 传感器的应用

任务一 辨析传感器的类型/030

任务二 体验传感器的应用/032

任务三 制作土壤湿度测试器/034

3

第三章 电子控制系统的信号处理

一 模拟信号与数字信号

任务一 识别模拟信号和数字信号/040

任务二 辨析模拟信号和数字信号各自的特点/042

任务三 初识模拟信号与数字信号相互转换的过程/045

二 初识模拟电路

任务一 感知二极管的结构与应用/046

任务二 探究三极管的结构和组合形式/049

任务三 体悟三极管的三种工作状态/050



三 走进数字电路

任务一 识别基本逻辑门/054

任务二 探究与非门和或非门的逻辑关系/059

任务三 认识常用的数字集成电路/061

四 数字电路的仿真实验与应用

任务一 认识并使用仿真软件绘制电路原理图/068

任务二 进行数字电路的仿真实验/070



第四章 电子控制系统的执行部分

一 执行部件

任务一 探究执行部件的作用/076

任务二 制作简易光控延时灯电路/079

二 继电器的作用和类型

任务一 体验继电器的作用/081

任务二 辨别继电器的类型/084

三 直流电磁继电器的构造、规格和工作原理

任务一 认识直流电磁继电器/088

任务二 使用直流电磁继电器设计控制系统/091



第五章 电子控制系统的设计及其应用

一 简单功能电路的安装与调试

任务一 安装与调试数字门电路组成的多谐振荡器/098

任务二 安装与调试555集成电路组成的多谐振荡器/099

任务三 安装与调试JN6201音乐集成电路/101

二 开环电子控制系统的设计和应用

任务一 设计电子门铃/104

任务二 设计简单的红外遥控电子门铃/106

三 闭环电子控制系统的设计和应用

任务一 设计浴室热水温度自动控制系统/111

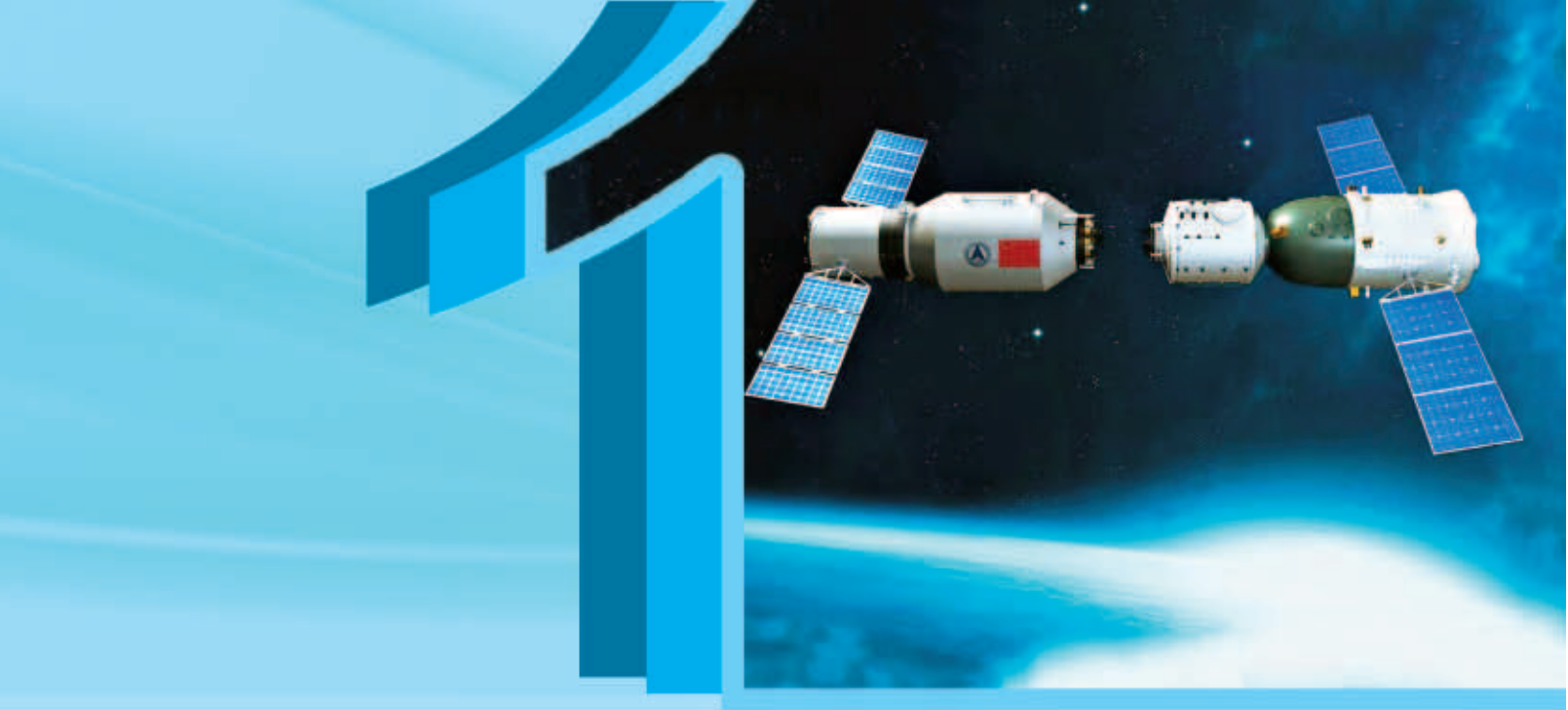
任务二 改进浴室热水温度自动控制系统/112

主 编 顾建军 王志军

编写人员 (按姓氏音序排列)

成 皓 程鲁华 顾建军 李文波

孙 可 王志军 袁 涛 张 军



第一章 电子控制概述

- 一 电子控制技术与电子控制系统
- 二 电子控制系统的组成和工作过程
- 三 开环电子控制系统和闭环电子控制系统

《宋史·舆服志》曾记载“其法：用独辕车，车箱外笼上有重构。立木仙人于上，引臂南指……若欲北行，或东，或西，转亦如之。”这里说的就是指南车，不论指南车转向何方，指南车上木人的手始终指向指南车出发时设置木人指示的方向。指南车是一种利用机械传动系统指明方向的装置，也是中国古代控制技术的成功典范。

随着现代科学技术的迅猛发展，电子控制技术已经深入人们生活和生产的方方面面，如洗手间中的红外自动干手机、楼道中的声控灯、农业中的温度控制温室大棚和工业中的能自动完成精密动作的机器人，它们带领我们走向一个更加广阔的世界。



一、电子控制技术与电子控制系统

- 任务一 感知电子控制技术的应用
- 任务二 探析电子控制系统的特点



学习目标

1. 通过案例分析，能够概括出电子控制技术的含义，并能列举出其在生活中的应用案例。
2. 通过案例分析，能够说出什么是电子控制系统，并能结合生活经验判断哪些电子产品属于电子控制系统。



走进情境

张萌同学想到家中门锁已经用了很多年，安全性较差，而且奶奶白天外出买菜时，经常忘记带钥匙而把自己锁在门外，需要家人中断工作去送钥匙开门。为此，张萌想为家里更换一把既安全又方便开启的门锁。什么样的门锁既安全又操作方便呢？



任务一 感知电子控制技术的应用

门锁是家庭的必需品，它可以通过钥匙、数字密码、磁卡、指纹等不同方式验证出入者的合法身份，从而控制门的开启与关闭，属于控制技术的范畴。

控制技术是人们为了使事物按照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。随着人类需求的不断发展、生产力水平的不断提高以及新技术的广泛应用，控制技术已从人工控制发展到机械控制，再发展到当代的电子控制。现在，我们可以根据不同的需要，针对被控对象的特点，选择不同的控制方式来实现控制的目的。



案例分析

从门锁的演变了解控制技术的发展

安全是人们在生活中的基本需要之一。为了能满足和更好地实现这一需要，人们发明了锁具来控制门的开和关。多少年来，锁具在日常生活中被广泛地使用，并随着技术的发展而发展。

人工控制的门锁 在古代，为了安全的需要，人们设计和制作了绳锁、门闩。在家时插上门闩，外人就不能随便进入。但是门闩的安全功能有限，人们可以从门外将它拨开，而且人们外出时，门闩无法从室内插上。

机械控制的门锁 公元870~890年，出现了金属锁。这种锁多为铜质或铁质，锁内装有

片状弹簧，利用钥匙和弹簧片的几何关系和弹力作用来上锁和开锁。

1860年，美国人奈纳斯·耶鲁父子将弹子簧片应用在机械锁上，发明了机械弹子锁。



图 1-1 控制门开关的门闩

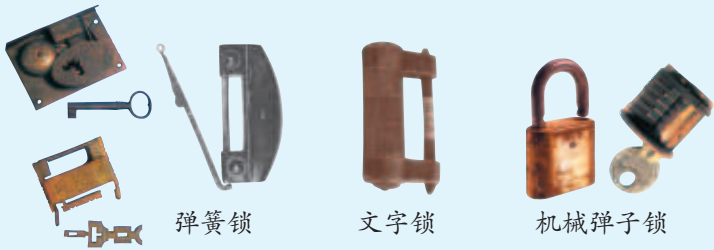


图 1-2 金属锁

电子控制的门锁 20世纪60年代以来，迅速发展的电子技术被应用于门锁的改进和开发。磁卡锁、IC卡门锁、生物识别锁等电子锁相继问世，也出现了将多种功能集于一身的电子锁。如互联网智能门锁，它利用蓝牙与智能手机通信完成门锁的配置与管理，并通过Wi-Fi与云计算中心建立数据连接，对智能门锁的用户、密码、使用进行在线管理。它具有指纹、密码、刷卡、钥匙等多种开锁方式，同时还具有开门记录查看、门锁状态查询、未关门提醒、设备与用户管理等多种功能。以指纹开锁为例，它预先将家庭成员的指纹存储起来，当用户访问时，指纹传感器采集用户指纹的特征信息，并传送给指纹识别芯片进行分析比较，如果用户拥有权限，在验证通过之后，指纹识别芯片输出控制信号驱动门控直流电机实现对门的控制，此时按下手柄，锁就被打开。如果用户没有相应的权限，则门不能被打开。



图 1-3 电子控制的门锁

讨论：机械弹子锁与电子控制的门锁在使用功能上有什么不同？

电子控制技术是运用电子电路实现控制功能的技术。近几十年来,电子控制技术的发展异常迅速,已成为推动新的技术革命的一种重要技术。随着材料科学、互联网、云计算、大数据以及人工智能等技术的快速崛起,电子控制技术如虎添翼,不仅在生活中为我们所用,而且被广泛用于工业、农业、医疗、军事、航空航天等领域。



案例分析

电子控制技术的应用

1. 智能扫地机器人

只要接通电源,按下功能开关,自动化家用电器就会按照使用者的具体要求,自动地进行工作。智能扫地机器人能模拟人扫地时的习惯,自动对房间大小、家具摆放、地面清洁度等因素进行检测,制定合理的清洁路线和清洁方式。扫地机器人还可以设定时间预约打扫,自行充电或者远程控制等。



图 1-4 智能扫地机器人

2. 自动生产线

一些产品的生产线使用了能够自动更换刀具和完成多道加工工序的数控车床,并将加工、检测、装卸等设备按照工艺流程连接起来,形成了自动生产流水线,从而提高了产品的质量,减少了原材料的消耗,改善了劳动条件,提高了劳动生产率。



图 1-5 微波炉全自动装配生产线

3. 农业温室

在温室厂房中,通过电子控制技术实现施肥配方、营养液滴灌、人工补充二氧化碳、自动送热,并对温、气、肥、水、光等植物生长要素进行自动调控,形成全年都能种植蔬菜、花卉的人工气候。



图 1-6 使用电子控制技术的农业温室

4. “神舟十号”与“天宫一号”在太空对接

2013年6月13日,我国“神舟十号”飞船与“天宫一号”目标飞行器



图 1-7 “神舟十号”与“天宫一号”实施交会对接



成功实现自动交会对接，其过程犹如在太空中穿针引线，如此精准的控制少不了电子控制技术的功劳。从火箭将“神舟十号”准确送入既定轨道开始，“神舟十号”就在一连串环环相扣的控制下开始了交会对接的旅程，直到两个航天器走到了彼此面前，伸出双手完成了太空中的完美对接。

讨论：电子控制技术还可以应用在哪些领域？



探究普通弹子挂锁内部控制结构

体验目的：

通过探究普通弹子挂锁内部结构，了解弹子锁控制开锁的原理，理解如何提高弹子锁的安全性。

情境展示：

张萌了解到弹子挂锁由于结构简单在生活中被广泛使用。弹子锁是如何做到一把钥匙开一把锁的？弹子锁的安全机制又是怎样的呢？

问题分析：

要理解并正确处理锁具的安全性问题，就要从剖析最基本的锁具结构入手，从原理上理解锁具与钥匙的配合关系。

活动准备：

材料与工具：普通弹子挂锁、什锦锉。

主要过程：

1. 观看图片或动画，了解弹子锁内部结构，理解锁具工作的原理。

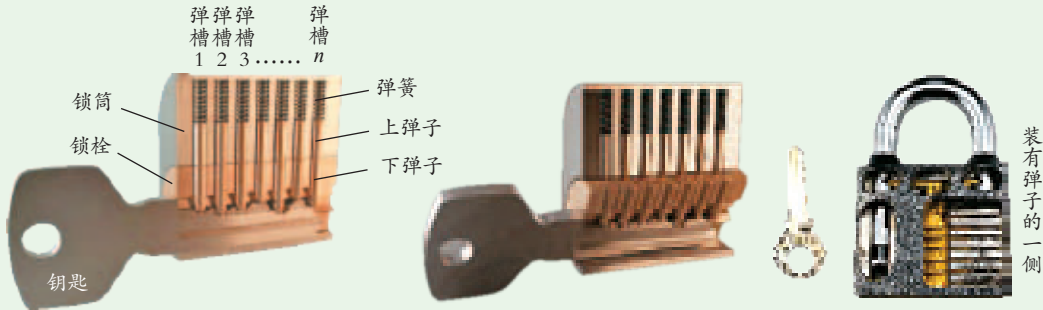


图 1-8 弹子锁内部结构

2. 实际操作验证弹子锁的开锁原理。

- (1) 用该锁原配钥匙和其他锁的钥匙分别试开该锁。
- (2) 用什锦锉锉开挂锁装有弹子一侧的表皮，露出多个铝封，拆掉铝封后，按顺序分别取出弹簧和弹子，观察各组弹子和弹簧长度是否相同。
- (3) 用该锁原配钥匙和其他锁钥匙分别试开取出弹子和弹簧后的挂锁，观察是否都能打开挂锁。

(4) 将各组弹簧和弹子打乱顺序分别再装入锁体。

(5) 用该锁的原配钥匙试开，观察是否能打开该锁。

讨论：弹子锁增加弹子的数量是否可以提高锁的安全系数？结合以上体验，谈谈提高弹子锁的安全系数还有什么方法。



马上行动

请你对周围的环境进行调查，结合自己的经历，谈谈生活中哪些技术应用经历了人工控制到自动控制的过程，以及这种变化带给人们的便捷。



任务二 探析电子控制系统的特点

普通机械锁由于结构简单，容易被技术开锁，钥匙也容易被复制，因此安全性不高。目前很多场所如办公大楼、宾馆酒店等都采用电子控制的智能门禁管理系统来控制门锁，既可统一管理所有门的开关，又提高了安全性。

以电子技术为核心的控制系统叫作电子控制系统。在电子控制系统中，有电阻、电感、电容等电子元件和二极管、三极管、集成电路等电子器件，它们相互作用、相互依赖，形成一个整体，以实现控制的目的。

例如，智能化的电饭煲具有煮饭、保温、定时、显示温度等功能，它是依靠电子控制技术实现控制的，属于电子控制系统；而普通电饭煲往往只具有煮饭、保温功能，是利用双金属片实现控制的，属于机械控制方式，不属于电子控制系统。

电子控制系统是通过控制器实现控制的。如电子调光灯系统，灯泡是被控对象，灯光的亮度是被控量，通过控制器（调光电子电路）对灯泡进行控制，实现灯光亮度的调节。又如停车场自动门禁系统，它是通过刷卡或车牌自动识别装置对被控对象（起落杆）进行控制，最终使被控量（起落杆的位置）发生变化。



图 1-9 停车场自动门禁系统



仿照例子，结合生活经验，填写下表。

名 称	被控对象	被控量	是否属于 电子控制系统	理 由
普通电熨斗	熨斗的底板	温度	否	控制温度的仅是一个 双金属片
智能电冰箱	冷藏室	温度	是	核心是一个集成电路



智能门禁控制系统

智能门禁控制系统可以对出入口通道进行智能管控，管理什么人在什么时间可以进出哪些门，并提供事后的查询报表等。

智能门禁控制系统是在传统的门锁基础上发展而来的，且早已超越了单纯的门锁及钥匙管理，它已经逐渐发展成为一套完整的出入管理系统。它在工作环境安全、人事考勤管理等行政管理工作中发挥着巨大的作用。

智能门禁控制系统集自动识别技术和现代安全管理措施为一体，由控制器根据指令集中控制多个门的开与关，是新型现代化安全管理系统。

智能门禁控制系统涉及电子、机械、光学、计算机技术、通信技术、生物技术等诸多技术。它是解决重要部门出入口实现安全防范管理的有效措施，适用于各种机要部门，如银行、宾馆、机房、军械库、机要室、办公间、智能化小区、工厂等。

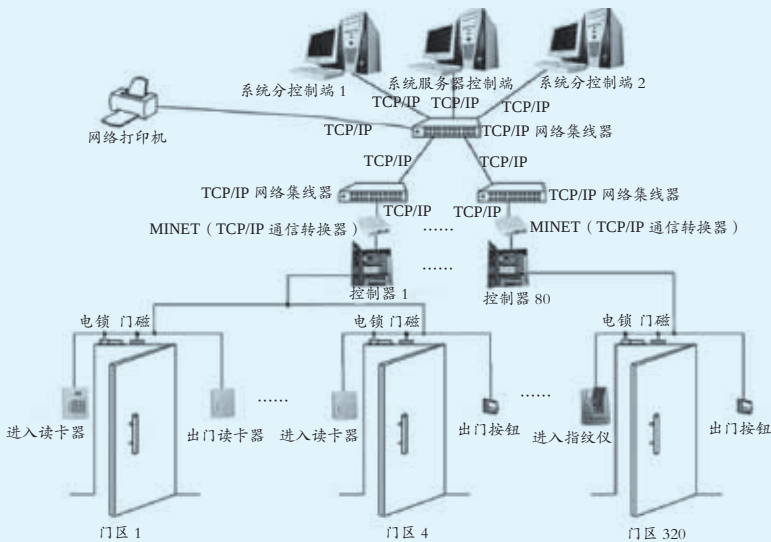


图 1-10 智能门禁系统

讨论：为什么说智能门禁控制系统中门锁的安全性比普通机械锁的安全性高？



拓展阅读

防盗门门锁安全级别划分

国家标准将防盗门门锁锁芯安全性分为A、B、超B三个等级。

A级是最原始也是最不安全的等级，A级锁芯的钥匙一般是平的，只有单面单排子弹槽，一些十字钥匙也归为A级，这样的锁只要两三分钟就能技术开启。

B级是较安全的等级，B级锁芯的钥匙是双面双排弹槽，这样的锁如果有工具，熟练工要10 min左右才能开启。

超B级是目前最安全的等级，这一等级锁芯的钥匙一般为双面双排弹槽，旁边还有一条叶片或曲线，开启采用这种技术标准设计的锁则需要280 min以上。



马上行动

仔细观察自己家门锁钥匙的形状特点，进一步查阅资料判断自己家门锁的安全级别，以及是否需要更换安全级别更高的门锁。



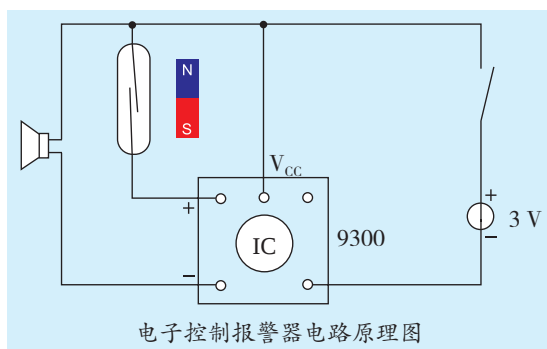
学习反思

如何选择安全性高的机械弹子锁？家庭适合安装智能门禁控制系统吗？



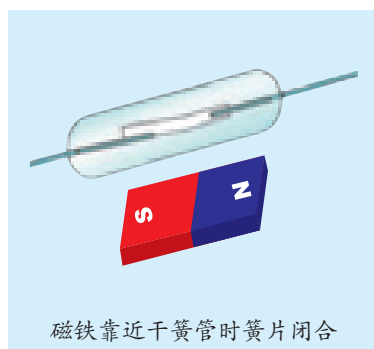
练习

1. 对比说明机械控制和电子控制的异同以及各自的优缺点。
2. 如图甲所示是由音乐集成电路、开关、干簧管、喇叭和电池等器件组成的电子控制报警器模型。请根据电路图甲在实验板上搭接电子电路。如果安装正确，当磁铁靠近干簧管时，簧片闭合，喇叭会发出报警声，如图乙所示。这个模型装置是一个电子控制系统吗？为什么？



电子控制报警器电路原理图

甲



磁铁靠近干簧管时簧片闭合

乙

二、电子控制系统的组成和工作过程



学习目标

- 任务一 认识指纹锁电子控制系统的组成和工作过程
- 任务二 探究电子控制系统的工作过程

1. 通过对机械锁和指纹锁控制系统的分析，能够说出电子控制系统的基本组成。
2. 能用方框图分析生活中常见电子控制系统的工作过程。
3. 能够完成“指纹锁电子控制系统模型”的制作。



走进情境

机械弹子锁的安全级别有高低之分，弹子的组合形式越复杂，锁的安全级别越高。张萌想要尽快把家里的 A 级门锁换成 B 级门锁，以提高锁的安全性。她转念又想：虽然门锁的安全性提高了，但是奶奶经常忘带钥匙的问题还没解决，如何才能做到不用钥匙就能开锁，且安全性又高呢？



任务一 认识指纹锁电子控制系统的组成和工作过程

了解电子控制系统的基本组成和它的工作过程，对于电子产品的设计、使用和维护都有着十分重要的意义。下面以手动方式和用指纹方式开锁的控制为例，说明电子控制系统的基本组成和工作过程。

传统机械锁需要人工手动用钥匙开锁，现代指纹锁利用电子控制技术可以实现用指纹自动控制开锁。这两者间的异同可以通过图1-11进行对比。

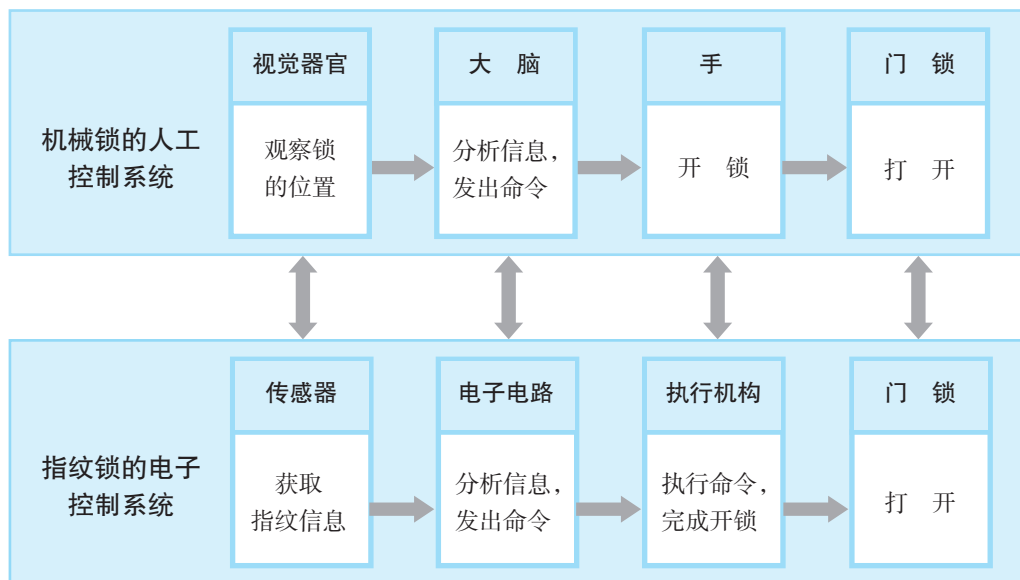


图 1-11 两种门锁控制系统的方框图对比

从上图的对应关系可以知道：两个系统都是先进行信息的收集，然后经过对信息的分析、判断，发出命令，再执行命令，闭合或者切断电路，从而达到控制目的。

两个系统虽然结构组成各不相同，但是各部分完成的功能十分相似。

电子控制系统一般可分为输入、控制（处理）和输出三个基本的组成部分。用方框图表示如图1-12所示（其中箭头表示信息传递方向）。

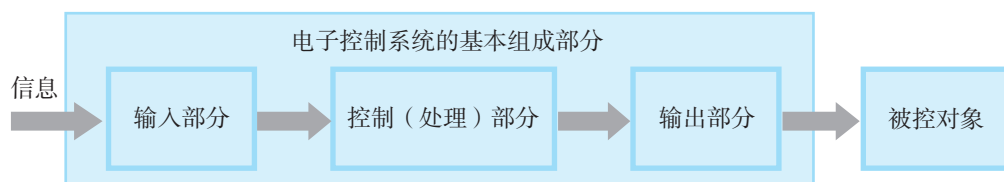


图 1-12 电子控制系统的组成方框图

输入部分 输入部分通常由各种传感器组成，输入信息可以有各种形式，可以是作用力，也可以是温度、湿度、磁场、光照强度等环境参数。

输入部分相当于人的感官，能将采集到的非电量变化转变为电量的变化。例如，手按动按钮开关，输入部分就把机械开关的通或断的非电量变化转变为电信号（电压或电流）的有或无的电量的变化。

控制（处理）部分 控制（处理）部分一般由具有各种控制功能的电子电路（或微处理器）组成。它的作用相当于人的大脑，它能对送入的电信号进行比较、分析和处理，并发出指令。

输出部分 输出部分一般由电磁继电器、伺服电机等多种执行机构组成。输出信号可以控制位移，如电磁继电器中衔铁的运动、电动机的转动等，也可以控制声音、光等，如扬声器中发出的音乐声。

输出部分相当于人的手和足，它的作用是执行控制（处理）部分的指令，进行某种操作，实现某种功能。

通过以上讨论与分析，可以将基本的电子控制系统的工作过程用图1-13表示。

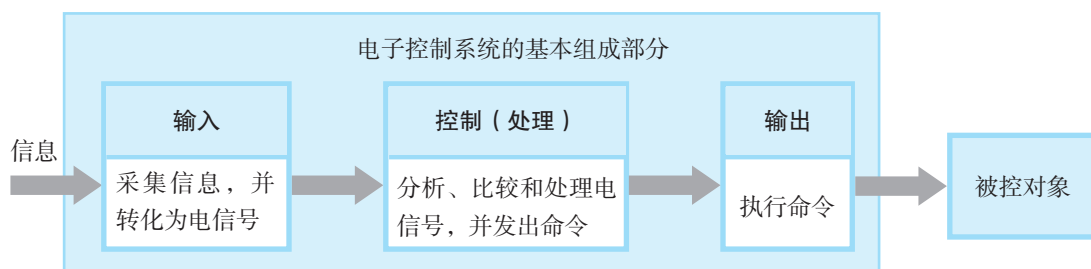


图 1-13 电子控制系统的工作过程



马上行动

分析下列电子控制系统的基本组成部分，并说出它们的简要工作过程。

电子控制系统名称	输入部分	控制（处理）部分	输出部分
指纹锁电子控制系统			
智能化的红绿灯电子控制系统			
全自动洗衣机进水电子控制系统			

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。如果使用方框图，往往可以在不十分了解系统内部结构细节的情况下，帮助分析有关的控制问题。



自动售货机能够根据投入的钱币（或进行无线支付）及所选择的商品自动出货，它也是由输入、控制（处理）和输出三个最基本的部分组成的。请根据设备组成，将自动售货机工作过程填写在横线内。

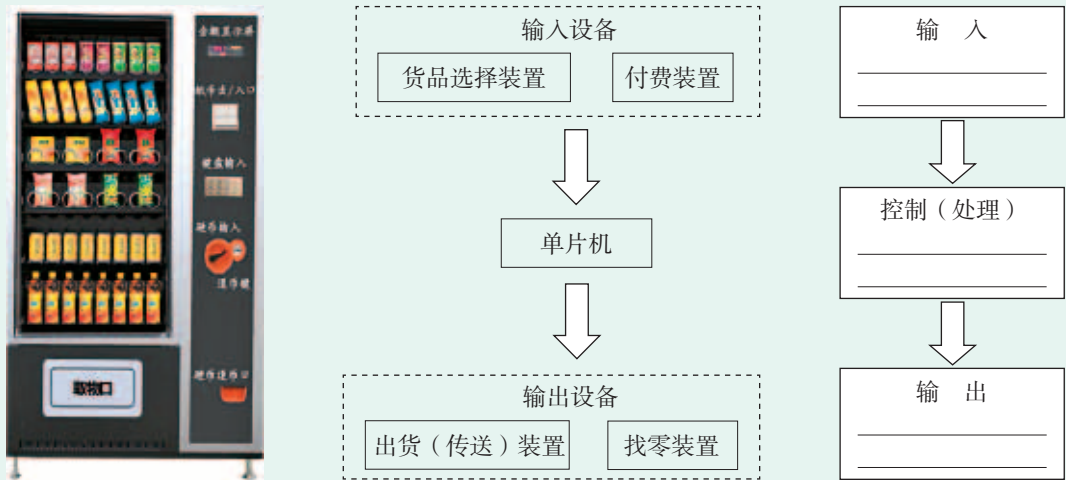


图 1-14 自动售货机设备组成示意图



任务二 探究电子控制系统的工作过程

电子控制系统用方框图表示，主要由输入、控制（处理）和输出三部分组成。



组装与测试指纹锁电子控制系统模型

- 体验目的：
通过组装指纹锁电子控制系统模型，加深对电子控制系统的组成和工作过程的理解。
- 情境展示：

奶奶年龄大好忘事，出门经常忘记带房门钥匙，如果把家中的机械门锁换成指纹开启的指纹锁，奶奶用指纹就能开锁，再也没有忘带钥匙的困扰了。那么指纹锁是由哪几部分组成的？又是如何工作的呢？

问题分析：

指纹锁由指纹采集模块、单片机集成块、显示屏、继电器、电磁锁、按键、线路板、电源等元器件组成。

工作原理：指纹采集模块通过图像传感器采集到指纹信息，传给单片机，单片机作为控制机构将采集到的指纹信息与指纹库中的指纹信息进行比较，验证其合法性。如果比对成功则发出开锁指令，指令传递给执行机构，由继电器吸合发出控制信号，从而控制电磁锁开锁，屏幕同时显示当前指纹的ID编号。如果比对不成功，单片机则发出控制指令，使蜂鸣器发出报警声，同时显示屏显示开锁失败。

活动准备：

材料：指纹锁电子线路板、指纹采集模块、电磁锁、5 V电源。

主要过程：

1. 组装指纹锁电子控制系统模型。

(1) 在线路板相应位置连接指纹采集模块。

(2) 在线路板继电器输出2P端子上连接电磁锁，并为电磁锁提供5 V电源。

(3) 为线路板提供5 V电源，按下线路板电源开关按钮。屏幕显示“search finger”“Add”和“delete”三个功能，分别是验证指纹、添加指纹和删除指纹，按下“选择”按钮可进行功能切换。

2. 测试指纹开锁过程。

(1) 添加开锁指纹到指纹库。

选择“Add”添加指纹功能，按“确认”按钮，屏幕显示“Add finger ID is 001”，按“确认”按钮，屏幕显示“please finger”，输入指纹，将手指放在指纹采集模块上，屏幕显示“Successful entry”，每个添加的指纹需要采集两次。成功后显示“Successful entry ID is 001”，表明当前采集到指纹库中的指纹编号为001号。

添加指纹功能可将多个指纹采集到指纹库中，每个指纹都有一个独立的ID编号加以区分，以保障全体家庭成员都能用自己的指纹来开锁。

(2) 用指纹验证开锁。

选择“search finger”搜索指纹功能，屏幕显示“please finger”，将已输入指纹库中的手指放在指纹采集模块上，观察屏幕是否显示“Search success ID is 001”，且电磁锁是否被打开。然后再用没有输入到指纹库中的手指进行验证开锁，观察系统有什么反应。

(3) 删除指纹库中的指纹。

选择“delete”删除指纹功能，按屏幕提示操作，探究删除指纹库中指纹的操作步骤。

讨论：结合指纹锁的开锁过程，分析其输入、控制、输出及被控对象分别是什么。

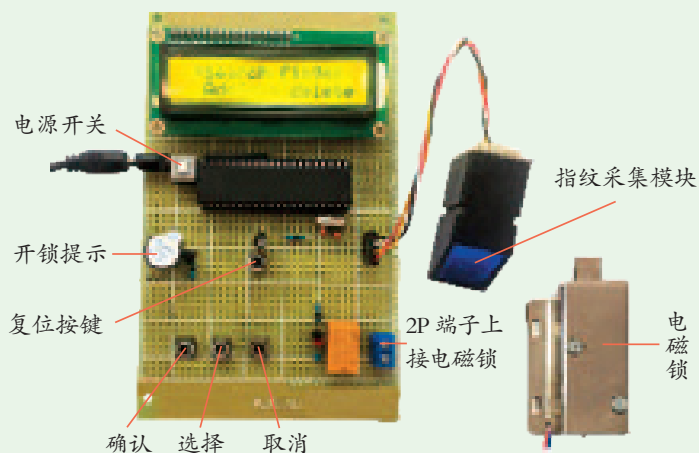


图 1-15 指纹电子锁实物图

 学习反思

与机械锁相比，指纹锁具有哪些优点？电子锁可以完全替代传统机械锁吗？

 练习

- 1. 在指纹锁电子控制系统中，能否把指纹采集模块更换为磁卡读取模块？如果只更换采集模块，其他部分不做改动，能实现磁卡自动开锁功能吗？为什么？
- 2. 仔细观察停车场门禁管理系统停车取车流程，填写下面方框图内容，并说明其工作过程。





三、开环电子控制系统和闭环电子控制系统

- 任务一 辨析开环电子控制系统及其应用
- 任务二 体验闭环电子控制系统及其应用



学习目标

1. 通过对电子控制系统的分析，能够说出反馈在电子控制系统中的作用。
2. 能够说明开环控制系统和闭环控制系统的区别，并会用方框图分析生活中常见电子控制系统的工作过程。



走进情境

指纹锁控制模型验证成功后，张萌受到很大鼓舞，她初步学习了电子控制系统的理论知识，了解了电子控制系统按控制信号的传输方式分为开环控制系统和闭环控制系统两类。指纹锁电子控制系统属于哪一类呢？



任务一 辨析开环电子控制系统及其应用

控制系统可分为开环控制系统和闭环控制系统。在电子控制系统中，根据信息有无反馈，可把电子控制系统分为开环电子控制系统和闭环电子控制系统。

■ 开环电子控制系统

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

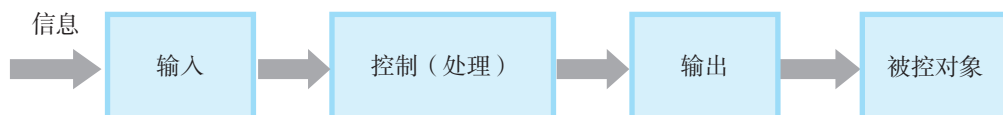


图 1-16 开环电子控制系统的组成方框图

由图可知，开环电子控制系统由输入、控制（处理）、输出三个部分组成，对控制系统的输出没有任何检测。

以声控灯为例，把声控灯装置作为一个电子控制系统，则灯泡是被控对象，灯泡的亮与灭是被控量，控制器是一个声控电路装置。用方框图对它进行分析，它的工作过程如图1-17所示：

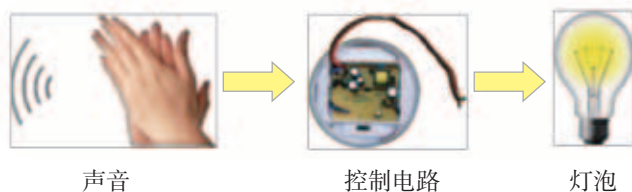


图 1-17 声控灯的开环电子控制系统

【输入】

拍手（声音），输入一个触发信号。

【控制（处理）】

声控电路经过触发后工作，产生一个电信号，使照明电路导通。

【输出】

灯泡被点亮。

从分析声控电路的工作过程可知，它的输出量（灯泡的亮度）的变化对系统的控制状态并不产生影响，即不存在反馈。所以，声控电路是一个开环电子控制系统。



马上行动

分析下列电子控制系统中的被控量、控制器和它们工作过程的共同点：
1. 声控灯系统；2. 路灯自动控制系统；3. 自动门。



技术体验

搭建自动控制路灯模型

体验目的：

通过制作自动控制路灯模型，加深对电子控制系统的理解。

情境展示：

张萌对光线昏暗时路灯自动点亮很感兴趣，想自己制作一个自动控制路灯模型。

问题分析：

路灯模型在环境照度不足时，能够自动点亮，而在环境照度充足时，又能自动熄灭，需要光敏元件实现自动控制。

活动准备：

材料：电阻 $R_1=10\text{ k}\Omega$ ， $R_2=100\text{ }\Omega$ ，光敏电阻 R_G ，发光二极管VD，三极管VT（9014），面包板，导线若干，3 V电源及电池盒。

工具：偏口钳、尖嘴钳等。

主要过程：

1. 在面包板上按照如图1-18所示的电路原理图搭建一个自动控制路灯模型。

2. 进行自动控制试验。

（1）模拟夜晚。用黑纸罩住光敏电阻 R_G ，外界光线照射不到光敏电阻时， R_G 的阻值变得很大，三极管导通，代表路灯的发光二极管就会自动点亮。

（2）模拟白天。当拿去遮光的黑纸，让强光照射光敏电阻 R_G 时， R_G 的阻值变得很小，三极管截止，发

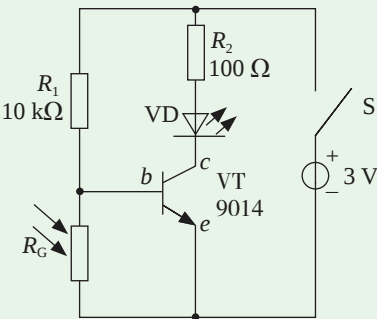


图 1-18 自动控制路灯电路原理图

光二极管就熄灭。

讨论：如何通过修改电路，将无光时发光二极管点亮，改变成有光时发光二极管点亮？尝试制作一个当“宝盒”开启时能够报警的产品。

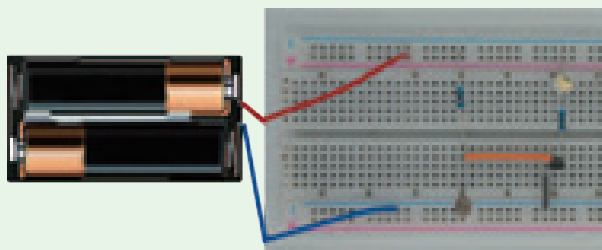


图 1-19 自动控制路灯模型面包板电路连接图



拓展阅读

面包板

面包板是电路实验的一种重要工具，它是一块纵横密布着很多插孔的长方形树脂板。

面包板由三部分组成：上电源区、中元器件区和下电源区。

上、下电源区：在面包板的上部和下部各有一行或者两行插孔构成的窄条。每行上有若干段，每段由5个孔组成。在插孔底部由一条金属夹片将数段插孔连接起来，即“同行相通，不同行则不通”。

中元器件区：在面包板中央凹槽两边各有30列插孔，每一列的五个插孔底部由一条金属夹片相连接，所以5个孔之间是相互导通的，即“同列相通，不同列则不通”。

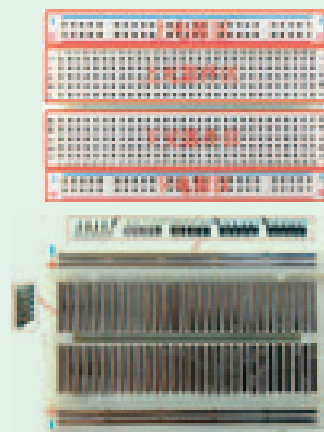


图 1-20 面包板结构图

开环电子控制系统一般结构简单，造价较低，适用于被控对象的状态比较简单、被控量的控制精度要求不高的情形，如上述声控灯只存在亮、灭两种状态。同样，指纹锁被控对象也只有开和关两种状态，也属于开环电子控制系统。



任务二 体验闭环电子控制系统及其应用

闭环电子控制系统与开环电子控制系统不同，它能对输出结果进行检测，并将检测信号反馈到控制（处理）部分，从而对系统的控制产生影响。闭环电子控制系统的组成方框图如图1-21所示。

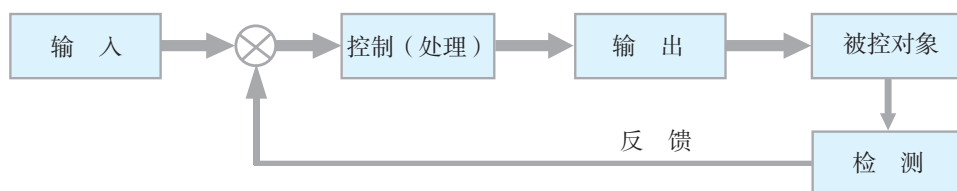


图 1-21 闭环电子控制系统的组成方框图

现在常见的家用电冰箱由压缩机、蒸发器和冷凝器组成，它们之间用一根管道相连接。管道里装着一种沸点很低的制冷剂。管道的底部安装着压缩机，使制冷剂不断地在管道里循环，如图1-22甲所示。

由于管道中有一小段十分狭窄的毛细管，限制了管道内制冷剂的流动速度，并使气态的制冷剂受到强大的压力，使之由气态变成液态，对外释放热量。当液态制冷剂通过毛细管进入电冰箱内部由较粗管道组成的蒸发器时，由于压力突然降低，制冷剂便由液态立即转变为气态，从而吸收电冰箱内的热量，使电冰箱内的温度降低，达到制冷的效果，如图1-22乙所示。

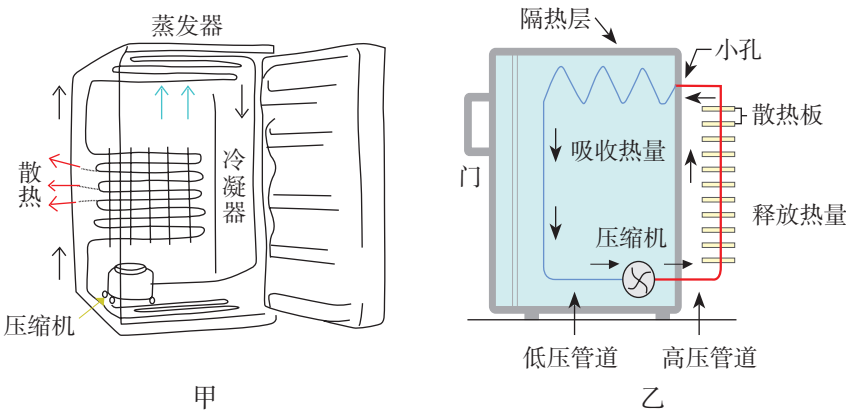


图 1-22 家用电冰箱的结构和制冷原理图

家用电冰箱电子控制系统利用反馈的方法实现电冰箱恒温控制，其闭环电子控制系统方框图如图1-23所示。

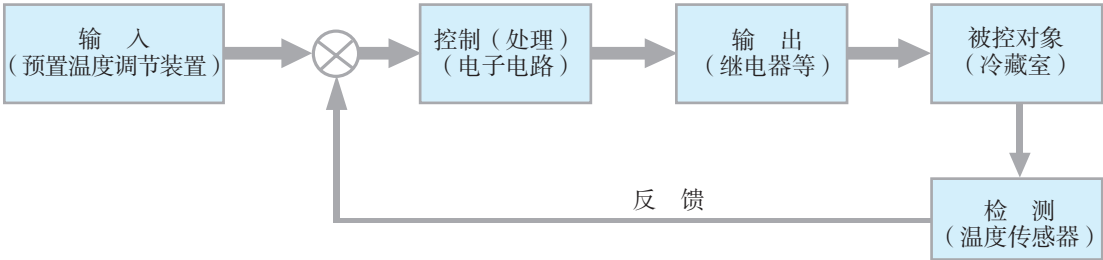


图 1-23 家用电冰箱的闭环电子控制系统方框图

【输入】

根据电冰箱内所放置食物的保存要求，预先设置一个恰当的冷藏温度。

【控制（处理）】

控制（处理）部分由电子电路组成，其核心部件是一个微处理器，能够对预先设置和输出中检测到的电信号进行比较、分析和判断，并发出指令。

【输出】

输出部分由电磁继电器等组成。当其接到“接通”压缩机电路的操作指令时，电磁继电器接通压缩机的工作电路；当其接到“停止”的操作指令时，电磁继电器便断开压缩机的工作电路。

【检测与反馈】

检测与反馈部分主要由温度传感器组成。温度传感器放置在家用电冰箱的冷藏室内，它将检测到的电冰箱冷藏温度转变为电信号并反馈到电子控制系统的控制（处理）部分。当接通电冰箱的电源后，控制电路命令执行器接通压缩机工作电路，制冷剂不断地在管道中循环，吸收电冰箱内的热量，使电冰箱内温度下降。同时，电冰箱冷藏室内的温度传感器不断检测电冰箱内的温度，并把温度变化的电信号反馈到控制（处理）部分，控制（处理）部分不断地对预置温度和反馈的温度变化进行比较、分析和处理。当电冰箱内温度达到预先设置的温度时，控制（处理）部分立即发出指令给电磁继电器，继电器立即切断压缩机工作电路，电冰箱内制冷工作停止，使电冰箱内温度不再下降。

由于存在电冰箱外温度较高、经常开门等干扰因素，电冰箱冷藏室无法一直保持预置温度。当电冰箱内温度回升并超过预置温度时，电子控制电路又发出指令，使电磁继电器接通压缩机工作电路，压缩机重新工作并进行制冷。如此往复循环，使电冰箱内能始终保持恒定温度。

从家用电冰箱的制冷工作过程可以知道，家用电冰箱的电子控制系统是闭环电子控制系统。



马上行动

列举你身边的开环电子控制系统和闭环电子控制系统的例子。

开环电子控制系统：_____、_____、_____。

闭环电子控制系统：_____、_____、_____。



思维碰撞

闭环电子控制系统与开环电子控制系统相比有什么优点？

在家用电冰箱的工作过程中，电子控制系统是运用反馈的方法实现温度控制自动化的。目前，反馈被广泛应用于自动控制中，从简单的水位控制、恒温控制，到复杂的潜艇、无人驾驶的汽车、人造卫星和宇宙飞船，都离不开反馈。



学习反思

学校里每天都用扩音机播放音乐做广播体操，扩音机的电子控制系统是开环电子控制系统还是闭环电子控制系统？判断的依据是什么？

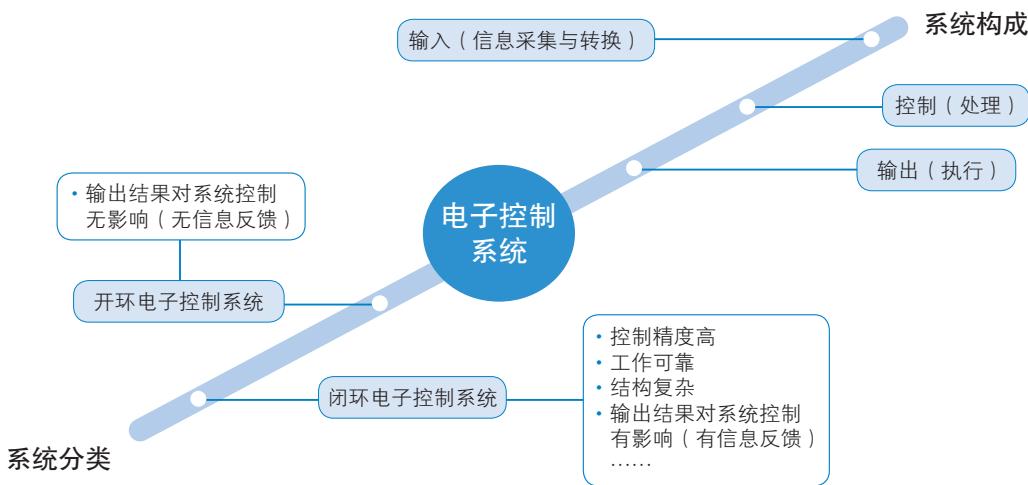


练习

1. 根据开环电子控制系统和闭环电子控制系统的区别，判断电子表、电取暖系统、空调、程序控制洗衣机、可调亮度的台灯、智能洗衣机、电热水器等电器的电子控制系统的种类。
2. 观察你周围的电子产品，查阅说明书等有关资料，找出一个由闭环电子控制系统构成的产品，画出该系统方框图，分析它是如何运用反馈来实现自动控制的。



本章小结



综合实践

1. 有人认为电子控制技术在生产中的广泛应用以及人工智能的快速发展，将引起工人的大量失业，因此电子控制技术在生产中的应用应当受到限制。请在收集相关资料的基础上写一篇短文，陈述你的观点，也可就此举行一次辩论会。
2. 全班组织一期以“电子控制技术及其应用”为主题的墙报或班会活动。
具体要求如下：
 - （1）全班确定几个专题，专题内容原则上要求围绕本章内容进行选择，如智能控制的门禁系统、智能无人仓库、宇宙飞船中的自动控制系统和不用任何钥匙的人体指纹识别锁等。
 - （2）根据专题内容自愿组成小组，小组内应既有分工又有合作。
 - （3）专题内容要求资料精而新，通俗易懂，图文并茂，并能密切结合学到的知识和方法。
3. 根据本章中学到的知识和技能，提出设计一件以电子控制技术为核心的作品的构想。

第一章

学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
能概括电子控制技术的含义，列举其在生产和生活中的应用案例（TA）			
能描述电子控制系统的基本组成及其之间的作用和联系（TA、ET）			
能用方框图分析常见的电子控制系统的工作过程（ET、TD）			
能辨析开环控制系统和闭环控制系统（TA、ET）			
说明 TA——技术意识，ET——工程思维，ID——创新设计，TD——图样表达，CM——物化能力			

在平台中完成自我测试	
测试成绩	
存在的主要问题	



第二章 电子控制系统信息的获取与转换

- 一 辨识常用传感器
- 二 传感器的应用

《封神演义》第九十回《子牙捉神荼郁垒》开篇诗曰“眼有明兮耳有聪，能于千里决雌雄”，称赞的是两位护法神千里眼、顺风耳，《武王伐纣平话》卷下亦云“二人别无一能，只除远近皆闻皆见”。千里眼、顺风耳在我国民间名气很大，是因为二神的非凡神力与人类自身的感官——视觉、听觉有关。古人的奇思妙想反映了人们想要发展自己感官、拓展自己能力的美好愿望。

古人精彩的设想今天已成为现实。现在，利用电子控制技术，我们能在寻常家庭与大洋彼岸的亲朋好友进行视频聊天，能在地面控制中心对太空中宇航员的身体状况和生活环境进行实时监控。对此，传感器将会告诉我们其中的奥秘。

一、辨识常用传感器

- 任务一 探寻人与传感器的关联
- 任务二 检测常见传感器



学习目标

1. 通过感知活动，列举常见的传感器。
2. 通过案例分析，概括传感器的作用。
3. 能对传感器进行简单测试，并可以举例说明电阻式传感器的变化规律。



走进情境

陈婷同学对园艺非常感兴趣，通过查阅资料，她了解到不同植物对光照、水分、环境温度等有不同的要求。园丁往往根据自己的感觉和经验进行栽培，同学们认为这种方法虽然有一定的借鉴意义和参考价值，但是缺乏科学依据，可靠性不够，也不能大面积推广。有没有更简便、更科学的方法能够精准获得这些数据呢？老师告诉她，可以借助传感器来获取这些信息。那什么是传感器？传感器是怎样工作的呢？



任务一 探寻人与传感器的关联

人依靠眼、鼻、耳、舌和皮肤等感觉器官随时随地地获取外界信息，这些信息经过神经细胞传到大脑，从而辨别出物体的特征，如声音、色彩、光亮度、气味和味道等。那么，电子控制系统是如何感知外界信息的呢？



案例分析

无人驾驶汽车中的传感器

随着人工智能技术的日趋成熟，无人驾驶汽车正向我们走来。

无人驾驶汽车是怎么行驶的？无人驾驶原理其实和人工驾驶非常相似，使用了多种传感器相互作用替代了人类的感觉器官。例如，人类用眼睛观察路况，而无人驾驶汽车则是使用激光雷达、超声波雷达、电磁波雷达、摄像头、GPS等传感器来观察路况确定位置。我们用大脑做判断，无人驾驶汽车用计算机作为控制器来判断。我们通过手脚控制车辆方向、加速和刹车，无人驾驶汽车根据计算机的输出控制车辆的运行。

随着科学技术的高速发展，传感器朝着更加智能化、微型化、多功能化、网络化等方向全速前进，由此也推动与之相关的无人驾驶汽车更加机动、安全。

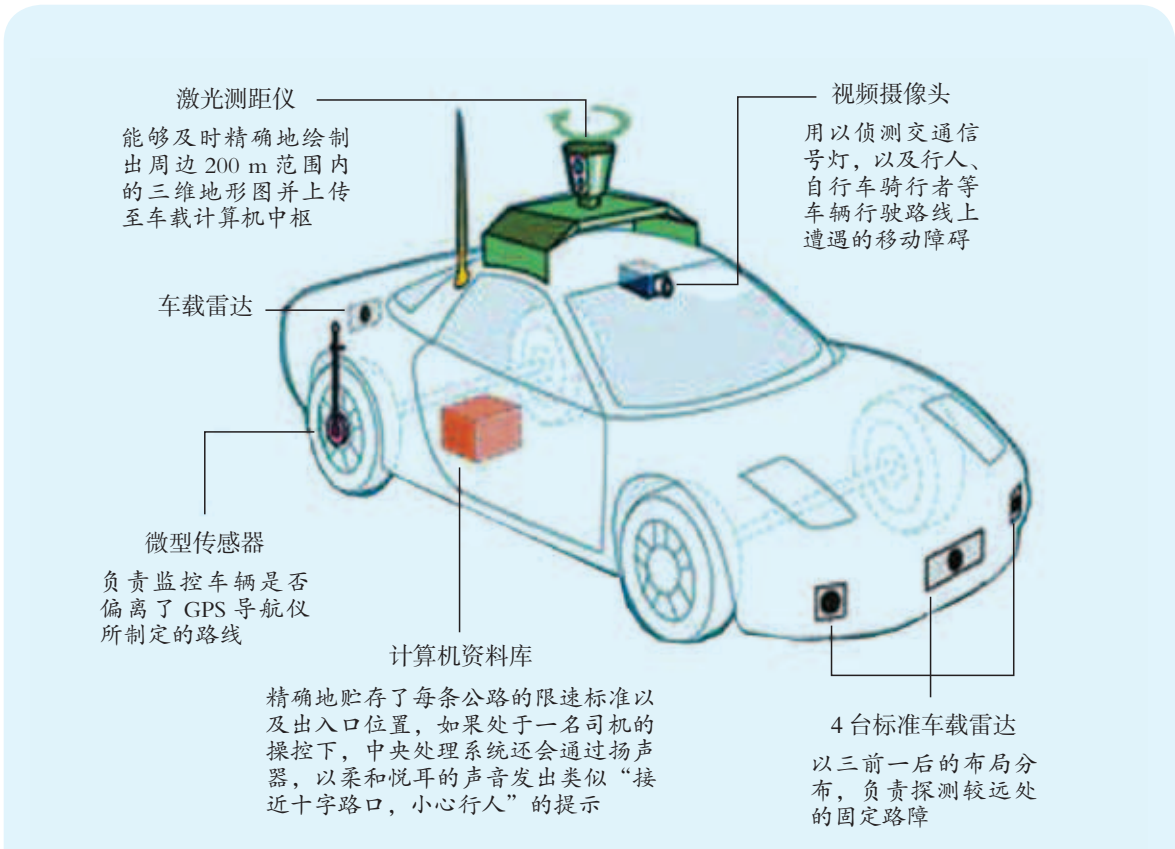


图 2-1 无人驾驶汽车传感器分布图

讨论：无人驾驶汽车还需要检测哪些外部信息？它是怎么做到的？

电子控制系统采用了各种敏感电子元件。这些敏感电子元件可以模拟人的感觉器官，还可以更为准确地获取外界信息，以便处理。这些敏感电子元件就是传感器的重要组成部分。

传感器是将非电量转换为与之有确定对应关系的电量输出的一种装置。

在电子控制系统中，传感器是必不可少的元件，是电子控制系统获取外部信息的唯一途径。有的传感器就像人的眼睛，可以“看到”光线的强弱；有的传感器则像人的皮肤，可以“感受”到温度的变化；还有一些传感器可以充当人的耳朵，“听到”声音并加以辨别；而鼻子的功能也可以用传感器实现，这种传感器能敏锐地“嗅”出各种气味。

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的非电量信息并转换为电信号，通过输出部分输出。敏感元件的种类繁多，内部结构也各不相同，通常它们是被密封起来的，从外形上不容易观察到其内部结构。

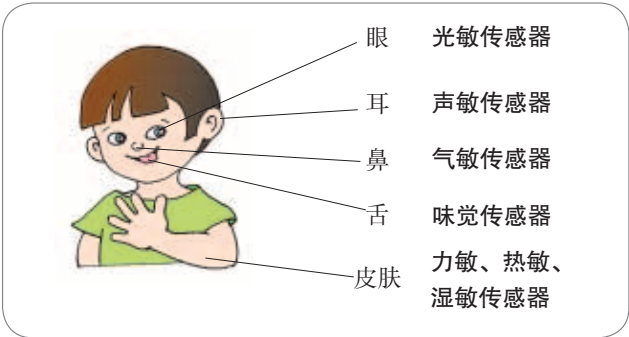


图 2-2 与人的感觉器官对应的传感器



拓展阅读

宇航员身上的传感器

“坐地日行八万里，巡天遥看一千河。”我国第一位进入太空的宇航员杨利伟遨游在遥远的太空时，地面上的医生怎样才能时刻了解他在宇宙飞船里的身体状况呢？

原来，在飞船舱里和杨利伟身上都安装着多种传感器以获取有关信息，再通过计算机和通信系统将获取的有关信息传送到地面控制中心。

随着科技的进步，越来越多的传感器能获取人类感官无法获得的大量信息。



图 2-3 宇航员遨游太空

作为信息来源，传感器在电子控制系统中是必不可少的重要元件。在电路中，通过它获取外界的信息，再转换为电信号传输给控制电路去处理。在电子控制系统中，不同的传感器可以用来收集不同的变化信息，并把它们转换为电流、电压等电信号的变化，以便于传输、处理、存储和输出。

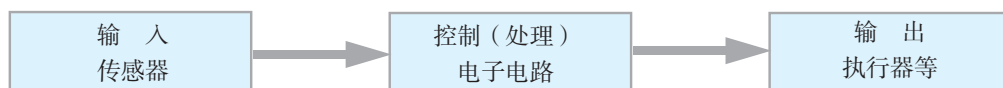


图 2-4 电子控制系统的基本组成部分



案例分析

气敏传感器及其应用

气敏传感器是一种获取气体信息并转换为电信号的元件。它能对气体作出检测、判别，特别是对那些有毒气体，如液化气、煤气、天然气等。

利用不同的半导体材料对不同气体的反应特征，可以制造出各种不同的气敏传感器。它们多数采用金属氧化物半导体材料制成，当气体吸附在半导体表面时会导致材料电阻率的变化，从而检测出气体的浓度。

交警使用的酒精浓度测试仪就是利用了气敏传感器，用它可以测试驾驶员呼出气体里的酒精浓度，从而判断是否为酒后开车。还可以将气敏传感器安装到自动报警系统中，检测周围环境有害



图 2-5 酒精浓度测试仪



气体的浓度，当有害气体浓度超过一定指标时，气敏传感器接通报警系统，提醒人们迅速采取措施。

讨论：生活中还有哪些场合会用到气敏传感器？

 马上行动

填空：

力敏传感器	接受_____信息，并转换为电信号
_____	接受声音信息，并转换为电信号
位移传感器	接受_____, 并转换为_____
超声波传感器	接受_____, 并转换为_____

 拓展阅读

可穿戴设备中的传感器

可穿戴设备是指直接穿在身上，或者整合到用户衣服或配件中的一种便携设备。它可以通过软件支持及数据交互、云端交互来实现强大功能。可穿戴设备能接受输入、处理该输入，并可与手机应用程序连接，为用户提供有意义的、专属的、个性化的数据和软件服务。这些功能的实现离不开传感器。例如，运动手环中的加速度传感器可以跟踪运动情况，区分步行和其他运动数据，并将这些数据进行处理，生成有关给定时间段内的运动情况报告，为人们的锻炼提供可靠依据。



图 2-6 可穿戴设备



任务二 检测常见传感器

为了确定传感器质量的好坏，我们必须对它进行检测。

光敏电阻是一种电阻性传感器，它将获取的外界光线变化的信息转换为电阻阻值变化的信号，可以用来检测光的强度。因其具有体积小、质量小、性能稳定和价格低等优点，得到广泛应用。

对于光敏电阻这类电阻性传感器的检测，在精度要求不高时，可以用多用电表测量它的电阻值随外界信息变化而变化的情况。



技术试验

用多用电表检测光敏电阻的特性

试验目的：

学会使用多用电表检测光敏电阻。

情境展示：

陈婷家种植了一盆文竹，妈妈告诉她文竹不能在阳光下暴晒，陈婷想：怎么样才能检测光照强度呢？

问题分析：

用技术试验的方法检验光敏电阻的参数，要了解光敏电阻的特性，关注技术试验的流程和方法、数据的记录和整理、结果的统计和分析与误差等问题。

试验准备：

光敏电阻 R_G 、多用电表、电阻 R 、干电池、开关 S 、导线、面包板。

试验过程：

(1) 按图2-7所示连接电路。

(2) 断开开关，在不同的光照条件下，用多用电表测量光敏电阻的阻值，记录在下表中。

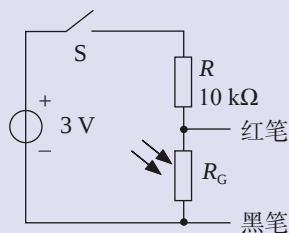


图 2-7 测量光敏电阻阻值电路原理图及实物图

光照情况	手遮盖光敏电阻的受光表面	光敏电阻的受光表面暴露在教室的自然光下	太阳光照射光敏电阻
电阻值/ Ω			

(3) 闭合开关，在不同的光照条件下，用多用电表测量光敏电阻的电压值，记录在下表中。

光照情况	手遮盖光敏电阻的受光表面	光敏电阻的受光表面暴露在教室的自然光下	太阳光照射光敏电阻
电压值/V			

讨论：

1. 通过比较所测电阻值或电压值的变化，说明外界光线的强弱与电阻、电压变化的关系；
2. 通过试验，总结用多用电表检测光敏电阻的方法。

拓展阅读

光敏电阻结构

如图2-8所示为光敏电阻结构图。它由光导电膜（由光电导材料硫化镉CdS构成）和电极两部分组成，其顶部有一个光感应窗。当光线经光感应窗照射时，其电阻值就减小。当用强光照射时，其电阻值可减小至几百欧，而在黑暗中它的电阻值可达到10 MΩ。光敏电阻的这种特性使它适用于探测光照强度的变化。光敏电阻演示电路图如图2-9所示。

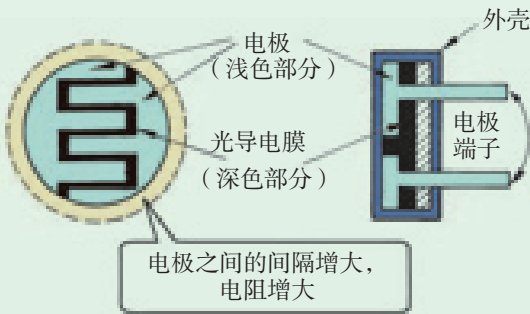


图 2-8 光敏电阻结构图

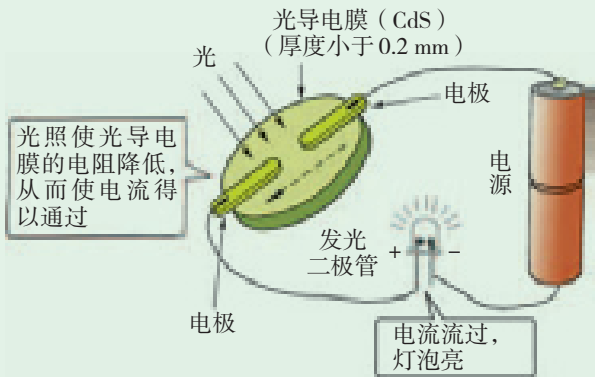


图 2-9 光敏电阻演示电路示意图

热敏传感器又称温度传感器，它是利用材料的热敏特性，将温度的变化量转换成电信号变化量的器件，是一种常用传感器，主要有利用温差导致热电动势（即热电效应）制成的热电偶、利用半导体材料温度特性制成的热敏电阻、集成化温度传感器和利用液体膨胀效应制成的温度计等。

技术试验

用多用电表检测热敏电阻的特性

试验目的：

认识热敏电阻并了解其作用，了解并探究温度测量原理，学会使用多用电表检测热敏电阻。

情境展示：

多肉植物喜欢温暖的环境，陈婷和同学们都十分喜欢这些“小肉肉”。为了照顾好它们，陈婷和同学们对它们周围的温度特别关注。

问题分析：

用技术试验的方法检验热敏电阻的参数，首先需要了解热敏电阻的特性，从而体会技术试验的重要性；其次还应关注技术试验的流程和方法、数据的记录和整理、结果的统计和分析与误差等问题。

试验准备：

带防水型探头热敏电阻、串联电阻 R 、干电池、多用电表、温度计、烧杯、开关 S 、冷水、热水、铁架台、导线、面包板等。

试验过程：

1. 按图2-10所示连接电路。
2. 烧杯中先放入50 mL冷水，准备100 mL热水分5次加入。
3. 用温度计分别测量冷水和5次加热水后的温度值。同时用多用电表分别测量热敏电阻 R_T 在上述6种不同温度下的电阻值（测电阻值时把开关断开）和相应的电压值（测量时，热敏电阻两端的裸露引线应离开水面）。
4. 把测得的数据填写在表格中，并在坐标图中描点画线。

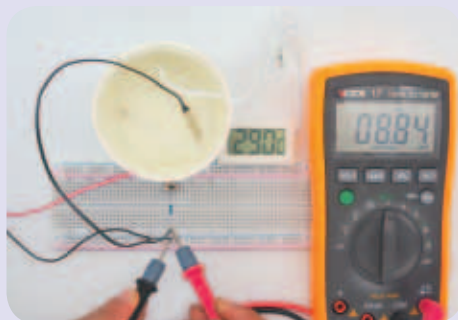
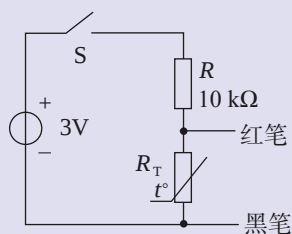


图 2-10 检测热敏电阻电路示意图及实物图

	冷水	加20 mL 热水	加 40 mL 热水	加 60 mL 热水	加 80 mL 热水	加100 mL 热水
温度 / $^{\circ}\text{C}$						
电阻值/ Ω						
电压值/V						

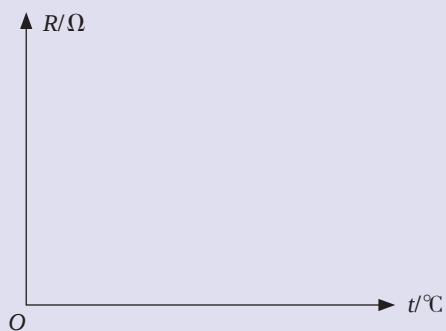


图 2-11 不同温度下热敏电阻阻值

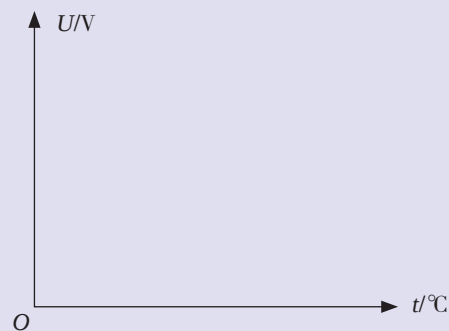


图 2-12 不同温度下热敏电阻两端的电压值

5. 分析热敏电阻阻值和电压值随温度变化的规律。

讨论：

1. 测量时，为什么要求热敏电阻两端的裸露引线应离开水面？
2. 若将此装置用作温度计，探究其温度测量原理。
3. 任何测量系统都会有测量误差，请分析影响此测量精度的因素有哪些。

拓展阅读

热敏电阻

热敏电阻主要由热敏探头（芯片）、电极引线和壳体等组成。其结构形式有圆片形、薄膜形、杆形、管形、平板形、球形和垫圈形等。

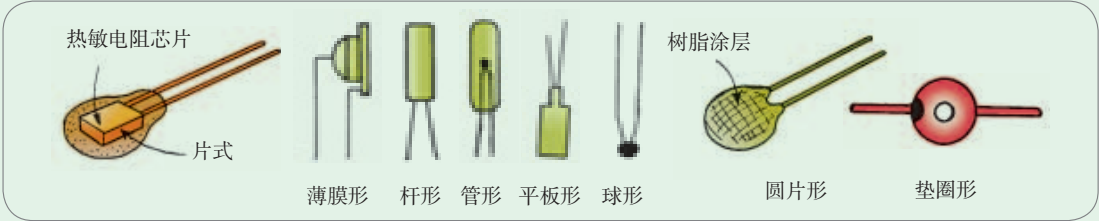


图 2-13 热敏电阻结构和外形

对非电阻性变化的传感器，一般通过一个合适的电路来测量其电流或电压的变化。通常在测量时因为电流变化太小，测量不方便，更多时候要通过多用电表测量电阻两端的电压变化来进行。需要说明的是，在测量精度要求很高时，要用专门的检测方法。

学习反思

在使用多用电表测量传感器中，要注意哪些事项？

练习

1. 人五官的功能分别与你知道的哪些传感器相对应？请把它们填入下表。

感觉类型	传感器	感觉器官	信息内容
视觉			光、图像、色彩
听觉			
触觉	位移、压力		
	热		
嗅觉			

2. 农作物在生长过程中对土壤湿度有一定的要求，可以用湿敏传感器来检测土壤的湿度，以便及时调整。请用裸铜线制作一个简易的湿敏传感器，用它检测容器内土壤的湿度，并通过多用电表观察其电阻值或两端的电压值随土壤湿度变化而发生的变化。

注：两根铜线必须相互靠近但不能接触。

3. 请做以下小试验：用滤光片（也可用不同颜色的透明纸）盖在光敏电阻上，仍用第27页“拓展阅读”中光敏电阻演示电路图，记录盖有不同滤光片时的电流值。则用哪种颜色的滤光片时电流值最大？对硫化镉光敏电阻而言，是不是用黄绿色滤光片时电流值最大？为什么？



二、传感器的应用

- 任务一 辨析传感器的类型
- 任务二 体验传感器的应用
- 任务三 制作土壤湿度测试器



学习目标

1. 通过案例分析，认识常见的传感器，并能说出它们的作用。
2. 通过案例分析，知道传感器的应用，并能列举出常见的传感器。
3. 通过体验土壤湿度测试器的制作、测试过程，加深对传感器的认识，实际感受传感器的作用。



走进情境

经过学习，陈婷准备利用传感器制作一个土壤湿度测试器，以便进行科学种植。为此，需要做哪些准备呢？老师启发她不仅要了解传感器的类型和应用，认识电路符号，而且要掌握锡焊技术。



任务一 辨析传感器的类型

传感器的种类和用途很多，被广泛应用于工业、农业、军事、环境保护和日常生活等各个领域。



案例分析

红外测温仪

当物体的温度高于绝对零度（ $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）时，都有与温度有关的红外线向外辐射。使用热敏传感器将红外辐射的能量分布转换成电信号，进而进行温度测量的仪器，就是红外测温仪。

在传染病高发期间，为了防止疫情蔓延，学校、医院、车站、码头等公共场所，人们用手持测温仪测体温，检测出体温异常者。

这种测温方法属于非接触式测量，还常用于一些不方便直接测量的场合，如遥远恒星表面温度的测量等。

讨论：炼钢炉中，钢水的温度可达1 000多摄氏度。要检测灼热的钢水的温度，能否使用热敏传感器直接测量？若能，怎样测量？



图 2-14 医务人员正在检测旅客的体温



常用的传感器有光敏传感器、热敏传感器、磁敏传感器、声敏传感器、湿敏传感器、气敏传感器、力敏传感器和位移传感器等。由于它们各自的材料不同和结构上的差异，它们所转换的信息也各不相同。通常，每一类传感器有一个区别于其他类型传感器的电路符号，但是同一类型传感器的外形又可能是多种多样的。

常见传感器的结构图与电路符号

传感器类型	传感器名称	结构图	电路符号
光敏传感器	光敏电阻		
热敏传感器	热敏电阻		
湿敏传感器	湿敏电阻		
磁敏传感器	干簧管（常开型）		
气敏传感器	电阻式气敏传感器		
声敏传感器	驻极体话筒		
力敏传感器	电阻式应变片		
位移传感器	电容式位移传感器		

 思维碰撞

火星探测器已登上了火星，并对火星进行了探测。你认为火星探测器上需要使用哪些传感器？

任务二 体验传感器的应用

传感器可以用于科学测量，提高了检测的精确性和可靠性。由于传感器转换的电信号与它获取的信息有严格的一一对应关系，而且用它来测量准确性较高，多次重复测量结果之间误差很小，这是人靠感官判断所无法做到的。

案例分析

温、湿度传感器

在农村棉花收购时节，收购者需要检测棉花的温度和湿度，以便确定收购的等级和价格。那么，对大批量的棉花而言，如何检测其温度和湿度呢？

我们可以使用温、湿度传感器。温、湿度传感器是多功能传感器，由一些特殊的材料做成，如 $\text{Mn}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ 半导体陶瓷器件，其中的两个传感器可以分别测出棉花的温度和湿度值。它比人的感觉更精确、快速，更具稳定性。

讨论：为什么传感器比人的感觉系统精确性、可靠性更好？

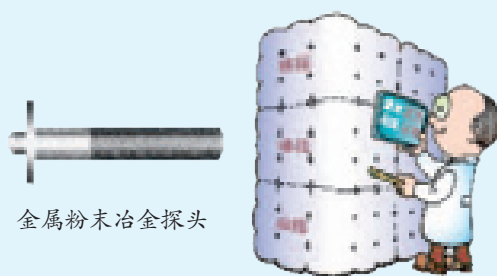


图 2-15 温、湿度传感器

对于一些简单的重复性工作，工作时间一长，人们容易疲劳，甚至导致工作失误。传感器可以在减轻人们工作强度的同时，作出更精确、更快捷的判断。

案例分析

自动计数

在一些企业的高速流水线，如果用人来观察并对产品计数，虽然是简单重复的工作，但是容易使人疲劳和出错。采用自动计数装置就可以解决此问题。

右图表示一条能自动计数的传送带，在传送带的两侧分别安装光源和光敏传感器，当被测瓶子位于光源和传感器之间时，传感器无光照，否则便有光照，这样通过它输出的电信号的变化便可计数。若瓶子是透明的，则同时可检测液位或液体的混浊度。

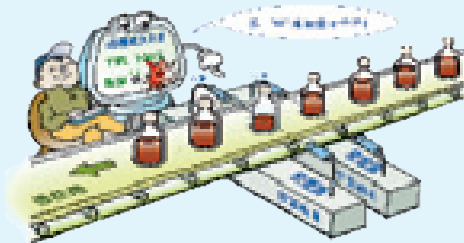


图 2-16 自动检测计数传送带

如果把光源和传感器安装在传送带同一侧，利用光的反射同样可以进行检测。

讨论：在自动检测传送带上，若要利用光的反射原理检测瓶子上是否有瓶盖，应如何安装传感器？



马上行动

就你的经验而言，日常生产和生活中哪些重复性工作可以用传感器做帮手呢？

人可以通过感官来获取外界的信息，但一些环境对人体有害或者人无法适应，如高温、高压、有毒、有辐射的环境，还有一些环境是人无法到达的，如人体内部。在这些情况下，我们更需要用传感器来获取信息。



案例分析

B超的奥秘

我们小时候都喜欢听美猴王孙悟空钻到铁扇公主肚子里翻筋斗的故事。在过去，这些行为只是人们的想象，而现代科学技术使医生对内脏病变能明察秋毫。

当病人到医院就诊时，如果病情不是很明显，医生通常会让人做B超检查。那么，B超为什么能检测体内病变呢？

B超的探头实质上就是超声波传感器（声敏传感器）。

超声波有两个重要特性。一是它的方向性好。它的频率比音频高，遇到物体后超声波会反射，物体的密度不同，反射程度也不同，通过接收和处理反射波，就可以知道物体的方位和距离。二是它在水里能传播很远的距离，约是在空气中传播距离的1 800倍。光和电磁波在水中很难传播，所以超声波便成了探测水中物体的优选载体了。因为人体组织内部有水分，所以它很适于检测人体内部的病变。

讨论：超声波传感器还可以用在哪些场合？



图 2-17 B 超检查



拓展阅读

干手器

过去人们洗手后大多用毛巾擦拭，现在用干手器吹干，既方便又卫生。

干手器的出风口处安装了电容感应电路。因为人体是导体，当湿手靠近干手器的出风口



拓展阅读

时，感应电路的电容量发生变化，导致控制电路输出电压变化。接着，电磁继电器常开触点闭合，接通风扇与加热器的电源，手上的水很快就被吹干。当手移开后便又恢复原来状态。



图 2-18 干手器

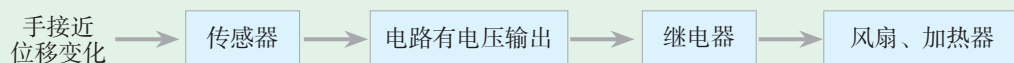


图 2-19 干手器的工作过程



任务三 制作土壤湿度测试器

制作任何一件电子作品，锡焊、调试和装配都是重要的技术环节，其中锡焊技术需要反复实践，不断积累经验。

手工锡焊基本操作可总结为以下五个步骤，即手工锡焊五步法。

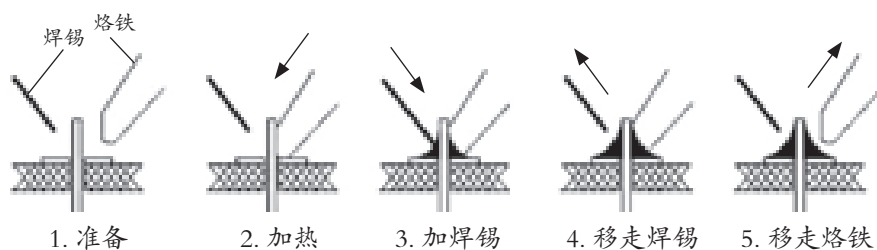


图 2-20 手工锡焊五步法



马上行动

材料：电阻、三极管、电路板、焊锡。

工具：电烙铁、烙铁架、偏口钳。

- 步骤：1. 将电阻、三极管各引脚插入电路板。
2. 用电烙铁分别对各元件引脚进行焊接。
3. 检查焊接质量，剪断多余引脚。



图 2-21 焊接

拓展阅读

电路焊接工具及辅助材料

电烙铁是手工锡焊的主要工具，由发热部分、储热部分和手柄组成。电烙铁把电能转换为热能，对焊盘附近金属进行加热，同时熔化焊锡，使液态焊锡将元器件与焊盘结合，待焊锡冷却后元器件与焊盘形成牢固的连接。电烙铁可分为外热式电烙铁、内热式电烙铁、恒温电烙铁、吸锡烙铁等。

焊锡是在焊接线路中连接电子元器件的焊料。在电子制作中常使用线状松香芯焊锡丝，即在空芯焊锡中加入松香和少量的活性剂制作而成。现在为了保护环境并根据相关标准，大多数电子产品已开始采用无铅焊锡焊接。



内热式电烙铁 外热式电烙铁 吸锡器

图 2-22 焊接工具

技术体验

制作土壤湿度测试器

体验目的：

通过制作土壤湿度测试器，实际感受传感器的应用和体验电子作品的制作过程。

情境展示：

陈婷家里种植了不少花卉，陈婷的爸爸有时会一次浇很多水，导致植物生长状况不良。陈婷打算制作一个土壤湿度测试器送给爸爸，以便爸爸掌握浇水量。

问题分析：

土壤湿度测试器是检测土壤干湿程度的提示器，当土壤湿度较大时发光二极管点亮，当土壤干燥时发光二极管熄灭。

活动准备：

材料：电阻 $R_1=300\ \Omega$ 、 $R_2=47\ \text{k}\Omega$ 、 $R_3=100\ \Omega$ ，可变电阻 $R_p=47\ \text{k}\Omega$ ，发光二极管VD，三极管VT（9014），电解电容 $C=100\ \mu\text{F}$ ，开关S 1个，导线若干，电路板1个，3 V 电池盒 1个，自制湿敏传感器 R_s 1个，焊锡。

工具：电烙铁、烙铁架、偏口钳、尖嘴钳。

主要过程：

1. 根据电路原理图的要求在电路板上插放电子元器件并焊接电路。
2. 将土壤湿度测试器电路①和③之间连接一个湿敏传感器。将土壤湿度测试器的湿敏传感器插入土壤中后，土壤

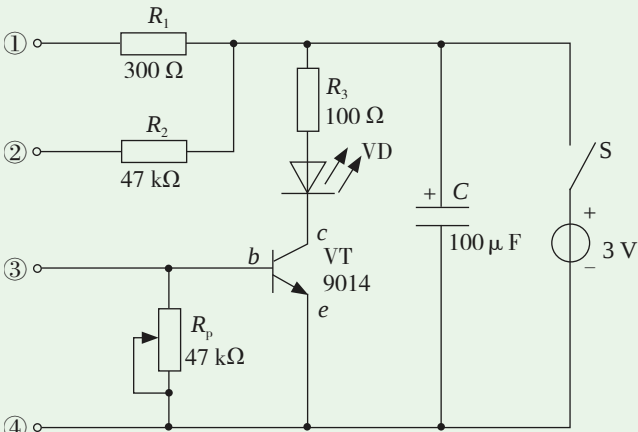


图 2-23 土壤湿度测试器电路原理图



技术提示

电路插接时要注意三极管和发光二极管的极性,焊接时要注意不要虚焊和短路。

就成为①和③两端的导体。

3. 向花盆浇水,使泥土较为湿润,土壤的电阻变小,三极管进入饱和导通状态,集电极电流流过发光二极管,发光二极管发光;反之,当土壤水分不足,土壤电阻很大,三极管截止,发光二极管不亮。这表明土壤湿度测试器制作成功。

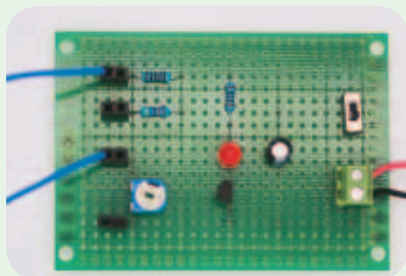


图 2-24 土壤湿度测试器电路连接图



图 2-25 土壤湿度测试器实物演示图

讨论:

1. 可变电阻 R_p 在电路中的作用是什么?
2. 在土壤湿度测试器的电路原理图中共设计了4个接点,请分析它们的用途。若用导线连接②和③,用一根细裸导线接在③和④之间,当裸导线断裂时,发光二极管发光。想一想,这个控制系统有什么用途?



拓展阅读

焊接新技术

随着电子产品应用领域的快速发展,电路整体和元器件的小型化成为电子产品发展的重要方向。为了适应电子设备的元器件及印刷电路板(PCB)小型化甚至微型化的发展趋势,元器件大多采用表面贴装元件(SMC)和表面贴装器件(SMD),SMC/SMD与PCB的连接必须采用表面贴装技术(SMT)。常见的还有波峰焊和回流焊等。

波峰焊 是让插件板的焊接面直接与高温液态锡接触达到焊接目的,其高温液态锡保持一个斜面,并由特殊装置使液态锡形成一道道类似波浪的现象,所以叫“波峰焊”,其主要材料是焊锡条。

波峰焊有单波峰焊、双波峰焊和选择性波峰焊。

回流焊接 是预先在PCB焊接部位施放适量和适当形式的焊料,然后贴放表面贴装元器件,利用外部热源使焊料回流达到焊接要求而进行的成组或逐点焊接工艺。回流焊主要用于贴片元器件的焊接。



图 2-26 波峰焊机



图 2-27 回流焊机



学习反思

当今社会,传感器的应用无处不在,传感器还可以在哪些场合使用?

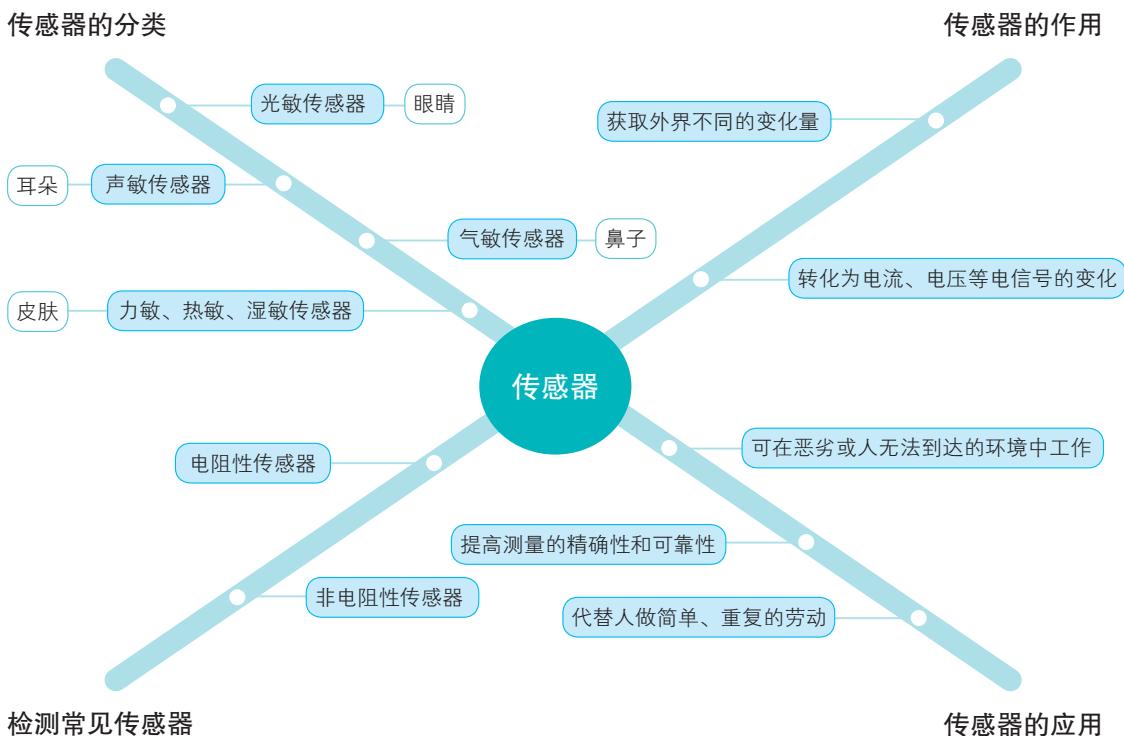


练习

1. 观察并简述超市里收银台是怎么利用条形码识别商品价格的。
2. 农作物的生长对周围的环境有一定的要求。在现代农业中的温室里，需要控制哪些环境参数？用电子控制系统对这些参数进行控制时需要哪些传感器？画出相应的方框图。
3. 分别举出在科学测量、简单重复的工作和在对人体有害或人无法到达的环境中使用传感器的例子，每种情况的例子不少于三个。



本章小结



综合实践

1. 随着生活水平的提高，汽车随处可见。想一想汽车中需要哪些传感器，它们分别起到什么作用。
2. 在一些仓库中，搬运大批量或较重的物品时需要用到搬运车，它们经过固定的路线来回搬运货物。那么，这种工作是否可以用无人驾驶的搬运车来完成？如果可以，如何使其按固定的路线行走？

第二章

学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
能举例说明传感器的发展趋势，列举常见的传感器（TA）			
能概括传感器的作用及其应用（TA、ET）			
能用多用电表检测常用的传感器（ET、CM）			
能认识常见传感器的类型（TA、ET）			
能结合需求制作传感器，掌握一种焊接方法（ID、CM）			
能说明电子电路焊接技术的发展趋势，熟悉常见焊接工具及辅助材料的特点（ET、CM）			
说明 TA——技术意识，ET——工程思维，ID——创新设计，TD——图样表达，CM——物化能力			

在平台中完成自我测试	
测试成绩	
存在的主要问题	



第三章

电子控制系统的信号处理

- 一 模拟信号与数字信号
- 二 初识模拟电路
- 三 走进数字电路
- 四 数字电路的仿真实验与应用

《三国志·蜀书·诸葛亮传》曾记载：“亮性长于巧思，损益连弩，木牛流马，皆出其意……木牛者，方腹曲头，一尾四足，头入领中，舌著于腹。载多而行，少则否，宜可大用，不可小使；特行者数十里，群行者二十里也……”这近乎神奇的“木牛流马”是三国时诸葛亮的杰作。其实，它就是一个控制系统，但它的功能与现在的电子控制系统相比无疑是小巫见大巫。

电子控制系统通过各种不同的电子电路实现控制，如模拟电子电路、数字电子电路等，其被控对象范围之广、控制精度之高、控制能力之强确非“木牛流马”所能比拟。

一、模拟信号与数字信号

- 任务一 识别模拟信号和数字信号
- 任务二 辨析模拟信号和数字信号各自的特点
- 任务三 初识模拟信号与数字信号相互转换的过程



学习目标

- 1.通过分析生活中常见案例，能阐述模拟信号和数字信号的含义。
- 2.通过分析生活中常见案例，能阐述数字信号“0”和“1”的含义。
- 3.通过案例分析，能辨析模拟信号和数字信号各自的优缺点。
- 4.通过技术体验了解模拟信号与数字信号的相互转换。



走进情境

李虹同学发现校内园林灌溉用水均源自附近的小河，为防止受污染的河水影响植物的正常生长，她决定和同学们一起研制一台水质探测仪，能随时监测水质以保证植物正常生长。从哪里开始呢？经过前面的学习，同学们发现除传感器外，电子作品的设计和制作还应用了许多其他元器件，李虹同学分析，传感器将所获取的信息转换成电信号后，这些元器件组成的电路负责对信号进行分析处理，她提议大家先从系统地学习电子电路知识开始。

传感器将所获取的信息转换成电信号后，控制部分便对这些信号进行分析、比较、判断、放大、运算、变换等，最后向输出部分发出命令，控制执行机构的操作。上述对信号的分析、比较等过程统称为处理。

电子控制系统中对信号的处理过程是由电子电路完成的。电子电路所处理的信号有哪些类型呢？



任务一 识别模拟信号和数字信号

大千世界，包罗万象。任何事和物，无论是自然的还是社会的，无一不在运动着和变化着。就其量的变化而言，有连续变化和非连续变化两种情形。

在实数范畴中，环境的温度、水面的高度是连续变化的，而某单位的人员数、家电商场的货物数是非连续变化的，这些数通常是以1个人或1件货物等为计数单位的整数。

连续变化的量，可用连续变化的曲线或直线描述；非连续变化的量，可用柱状图或数字等表示。

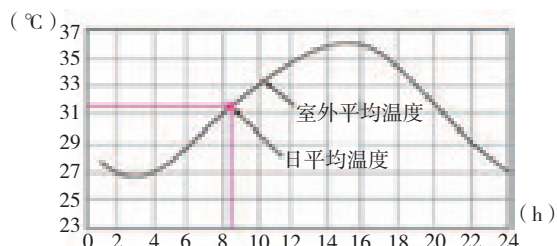


图 3-1 某地 24 h 气温变化图



图 3-2 停车场剩余车位数



电子控制系统需要处理的信息必须转化成电信号。如声音必须经话筒转换成电压信号后才能进行放大处理,转换时,话筒输出电压信号的波形应与声音的波形一致,即模拟声音强弱的变化,否则就不能反映声音的原貌。这种模拟声音波形的信号称为模拟信号。通常,模拟信号泛指那些数值可连续变化的信号。

有些非连续变化的量可以用数字表示,若用二进制来表示这个数,并用高和低两个电平代表二进制中的“1”和“0”,则其形成的在高、低电平之间来回跳变的电压信号就是通常所说的数字信号。

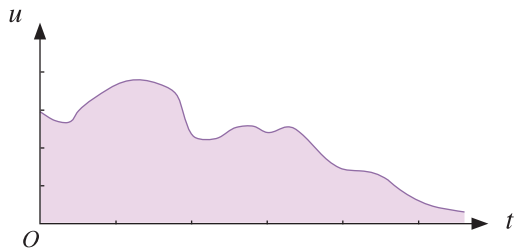


图 3-3 模拟信号

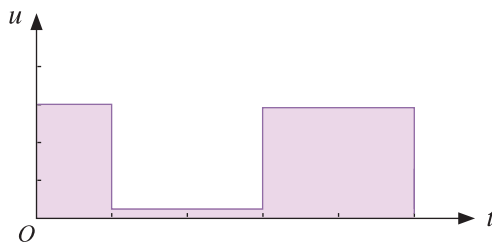


图 3-4 数字信号



小辞典

电 平

在数字电路中,电压(或电流等)的大小分为高、低两级,通俗地说,将这两个高、低不同的电压级(或电流级等)分别称为高电平和低电平。



马上行动

1. 如图3-4所示的数字信号,高电平用1表示,低电平用0表示(每1格代表1位二进制数,共5位),则该信号表示的二进制数是_____。
2. 用示波器观察半导体收音机音频输出口的波形,判断它是哪一类信号。



思维碰撞

1. 下列信号中,哪些是模拟信号,哪些是数字信号?
 - (1) 220 V 交变电流的电压(交变电流是正弦波电压);
 - (2) 海洋上船只与船只之间的灯光联络信号。
2. 请举出模拟信号与数字信号的例子各一个。

以上所举的数字信号的例子中,“1”(高电平)和“0”(低电平)都是代表1位二进制数字。

社会生活中还有一些信息是用信号的“有”和“无”来表达的。例如,古代边关发现敌情时,便在烽火台上一个接一个地点起狼烟传递情报,即发现敌人的信息是靠有、无狼烟来表达的。如果将这些信息改用电信号表示,也应使用高电平和低电平,即用1和0表示。一盏电灯亮还是不亮,同样可以用1和0来表达。可见数字信

号中的1和0除了表示数字外，还可以表示信号的“有”和“无”、命题的“真”和“假”等事物间的关系。



图 3-5 烽火台



图 3-6 路灯亮了



马上行动

判断下列事例中哪些适合用1和0表示。

- (1) 举重比赛中试举是否成功；
- (2) 学生的考试成绩是否及格；
- (3) 一天内，人体的温度变化。



任务二 辨析模拟信号和数字信号各自的特点

在电子控制系统的输出端，输出的控制信号不一定是数字信号，有时也需要模拟信号。两种信号各有哪些特点呢？



案例分析

模拟信号与数字信号

演员的歌声经话筒转换的电信号是模拟信号。

一种处理方法是直接放大模拟信号，然后送到扬声器还原出放大的声音。由于信号在处理过程中不可避免地会产生失真，同时还会受到来自各种干扰因素的影响，因而人们听到的歌声也会失真，且伴有“沙沙”的噪声。

另一种处理方法是先将模拟信号转换为数字信号，处理以后再将数字信号还原成模拟信号使扬声器发声。虽然数字信号在处理过程中同样会产生失真，受到干扰，其形状也会发生变



化，但它所代表的数字（即“高”和“低”）并未改变。可见数字信号在处理过程中，受波形失真和干扰的影响很小，所以听众能听到音色逼真、不带噪声的歌声。

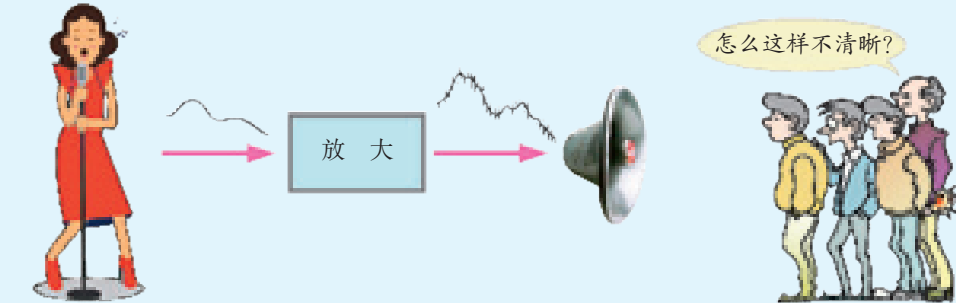


图 3-7 声音广播系统

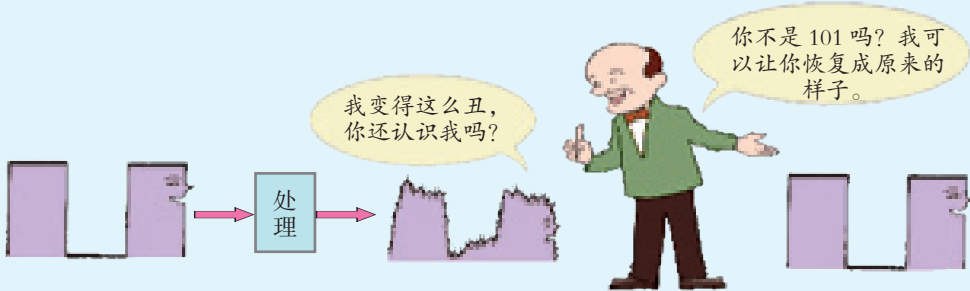


图 3-8 数字信号受干扰小

数字信号受干扰小的原因如图3-9所示。识别有失真和受干扰影响的数字信号的方法是，设置一个电压门槛（它应介于高电平与低电平之间），高于此门槛的信号传过去后，输出为1，低于此门槛的信号传过去后，输出为0。

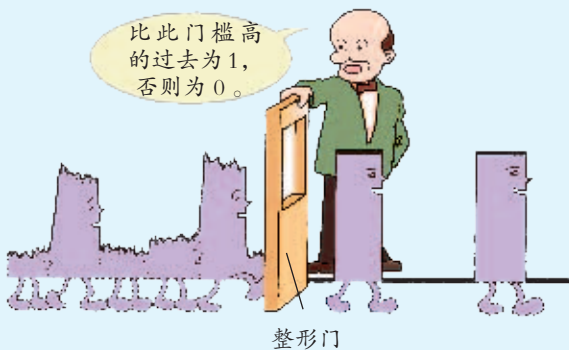


图 3-9 数字信号整形门的作用

讨论：用磁带录音机与手机同时录一首歌曲，比较它们各自播放的效果，分析其效果不同的原因。

从以上案例中可以看出，数字信号只有高、低两个电平，容易识别，失真和干扰对数字信号影响小。那么数字信号处理的精度如何呢？



案例分析

竞技运动中计时方式的变化

在男子百米竞赛的跑道上，四川运动员陈家全风驰电掣般地冲过了终点线，几名裁判准确地按下了秒表，“10.0 s”，他平了世界纪录。这是1965年10月24日我国体坛发生过的一个场景。

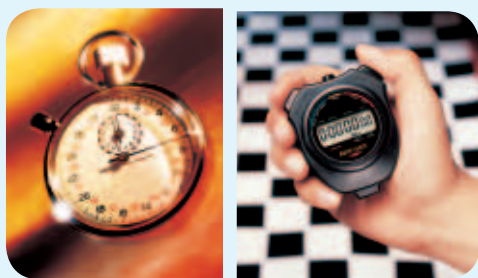


图 3-10 机械秒表和电子秒表



图 3-11 博尔特创造 9.58 s 世界纪录

现在记录运动员成绩已经不再用秒表，而用电子计时器，它可将时间精确到百分之一秒。现在男子100米跑的世界纪录保持者是博尔特，他创造了9.58 s的世界纪录，这个成绩的测量精度比以前用秒表的精度提高了10倍。

讨论：用电子计时器代替秒表为100米赛跑计时，其精度高体现在哪些方面？

电子计时器之所以有这么高的计时精度，原因之一就是它在测量过程中使用了数字信号，也可以说数字信号处理精度高。

数字信号便于记录和保存。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、电容上电荷的有和无、磁性物质的极化方向等方式记录保存，也可用打孔的方法，如穿孔卡利用孔的有和无、光盘利用有无凹坑记录1和0，还可以直接将1和0打印在纸上记录保存。

记录模拟信号就没有记录数字信号那样简单，因为模拟信号包含的信息变化的细节非常丰富，在记录模拟信号时，要保持与原波形不走样，在技术上也有难度，这也就是经多次复制的模拟信号会越来越失真的原因。

模拟信号的优点是信息变化的细节丰富，能直观反映自然界的很多现象，且容易实现，但同时，它的严重缺点是抗干扰能力差。



马上行动

1. 将电脑中存放的某段音乐复制一份，比较复制件与原件音乐的音色是否有明显变化。
2. 使用录音机将原声带中的某段音乐翻录到另一盘录音带上，比较原声带与翻录带的音质是否发生变化。



任务三 初识模拟信号与数字信号相互转换的过程

自然界中的物理量经传感器转换成的电信号大多数为模拟信号，送入计算机或其他电子控制系统处理之前必须先转换成数字信号。

这种能将模拟信号转换成数字信号的电路称为模数转换器（A/D）。

数字信号被处理后，通常还要恢复成模拟信号，去控制执行元件工作。能将数字信号转换为模拟信号的电路称为数模转换器（D/A）。

电子控制系统中，信号的转换过程如图3-12所示。

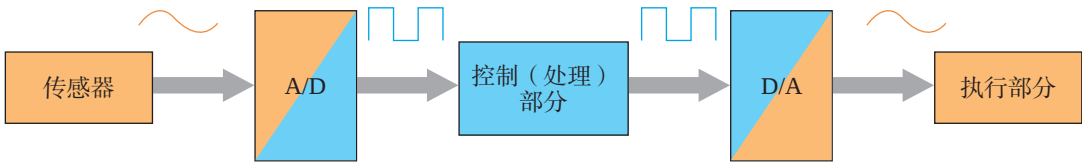


图 3-12 信号的转换过程



马上行动

利用红色发光二极管1只、330 Ω限流电阻 1只，制作发光二极管高、低电平检测器，并学会测量高、低电平。

按照简易高、低电平检测器电路图，如图3-13所示，进行连接。

接地端为电路零电位，接二极管负极，测试端为二极管正极，为预防二极管过流损坏，正极接有330 Ω限流电阻。

当测试端为高电平（3.0~4.0 V）时，发光二极管导通发光，为低电平（0~1.0 V）时则不发光。通过发光二极管的“发光”和“不发光”可以判断数字电路高、低电平。

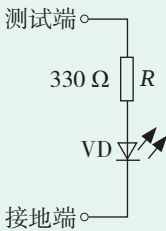


图 3-13 简易高、低电平检测器电路



学习反思

电子控制系统中什么情况需输出模拟信号或数字信号进行控制？



练习

1. 你能判断什么是模拟信号，什么是数字信号吗？说说你的判断方法。
2. 举例说明模拟信号和数字信号各自的优势和不足。
3. 保证数字信号不失真的主要原因是什么？
4. 画出计算机在处理模拟信号时的工作过程方框图。

二、初识模拟电路

- 任务一 感知二极管的结构与应用
- 任务二 探究三极管的结构和组合形式
- 任务三 体悟三极管的三种工作状态



学习目标

1. 通过实验和案例分析，能辨析晶体二极管和晶体三极管的结构和类型。
2. 通过声音音量指示器的案例分析，能分析三极管共发射极放大电路的工作原理。
3. 能识读晶体三极管的特性曲线。



走进情境

李虹和同学们很快就掌握了模拟信号和数字信号的初步知识。为了尽快研制出水质检测仪，老师提示大家需要学习最基本的模拟电路和组成模拟电路最基本的元器件等知识，才能开展下一步的工作。



任务一 感知二极管的结构与应用

处理模拟信号的电路叫模拟电路。半导体二极管和半导体三极管（简称二极管、三极管）是模拟电路中的重要器件。



技术体验

二极管的单向导电性

体验目的：

通过观察交流信号到直流信号的变换，体验二极管的单向导电性。

情境展示：

在电路中有时需要去掉部分信号。例如，正弦交流信号电压有正有负，有时需要将正弦波的负半周期去掉，只保留其正半周期。

问题分析：

若想得到上述的直流信号，就必须有这样一个器件：让正电压信号通过，而阻止负电压信号通过。

活动准备：

正弦信号源1台，示波器1台，1N4001二极管VD 1只，10 k Ω 电阻 R_L 1只。

主要过程：

1. 如图3-14所示连接电路，正弦信号源 u_i 输出1 kHz、峰值为10 V的信号。

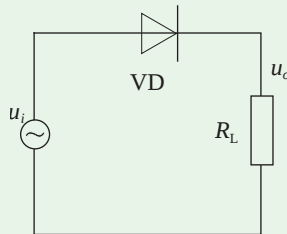


图 3-14 电路图



2. 示波器的两个通道分别测量 u_i 和 u_o 的电压波形。

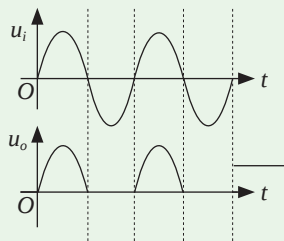


图 3-15 电压波形

讨论：

- 1. 如果将电路中的二极管反向安装，其输出信号有什么变化？
- 2. 上述电路中，对正弦信号的幅度有要求吗？

在一块纯净半导体基片上，利用掺杂的方法将一部分区域做成P型（含有电子比N型少）杂质半导体，另一部分区域做成N型（含有大量电子）杂质半导体，在两种杂质半导体交界面会形成一个特殊的薄层，这个特殊的薄层称为PN结。

将一个带有PN结的半导体材料封装在一个密封的管壳之中，并用引线引出电极，就成了一个半导体二极管。与P区相连的称为正极，与N区相连的称为负极。

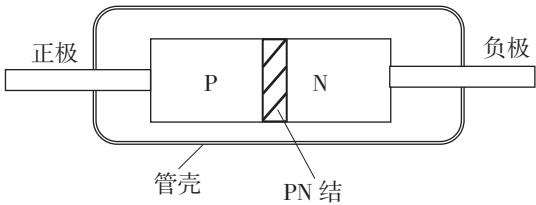


图 3-16 二极管结构示意图



图 3-17 二极管及其电路符号

二极管用VD表示，电路符号如图3-17所示。二极管只允许电流由正极流入，负极流出，反方向流不通。这就是二极管的单向导电特性。



马上行动

按照如图3-18所示电路连接成电路，VD₁为1N4001，VD₂为红色发光二极管，VD₃为绿色发光二极管。如图甲所示，闭合开关S，VD₁导通，VD₂导通发光。若将VD₁的两个引脚对调，如图乙所示，闭合开关S，这时VD₂、VD₃均不发光。这个现象说明二极管具有单向导电性。

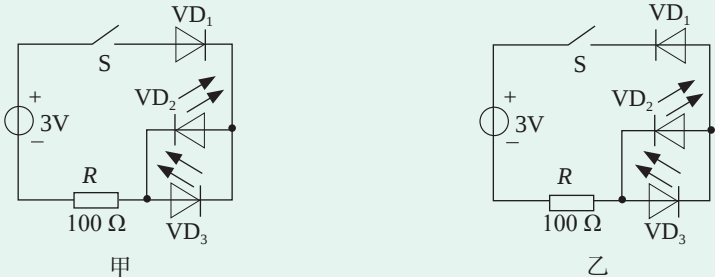


图 3-18 晶体二极管单向导电性实验

二极管的特性常用其两端电压 U 与流过它的电流 I 之间的关系描述，称为二极管的伏安（ $U-I$ ）特性曲线。

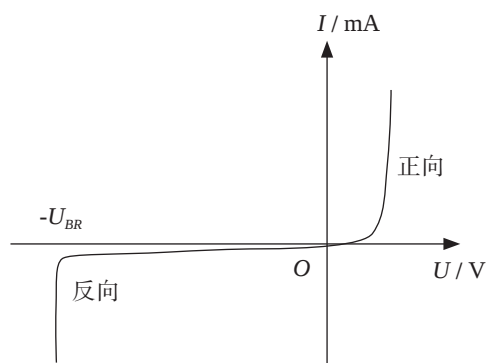


图 3-19 二极管 $U-I$ 特性曲线

从曲线上可以看出，当二极管正向导通时，其两端电压基本保持不变，这称为正向导通压降；当二极管两端反向施加电压时，其反向电流很小（微安数量级），这称为二极管处于反向截止状态；当反向电压很大时，二极管被反向击穿（ U_{BR} 又叫作反向击穿电压），反向电流急剧增加，严重时会造成二极管永久性损坏。



案例分析

指示灯中的发光二极管

发光二极管同样具有单向导电作用，常用做指示灯。220 V电源插头上安装指示灯用于指示插头是否有电，如图3-20所示。普通发光二极管的导通电压一般在1.6~2.3 V之间，选用一个阻值较大的电阻进行分压，使二极管正常发光（正常发光时电流约3~20 mA）。

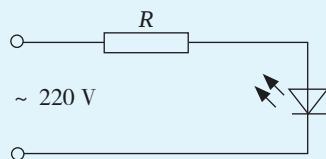


图 3-20 发光二极管的指示作用

讨论：案例中 R 的标称阻值、额定功率应选多大？

整流电路将交变电流变成直流，这是二极管一个最简单且最重要的应用。前面的技术体验就是一个最简单的整流电路。由于二极管的单向导电作用，正弦交变电流的正半周期输出，负半周期则被阻止。由于电路输出只利用了一半输入波形，这称为半波整流。

半波整流只能利用半个周期的交变电流，效率较低。全波桥式整流电路可以利用交变电流的整个输入波形，效率较高，如图3-21所示。

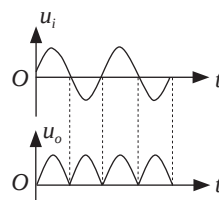
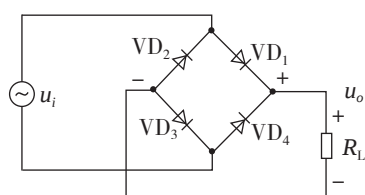


图 3-21 全波整流电路及波形

整流电路输出的直流电波形并不理想，它们只是具有不变极性的直流含义，仍然具有较大的波动，不能作为直流电源使用。为了得到真正的直流电源，后面还需要接滤波和稳压电路。

思维碰撞

- 1. 分析全波桥式整流电路的原理。
- 2. 事物都具有两面性。全波整流比半波整流效率高，它有哪些缺点呢？

二极管的种类和应用非常多，如发光二极管在正向导通时能发出各种颜色的光，在照明、指示灯领域有着广泛的应用；开关二极管可以用作数字门电路；检波二极管可以将高频电波中的声音和图像信号分离出来，广泛应用于收音机和电视机电路中；稳压二极管利用二极管反向击穿电压基本保持不变的特性，可用于直流稳压电路。

任务二 探究三极管的结构和组合形式

三极管的内部结构是由两个PN结组成，需要有三个杂质半导体区域，可有两种组合形式，即NPN和PNP组合形式。三极管用VT表示，其组合形式和对应的电路符号如图3-23所示。三极管三个电极的名称分别是基极用***b***表示、集电极用***c***表示、发射极用***e***表示。三个区域分别称为基区、集电区和发射区。两个PN结分别称为发射结和集电结。



图 3-22 三极管

不同组合形式的三极管，工作时所需工作电压的极性和流过各极电流的方向是不同的，图中三极管发射极的箭头表示发射结正向导通时的电流方向。不同组合形式的三极管也叫不同极性的三极管。

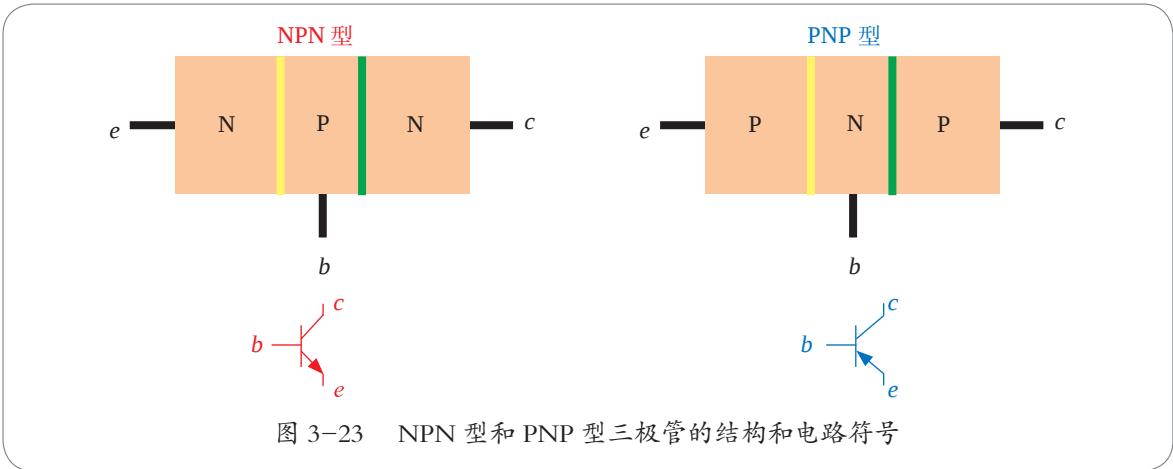


图 3-23 NPN 型和 PNP 型三极管的结构和电路符号



案例分析

扩音器

自然界中的物理量，如温度、声音、压力等，都属于非电量的模拟量。这些模拟量可以通过各种传感器转换成模拟电量信号。但传感器输出的电量信号往往非常小，需要进行放大后才可以被利用。

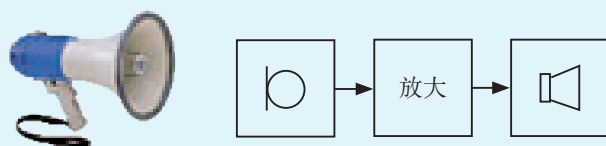


图 3-24 扩音器及其工作框图

如图3-24所示的扩音器，驻极体话筒将声音转换成微弱的电压信号（几十毫伏），后面需要将信号经过放大器放大后，才能使扬声器发出较大的声音。

讨论：只有电阻元件能构成放大器吗？



马上行动

对一只标号不清晰的三极管，用多用电表测量各极间电阻，判断三极管的基极，进而判断它是NPN组合还是PNP组合。如图3-25所示，若测量结果是 R_{AB} 很小、 R_{BA} 很大， R_{AC} 很小、 R_{CA} 很大， R_{BC} 很大、 R_{CB} 很大，由此可以判断该三极管为_____型三极管。

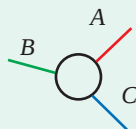


图 3-25 三极管引脚示意图



任务三 体悟三极管的三种工作状态

三极管可以对模拟信号进行放大，也可以在数字电路中做开关等使用。

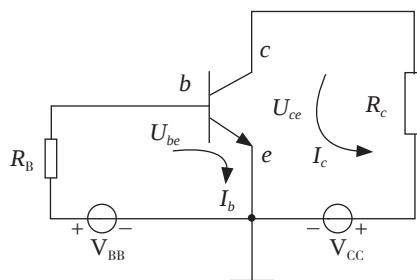


图 3-26 三极管共发射极电路

利用三极管对信号进行处理时，三极管的三个极中，一个极输入信号，一个极输出信号，还有一个极则为输入和输出回路的公共端。如图3-26所示为三极管共发射极电路，可以看出电路中有两组电源 V_{BB} 和 V_{CC} ，其中基极 b 与发射极 e 形成一个输入回路，基极输入电流用 I_b 表示；集电极 c 与发射极 e 形成一个输出回路，集电极输出电流用 I_c 表示；发射极 e 是两回路的公共端。



三极管的特性常用极间电压 U 与电流 I 之间的伏安（ $U-I$ ）特性关系描述。由于三极管有输入和输出两个端口，故三极管的特性曲线分为输入特性曲线（ $U_{be}-I_b$ ）和输出特性曲线（ $U_{ce}-I_c$ ）。由于三极管输入端（ $b-e$ ）是一个PN结（发射结），所以输入特性曲线（ $U_{be}-I_b$ ）与二极管的特性曲线近似。三极管的输出特性曲线更为重要，它表示了三极管在不同 I_b 值的情况下 U_{ce} 与 I_c 的关系，如图3-27所示。

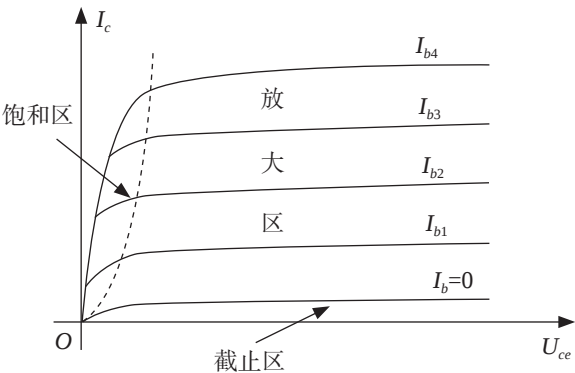


图 3-27 三极管输出特性曲线

- 从三极管输出特性曲线中可以看出，三极管有三种工作状态。
- （1）放大状态。发射结加上正向电压，集电结加上反向电压，集电极电流 I_c 受到基极电流 I_b 的控制，三极管具有电流放大作用， $I_c=\beta I_b$ ， β 称为三极管的电流放大倍数，一般在20~200之间。放大状态常用于对模拟信号的处理。
 - （2）截止状态。发射结没有导通，基极电流 $I_b\approx 0$ ，集电极电流 $I_c\approx 0$ ，集电极 c 和发射极 e 间电阻很大，相当于开路。
 - （3）饱和状态。发射结和集电结均加上正向电压，集电极电流 I_c 不再受基极电流 I_b 的控制，即 $I_c\neq \beta I_b$ 。此时集电极 c 和发射极 e 间的电压 U_{ce} （饱和压降）很小，近似为0.3 V，相当于短路。
- 三极管的饱和状态和截止状态可作为一个电子开关的接通和断开，常用于处理数字信号。



马上行动

按照如图3-28所示电路自制一个简易的音频功放。将100 μ F电容 C 、10 k Ω 可变电阻 R 和三极管VT（D880）三个元件连接好，接上阻抗为8 Ω 的喇叭（或音箱），再接入6~12 V直流电源，制成简易音频功放，用电脑或手机音频信号作为输入，适合室内欣赏音乐。

图 3-28 简易的音频功放电路

1. 在未输入音频信号时，闭合开关S，通过调整可变电阻R，测量三极管各极电压和电流并填入下表，判断三极管分别处于什么工作状态。

	$I_b / \mu A$	I_c / mA	U_{be} / V	U_{ce} / V	工作状态
1					
2					
3					



技术提示

为了防止三极管过热，可适当加装散热片。

2. 从测量数据中你能推断出什么？



案例分析

声音音量指示器

工作原理：如图3-29所示为由单路电源、三极管、电阻和电容组成的两级三极管共发射极电路。驻极体话筒将声音转换成电信号，经电容 C_1 耦合作为 VT_1 组成的放大器的输入信号， VT_1 的输出经电容 C_2 耦合作为 VT_2 的输入信号， VT_2 的输出驱动发光二极管，使发光二极管的亮度跟随声音音量变化。

静音时， VT_1 工作在放大状态， VT_2 由于发射极电位为零，则工作在截止状态。有声音时，经 VT_1 放大后的信号将使 VT_2 导通，发光二极管发光。

讨论：有声音时， VT_1 和 VT_2 分别处于什么工作状态？

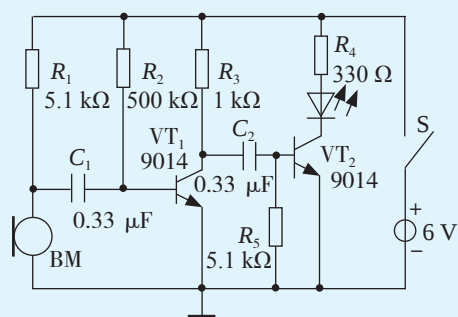


图 3-29 声音音量指示器电路图



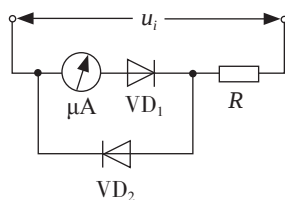
学习反思

放大器将小信号放大成大信号，这违反能量守恒定律吗？放大器的本质是什么？



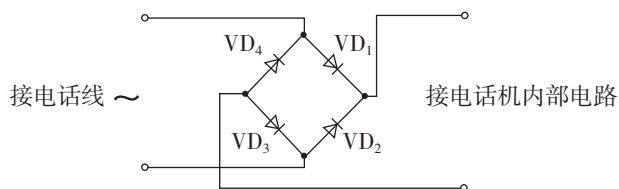
练习

1. 如图所示为一种交流电压表的原理图，图中二极管 VD_1 和 VD_2 各起什么作用？



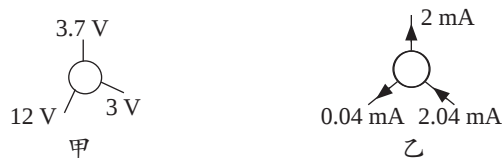
(第1题图)

2. 电话机内部电路中，与电话线连接端有一个由4个二极管组成的桥式电路，试分析该桥式电路所起的作用。你还能给出二极管的其他应用吗？



(第2题图)

3. 三极管三个极的电流 (I_c 、 I_b 和 I_e) 之间存在什么关系？
4. 对工作在放大状态的两只三极管甲、乙进行测试，测得各极的电压或通过的电流如图所示，请据此分别判断三极管的极性，并标出各个电极。



(第4题图)

三、走进数字电路



学习目标

- 任务一 识别基本逻辑门
 - 任务二 探究与非门和或非门的逻辑关系
 - 任务三 认识常用的数字集成电路
1. 通过案例分析，知道数字电路是一种能够方便地处理“1”和“0”两种状态的电路。
 2. 通过案例分析，学会与门、或门和非门等三种基本逻辑门的电路符号及各自的逻辑关系，会填写它们的真值表，能画出波形图。
 3. 通过案例分析，学会与非门、或非门的电路符号及各自的逻辑关系，会填写它们的真值表，能画出波形图。
 4. 能使用常用的数字集成电路安装简单的实用电路。



走进情境

研制小组通过对模拟电路的学习和制作，对电子控制技术的学习和水质检测仪的研制充满信心。李虹同学提出：我们已进入数字信号时代，数字信号和模拟信号相比具有很多优势，学习数字电路知识对掌握电子控制技术也非常重要。那么，数字电路对设计制作水质检测仪会有什么帮助呢？



任务一 识别基本逻辑门

电子控制系统控制（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。



案例分析

三人表决器

如图3-30所示，甲、乙、丙三人参加表决，每人面前有一个按钮，表决时，按下按钮表示同意，不按按钮表示不同意。表决结果按少数服从多数规则处理，如表决通过则绿灯亮，红灯不亮；反之绿灯不亮，红灯亮。

这是一个简单的控制系统，工作框图如图3-31所示。对其控制部分而言，输入信号是三个按钮送入的信号，它们分别代表甲、乙、丙是否同意，其输出信号是控制两盏指示灯的信号，它们代表表决是否通过。

表决“通过”与否与甲、乙、丙三人“同意”与否存在如下逻辑关系：如甲、乙、丙三人中任意两人同意，或甲、乙、丙三人皆同意，则表决器通过（绿灯亮，红灯不亮），其他情况则表决不通过（绿灯不亮，红灯亮）。其中，甲是否同意、乙是



表决

图 3-30 用表决器的三人表决现场

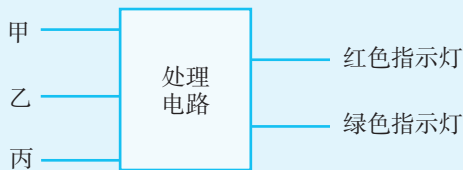


图 3-31 表决器工作框图

否同意和丙是否同意称为逻辑前提，红色指示灯亮和绿色指示灯亮称为逻辑结论。

讨论：生活中还有哪些事件之间具有类似的逻辑关系？

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）来处理的。为了处理方便，将逻辑前提和逻辑结论均用字母A、B、C等表示。显然，这些字母都应当只有“真”和“假”两个状态，且非真即假，非假即真。

实现各种逻辑关系的电路称为数字电路（或逻辑电路）。数字信号用数字电路处理，数字电路最基本的单元是门电路。在数字电路中，“真”用高电平“1”表示，“假”用低电平“0”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由“与”“或”“非”三种基本逻辑关系组合而成。实现这三种基本逻辑关系的电路分别称为与门（AND）、或门（OR）和非门（NOT），它们的输入信号代表逻辑前提，输出信号代表逻辑结论。

与门

“所有逻辑前提皆为真时，逻辑结论才为真”的逻辑关系称为“与”逻辑关系。

案例分析

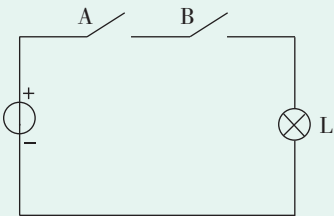
进考场时的“与”逻辑关系

高考考场纪律规定：考生入场必须同时携带本人准考证和身份证，若考生只带了其中一个证件，则不允许进入考场。这里，进入考场的规定中采用的逻辑关系就是“与”逻辑关系。

讨论：生活中还有哪些“与”逻辑关系的事例？

马上行动

如图3-32所示是用2只开关控制一盏灯亮和灭的电路，请将每种情况下灯亮与否填入表中。若令开关接通为真，断开为假，灯亮为真，灯不亮为假，请判断该电路是否为“与”逻辑关系。



A	B	L
断	断	
断	通	
通	断	
通	通	

图 3-32 两只开关控制一盏灯

实现与逻辑关系的电路称为与门。只有当与门的所有输入端皆加高电平(“1”)时,其输出端才输出高电平(“1”),即“全高出高,有低出低”。与门的逻辑符号如图3-33所示。

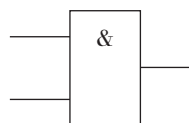


图 3-33 与门逻辑符号

门电路的逻辑关系可用真值表描述。真值表的左边所列的是门电路输入信号的逻辑值,右边所列的是门电路输出信号的逻辑值。例如,2个输入端的与门电路,其输入逻辑值共有4种组合,其真值表中应包含这4种组合及其对应的输出逻辑值。真值表的逻辑值用1和0表示,图3-34是2个输入端的与门真值表。

A	B	F
假	假	假
假	真	假
真	假	假
真	真	真

→

A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

图 3-34 2个输入端的与门真值表

“与”逻辑关系在布尔代数中被定义为逻辑乘法,记作:

$$F=A \times B \text{ 或 } F=A \cdot B \text{ 或 } F=AB$$

称为与门的逻辑表达式。

数字电路的逻辑关系常常用波形图来描述,波形图记录门电路的输入信号或输出信号的电平随时间变化的情况,如图3-35所示。

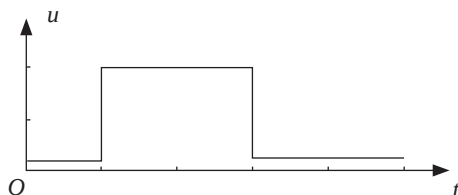


图 3-35 门电路波形图

如图3-36所示,与门在A、B两个波形的输入电压的作用下,得到如F波形所示的输出电压。

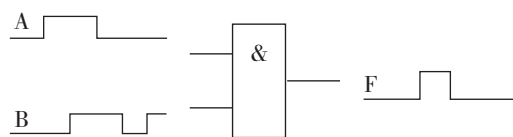


图 3-36 与门的输入、输出波形图

在画波形图时,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3-37中虚线所示。图中第三个时间区间,输入A和输入B都为1,符合“全高出高”规则,因而输出F也为1,其他情况都不符合,因而输出为0。

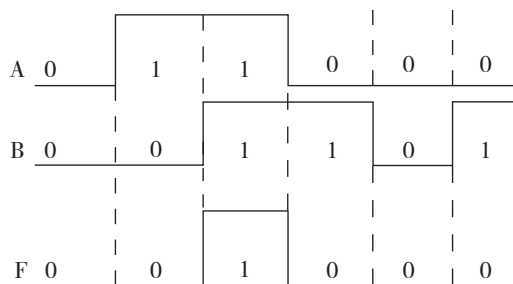


图 3-37 与门的输入、输出波形图

马上行动

在图3-38中，画出与门的输出信号波形。

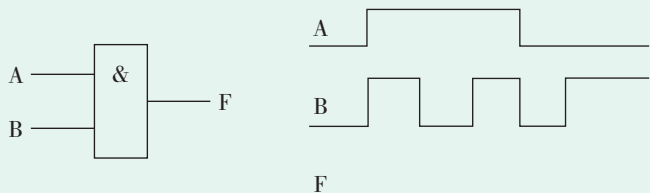


图 3-38 与门电路的波形图

或门

“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。

案例分析

借书中的“或”逻辑关系

某大学图书馆借书，可以凭本校学生证也可以凭借书证，两证中有一个即可，这里的逻辑关系就是“或”逻辑关系。

讨论：生活中还有哪些符合“或”逻辑关系的事例？

“或”逻辑关系在布尔代数中定义为逻辑加法，记作：

$$F=A+B$$

称为或门的逻辑表达式。

马上行动

图3-39中，若令开关闭合为1，灯亮为1，则此电路符合什么逻辑关系？请列出该电路的真值表。

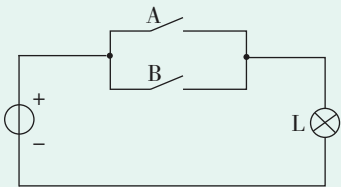


图 3-39 两路开关电路

实现“或”逻辑关系的电路称为或门。如图3-40所示是或门的逻辑符号。

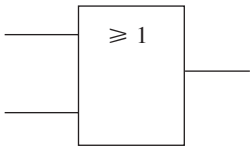


图 3-40 或门逻辑符号



马上行动

列出3个输入端的或门真值表，画出其逻辑符号，并画出相应于如图3-41所示输入波形的输出波形。

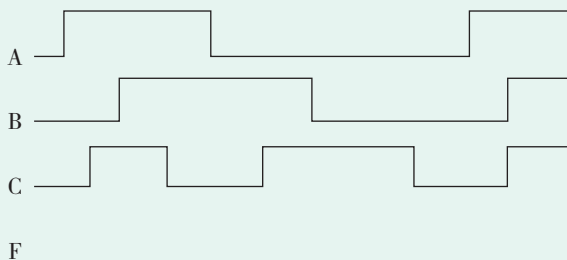


图 3-41 或门电路的波形图

非门

“逻辑前提为假时逻辑结论为真，逻辑前提为真时逻辑结论反而为假”，即逻辑结论与逻辑前提的逻辑值总是相反的逻辑关系称为“非”逻辑关系，记作：

$$F = \bar{A} \text{ (读作“A非”)}$$



案例分析

检测体温时的“非”逻辑关系

“非典”流行时期，某单位的工作人员进单位办公室必须测体温，若体温超过38℃，则不能进入单位办公，且要送入观察室接受其他检查。这里，体温超过38℃是逻辑前提，进单位办公和进观察室检查是两个逻辑结论，进单位办公与体温超过38℃之间是“非”逻辑关系，而进观察室检查与体温超过38℃之间则不是“非”逻辑关系。

讨论：生活中还有哪些符合“非”逻辑关系的事例？

“非”逻辑关系的真值表如下表所示。从真值表可以看出：

$$\bar{0}=1, \bar{1}=0$$

A	F
0	1
1	0



马上行动

如图3-42所示是描述“非”逻辑关系的示意图。请说明应对逻辑前提A和逻辑结论L的真和假如何规定，才能符合“非”逻辑关系的定义，为什么？

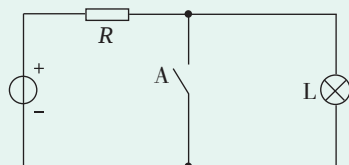


图 3-42 “非”逻辑关系示意图



实现“非”逻辑关系的电路称为非门。如图3-43所示是非门的逻辑符号，其中输出端的小圈就是逻辑值变反的标志。

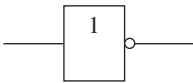


图 3-43 非门逻辑符号



马上行动

本节开始的三人表决器的案例中，输出与输入之间的逻辑关系应该怎样表达呢？可用哪些门电路实现？

该表决器有3个输入端，用A、B、C分别代表甲、乙、丙投票人，他们各自投赞成票时为1，不投赞成票时为0；有2个输出端，用 L_1 表示表决通过（绿灯亮）， L_2 表示表决不通过（红灯亮）。表决器逻辑图如图3-44所示。

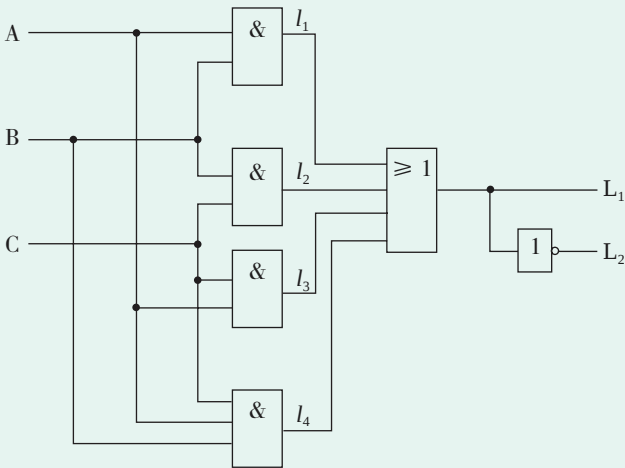


图 3-44 表决器逻辑图

根据它们之间的逻辑关系，能使 L_1 为1的情况有4种：只有甲、乙同意，只有乙、丙同意，只有甲、丙同意和甲、乙、丙3人都同意。将这4种情况分别用 I_1 、 I_2 、 I_3 和 I_4 表示，显然：

只有A、B同为1时 I_1 才为1，所以 $I_1=A \cdot B$ ；

只有B、C同为1时 I_2 才为1，所以 $I_2=$ _____；

只有A、C同为1时 I_3 才为1，所以 $I_3=$ _____；

只有A、B、C同为1时 I_4 才为1，

所以 $I_4=$ _____。

上述4种情况中只要有一种或一种以上满足，绿灯就亮，因此 L_1 与 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 之间符合或逻辑关系，即 $L_1=$ _____。

I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 分别用4个与门实现， L_1 用一个或门实现。

至于代表红色指示灯亮的输出 L_2 ，因为它与输出 L_1 是相反的，所以 $L_2=$ _____。

讨论： I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 四个与门中，哪一个可以省去？为什么？



任务二 探究与非门和或非门的逻辑关系

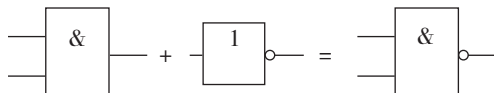
与非门和或非门电路实际上是两种门电路的组合。

“与非”关系和“或非”关系是从三种基本逻辑关系推演出来的复合逻辑关系，实现这两种逻辑关系的门电路分别称为与非门（NAND）和或非门（NOR）。

■ 与非门

与非门的真值表和与门的真值表中的输出逻辑值完全相反：与门的逻辑关系是“全高出高，有低出低”，而与非门的逻辑关系则是“全高出低，有低出高”，因此其逻辑关系相当于在与门后面再接一只非门。

与非门			与门		
A	B	F	A	B	F
0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	1	1



与门 + 非门 = 与非门

图 3-45 与非门的示意图与逻辑符号



马上行动

图3-46为一与非门的输入信号波形，请画出其输出信号的波形。

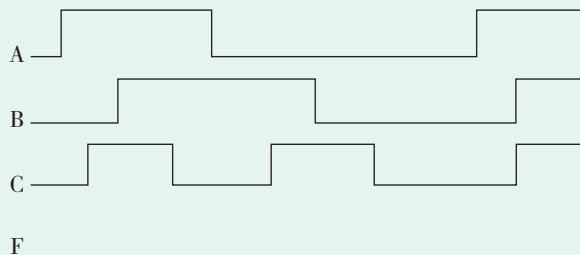


图 3-46 与非门输入信号



技术提示

常用与非门功能的集成电路有 CT74LS00、CT74LS20、CC4011、CC4012 等，同类国际通用产品型号为 74LS00、74LS20、CD4011、CD4012 等。

■ 或非门

或非门的真值表和或门的真值表相反。

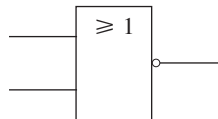


图 3-47 或非门逻辑符号



技术提示

常用或非门功能的集成电路有 CT74LS02、CC4001、CC4002 等，同类国际通用产品型号为 74LS02、CD4001、CD4002 等。



马上行动

请说明或非逻辑关系等效于哪些基本逻辑关系的组合。试根据或门的真值表列出或非门的真值表，并按图3-49中的输入波形画出或非门的输出波形。

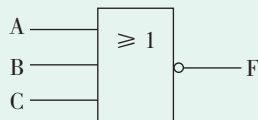


图 3-48 或非门逻辑符号

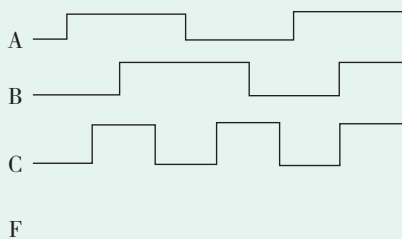


图 3-49 输入信号

A	B	C	F
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	



任务三 认识常用的数字集成电路

门电路是用晶体三极管或MOS管（金属氧化物半导体场效应管）构成的电路，现在都已集成化，是一种数字集成电路。在数字电路中，用电平的高和低来代表逻辑1和逻辑0。

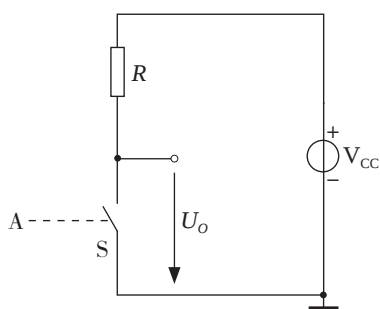


图 3-50 电阻和开关构成的电路

如图3-50所示，由电阻和开关构成的电路中，开关闭合时，开关所呈现的电阻为0，使得开关两端的电压也就是输出电压为0，输出低电平。反之，若开关断开，因为电阻 R 上没有电流流过， R 上的电压为0，所以输出电压等于电源电压，即输出高电平。因此，用开关可以实现高、低电平，这是构成门电路的基础。

门电路中的开关不能使用机械开关，因为机械开关不仅体积大、寿命短、操作不方便，而且开关的速度低。在现代高速电子控制系统中，开关每秒可能要开合上亿次，机械开关是绝对无法胜任的，必须使用电子开关，即用晶体管或MOS管做成的开关。例如，用晶体三极管代替上图中开关得到的电路，如图3-51所示。

晶体三极管存在截止和饱和两种状态，截止状态相当于开关断开，饱和状态相当于开关闭合，因而可以当作开关使用，其条件与现象是：

饱和：条件——输入信号足够大（高电平）；

现象——三极管流过的电流较大，而集电极与发射极之间的电压只有0.3 V左右（低电平）。

截止：条件——输入信号足够小（低电平）；现象——三极管没有电流流过，集电极与发射极之间的电压与电源电压相近（高电平）。

由于加到三极管基极的信号不是高电平，就是低电平，因此晶体三极管工作于开关状态，即不是工作于饱和状态，就是工作于截止状态。我们通常称这种信号为开关信号（即数字信号）。

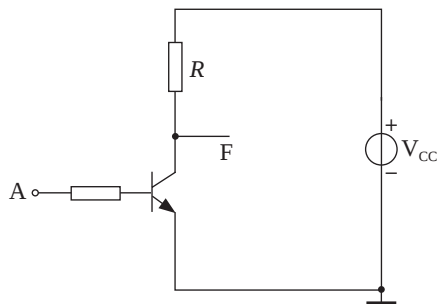


图 3-51 晶体管非门电路



马上行动

使用以下器材：晶体三极管9014 1只，10 k Ω 、2.2 k Ω 电阻各 1 只，3 V（或5 V）电源1只，多用电表1只，在电路试验板上按如图3-52所示电路搭接电路，观察三极管的开关特

性，并在下列各空格处填入试验结果。

(1) 将输入端接地，用多用电表测量电阻 R_c 两端的电压 $U_r =$ _____V，此时晶体三极管集电极的电流 I_c _____（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 与发射极 e 之间的电压 $U_{ce} =$ _____V，属于_____（填“高”或“低”）电平。

(2) 将输入端接3 V电压，用多用电表测量电阻 R_c 两端的电压 $U_r =$ _____V，此时晶体三极管集电极的电流 I_c _____（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 与发射极 e 之间的电压 $U_{ce} =$ _____V，应属于_____（填“高”或“低”）电平。

(3) 根据测出的电压关系，判断该电路的逻辑功能。

讨论：晶体三极管是否可以当做开关使用？为什么？

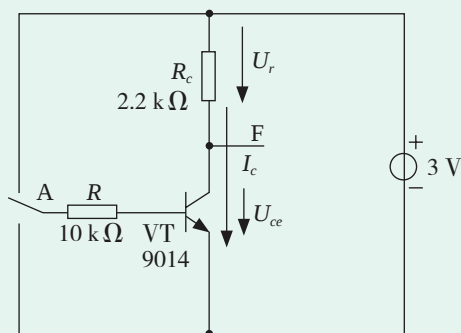


图 3-52 三极管开关特性电路图

另一种经常作为门电路中开关使用的器件是金属氧化物半导体场效应管，即MOS管，如图3-53所示是它的电路符号。它和晶体三极管一样也有三个极：源极S、栅极G和漏极D。这三个极和晶体三极管的各电极的对应关系是：

源极相当于发射极，通常接地；

漏极相当于集电极，通常通过电阻接电源；

栅极相当于基极，用来控制漏极电流的大小。

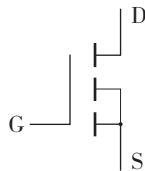


图 3-53 场效应晶体管电路符号

普通晶体三极管是电流控制的器件，即基极必须注入电流才能使三极管导通，而MOS管属于电压控制器件，在其栅极与源极之间加适当的电压就能使MOS管导通。

MOS管在开关信号的作用下，也有导通和截止两种状态，因而也可做开关使用。

数字电路现在都已集成化。集成门电路属于小规模集成电路。由若干门电路组成，能完成某个逻辑功能，如编码、译码等功能的集成电路通常属于中规模集成电路。将数百、数千个门电路集成在一个硅片上的数字集成电路属于大规模、超大规模数字集成电路。目前将数万个以上门电路集成在一个硅片上，可实现一个较复杂系统功能的所谓片上系统（SOC）也已出现。此外，还涌现出各种新型的数字集成电路，如用户可以改变片内电路之间逻辑关系的可编程逻辑器件（PLD）和现场可编程门阵列（FPGA）等。

数字集成电路有多种类型，最常用的有TTL和CMOS两种。

TTL（晶体管-晶体管逻辑）电路是用普通晶体三极管构成的集成电路，与CMOS相比，其运行速度较快，允许负载流过的电流较大，但消耗功率较大。

CMOS（互补MOS电路）电路是用MOS管构成的集成电路，在工作时消耗的功率最低，但工作速度较TTL的低，允许负载流过的电流较TTL的小。

CMOS器件与TTL器件的逻辑电平和电路的输出能力不一样，因此两种类型的集成电路通常不能在同一个电路中使用，如需同时使用，要在它们之间加上电平转换电路。

CMOS器件比较容易损坏，使用时要注意保护，如电源的极性不能接反，并做好防静电处理等。



触发器

数字电路中能将二进制数据记住的基本单元电路称为触发器，其中最简单的一种称为基本触发器，通常由2只或非门（或2只与非门）交叉连接构成，其逻辑符号如图3-54所示。

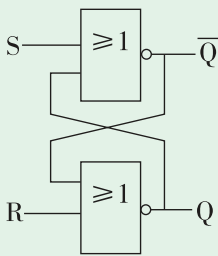


图 3-54 基本触发器逻辑图

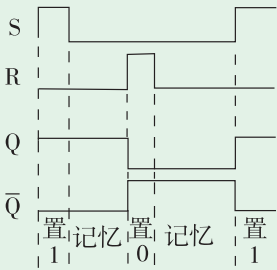


图 3-55 基本触发器波形图

任何触发器都有2个输出端Q和 $\bar{Q}$ ，正常情况下Q和 $\bar{Q}$ 总是反相的，即不是（Q=0， $\bar{Q}$ =1）就是（Q=1， $\bar{Q}$ =0）。

（Q=0， $\bar{Q}$ =1）称为0状态，（Q=1， $\bar{Q}$ =0）称为1状态。

基本触发器有2个输入端S和R。S（set）称为置位端或置1端，R（reset）称为复位端或置0端。

若S端加触发信号（高电平），R端不加触发信号，即S=1，R=0，基本触发器被置于1状态，此过程称为置1，如图3-56所示；若R端加触发信号（高电平），S端不加触发信号，即S=0，R=1，基本触发器被置于0状态，此过程称为置0，如图3-57所示。

无论置1还是置0，当触发信号结束后，即S和R的输入都是低电平时，基本触发器的状态保持不变，如图3-58所示。由此可见，基本触发器具有记忆作用（也称存储作用），能存储1位二进制信息（即能存储一个1或0）。

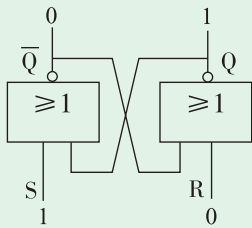


图 3-56 置 1 状态

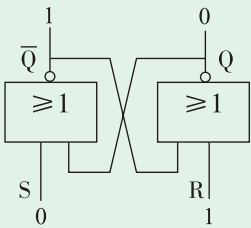


图 3-57 置 0 状态

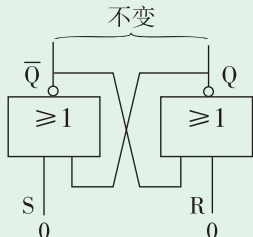


图 3-58 保持状态

基本触发器的两个输入端通常不应都加触发信号（高电平）。基本触发器输出与输入之间的关系如右表所示。

S	R	Q	$\bar{Q}$
0	0	不变	
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	不使用	



拓展阅读

常用数字电路资料

1. TTL与CMOS部分参数对照。

参数名称	TTL	CMOS
电源电压/V	5	3 ~ 18
高电平（标称值）/V	2.3	V_{DD}
低电平（标称值）/V	0.3	0
门平均功耗/mW	2 ~ 22	50 (nW) ($1 \text{ nW} = 10^{-9} \text{ W}$)
最高工作频率/MHz	35 ~ 125	25
最大输出电流/mA	20 ~ 100	3.5

注：① 不同型号的器件的参数有区别，使用时必须查阅手册。

② 此表仅为小规模集成电路的参数。

2. 常用集成门电路的型号。

集成逻辑门名称	输入端数/门	门数/片	TTL	CMOS
四2输入与非门	2	4	CT74LS00	CC4011
双4输入与非门	4	2	CT74LS20	CC4012
四2输入或非门	2	4	CT74LS02	CC4001
双4输入或非门	4	2		CC4002
六反相器（非门）	1	6	CT74LS04	CC4069
四2输入与门	2	4	CT74LS08	CC4081
双4输入与门	4	2	CT74LS21	CC4082
四2输入或门	2	4	CT74LS32	CC4071
双4输入或门	4	2		CC4072

3. 部分常用集成逻辑门引脚图。

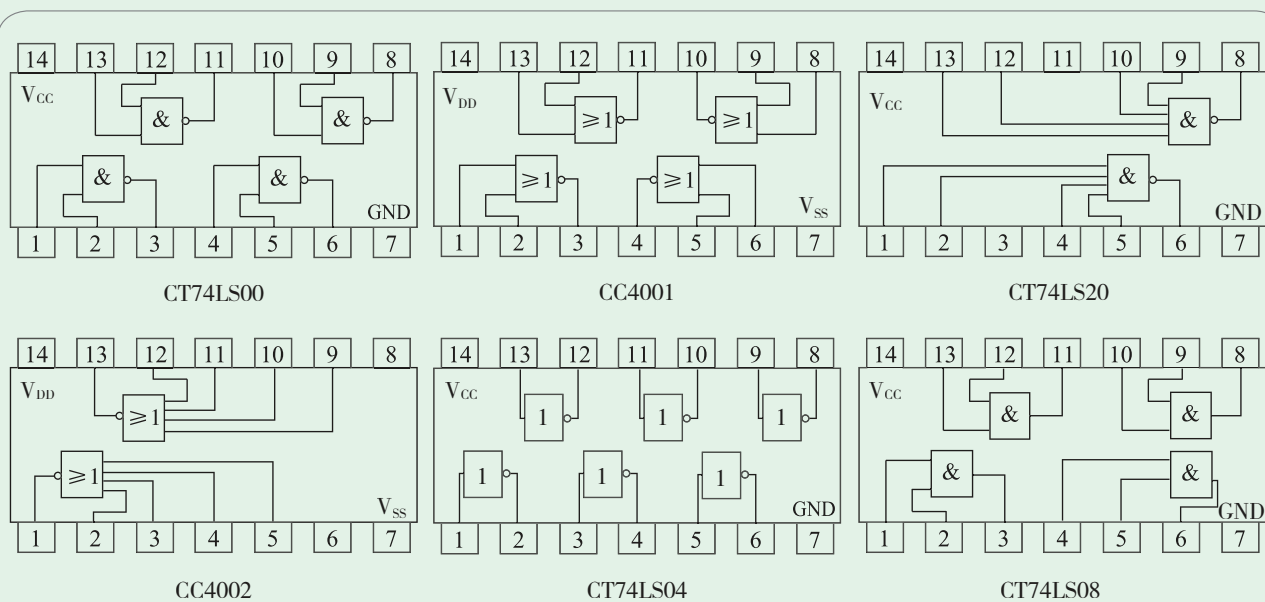


图 3-59 部分常用集成逻辑门引脚图



马上行动

1. 在电路试验板上测量TTL非门CT74LS04和CMOS非门CC4069的输出电平值，并填入下表。

型号	输入低电平	输出电压	输入高电平	输出电压
CT74LS04	0 V		5 V	
CC4069	0 V		5 V	

注：电源统一用 5 V。

2. 研制世界上第一块集成电路的人是谁？到目前为止，集成电路最多容纳晶体管的个数是多少？请上网查阅相关资料。



技术体验

制作简易水质检测仪

体验目的：

通过制作简易水质检测仪，学会使用数字集成电路组装简单电路。

情境展示：

河水有时会受到污染，直接用来浇灌学校温室大棚的植物，将严重影响我们的身体健康，因此需要对水质进行检测。

问题分析：

水质检测仪工作原理：

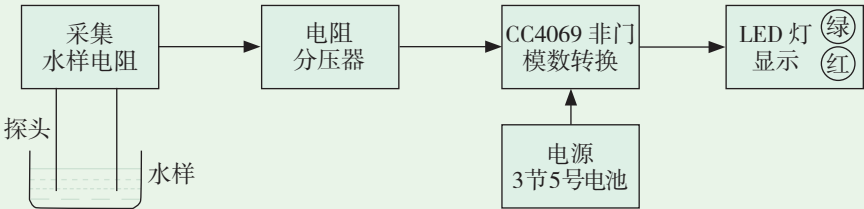


图 3-60 水质检测仪工作原理方框图

这里所说的水质主要指水的纯净度，纯净的水电阻很大，有杂质的水电阻很小。实际电路如图3-61所示，电路中 R_1 、 R_2 和探头本身电阻（被测水质电阻）构成一串联分压电路。如果被测水非常纯净（即电阻很大）， F_6 和 F_1 输入都为高电平，通过非门电路逻辑关系可知绿灯亮，红灯不亮，表明水质较好。如果被测水质杂质很多（即电阻很小）， F_6 和 F_1 输入都为低电平，绿灯不亮，

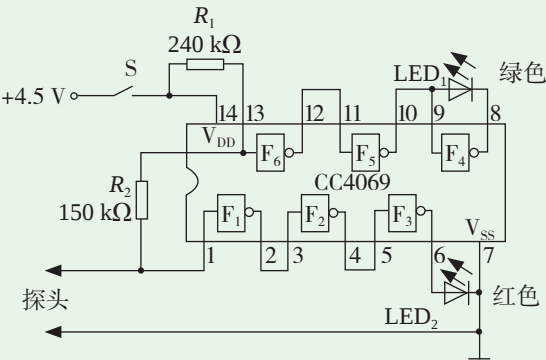


图 3-61 用门电路制作的水质检测仪电路

此时， F_1 输入低电平，通过非门电路逻辑关系，红灯亮，表明水质很差。

本电路分三挡：绿灯亮、红灯不亮（纯净水）；绿灯、红灯都亮（自来水）；红灯亮、绿灯不亮（水质很差、杂质多）。

活动准备：

CC4069集成电路1块、 $R_1=240\text{ k}\Omega$ 、 $R_2=150\text{ k}\Omega$ 、LED₁绿色发光二极管、LED₂红色发光二极管、3节5号电池及电池盒1个。

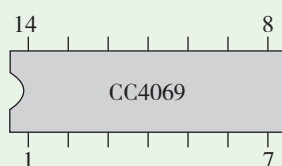


图 3-62 CC4069 芯片引脚图

主要过程：

1. 根据如图3-61所示的电路图组装水质检测仪。

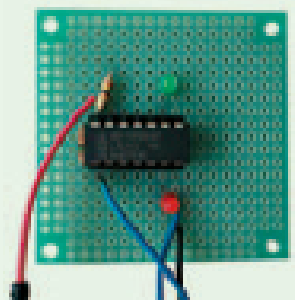


图 3-63 水质检测仪

2. 按照电路图安装无误后，可以进行通电试验。当水质探头打开时绿灯亮，水质探头短接时红灯亮，表示成功。

3. 将探头分别插入纯净水、自来水和污水中，用水质检测仪分别进行测量，记录灯亮情况。

4. 写报告具体分析水质检测仪的工作原理，重点分析逻辑关系。

讨论：怎样用其他集成逻辑门电路设计新的水质检测仪电路？



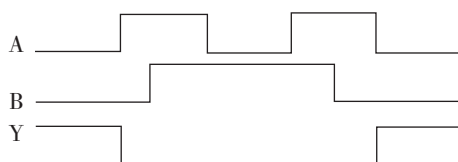
学习反思

数字电路跟模拟电路相比，有哪些优点？



练习

1. 已知某电路的输入A、B和输出Y的波形如下图所示，该电路实现的A、B逻辑关系为_____。



2. 某实验室有红、黄两个故障指示灯，用来表示三台设备的工作情况。若只有一台设备发生故障，黄灯亮；若有两台设备同时发生故障，红灯亮；若三台设备都发生故障，红灯、黄灯同时亮。为了满足上述要求，试利用门电路，设计一个控制指示灯的逻辑电路实现上述功能。

四、数字电路的仿真实验与应用

- 任务一 认识并使用仿真软件绘制电路原理图
- 任务二 进行数字电路的仿真实验



学习目标

1. 通过动手实践，学会使用仿真软件画电路图。
2. 参考阅读资料完成电路仿真，掌握简单数字电路的仿真流程。
3. 能严谨、认真地完成电路仿真实验。



走进情境

李虹和她的科研团队成员利用学到的电子电路知识，成功完成了温室大棚用的“水质检测仪”的研制工作。可是在研制过程中，有时为了找一个电子元件要花费很长的时间，有什么好办法能在没有实物的情况下也能进行电子实验呢？



任务一 认识并使用仿真软件绘制电路原理图

电路仿真是通过仿真软件对电路图进行实时模拟，模拟出实际功能，在仿真环境中分析电路功能，验证电路的运行效果。

电路仿真是电子设计自动化的重要工具，它不仅在工业生产、技术研究中发挥着重要作用，也是学生学习电子技术的一个很好的计算机辅助试验平台。



马上行动

认识仿真软件的基本界面，包括菜单栏、标准工具栏、主工具栏、视图工具栏、元件工具箱、仿真工具箱、仪器工具箱、设计工具箱、电路图绘制区、电子表格视窗、状态栏等部分。

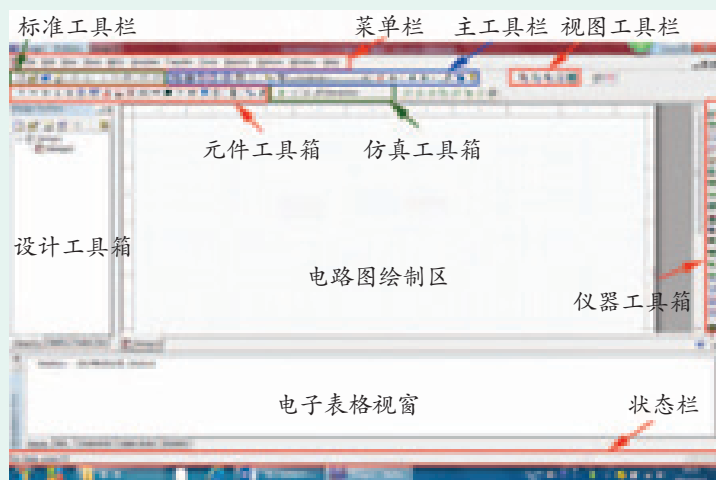


图 3-64 仿真软件界面



讨论：电路仿真软件中包括哪些元件和仪器？查阅资料，检索未知元件和仪器的功能。

绘制电路图对逻辑模拟而言是一种输入方式，即将所要完成的实验电路“画”在软件实验平台上，来模拟进行所需要的实验。想要仿真，首先要在仿真软件中“画”出电路图。



技术体验

绘制与非门仿真电路图

体验目的：

通过绘制与非门仿真电路图，掌握仿真电路图的基本绘制方法。

情境展示：

在初步了解了计算机电路仿真软件后，同学们纷纷开始进行电路设计。

问题分析：

跟实际电路不同的是，仿真软件在软件实验平台上选择元器件，并按电路图进行连接。

活动准备：

计算机和仿真软件。

主要过程：

1. 选元件（以画与非门74LS00D为例）。

点击“原件工具箱”选中“TTL集成电路”，在打开的窗口中选择“74LS系列”，在弹出的“选择原件”窗口中选择所需的门电路“74LS00D”，该原件就被选中。

2. 放元件。

74LS00D共有4只与非门，分别为A、B、C、D，选择A（New：点中A），一个与非门符号就被画在电路工作区中，依次再选择U1：B、C、D。

3. 画连线。

将鼠标在需要连接一条线的两个点上各点击一次，两个点就被连上。如需改变连线的形状，将光标放在需要改变的地方，按下鼠标将其拖到合适的位置即可。

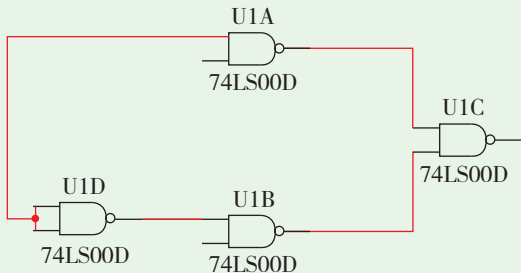


图 3-65 画电路连线

讨论：画仿真电路图需要哪些步骤？



任务二 进行数字电路的仿真实验

在软件平台上画好电路，就是建立了仿真的电路模型。所谓“仿真实验”就是在建立的模型上完成实验。在电路仿真实验的过程中，要用到信号源和测量仪器。



技术试验

测试“与”门的真值表，验证“与”逻辑关系

试验目的：

通过测“与”门真值表，掌握电路仿真方法。

情境展示：

在仿真软件中测试“与”门真值表，验证其逻辑关系。

问题分析：

完成仿真的电路模型后，还需要在仿真软件中添加信号源和测量仪器。

试验准备：

计算机和仿真软件。

试验过程：

1. 选元件。

选择74LS08D。在“电路图绘制区”点击鼠标右键，选择“放置元器件”添加元器件。在“群组”栏目中选择“TTL”，再选取“74LS”，在“原件”栏目中选择“74LS08D”。

2. 放元件。

放置74LS08D。74LS08D共有4只与门，分别为A、B、C、D，选择A（New：点中A），一个与门符号就被画在电路工作区中。

3. 加入多用电表。

在仪器工具箱中选择多用电表“Multimeter”，添加后，双击“XMM1”设置为“直流”“电压”，如图3-66所示。

4. 画连线。

74LS08D的两路输入和 V_{CC} （5 V）电源正极相连，输出与多用电表的“+”端相连。多用电表的“-”端与数字地相连，如图3-67所示。



图 3-66 选取多用电表

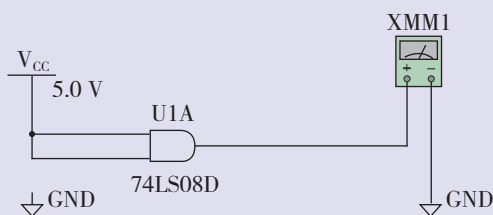


图 3-67 完成电路连线



5. 看数据。

按下工具栏 “ run”（运行仿真），双击多用电表可以观察到与门的输出信号，如图 3-68 所示。

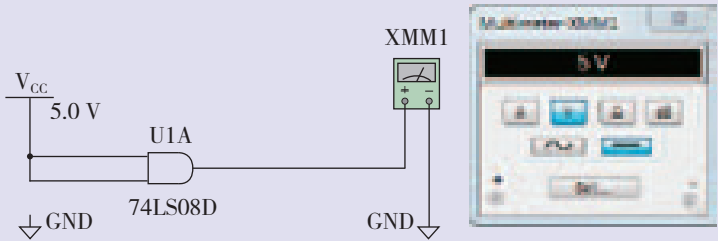


图 3-68 运行仿真

6. 与门两路输入1A和1B有四种不同组合。按照四种不同的输入，测量并记录输出电压，如图3-69所示。

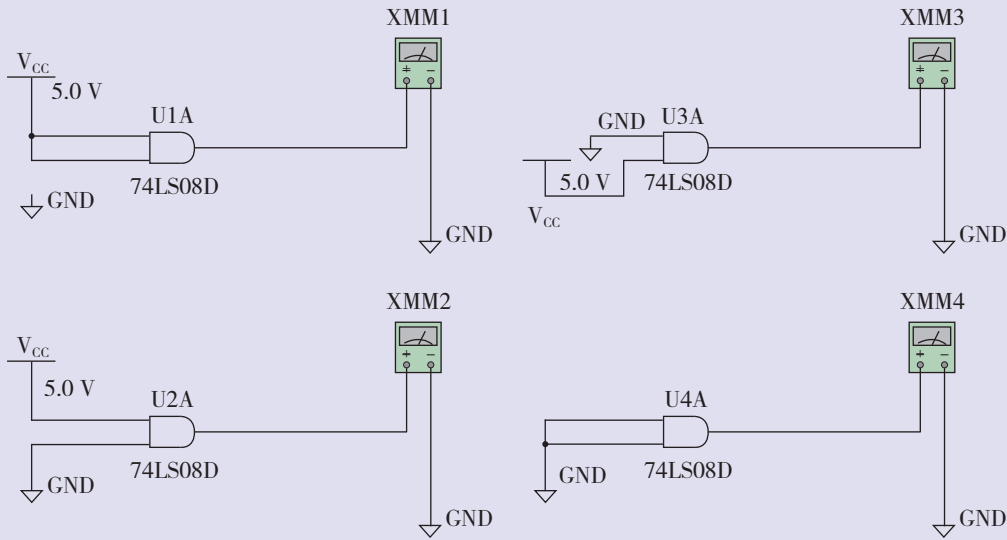


图 3-69 为输入端加载电压

与门验证试验记录单

序号	输入1A	输入1B	输出1Y
1	5 V	5 V	
2	5 V	0 V	
3	0 V	5 V	
4	0 V	0 V	

讨论：运用仿真软件与真实电路相比，有什么优、缺点？

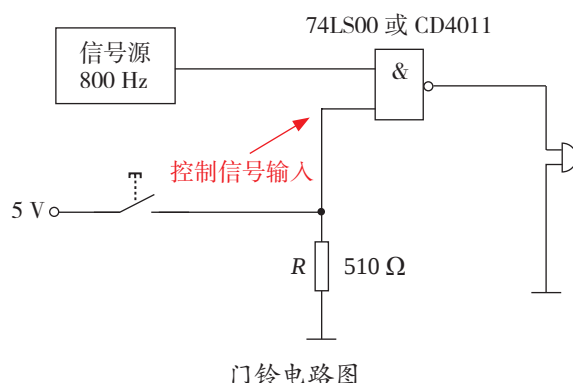


学习反思

运用仿真软件能否完全代替真实电路实验？为什么？

练习

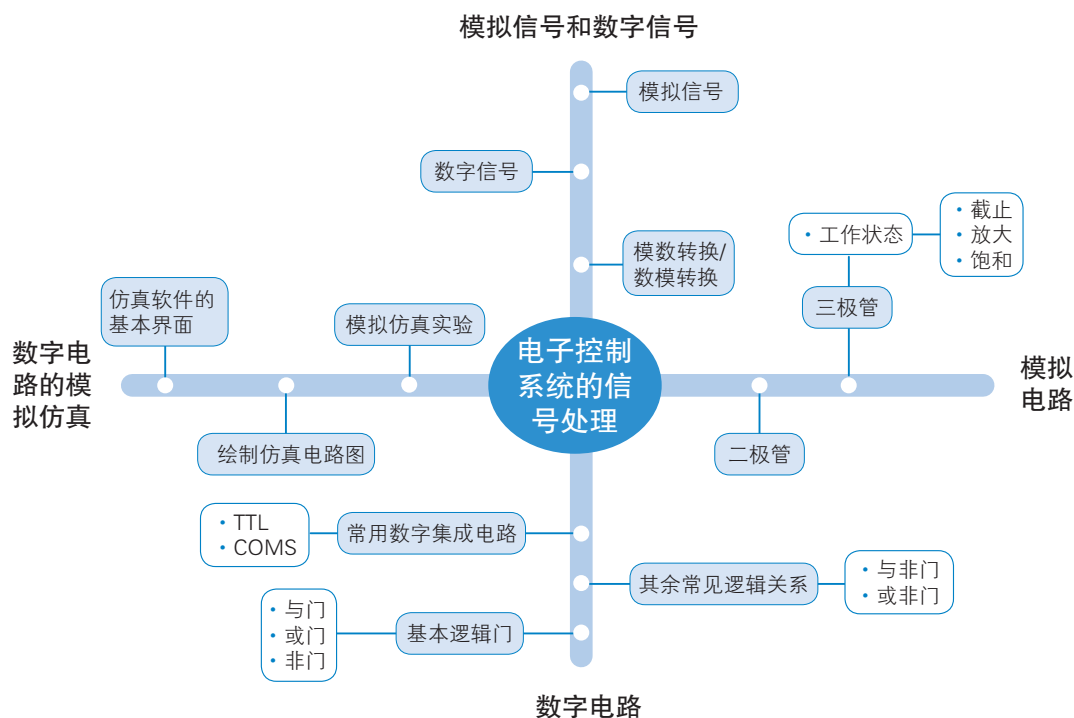
1. 利用仿真软件测试或非门的真值表，验证或非逻辑关系。
2. 温室大棚密闭很严，在里面很难听到敲门声，请研制一个电子门铃，让门铃声音动听不吵人。设计的门铃电路图如图所示，用仿真软件测试门铃的效果。



经过试验，800 Hz 信号源产生的效果不理想，将控制信号换成频率为 1 Hz 的方波信号，再次进行仿真实验。

3. 在第2题的基础上，将蜂鸣器改为示波器，并将控制信号的频率改为 80 Hz，同时观察与非门的输入波形与输出波形，记录在纸上。

本章小结



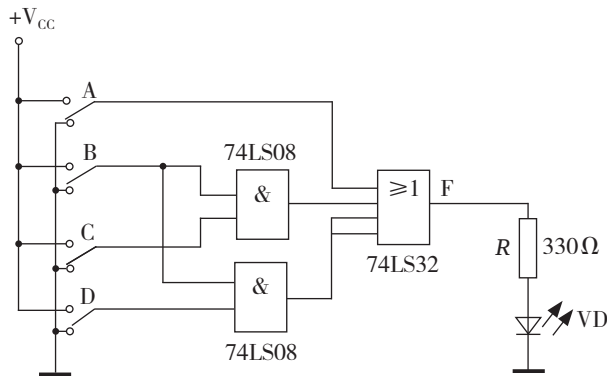


综合实践

1. 普通电子秤上显示的价格的最小单位是“分”。设计一个四舍五入电路，能自动对电子秤显示的“分”值作四舍五入处理，使显示的最小单位为“角”。

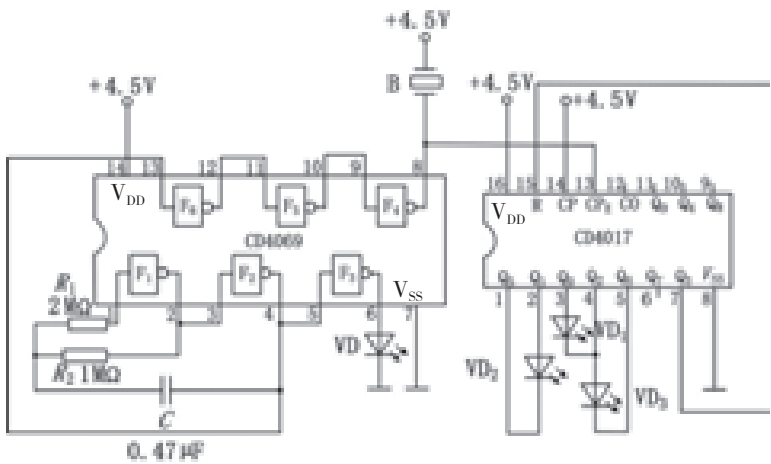


电子秤

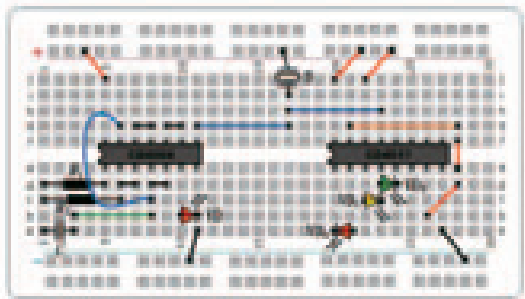


“四舍五入”电路参考原理图

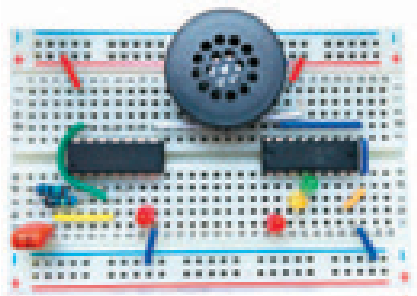
2. 每逢喜庆的节日，路边的树上、建筑物上都会挂上色彩缤纷的灯，当夜晚来临时，整个城市就会变得流光溢彩，充满活力。请使用集成电路设计、制作一个循环彩灯电路。



节日循环彩灯电路参考原理图



面包板实验电路参考示例



电路实物搭接参考图

第三章

学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
能阐述模拟信号和数字信号的含义，并能辨析它们各自的优点和局限（TA、ET）			
通过分析生活中的案例，能阐述数字信号“0”和“1”的含义（TA、ET）			
能说明模拟信号与数字信号的相互转换原理（TA）			
能辨析晶体二极管和晶体三极管的结构和类型（TA、ET）			
能分析晶体二极管基本应用电路（ET、CM）			
能阐明简单晶体三极管共发射极放大电路的组成和工作原理，并能识读晶体三极管的特性曲线，掌握晶体三极管在模拟电路中的运用（ET、CM）			
能阐述与门、或门、非门、与非门和或非门等基本逻辑门的逻辑关系（TA、ET）			
通过案例分析，根据逻辑关系，会填写真值表，画出波形图（TA、ET、TD）			
能使用常用数字集成电路安装简单的实用电路，并能使用软件对电路进行仿真实验（ET、ID、CM）			
说明 TA——技术意识，ET——工程思维，ID——创新设计，TD——图样表达，CM——物化能力			

在平台中完成自我测试	
测试成绩	
存在的主要问题	



第四章 电子控制系统的执行部分

- 一 执行部件
- 二 继电器的作用和类型
- 三 直流电磁继电器的构造、规格和工作原理

中国传统武术太极拳《五字诀》中曾记载：“曲中求直，蓄而后发，方能随手奏效，此谓借力打人，四两拨千斤也。”这体现了太极拳“以小搏大、以柔克刚”的武术精髓。由于电子控制电路往往在低电压和小电流状态中工作，如何实现用低电压、小电流控制高电压和大电流的工作电路，就需要依靠继电器或可控硅等执行部件。

在电子控制系统的执行部件中，小小的继电器同样具有“四两拨千斤”的本领，它对电流、电压“以小控大、以低控高”的作用让我们叹为观止。让我们走近继电器，去领略电子控制系统中执行部件的奥秘。

一、执行部件

- 任务一 探究执行部件的作用
- 任务二 制作简易光控延时灯电路



学习目标

1. 通过案例分析，能够认识电子控制系统中的执行部件，并能说出执行部件在控制系统中所发挥的作用。
2. 通过体验简易光控延时电路的制作、测试过程，加深对电子元器件的认识，能够归纳出执行部件组成的多样性，提高工艺水平。



走进情境

学校团委为开展“建设绿色校园”的主题活动，号召全校同学为建设生态校园建言献策。高二（3）班的张林同学善于留心观察生活，他发现晚自习期间教学楼走廊里空无一人，但是灯火通明，不利于节能环保；校园里许多同学打洗手液或肥皂时不关水龙头，造成了大量自来水的浪费。张林想运用最近学习的电子控制技术知识去解决这些问题，于是他开始行动起来……



任务一 探究执行部件的作用

自动控制比人工控制具有执行效率高、节省人力等特点，在生产、生活中被广泛应用。



技术体验

体验自动感应水龙头节水控制

体验目的：

探究自动感应水龙头自动控制原理，体验执行部件的作用。

情境展示：

课间，张林同学仔细观察了30名同学的洗手情况，数据统计如图4-1、图4-2所示，发现许多同学由于怕麻烦，打洗手液或肥皂时不关水龙头，造成大量自来水的浪费。他想如果将

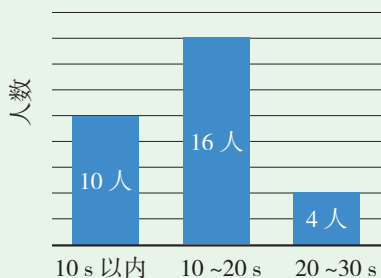


图 4-1 洗手用时统计

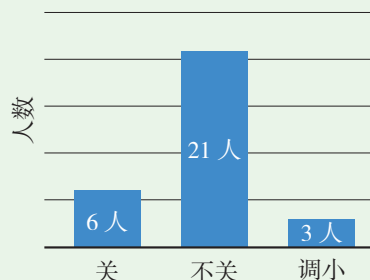


图 4-2 打洗手液或肥皂是否关水龙头人数统计



普通水龙头更换成自动感应水龙头，既减少了同学们关闭水龙头的麻烦，又可以节约大量水资源。

问题分析：

自动感应水龙头与普通水龙头的区别在于自动控制部分。红外感应水龙头是通过红外线反射原理，当手放在水龙头下，红外线发射管发出的红外线由于受到手的遮挡反射到红外线接收管，控制器将控制信号发送给电磁阀，电磁阀接收信号后按指定的指令打开阀芯来控制水龙头出水；当手离开红外线感应范围，电磁阀没有接收到信号，电磁阀阀芯则通过内部的弹簧进行复位来控制水龙头的关闭。

主要过程：

- 1. 使用普通水龙头体验整个洗手过程，用时10 s，统计测量用水量。
- 2. 使用自动感应水龙头体验整个洗手过程，用时10 s，统计测量用水量。
- 3. 重复以上过程，统计并估算出使用自动感应水龙头洗手一次的节水量。

讨论：自动感应水龙头自动控制系统方框图应如何绘制？传感器、控制器、执行器和被控对象分别是什么？



图 4-3 红外感应水龙头

家庭常用的许多电器设备如全自动洗衣机、电冰箱、微波炉等都是在电子控制系统的作用下工作的。

在电子控制系统中，传感器相当于人的感官，控制（处理）部分相当于人的大脑，执行部件相当于人的手脚。执行部件是接收并执行控制（处理）部分发出的命令，完成控制的部件，它在电子控制系统中的作用如图4-4所示。

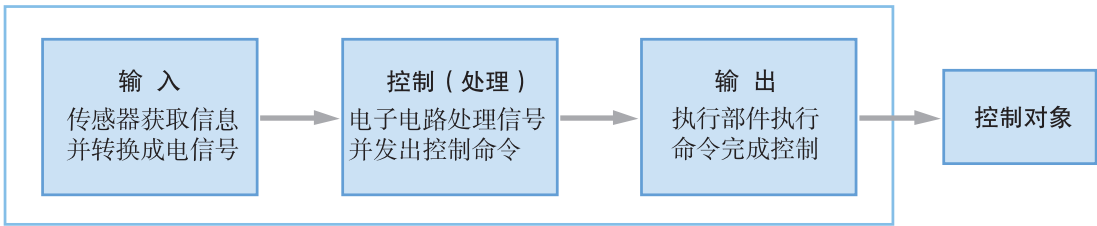


图 4-4 电子控制系统的组成方框图



全自动洗衣机工作过程

全自动洗衣机工作过程如图4-5所示，电磁阀执行进水、放水动作，而洗衣、脱水功能则由继电器控制电机来执行。继电器是一种开关元件。当控制器给它的小电流、低电压（5 V）

的输入量达到规定值时，它由“断开”转为“闭合”，接通输出电路，其输出量便发生跳跃式变化，使需要大电流、高电压（220 V）工作的电动机等部件工作。

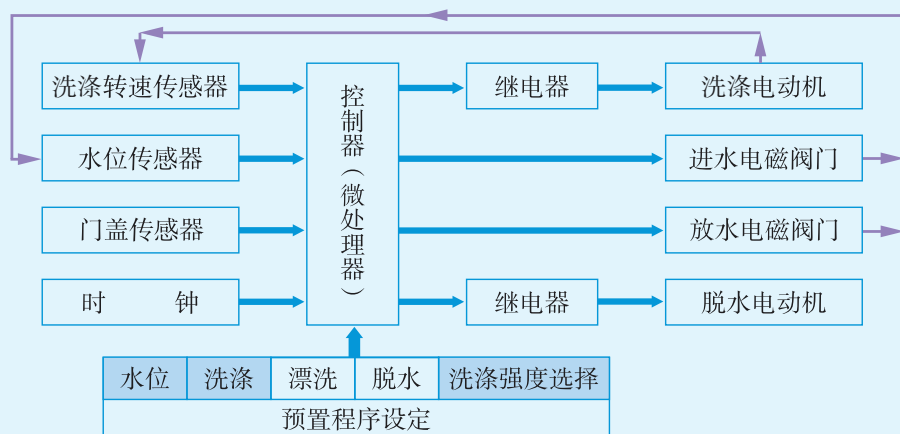


图 4-5 全自动洗衣机工作过程

讨论：全自动洗衣机是怎样完成脱水工作过程和其他工作过程的？执行器是由哪个部件实现的？

在不同的电子控制系统中，各部分有多种组成方式，其复杂程度差异很大。例如，在电子门铃和路灯自动控制的模拟装置中，三极管既是控制部分的电子电路，又是被控对象（扬声器或发光二极管）的执行部件（即驱动电路）。但是在电冰箱中，输出部分中的继电器执行控制器的命令，接通压缩机的工作电路，使制冷剂在管道中循环，降低冷藏室中的温度。这里执行部件包括了继电器、压缩机等。由此可以看出，执行部件可以由多种元件来组成。工业生产电子控制系统的执行部件的组成更为复杂。



根据全自动洗衣机案例分析，你认为洗衣机进水、洗涤、脱水工作过程中，实现自动控制的输入部件、控制部件、执行部件分别由什么设备组成？并填入下表。

洗衣机工作过程	输入部件	控制部件	执行部件
进水			
洗涤			
脱水			



任务二 制作简易光控延时灯电路

执行部件是电子控制系统中重要的组成部分。构成执行部件的元件有很多，也很复杂，有时控制器独立存在，有时控制器与执行器由同一部件担任。但不是所有电子控制系统中的执行部件都是复杂的，如利用三极管的开关特性也能制作一个简单的自动控制电路。



技术体验

制作简易光控延时灯电路

体验目的：

通过制作简易光控延时灯电路的过程，体验、理解电子控制系统的工作过程，知道执行部件构成的多样性，加深对电子元器件的认识，提高工艺水平。

情境展示：

张林每天在学校上晚自习，晚上回家时发现路灯有时不亮，给路人带来不便；早上去上学时，光线比较亮了，但有时路灯还亮着，浪费大量电能。他想设计一个自动控制的照明电路，给大家带来方便，又能节约能源。

问题分析：

可以通过设计制作简易光控延时电路，实现“天黑灯亮，天亮灯灭”来方便行人，并且节约电能。光控路灯电路其实就是一个捕捉外界光线，转换为控制信号以控制路灯工作的自动控制电路。加上延时电路，可以克服夜间闪电对它的影响。

其工作原理为：光敏电阻作为输入部分是光传感器，用于采集环境光线。夜晚， R_L 阻值大，输入到数字集成电路CD4011的是高电平。 VD_1 导通，给电容C快速充电，此时VT饱和导通， VD_2 亮。如果此时有闪电， R_L 阻值会变小， VD_1 截止，电容C开始通过 R_1 放电，还能继续维持VT导通， VD_2 继续亮，只要设定的延时时间比闪电的时间长，就能克服闪电对电路的影响。白天， R_L 阻值小，输入到数字集成电路CD4011的是低电平， VD_1 截止，电容放电放到低电平时，VT截止， VD_2 灭。

活动准备：

材料：整流二极管1只，330 Ω 、10 k Ω 、510 k Ω 的电阻各1个，47 μ F/16 V的电解电容1只，白色发光二极管1只，5516光敏电阻1只，503的电位器1只，S8050三极管1只，CD4011数字集成芯片1片，14脚DIP母座1个，接线端子1只，50 mm $\times$ 70 mm的电路板1块，焊锡，松香。

工具：电烙铁、数字多用电表、学生电源等。

主要过程：

1. 分析简易光控路灯工作原理，理解如图4-6所示电路图。
2. 如图4-7所示，分别将各元器件按照相应位置焊接到电路板上。
3. 将电源连接到电路板上。

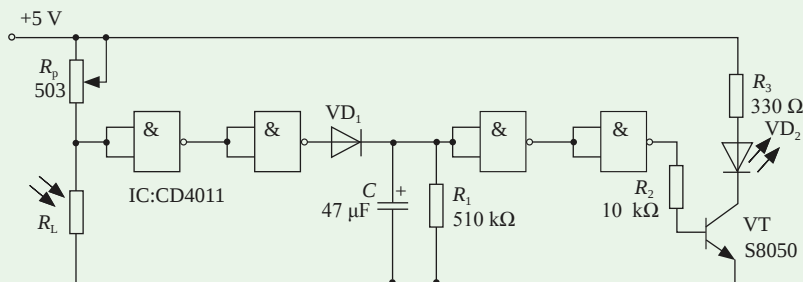


图 4-6 简易光控延时灯电路图

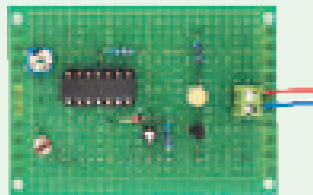


图 4-7 简易光控延时灯电路板图

4. 用手遮住光敏电阻，观察发光二极管是否点亮。
5. 手移开后，大约3~4 s的时间，观察发光二极管是否自动熄灭。

讨论：

1. 该电路控制灯的执行器是哪个元器件？前面学过的还有哪些元器件是执行部件？
2. 分析电路，说明二极管 V_{D1} 的作用。

学习反思

1. 如果想要天更暗的时候亮灯， R_p 如何调？
2. 简易光控路灯电路还能应用在日常生活的哪些场合？为什么？

练习

1. 在日常生活中，请仔细观察电冰箱工作状态的变化。查阅资料，了解电冰箱制冷工作原理，分析家用电冰箱控制温度的工作过程，画出电冰箱温度控制系统方框图，并说明其中的执行部件及被控量。
2. 目前你了解的哪些电器具有自动控制功能？其执行部件由什么元件组成？请填写入下表。

电器设备名称	执行部件的构成

3. 请你为教室内照明系统设计一个节能自动控制方案，绘制出系统控制方框图。

二、继电器的作用和类型



学习目标

- 任务一 体验继电器的作用
- 任务二 辨别继电器的类型

1. 通过继电器控制电动机技术试验，能够准确说出继电器的控制执行作用。
2. 通过技术分析，能够说出继电器与其他开关的区别，能够列举继电器的不同种类。



走进情境

夏季室外烈日高照，地面上热浪滚滚，教室里开启了空调。但是，这两天由于空调温度设置过低，有几个同学患了感冒。张林同学建议将空调温度设定为 26°C ，这样既保障了同学们的身体健康，又为学校建设绿色校园做出贡献。可是，无论空调设定什么温度，压缩机始终在工作，无法停止制冷。张林想：空调控制电路中哪个部件出现问题可能导致压缩机不停机的故障呢？



任务一 体验继电器的作用

电子控制系统离不开执行部件，继电器是常见的执行部件之一。在许多电子控制系统中常常能够看到继电器的“身影”。继电器作为一个开关元件能实现普通开关的功能。



案例分析

继电器在空调控制系统中的作用

在家用空调控制系统中，室内主机的传感器会实时检测室内的温度等环境参数。当选择一种空调工作模式后，空调就会控制相应继电器工作，使室外电机运作。例如，设置高风 22°C 时，空调主控部件会自动设定一个阈值，范围约为 $21^{\circ}\text{C} \sim 23^{\circ}\text{C}$ 。然后向空调的高风继电器发出控制信号，使其工作，使室内的温度趋向于 22°C 。当空调启动后，传感器检测到室内温度高于 23°C ，继电器接通电路，压缩机就会运作；当室内温度低于 21°C 时，继电器就会断开电路，压缩机停止工作。当室内温度升高到高于 23°C 时，压缩机就会继续工作，如此往复。

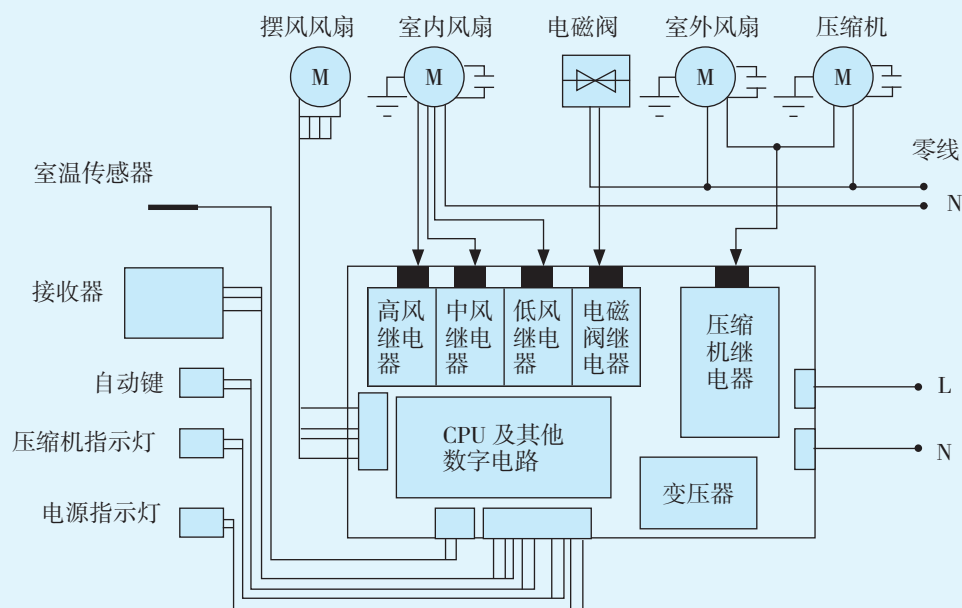


图 4-8 空调控制系统框图

讨论：

1. 直接控制压缩机工作的执行部件是哪个部件？
2. 造成压缩机无法停机的原因可能有哪些？



技术试验

使用电磁继电器控制电动机

试验目的：

观察电磁继电器驱动电动机的过程，了解继电器的作用。

情境展示：

张林班级教室的空调出了故障，压缩机无法停机，同学们都在努力想办法解决。

问题分析：

张林认为可能是继电器出了问题，准备做一个电磁继电器控制电动机试验，以证明电磁继电器对压缩机工作的影响。

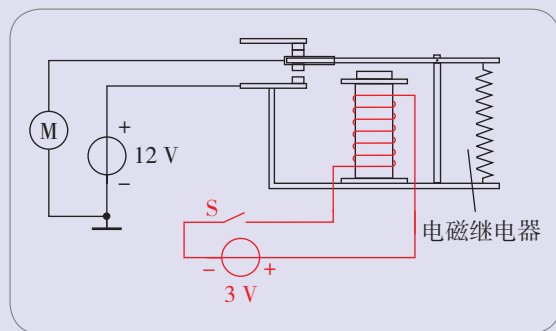


图 4-9 电磁继电器控制电动机电路图

试验准备：

电磁继电器 1 个，玩具电动机 1 只，3 V、12 V 电源各 1 个，开关 1 只。

试验过程：

1. 如图 4-9 所示，连接电路。
2. 闭合开关 S，电动机_____；断开开关 S，电动机_____。

讨论：除了继电器可以控制压缩机工作以外，室温传感器、控制器是否也对压缩机工作产生影响？

在电子控制系统中，继电器是一种常用的执行部件。它能接收并执行控制（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）工作设备的正常运行，这就是继电器“以小控大”“以低控高”的作用。其工作方框图如图4-10所示。

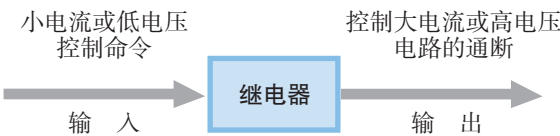


图 4-10 继电器工作方框图

 案例分折

电饭煲控制电路中的继电器

电饭煲是一种常用的家用厨房电器，利用它可以实现自动煮饭功能。电饭煲加热控制电路主要由控制继电器、加热器及外围元器件构成。

1. 人工输入加热指令后，微处理器通过分压电阻 R_{33} 为驱动晶体管 VT_6 提供控制信号，使其处于导通状态，即微处理器向驱动晶体管提供一个“加热驱动信号”。

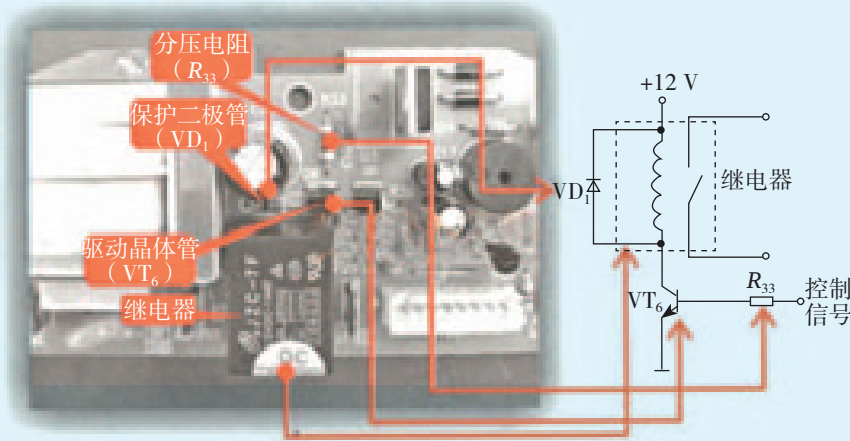


图 4-11 加热控制器

2. 当晶体管 VT_6 导通，12 V工作电压为继电器提供工作电流，使继电器开关触点接通。

3. 继电器中的触点接通以后，交流220 V电源与加热器电路形成回路，开始加热工作。如图4-12所示。

讨论：电饭煲停止加热是怎样的一个控制过程？哪一个部件执行停止加热动作？

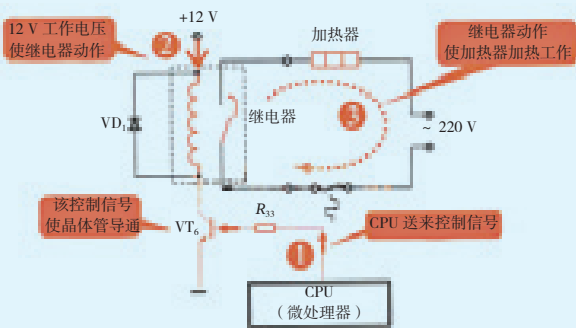


图 4-12 加热控制器工作原理图

继电器是用小电流控制大电流的一种自动开关。作为开关元件，继电器的输入与输出电路之间完全电隔离，抗干扰能力强，运用继电器实现自动开关的功能，给人们带来方便和安全。因此，它广泛应用于电子设备中。



马上行动

请根据你的经历和体验，比较继电器和单刀单掷开关、拨动开关、按钮开关之间的差异。填入下表。

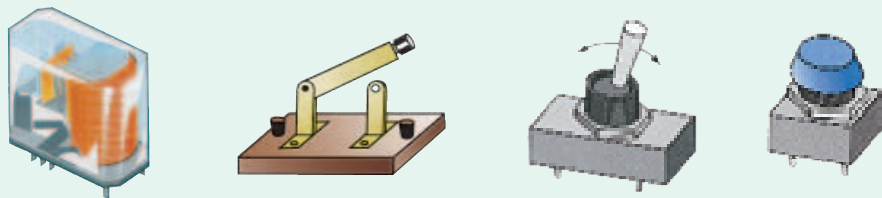


图 4-13 继电器、单刀单掷开关、拨动开关和按钮开关

设备	项目			
	能否自动工作	能否控制强电	开关工作速度	应用场合
继电器				
单刀单掷开关				
拨动开关				
按钮开关				

继电器能够安全、准确、及时地控制电路的通断。它能够根据控制系统的控制命令自动接通或者断开电路，实现自动控制或保护用电设备。



任务二 辨别继电器的类型

继电器的种类繁多，从不同的角度可以把继电器划分为不同种类。例如，按继电器输入物理量的不同，可分为电磁继电器、温度继电器、热继电器、时间继电器等；按继电器执行机构特征的不同，可分为有触点继电器和无触点继电器。

技术试验

使用晶闸管控制电动机

试验目的：
比较电磁继电器和无触点继电器的不同之处。

情境展示：
张林同学在做电磁继电器控制电动机转动的试验中，观察到继电器工作时会发出“咔嚓”的声响。

问题分析：
继电器工作时发出的响声是触点吸合时发出的声音。

有没有不用触点吸合的继电器呢？

试验准备：
直流电源2个，开关2只，电阻1只，晶闸管3CT
1个，玩具电动机1个。

试验过程：
1. 按照如图4-14所示电路连接电路。
2. 闭合控制开关，观察并记录电动机动作情况。

试验总结：
把你的试验结果与任务一中“电磁继电器控制电动机”的过程进行比较，说出两种情况的不同之处。

讨论：结合试验查阅资料，思考并讨论晶闸管的工作原理。

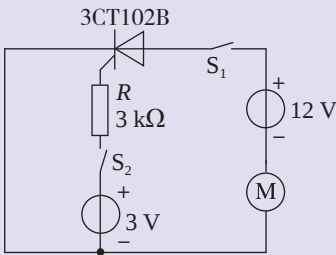


图 4-14 晶闸管控制电动机电路图

电磁继电器是一种常见的继电器，应用非常广泛，主要用于自动控制系统、遥控遥测系统、通信系统等系统的控制设备或保护装置中。

案例分析

电磁继电器与无触点继电器

电磁继电器就是由控制电流通过线圈所产生的电磁吸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、交流电磁继电器等。

电磁继电器具有工作可靠、体积小、结构简单、制作方便、灵敏度高、输入输出电路之间相互隔离等优点。它的不足主要是触点频繁地接通、断开，影响寿命。由于工作在高电压、大电流条件下，触点通断瞬间会产生电火花造成干扰，如果周围有易燃物，还有可能引发事故。

随着半导体技术的发展，人们开发了无触点全固态的半导



图 4-15 直流电磁继电器

体开关元件。无触点继电器与电磁继电器的开关功能以及输入、输出电路的隔离程度都是相当的。无触点继电器由于没有可动触点，不产生电火花，因而它的可靠性高、寿命长、无干扰；又由于它的体积小，易与电子电路集成，因此广泛应用于计算机外围接口装置、电炉加热恒温系统、医疗器械、遥控系统、工业自动化装置等场合中。目前，在一些应用场合，无触点继电器已逐步替代电磁继电器。晶闸管就是一种无触点继电器，主要用于直流弱电信号控制大功率负载电路的场合。

讨论：根据以上案例分析，请你总结电磁继电器与无触点继电器各自的优缺点及不同的应用场合。



图 4-16 交流电磁继电器

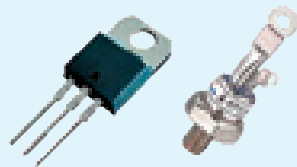


图 4-17 晶闸管



拓展阅读

磁保持继电器

磁保持继电器是近几年发展起来的一种新型继电器，也是一种自动开关。它和其他电磁继电器一样，对电路起着自动接通和切断作用。所不同的是，磁保持继电器的常闭或常开状态完全是依赖永久磁铁的作用，其开关状态的转换是靠一定宽度的脉冲电信号触发而完成的。磁保持继电器的主要优点是节能、绿色环保。

双线圈磁保持继电器的一个线圈专门加正向电压吸合，另一个线圈专门加反向电压释放。其优点在于具有保持功能，一旦置位或复位，即使线圈断电，继电器仍保持原状态。

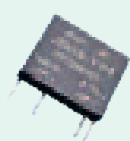


图 4-18 磁保持继电器



马上行动

请将下列继电器与所属类型进行连线。



有触点继电器

无触点继电器



学习反思

应该如何理解继电器“以小控大”“以低控高”的作用？

练习

1. 在日常生活中，观察和细听家用电器，如冰箱、洗衣机等，当它们启动时有什么现象发生？洗衣机工作过程中，在一些动作启动、关闭或洗衣功能转换时，你是否听到“咔嗒”一声？写出下面列举的这些电器分别在哪些时刻发生这种现象，并说明产生这种现象的原因。

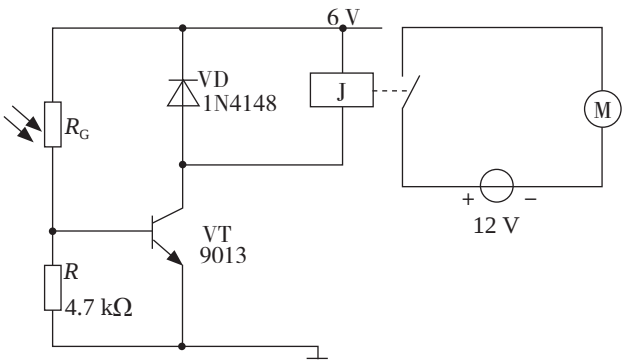
电 器	现 象	产生时刻	产生原因
电冰箱			
洗衣机			
微波炉			

2. 继电器控制电路在汽车电路系统中应用十分广泛且占有重要地位，如灯光的控制、点火开关的控制等。它既能实现小电流控制大电流与自动开关的功能，又可以起到控制与隔离的作用。请你查阅相关资料，举例说明继电器在汽车系统中的具体应用。



(第2题图)

3. 下图为一个光控小型电动机控制电路，试分析电路的工作过程，并说明执行部件应采用哪种类型的继电器。



(第3题图)

三、直流电磁继电器的构造、规格和工作原理

- 任务一 认识直流电磁继电器
- 任务二 使用直流电磁继电器设计控制系统



学习目标

- 1.能够说出常见直流电磁继电器的构造和工作原理。
- 2.能够识别常见直流电磁继电器的规格并能说出其技术指标。
- 3.能够独立完成对直流电磁继电器的检测。



走进情境

张林同学发现，操场上的草坪、校园里的花卉、树木经常需要用自来水浇灌。而在每次雨季，大量雨水直接流进下水道白白浪费了。他想，如果能把这些雨水收集起来，设计一个自动上水控制装置，将雨水注入水塔，用于浇灌草坪花木，这样既可以将雨水回收利用，又可以为学校节约大量水费，这无疑是一条为学校创建绿色生态校园的金点子。



任务一 认识直流电磁继电器

很早以前，人们就根据电磁感应现象制成了电磁式继电器，用于通信领域。电磁继电器经过不断的变革和创新，得到了迅速发展，成为继电器中数量较多、应用最为广泛的一种继电器。

电磁继电器主要由电磁铁、一组或几组带触点（又称接点）的簧片和辅助部件等组成。

常见直流电磁继电器的结构及符号如图4-19所示。电磁铁是直流电磁继电器的基本部件，其线圈接输入电路，用于接收控制信号。返回弹簧、衔铁等是继电器的中间机构。一对或数对动、静触点组成的触点系统是它的执行机构。该结构中动触点焊在触点弹簧片上，触点系统接入输出电路，以控制输出电路的通与断。

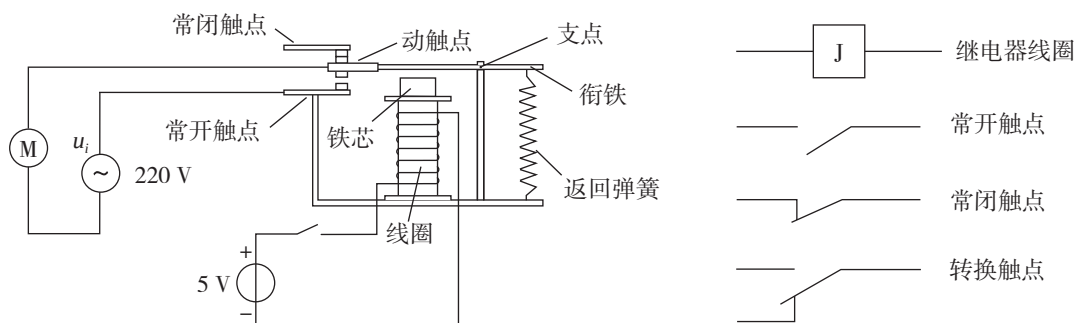


图 4-19 直流电磁继电器的结构图和符号图



在直流电磁继电器的结构图中，存在几个电路回路？哪个回路涉及比较安全的低电压、小电流信号，属于控制回路？哪个回路是被控制回路，涉及高电压、大电流？



电磁继电器中的触点

在工作过程中能够动作的触点称为动触点，不能动作的触点称为静触点。线圈不通电时，常开触点断开，常闭触点闭合；线圈通电后，常开触点闭合，常闭触点断开。动触点与一个静触点常闭而与另一个静触点常开，称为转换触点。

直流电磁继电器的工作原理是当线圈两端施加电压，且达到一定值时，线圈中流过电流，使电磁铁产生足够大的电磁力，电磁力克服返回弹簧的拉力，将衔铁吸向铁芯，造成动触点与常开触点闭合，从而接通输出电路。继续增大线圈中的输入电流，输出量不变。如果此时减小输入电流，电磁力也随之减小，当它降低到一定值时，衔铁和动触点在返回弹簧的作用下回到原位，造成输出电路断开。所以，电磁继电器是一种根据输入电路中的信号来控制输出电路中电流“通”与“断”的器件。



干簧继电器

干簧继电器由线圈和干簧管组成，是用电磁线圈来控制其开关动作的。如图4-20所示，当线圈中有电流通过时，线圈产生磁场，使簧片磁化而吸合；当线圈中没有电流时，簧片断开。干簧继电器结构简单，工作可靠，质量小，价格便宜，吸合功率小，灵敏度高，但是它的触点负荷小。

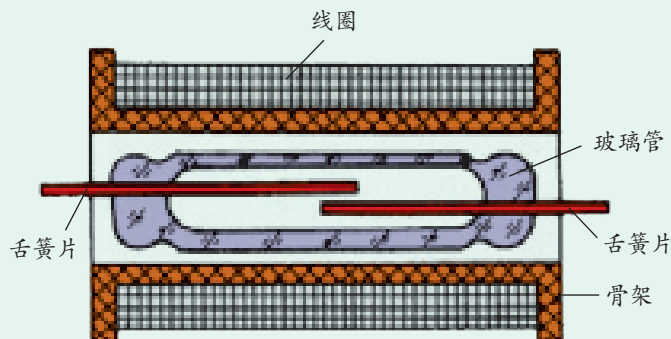


图 4-20 干簧继电器



拓展阅读

直流电磁继电器的主要技术参数

为了保证各种规格的电磁继电器都能安全、可靠地工作，其参数必须符合标准。继电器的技术参数通常都会在产品技术手册中给出。直流电磁继电器的主要技术参数如下：

(1) 额定工作电压

额定工作电压指继电器正常工作时加在线圈两端的电压值。继电器型号不同，对工作电压的要求也不同，常见的工作电压有5 V、6 V、9 V、12 V、24 V等。

(2) 吸合电流

吸合电流指继电器能够完成吸合动作所需要提供的最小电流值。为保证继电器可靠工作，提供给继电器的工作电流必须略大于规定的吸合电流。

(3) 释放电流

释放电流是指继电器从吸合状态转入释放状态时，流过继电器线圈的最大电流值，通常吸合电流远大于释放电流。

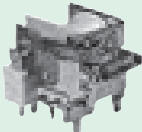
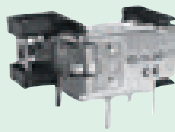
(4) 直流电阻

直流电阻指线圈的直流电阻，一般在几百欧到几千欧之间。可以用多用电表测出这一电阻值。

(5) 触点负荷

触点负荷指继电器触点所承受的开路电压和闭合电流。开路电压常见的有110 V、220 V、380 V等，闭合电流常见的有5 A、10 A、50 A等。

几种常用的直流电磁继电器

外形图			
线圈电压 / DC	6 ~ 24 V	5 ~ 48 V	6 ~ 24 V
线圈功耗 / DC	1.2~1.6 W	0.9 W	0.9 W
接头规格	40 A 14 V DC	30 A 250 V AC 20 A 30 V DC	20 A 250 V AC
触点对数	3对	3对	1对



马上行动

观察下列直流电磁继电器的结构特点并读出主要参数。

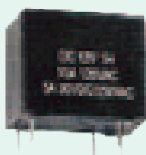
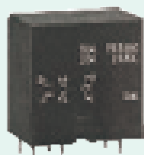


图 4-21 常见直流电磁继电器



任务二 使用直流电磁继电器设计控制系统

直流电磁继电器是应用较为广泛的一种继电器，具有工作可靠、结构简单、制作方便、灵敏度高和输入输出电路之间相互隔离等特点。掌握直流电磁继电器的正确选用方法，是设计、实现自动电子控制系统的必要前提。



技术体验

检测直流电磁继电器

体验目的：

通过体验活动，掌握直流电磁继电器的检测方法。

情境展示：

张林同学将选用直流电磁继电器作为控制水泵上执行部件的想法告诉了老师，老师支持这个想法，并将几个曾经使用过的直流电磁继电器交给张林，让他检测一下哪个能用。

问题分析：

使用过的元器件要再次利用时，都要经过检测，判断其质量合格后才能使用，否则会引起设备故障，甚至出现烧毁其他元器件的情况。电磁继电器很难从外观上判断其好坏，必须通过科学的检测方法，用数据来判断其质量的好坏。

活动准备：

直流电磁继电器、稳压电源、多用电表、电流表。

主要过程：

电磁继电器的检测包括触点、线圈检测和吸合能力检测。

1. 检测触点电阻。

用多用电表的电阻挡测量常闭触点与动触点电阻，其阻值应为零；而常开触点与动触点的阻值应为无穷大。由此可以区别出常闭触点与常开触点。

用多用电表的R“×1 Ω”挡测量常闭触点的电阻值，正常为零；将衔铁按下，此时常闭触点的阻值应为无穷大。若在没有按下衔铁时，测出某一组常闭触点有一定的阻值或阻值无穷大，则说明该组触点已烧坏或氧化。

2. 检测线圈电阻。

电磁继电器线圈的阻值一般为25 Ω ~ 2 kΩ。额定电压低的电磁继电器线圈的阻值较低，额定电压高的电磁继电器线圈的阻值较高。可用多用电表R“×10 Ω”挡测量继电器线圈的阻值，从而判断该线圈是否存在断路现象。若测得其阻值为无穷大，则线圈已断路损坏；若

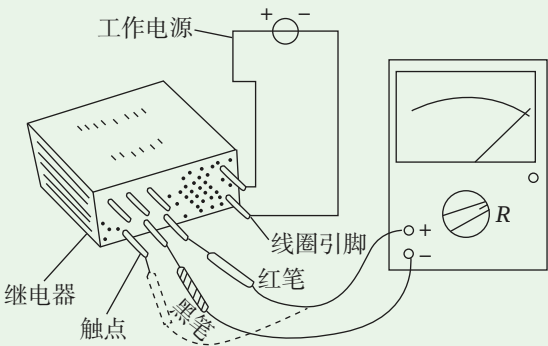


图 4-22 检测触点电阻

测得其阻值低于正常值很多,则线圈内部有短路故障。如果线圈有局部短路,则用此方法不易发现。

3. 检测吸合电压和吸合电流。

检测继电器的吸合电压和吸合电流时可按图4-24所示接好稳压电源、电流表、电压表、继电器,电压表的量程可选在30 V挡,电流表量程在100 mA范围内即可。将继电器线圈串联到电路中,电压表并联在线圈的两引脚上,电流表也串入电路,注意电流表与电压表的正、负极不要接错。接好后稳压电源通电,并逐渐增加电压值,直到听见衔铁发出“咔”的一声,表明磁铁已将衔铁吸住,此时电压表、电流表的数值便是吸合电压和吸合电流的值。

讨论: 用电压表、电流表检测一次获得的吸合电压与吸合电流的数值是否准确?如不能确定是否准确,应采用什么方法让测量数值接近准确值?

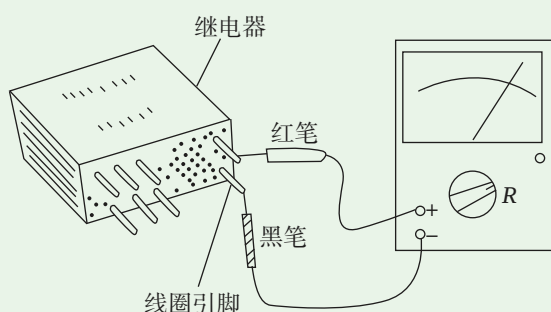


图 4-23 检测线圈电阻

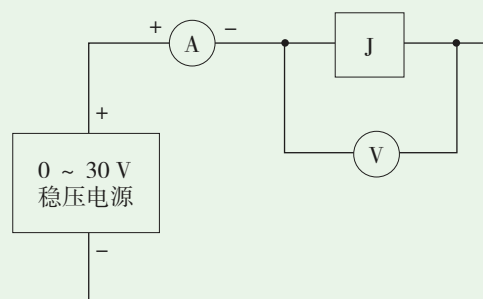


图 4-24 检测吸合电压和吸合电流

选用直流电磁继电器时,一般要注意下列几点:

(1) 先了解必要条件: ①电路的电源电压,能提供的最大电流; ②输出电路中的电压和电流; ③被控电路需要几组、什么形式的触点。

(2) 查阅相关资料,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,进行检测,并考虑尺寸是否合适。

(3) 注意根据装置容积的大小,选择合适的继电器。例如,对于玩具、遥控装置等,应选用超小型继电器产品。



案例分析

控制水塔自动上水电路设计方案

张林同学通过学习直流电磁继电器的工作原理,对直流电磁继电器的开关特性有了深刻的认识。基于继电器的这一特性,他将直流电磁继电器作为控制水泵工作的执行部件,又将CD4001集成逻辑门作为控制处理部件,设计出了控制水塔自动上水的电路设计方案。

电路工作原理如下:

当水位低于水泵开机水位时,+5 V电压经 R_1 、 R_2 加至CD4001的1脚和12、13脚,则3脚输出低电平;3脚输出的低电平进入9脚,11脚输出的低电平进入8脚,则10脚输出高电平送至2脚。4脚输出高电平至三极管VT的基极,使VT饱和导通,继电器工作,开始为水塔注水。

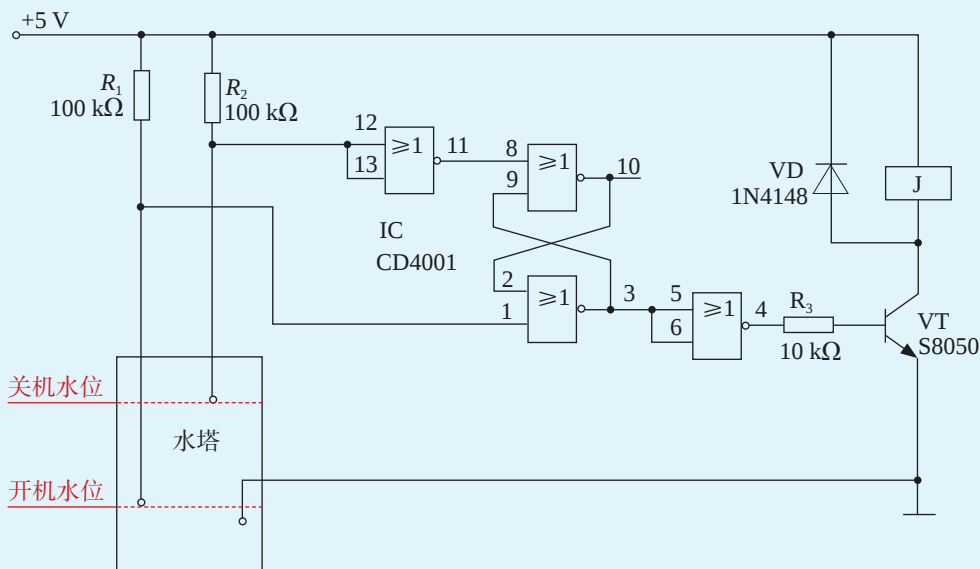


图 4-25 控制水塔自动上水电路原理图

当水位到达开机水位时，由于水的导电性，开机电极接地，1脚输入变为0 V低电位，但2脚获得10脚的状态输入仍为高电平，则3脚输出低电平，VT继续导通，继电器继续工作，继续注水。

当水位上升到关机水位时，关机电极也接地，1脚和12、13脚均为0 V低电位，11脚输出的高电平进入8脚，10脚输出低电平送至2脚，由于1脚也为低电平，所以3脚为高电平。4脚输出低电平送至三极管VT的基极，使VT截止，继电器停止工作，停止为水塔注水。

当水塔水位下降至开机水位及以下时，由于开机电极与地断开连接，+5 V电源又经 R_1 、 R_2 加至12、13脚和1脚，重复前述步骤，进入下一次循环。

二极管1N4148为保护三极管等电路元件设置，当VT截止时，继电器通过二极管反向放电，释放能量。

讨论：

1. 分析电路在水位由关机水位逐渐降至开机水位过程中的工作状态。
2. 如果该电路带动一个“220 V 100 W”水泵的电机，应该选择什么类型的继电器？其主要参考的技术指标有哪些？



在以上方案中，采用金属电极棒作为输入信号装置。一般金属棒浸在水中时间长了会被氧化，影响控制水位的精度。请查阅资料，寻找其他检测水位的方式，请你尝试设计出不同的控制上水的方案。

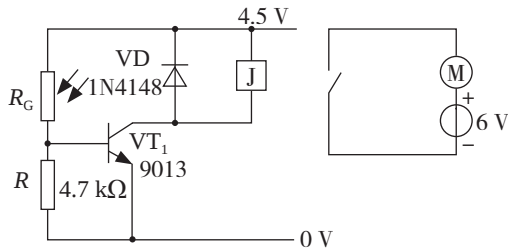


电磁继电器在生活中还有哪些应用？针对水塔自动控制系统，还可以设计出其他方案吗？



练 习

1. 选用一个直流电磁继电器连接下面的电路，控制一只玩具电动机。



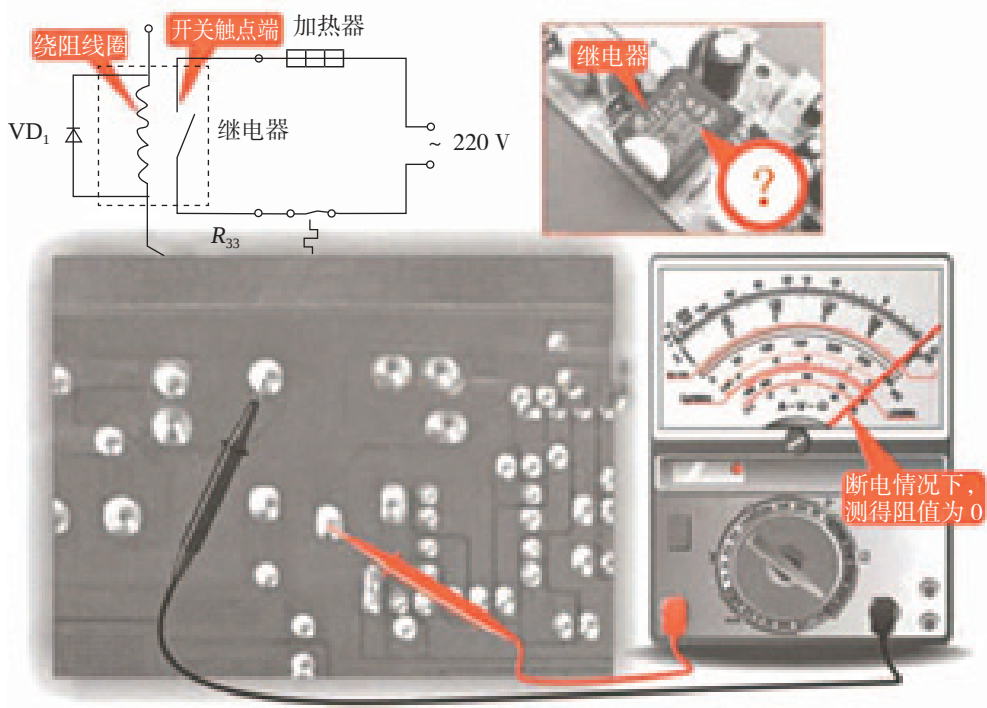
(第 1 题图)

提示：当三极管 VT_1 的工作状态从饱和导通转为截止时，继电器线圈瞬间断电会产生一个反向自感电动势，对晶体三极管的集电极产生冲击，为保护晶体三极管不受损坏，在继电器线圈两端反向并联了一只二极管，产生的反向自感电动势就会经过二极管泄放掉。

2. 请你改进上述电路，使电动机停止转动时即能报警。

3. 干簧管为什么既可作磁敏传感器又可作干簧继电器使用？说明原因，并分析其异同之处。

4. 维修人员打开某电饭煲内部电路板，测得继电器的保护二极管、驱动电路均正常，再检测继电器开关触点端的阻值，如图所示。

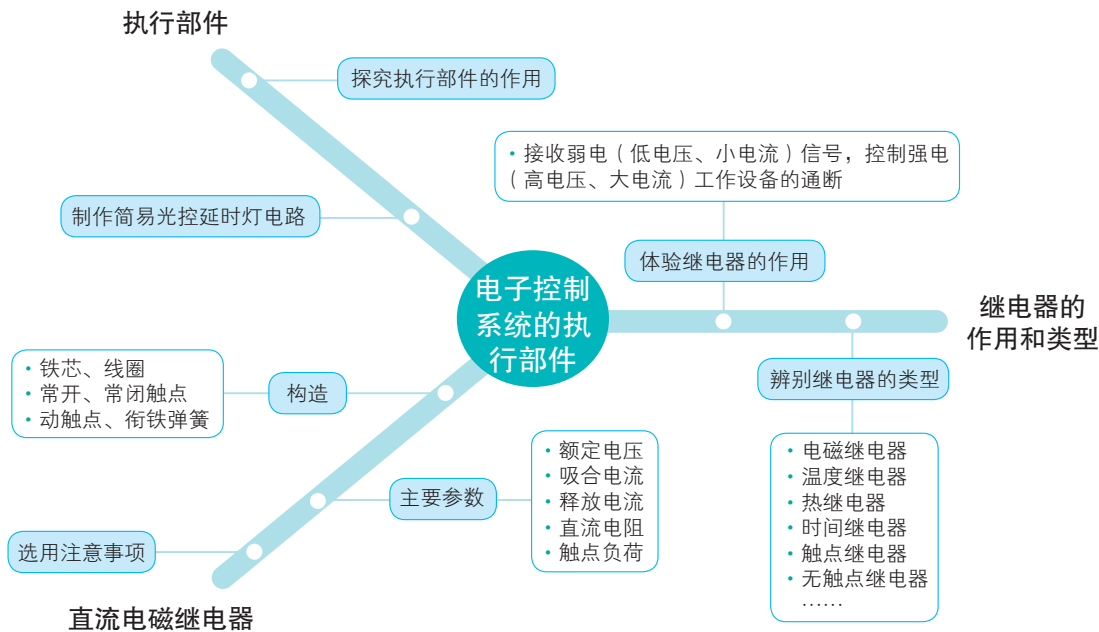


(第 4 题图)

请根据图示判断该电路中继电器是否正常？为什么？在这种状态下，电饭煲可能会表现出什么故障？



本章小结



综合实践

画出下面两个控制系统的方框图，其中必须含有传感器、控制（处理）部分和继电器，并简要说明其工作原理。

1. 蓄水池防溢出控制系统

中水经管道流入蓄水池，当蓄水池水位到达最高警戒水位时，抽水水泵启动，将中水排出，进行树木浇灌。

2. 节电走廊灯控制系统

走廊灯只在晚上和有人经过时自动开启，并且保持30 s后自动熄灭。

第四章

学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
认识电子控制系统中的执行部件，并说明执行部件在控制系统中的作用（TA、ET）			
能描述继电器的作用和分类（TA、ET）			
能阐述常见的直流电磁继电器的构造、规格和工作原理（TA、ET、TD）			
能掌握直流电磁继电器的使用方法（ET、ID、CM）			
说明 TA——技术意识，ET——工程思维，ID——创新设计，TD——图样表达，CM——物化能力			

在平台中完成自我测试	
测试成绩	
存在的主要问题	



第五章

电子控制系统的设计及其应用

- 一 简单功能电路的安装与调试
- 二 开环电子控制系统的设计和应用
- 三 闭环电子控制系统的设计和应用

早在我国唐代就有门铃的记载，唐朝诗人张籍《和左司元郎中秋居》十首之九，有“初当授衣假，无吏挽门铃”之句。门铃普遍用于民宅是在宋代。宋人在《江南余载》曾记载：“陈雍家置大铃，署其旁曰：无钱雇仆，客至请挽之。”意指，屋里挂个铃铛，客人就在门外拉动，主人便去开门。这是最早有记载的民宅“手挽式门铃”，这种门铃在当时也甚是风靡。

今天，人类早已进入电子时代，电子门铃已走入千家万户，电子控制系统也在生产和生活中应用广泛。本章我们将通过亲自设计、亲手制作、亲身实践“电子门铃”等一些身边的实际应用电路，感受电子控制系统在设计与应用上的丰富与神奇，拓展自己的能力，体验技术的真谛。

一、简单功能电路的安装与调试

- 任务一 安装与调试数字门电路组成的多谐振荡器
- 任务二 安装与调试555集成电路组成的多谐振荡器
- 任务三 安装与调试JN6201音乐集成电路



学习目标

1. 能用电子元件安装简单的功能电路并进行调试。
2. 能安装简单的数字集成功能电路并进行调试。
3. 通过安装与调试，认识功能电路是设计电子控制系统的基础。



走进情境

孙军发现，老师和同学们进出学校时总是要大声呼叫传达室内的门卫师傅开门，既喧哗又很不方便。同学们决定利用所学的电子控制技术知识设计一款电子门铃。老师说，在生产和生活中的电子控制系统很多都是由一些实用的功能电路组成的。于是，同学们决定从认识简单功能电路开始。

常见的功能电路有很多，如多谐振荡电路、触发电路、存储器、计数器等，用数字集成电路也可以安装许多实用的功能电路。这些实用电路具有通用性强、稳定性好的特点。

我们从多谐振荡器开始认识简单的功能电路。多谐振荡器是能自动产生周期性脉冲的自激振荡器，常用来作为脉冲信号源，可以驱动蜂鸣器、发光二极管等。



任务一 安装与调试数字门电路组成的多谐振荡器

由数字门电路和电阻、电容等元件可以构成多谐振荡器，它只有两个暂稳态，通过电容的充电和放电，使两个暂稳态相互交替，从而产生自激振荡。



技术体验

安装与调试一个多谐振荡器

体验目的：

安装与调试数字门电路组成的多谐振荡器。

情境展示：

张萌认为，设计门铃需要信号源来驱动蜂鸣器。多谐振荡器就是常用的脉冲信号源。

问题分析：

可以用门电路设计多谐振荡器，脉冲的周期由电路中的电容 C 和电阻 R 确定。

活动准备：

CT74LS00 1只，电阻4只（2种电阻值，大小在 $300 \sim 800 \Omega$ 之间），电容4只（2种电容容量，大小在 $0.1 \sim 10 \mu\text{F}$ 之间），5 V电源，开关，示波器，无源蜂鸣器，试验电路板。

主要过程：

1. 安装电路。

（1）检测各个元器件的质量， $R_1=R_2$ ， $C_1=C_2$ 。CT74LS00的引脚图参照第64页中“拓展阅读”。

（2）按照如图5-1所示电路在试验电路板上搭接电路。

2. 调试电路。

（1）在输出端A接示波器，观察并记录波形和周期。

（2）在输出端A接无源蜂鸣器，听声音。

（3）更换另外两只电阻，重复前两个步骤（1）（2）。

（4）更换另外两只电容，重复前两个步骤（1）（2）。

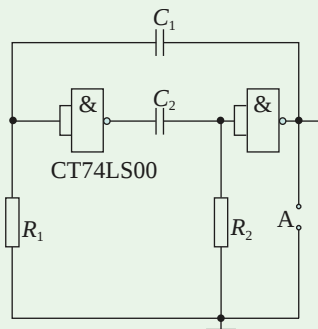


图 5-1 多谐振荡器电路图

讨论：

在更换不同电阻或电容后，你所听到的声音有无变化？为什么？

**任务二 安装与调试555集成电路组成的多谐振荡器**

555集成电路也称555时基电路，是一种将模拟电路和数字电路相结合的中规模集成电路。常见的555时基集成电路为塑料双列直插式封装，正面印有555字样，其表面缺口朝向左边时，引脚按逆时针方向依次为1~8，如图5-3所示。



图 5-2 555 时基集成电路实物图

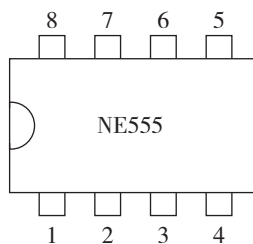


图 5-3 555 时基集成电路引脚图

555集成电路各引脚作用如下：1为接地端；2为低电平触发端；3为输出端；4为复位端；5为控制电压端；6为高电平触发端；7为放电端；8为电源端。

**小辞典****555集成电路**

555集成电路因其内部有3个 $5 \text{ k}\Omega$ 电阻组成的分压器而得名，其内部还有2个比较器、1个基本RS触发器、1个反相缓冲器、1个放电管。

555集成电路功能如下表:

输入			输出	
高电平触发端 (6)	低电平触发端 (2)	复位端 (4)	输出 (3)	放电管 (VT)
×	×	0	0	导通
$< \frac{2}{3} V_{CC}$	$< \frac{1}{3} V_{CC}$	1	1	截止
$> \frac{2}{3} V_{CC}$	$> \frac{1}{3} V_{CC}$	1	0	导通
$< \frac{2}{3} V_{CC}$	$> \frac{1}{3} V_{CC}$	1	不变	不变



技术体验

安装与调试555集成电路组成的多谐振荡器

体验目的:

安装与调试555集成电路组成的多谐振荡器。

情境展示:

陈婷想能否在能够发声的基础上为门铃增加新的功能,如可以方便地调节音调或发光,老师建议她考虑采用555集成电路组成的多谐振荡器。

问题分析:

由555集成电路组成的多谐振荡器成本低,性能可靠,只需要外接几个电阻、电容,就可以实现多种功能,广泛地应用于各种自动控制电路中。

活动准备:

材料: NE555集成电路1块, 2 kΩ电阻1只, 200 Ω电阻2只, 200 kΩ电位器1只, 4.7 μF、2.2 μF、10 μF、0.01 μF电容器各1只, 发光二极管2个, 扬声器1只, 5 V直流电源1个, 开关1只, 焊锡。

工具: 电烙铁。

主要过程:

1. 对元器件逐一进行质量检测。
2. 按电路原理图和印制电路板正确插装元器件并进行焊接。



技术提示

在安装过程中应注意电解电容器、发光二极管及扬声器的正负极性,正确识别 555 集成电路的各个引脚,注意引脚 1 的位置。

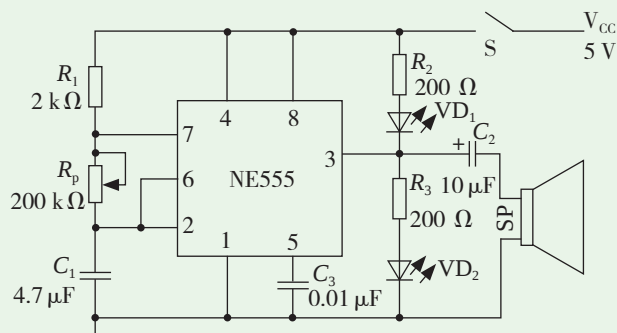


图 5-4 电路原理图

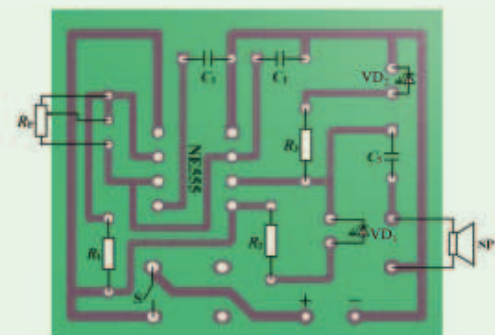


图 5-5 印制电路板图

3. 检查有无虚焊和搭焊。
4. 接通电源, 观察并记录发光二极管和扬声器的工作情况。

- 5. 调节电位器 R_p ，改变其电阻值，观察并记录发光二极管和扬声器的工作情况。
 - 6. 将电容 C_1 更换成 $2.2\ \mu\text{F}$ ，观察并记录发光二极管和扬声器的工作情况。
- 讨论：用555集成电路组成的多谐振荡器能否使扬声器奏出美妙的音乐？为什么？



任务三 安装与调试JN6201音乐集成电路

多谐振荡器可用于集成电路中，在一定的程序控制下实现特定的功能。

JN6201音乐集成电路的内部有微处理器和很多个多谐振荡器，这些多谐振荡器具有不同的频率。通过一定的程序控制，JN6201音乐集成电路可以产生四首不同的乐曲。

JN6201共有 4 个输入端口和 4 个输出端口，它们所对应的引脚如图5-6所示。

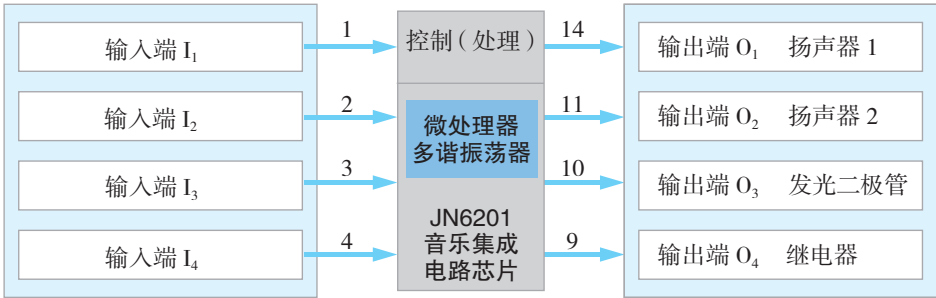


图 5-6 JN6201 集成电路的组成方框图

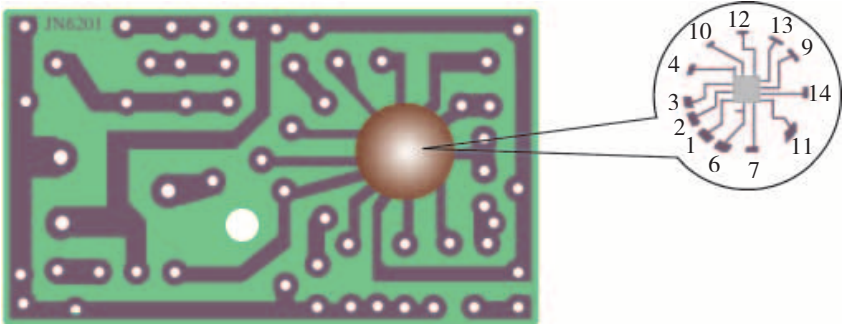


图 5-7 JN6201 集成电路版图及黑膏封装的硅芯片



技术提示

在不打开 JN6201 集成电路内部电路结构的情况下，可以从它的输入端输入信号，然后在它的输出端检测输出信号，从而了解 JN6201 集成电路的功能。



技术体验

安装与调试JN6201音乐集成电路

- 体验目的：
- 安装与调试 JN6201集成音乐电路。
- 情境展示：
- 同学们认为，普通门铃的声音太单调了，如果可以变成美妙的音乐该多好啊！

问题分析:

JN6201音乐集成电路可以播放优美的音乐。

活动准备:

材料: JN6201音乐集成电路板1块, 晶体管9014 1只, 240 k Ω 电阻1只, 扬声器1只, 干电池2节, 按钮开关4只, 焊锡。

工具: 电烙铁。

主要过程:

1. 对元器件逐一进行质量检测。
2. 按图5-8所示电路原理图在印制电路板上正确插装元件并进行焊接, 如图5-9所示。
3. 检查有无虚焊和搭焊。
4. 装入电池, 接通电源, 分别按动SW₁、SW₂、SW₃、SW₄, 分辨扬声器中播放的乐曲及其播放的程序。
5. 分别按动SW₃、SW₂、SW₄、SW₁, 分辨扬声器中播放的乐曲及其播放的程序。
6. 自己设计一个按动按钮的程序, 验证乐曲播放的规律。

技术提示

不可同时按两个或两个以上开关, 输入的触发电压不能低于1.2 V。

讨论: 如果要将发光二极管接入电路, 应该如何操作? 会有什么效果?

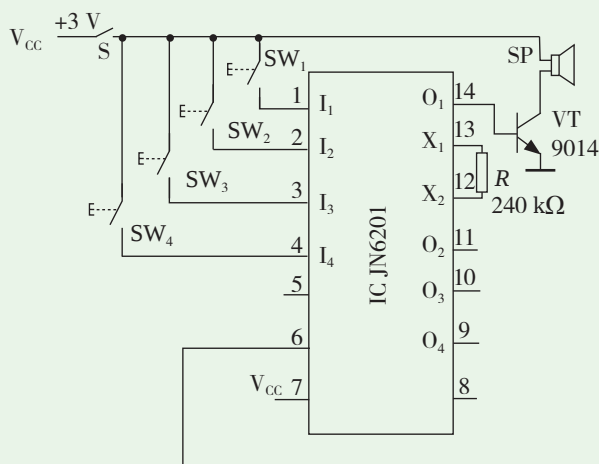


图 5-8 电路原理图

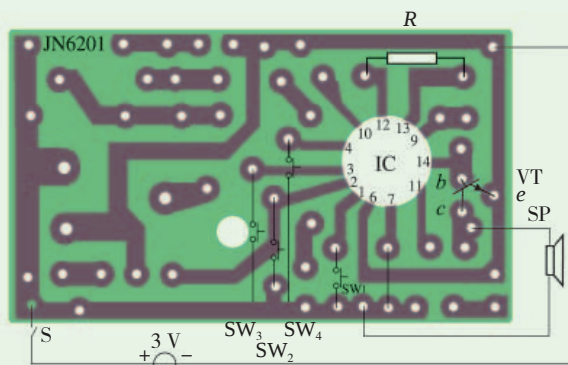


图 5-9 印制电路板图

音乐集成电路是一种应用非常广泛的功能电路, 电子门铃、音乐贺卡、电话机、手机、电子闹钟等内部都含有音乐集成电路。



拓展阅读

使用数字集成电路的注意事项

数字集成电路因其功能及结构的特殊性, 如果使用不当, 极易损坏。因此, 数字集成电路使用时应注意:

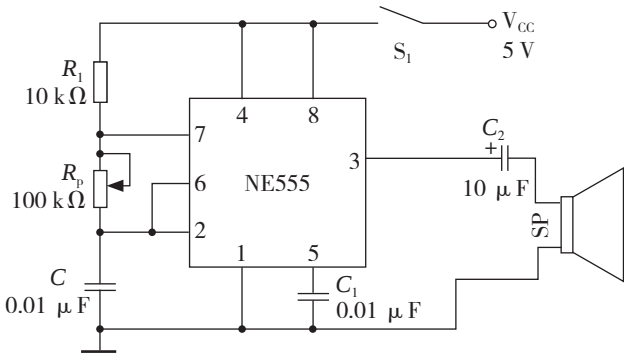
1. 人体能感应出几十伏的交流电压, 衣服的摩擦也会产生上千伏的静电, 故尽量不要用手接触电路的引脚。
2. 焊接时宜使用20 W内热式电烙铁, 有条件的学校建议使用可调恒温焊台, 焊接时烙铁头与器件引脚接触时间不要过久。
3. 应将长期不使用的集成电路真空密封包装存放, 防止引脚氧化, 避免焊接后接触不良。
4. 引脚序号不能弄错。所有不使用的器件引脚不能悬空, 应按器件手册建议处理。
5. 使用的仪器及工具应良好地接地, 更换集成电路时应先切断电源。

 学习反思

通过前面的学习，谈谈安装与调试功能电路时会遇到哪些问题，该如何解决。

 练习

1. 如图所示是由NE555集成电路构成的多谐振荡器，信号从3脚输出推动扬声器发声。请动手安装并调试电路，调节电位器 R_p ，辨别声音音调的变化。



(第1题图)

2. JN6201集成电路中的 O_3 、 O_4 输出端具有什么功能？请动手试一试。
3. 查阅资料，了解一种音乐芯片集成电路并向全班同学介绍，举例说明其功能及应用。

二、开环电子控制系统的设计和应用

- 任务一 设计电子门铃
- 任务二 设计简单的红外遥控电子门铃



学习目标

1. 能应用功能电路设计开环电子控制系统，并进行安装、调试和改进。
2. 通过简单遥控系统的设计和制作，了解遥控系统的组成及其控制过程。
3. 通过对开环电子控制系统的设计和应用，体验电子控制系统的构成和各部分的工作过程。



走进情境

同学们在学习了简单实用的功能电路之后，经过奇思妙想，又对电子门铃进行多方案的设计。有的同学想将电子门铃设为双音以便于门卫师傅辨识，有的同学则希望采用无线遥控的方式来操作电铃系统等等。



任务一 设计电子门铃

生活中常见的电子门铃大多采用开环电子控制系统。开环控制系统中，不存在由输出端到输入端的反馈通路。因此，开环电子控制系统又称为无反馈电子控制系统，其造价低，结构相对简单。



马上行动

设计要求：

1. 安装一个电子门铃控制系统。
2. 进出学校的师生和门卫师傅都能方便地使用。
3. 有多种铃声，避免单调，增添趣味性。

设计分析：

1. 可选择开环电子控制系统，它的被控量是“声音”。
2. 设置两个输入端，安装两个按钮开关，分别供进校和出校的师生方便地使用。
3. 控制（处理）部分可以使用功能电路作为控制核心。

请画出电子门铃控制系统方框图。

设计方案：**设计方案A：**

1. 挑选两个可以发出不同声音的集成电路作为控制（处理）部分。
2. 安装两组电子门铃控制系统，在学校大门内、外适当位置各安装一只按钮开关。

设计方案B：

1. 根据第一节“任务一”中的技术体验“安装与调试一个多谐振荡器”，在输出端接上无源蜂鸣器。
2. 选择两组不同的 R 和 C 的值，制作能发出不同声音的门铃。
3. 安装两组电子门铃控制系统，在学校大门内、外适当位置各安装一只按钮开关。

设计方案C：

1. 仿照第一节“任务二”中的技术体验，安装与调试一个555集成电路组成的多谐振荡器，在输出端接上扬声器。
2. 增加部分辅助电路，采用按钮开关，利用按钮按下和松开，有不同的电阻接入电路，实现不同频率的振荡，产生“叮咚”双音门铃。
3. 安装一组电子门铃控制系统，在学校大门内、外适当位置各安装一只按钮开关。

设计方案D：

使用第一节“任务三”中JN6201音乐集成电路，在输入端 I_1 和输入端 I_2 接两只按钮开关，输出端 O_1 接一个晶体三极管后再接一个扬声器。

对以上四个方案进行比较，方案C和D只要一个控制（处理）部分和一个扬声器，电路相对简单，操控也较为方便。下面我们选用方案C进行安装与调试。

**技术体验****555集成电路“叮咚”双音电子门铃的安装与调试****体验目的：**

安装与调试555集成电路“叮咚”双音电子门铃。

情境展示：

学校门卫反映，单音电子门铃声音单调，且不易辨别。李虹想，制作双音门铃就可以有效地解决这个问题。

问题分析：

设计电路图如图5-10所示，按下按钮开关，电阻 R_1 被短路，555集成电路构成的多谐振荡器开始振荡，振荡频率约700 Hz，扬声器发出“叮”的声音。与此同时，电源通过二极管给电容 C_1 充电。松开按钮开关时，电容 C_1 便通过电阻 R_4 放电，维持振荡。但由于开关的断开，电

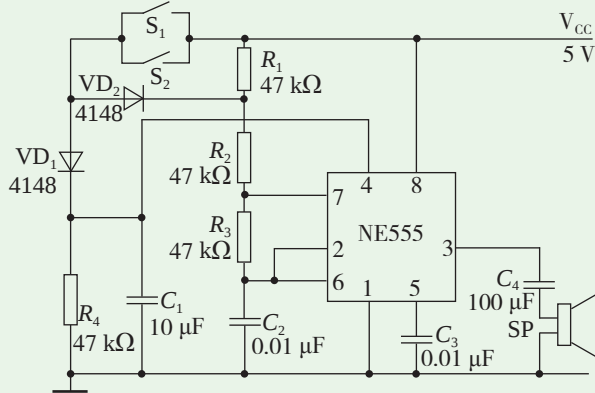


图 5-10 电路图

阻 R_1 被串联接入电路，使振荡频率改变，大约为500 Hz，扬声器发出另一种“咚”的声音。直到电容 C_1 放电到电压不能维持555集成电路振荡为止。所以，“咚”声音的余音长短可以通过改变电容 C_1 的大小来改变。

活动准备：

NE555集成电路1块，47 k Ω 电阻4只，二极管2只，10 μ F、100 μ F电容器各1只，0.01 μ F电容器2只，按钮开关2个，扬声器 1只，5 V直流电源1个。

主要过程：

1. 检测各个元器件的质量。
2. 根据上面的电路图安装电路。
3. 检查焊接中是否有虚焊和搭焊。
4. 接通电路，检查电子门铃控制系统是否正常工作。
5. 根据设计要求，在学校大门内、外合适的位置各安装一个门铃按钮，并进行布线和调试。

讨论：如果想要在校门内、校门外按门铃，能发出不同的铃声，该如何改进？



图 5-11 实物图



马上行动

采用方案D，应用JN6201音乐集成电路设计电子门铃，还能产生更加动听的音乐门铃声。有兴趣的同学可以进一步学习、尝试。



任务二 设计简单的红外遥控电子门铃

遥控系统原意是指能按照意图对被控对象的工作状态等进行远距离操纵的技术系统。随着遥控技术的广泛应用，遥控系统已被广义地理解为没有对被控对象进行直接操纵的技术系统。

遥控系统一般由遥控发射器、遥控接收器和执行器三个基本部分组成，如图5-12所示。

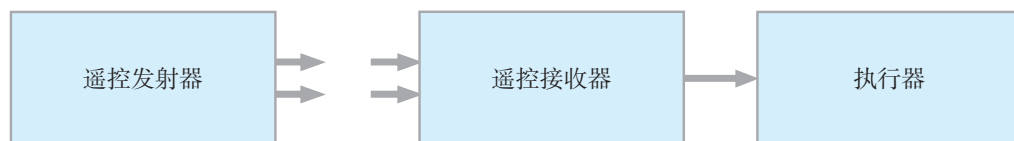


图 5-12 遥控系统方框图



按照控制指令的传输方式区分，遥控系统可以分为有线遥控系统和无线遥控系统两大类。无线遥控系统有无线电遥控、红外遥控和超声波遥控等，其中红外遥控相对简单。



无线遥控门铃的设计

设计要求：

- 1. 在门铃和按钮之间不需要布线。
- 2. 在距离15 m之内，按动门铃按钮，门铃即能发出声音。
- 3. 尽量降低制作成本。

设计分析：

- 1. 在门铃和按钮之间不布线，只能采用遥控方式。
- 2. 通过对设计要求的分析和对遥控系统的了解，必须解决好选择什么类型的遥控系统，以及遥控系统中发射器、接收器中电路的选择和执行器的选择问题。
- 3. 分析干扰因素，减少干扰对接收器的影响。

设计方案：

设计方案A：

- 1. 遥控发射器采用家用电器中的红外遥控器。
- 2. 采用JS1838和2CK71A等组成红外接收电路。
- 3. 红外接收电路连接一个直流继电器，控制一只NE555集成电路“叮咚”双音电子门铃。
- 4. 电路图如图5-14所示。



图 5-13 红外遥控器

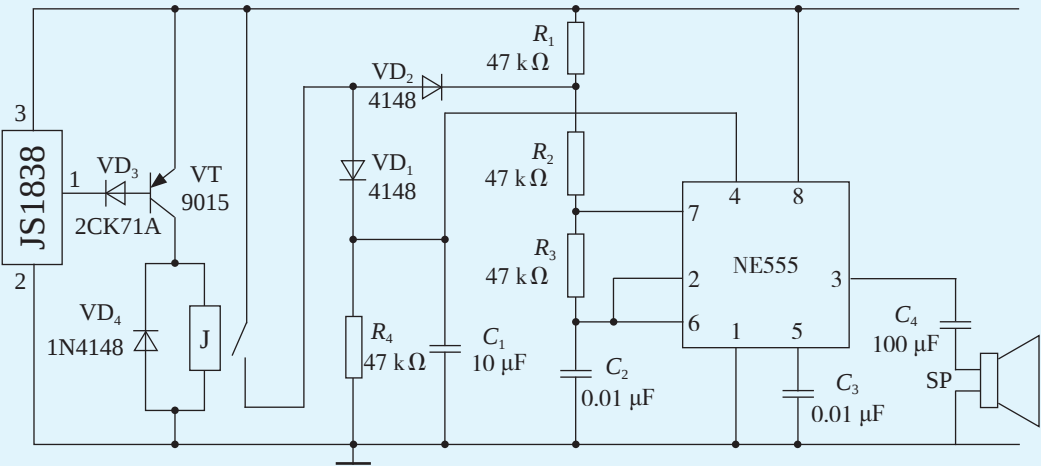


图 5-14 方案 A 电路图

设计方案B：

- 1. 采用NE555集成电路制成简易红外线发射电路。
- 2. 遥控接收和门铃电路与方案A相同。

技术提示

JS1838 是一个红外接收器，它把红外传感器和放大电路等集成在一起；2CK71A 可对红外光波进行检波。

3. 电路图和印制电路板图如图5-15、图5-16所示。

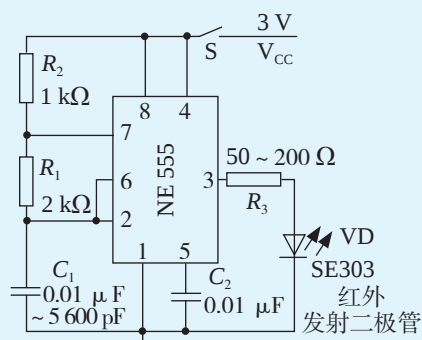


图 5-15 方案 B 红外发射电路图

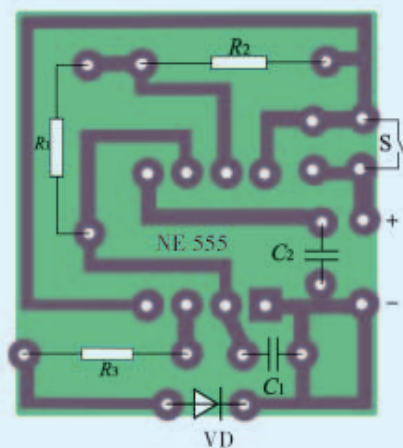


图 5-16 方案 B 红外发射电路印制电路板图

设计方案C:

1. 遥控发射器采用家用电器的红外遥控器。
2. 采用JS1838和2CK71A组成红外接收电路。
3. 采用JN6201音乐集成电路输出音乐声。
4. 电路图和印制电路板图如图5-17、图5-18所示。

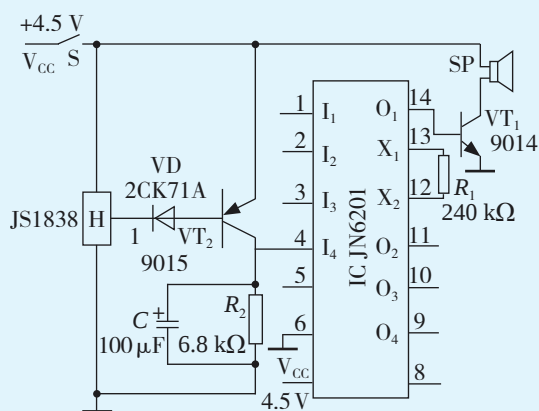


图 5-17 方案 C 红外遥控门铃电路图

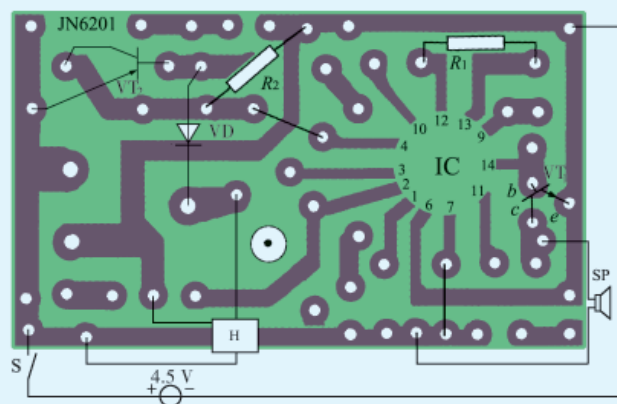


图 5-18 方案 C 红外遥控门铃印制电路板图

讨论：还有哪些设计方案可以实现无线遥控门铃的目标？



对三个方案进行比较，根据尽量降低成本的要求，选择方案 A或C进行制作。

1. 检测元器件的质量。
2. 根据电路图安装元器件，防止电路元件的错接和虚焊等。
3. 安装完成后，使用家用电器的遥控器进行调试，并逐渐拉开控制距离至15 m，观察遥控效果。

4. 分析产生干扰的原因，改变红外接收头的方向，使干扰的影响最小。

讨论：除改变红外接收头的方向外，还可以采用什么方法降低干扰对遥控的影响？

设计和安装开环电子控制系统的一般步骤如下：

- (1) 依据设计要求进行分析，确定被控量和被控对象。
- (2) 根据开环电子控制系统方框图，选择恰当的传感器，确定控制（处理）部分使用的实用电路和元器件，选择合适的执行部件。
- (3) 参照相关资料，在输入、控制（处理）和输出部分之间分别选择合适的接口电路，设计或改进原有的电路。
- (4) 检测元器件或实用电路的质量。
- (5) 安装电路，防止元器件错接、虚焊，要注意对未使用的引脚的处理，注意接地。
- (6) 调试电路，检查触发电压的大小。



学习反思

1. 如何将门铃电子控制系统进行改装，让师生们按了门铃之后能知道门卫是否在传达室？
2. 根据日常生活的需要，还可以设计具有哪些功能的电子门铃？



练习

1. 下雨提醒器的设计及制作。

一天，宋明瑛同学家里将刚收割下的麦子放在场地上晾晒，突然下起雨来。因为家人在屋内忙于其他事情，等发现下雨时，已经迟了。为了帮助家人能及时发现下雨，同时也为周围的农家服务，宋明瑛决定发动同学一起设计一个能提醒下雨的电子控制系统，实现下雨立即提醒的功能。

请你一起参与，并提出一个简易可行的设计方案。

想一想，这个下雨提醒器经改装还可以有哪些用途？

2. 为残疾儿童设计和制作生活用品。

“五四”青年节，高二（4）班班委会发动大家为残疾儿童设计一组电子生活用品，为这些儿童的生活自理提供方便。

经过大家讨论，列出了以下项目设想。

（1）盲人使用的开水杯

一般人用开水泡一杯茶是一件轻而易举的事情，但是让一个双目失明的残疾儿童去做这件事却并不容易，一旦开水溢出，可能发生烫伤事故。

请你设计一只能让盲人安全使用的水杯，具体设计要求如下：

①当水量接近水杯口约 3 cm 时，水杯会自动报警，这样可以防止开水溢出杯外。

②使用方便，性能可靠。

③价格便宜。

画出方框图，选择传感器、控制（处理）电路和执行部件，绘制电路原理图，制作模型并调试。

（2）聋人使用的闹钟

我们早晨起床可以用闹钟定时提醒，可是对耳聋儿童来说，他们听不见一般闹钟的响声，这给他们准时到校上课带来极大不便。

请你设计一只没有声音的闹钟，具体设计要求如下：

①这只闹钟能够定时闹铃，并能够方便地把耳聋儿童“闹”醒。

②闹钟可以调节定时时间。

画出方框图，选择传感器、控制（处理）电路和执行部件，绘制电路原理图，制作模型并调试。

（3）盲人电子眼睛——电子拐杖

盲人儿童上学往往需要家长领路，如果有一根能探路的电子拐杖该多好！

请你设计一根电子拐杖，具体设计要求如下：

①能探知前面路面是否有积水或潮湿。

②夜晚过马路时电子拐杖发出闪亮的红光，提醒骑车人或机动车驾驶员注意有盲人穿越马路。

画出方框图，选择传感器、控制（处理）电路和执行部件，绘制电路原理图，制作模型并调试。

三、闭环电子控制系统的设计和应用



学习目标

- 任务一 设计浴室热水温度自动控制系统
- 任务二 改进浴室热水温度自动控制系统

1. 能应用功能电路设计闭环电子控制系统，并进行安装、调试和改进。
2. 通过对简单闭环电子控制系统的设计和应用，体验较为复杂的电子控制系统的构成和各部分的工作过程。



走进情境

学校正进行燃煤锅炉“煤改电”工程，孙军同学提议：为学校浴室设计热水温度自动控制器。于是大家通过上网、翻阅图书资料、走访同学，总结出所在地区人体适宜的洗浴热水温度为 $37^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 之间。接下来，需要设计一个热水温度自动控制系统，使同学们洗浴时的水温控制在上述温度范围内。



任务一 设计浴室热水温度自动控制系统

温度是表征物体冷热程度的物理量，也是很多自动控制系统被控对象中主要被控量之一。水温自动控制系统在工业及日常生活中应用广泛，在生产中发挥着重要作用，直接与确保安全生产、提高生产效率、保证产品质量、节约能源等重大经济技术指标相联系。

温度自动电子控制系统属于闭环电子控制系统。闭环电子控制系统也称反馈电子控制系统。在闭环电子控制系统中，不管出于什么原因（外部扰动或系统内部变化），只要被控量偏离规定值，就会产生相应的控制作用去消除偏差，从而实现自动控制。电冰箱、空调、恒温箱、智能洗衣机、水位监控设备等大都采用闭环电子控制系统。



案例分析

单一温度热水自动控制系统

设计要求：

1. 设计一个电热供水的浴室热水温度自动控制系统。
2. 要求温度控制在某一温度值（ $37^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 范围内）。

设计分析：

1. 根据设计要求，确定温度是被控量。

2. 由于对水的温度控制严格地规定了某一温度值, 所以必须使用闭环电子控制系统。通过对被控量的检测和反馈, 以实现较高精度的温度控制。

3. 按照闭环电子控制系统的方框图, 确定预置温度值, 选择控制(处理)电路的元器件、输出部件和检测温度的传感器, 通过查找资料将各部分用接口电路连接起来, 组成一个闭环电子温度控制系统。

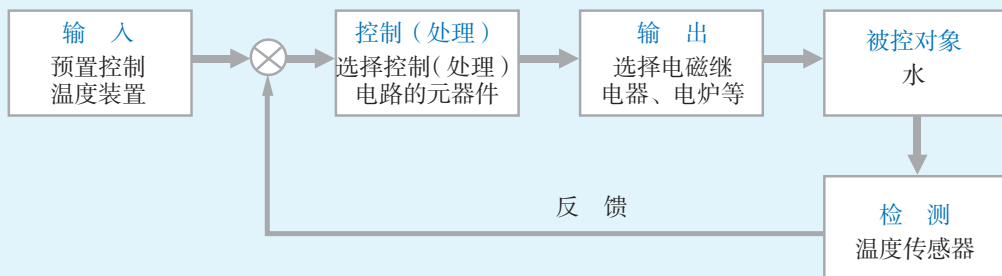


图 5-19 浴室热水温度控制器方框图

4. 分析系统受到的干扰因素, 并考虑减少干扰影响的措施。

设计方案:

1. 应用CF741运算放大器, 设计电路图如图5-20所示。

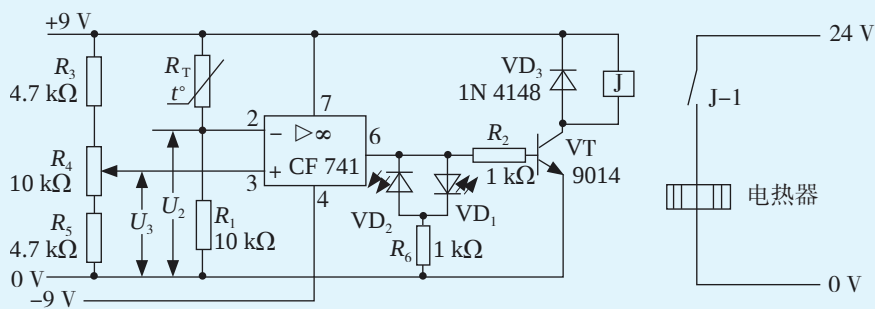


图 5-20 电路图

2. 工作过程

当温度低于预设温度时, 输出电压为高电平, VD_1 点亮, 晶体三极管 VT 导通, 继电器触点 J-1 吸合, 电热器通电, 对水加热; 当温度超过预设温度时, 输出电压为低电平, VD_2 点亮, 晶体三极管 VT 截止, 继电器释放, 触点 J-1 断开, 电热器停止加热。

3. 设定工作状态

(1) 将 R_T 放入盛水的烧杯中, 并插入温度计, 加入热水使水温达到 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 调节 R_4 , 使电压 $U_2 = U_3$, 此时, VD_1 、 VD_2 均不发光。

讨论: 本系统在实际进行温度控制时是否实用? 存在哪些问题? 可以如何改进?



任务二 改进浴室热水温度自动控制系统

任务一设计的热水温度自动控制系统由于只对单一温度进行温度控制, 所以继电器触点开闭频繁, 温度控制受到较大干扰, 继电器容易损坏, 需要改进。



热水温度自动控制系统

设计要求：

- 1. 设计一个电热供水的浴室热水温度自动控制系统。
- 2. 要求温度控制在37 ℃ ~ 40 ℃ 范围内。

设计分析：

- 1. 根据设计要求，确定温度是被控量，水是被控对象。
- 2. 由于对水的温度控制严格地规定了温度允许变化的范围，所以必须使用闭环电子控制系统。将上限温度和下限温度作为被控量，对被控量进行检测和反馈，由于温度控制范围高于常温，当反馈的温度低于下限温度时，开始加热；当反馈的温度达到上限温度时，停止加热。这样循环工作，从而实现一定范围内的温度控制。
- 3. 按照闭环电子控制系统的方框图，确定预置温度范围，选择控制（处理）电路的元器件、输出部件和检测温度的传感器，通过查找资料将各部分用接口电路连接起来，组成一个闭环电子温度控制系统。
- 4. 分析本系统受到的干扰因素，并考虑减少干扰影响的措施。

设计方案：

设计方案 A：

- 1. 应用NE555集成电路，设计电路如图5-21所示。

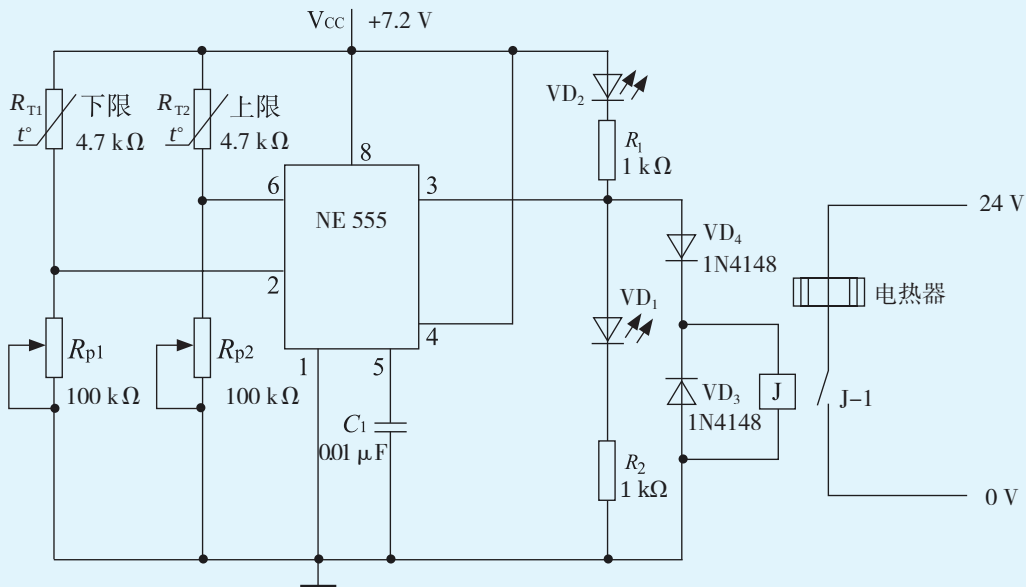


图 5-21 电路图

2. 调试。

- (1) 把热敏电阻 R_{T1} 放入盛有37 ℃水的烧杯中，调节可变电阻 R_{p1} 和 R_{p2} ，点亮 VD_1 ，继电器触点J-1闭合，电热器开始加热。
- (2) 当温度上升至40 ℃时，把热敏电阻 R_{T2} 放入烧杯中，调节可变电阻 R_{p2} ，点亮 VD_2 ，继电器J-1断开，电热器停止加热。

设计方案B:

1. 应用JN6201集成电路, 设计电路图如图5-22所示。

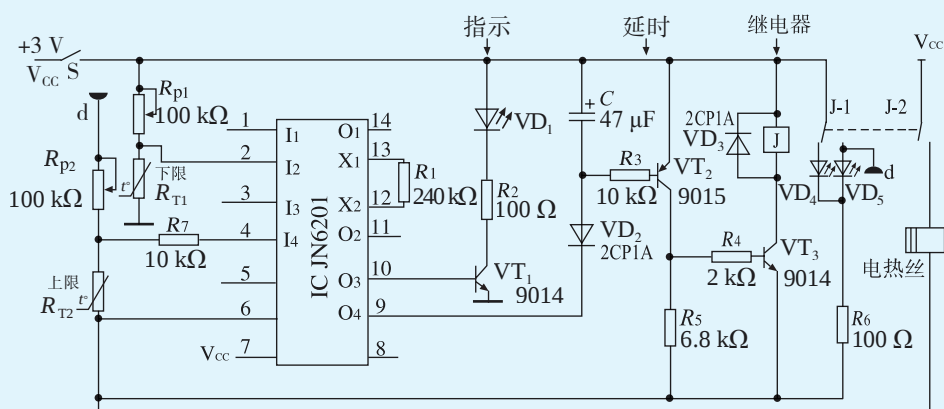


图 5-22 JN6201 集成电路浴室热水温度控制器电路图

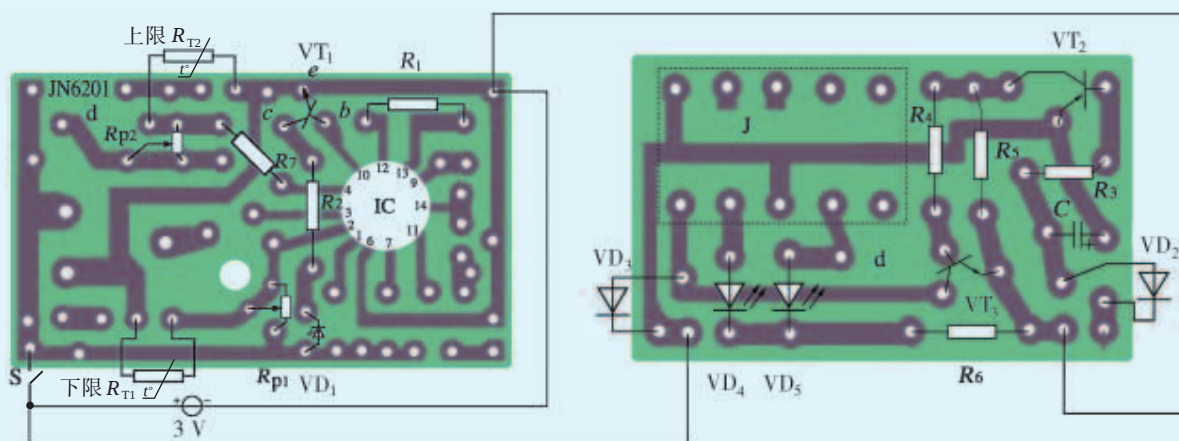


图 5-23 JN6201 集成电路温度控制、继电器输出部分印制电路板图

2. 工作过程。

(1) 预先设置上限温度 $t_{\text{上}}$ (40℃)、下限温度 $t_{\text{下}}$ (37℃), 确定水的温度控制范围 (37℃~40℃), 并将上限温度 $t_{\text{上}}$ 和下限温度 $t_{\text{下}}$ 作为控制(处理)器的触发信号。

(2) 把由上、下限电阻 R_{T2} 和 R_{T1} 组成的温度传感器放置在水中, 用于检测被控量温度, 并将检测到的温度变化随时反馈至比较器。

(3) 比较器将反馈的水温和预置的上、下限温度进行比较。

当反馈的温度低于下限温度时, 控制(处理)器受到触发后发出接通电加热器电路的指令, 指令信号经接口电路推动电磁继电器动作, 闭合电加热器电路, 电加热器对水加热。

当反馈的温度达到上限温度时, 控制(处理)器受到触发后立即发出断开电加热器电路的指令, 电磁继电器断开电加热器电路。

当电加热器停止加热后, 水温会逐渐下降, 当下降至下限温度时, 通过反馈和比较后控制(处理)器又发出指令, 继电器接通电加热器电路, 电加热器对水重新加热, 温度又开始回升, 直至达到上限温度。

这样循环工作, 水温便控制在一个预置的温度范围内。

讨论: 本系统有哪些干扰因素? 如何减少干扰因素的影响?



选用方案A进行安装调试。

试验器材与准备:

NE555集成电路1块, 4.7 k Ω 热敏电阻2只, 1 k Ω 电阻2只, 100 k Ω 电位器2只, 0.01 μ F 电容器2只, 发光二极管2只, 1N4148二极管2只, 直流继电器1个, 24 V低压电炉1个, 7.2 V、24 V直流电源各1个, 石棉网, 烧杯。

步骤:

1. 检测各个元器件的质量。
2. 根据方案A电路图安装电路。
3. 检查焊接中是否有虚焊或搭焊。
4. 设定控制量的下限温度值为37 $^{\circ}$ C。

(1) 在烧杯中盛凉水, 用温度计测量水温, 并通过加入热水使水的温度为37 $^{\circ}$ C。

(2) 将热敏电阻 R_{T1} 放入37 $^{\circ}$ C水中, 调节电位器 R_{p1} , 使电磁继电器J-1触点刚好闭合, VD_1 刚好点亮。

5. 设定控制量的上限温度值为40 $^{\circ}$ C。

(1) 在烧杯中继续加入热水, 用温度计测量水温, 使水的温度为40 $^{\circ}$ C。

(2) 将热敏电阻 R_{T2} 放入40 $^{\circ}$ C水中, 调整电位器 R_{p2} , 使电磁继电器J-1触点刚好断开, VD_2 刚好点亮。

6. 模拟试验。

(1) 将烧杯中的水调换为温度低于37 $^{\circ}$ C的水, 将 R_{T1} 和 R_{T2} 一起浸没于水中, 开启控制电路电源。若电路调试正确, 继电器自动闭合J-1触点。

(2) 在烧杯中逐渐加入少量热水, 当温度升高至40 $^{\circ}$ C时, 继电器自动断开J-1触点, VD_2 点亮。当水温自然冷却到37 $^{\circ}$ C时, 继电器又自动闭合J-1触点。

7. 将经过调试后的温度控制电路的继电器J-1触点接低压电炉电路。将装有热敏电阻的烧杯置于垫有石棉网的电炉上, 烧杯中加入适量水, 观察整个系统能否正常工作。

讨论:

1. 根据上面方案A中的电路图, 如何根据指示灯 VD_1 和 VD_2 的亮和暗判断电加热器工作情况? 这个温度控制器还可以应用在什么地方?
2. 如何克服加热器在停止工作后余热对温度控制的干扰?

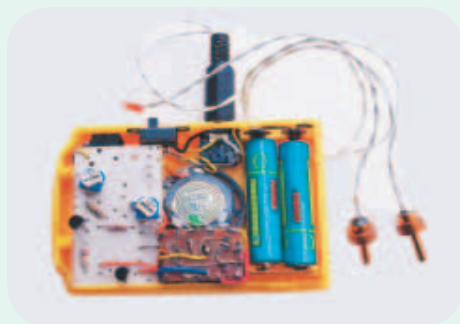


图 5-24 热水温度自动控制器模型图



安全提示

1. 建议加热器采用低压加热器, 禁止使用220 V电热器。
2. 若没有低压加热器, 建议采用模拟方法代替。

设计和安装闭环电子控制系统的一般步骤可以总结如下:

- (1) 按照设计要求, 确定被控量和被控对象。
- (2) 如果和控制量控制的精确度要求较高, 应利用有反馈的闭环电子控制系统对被控量实施控制。
- (3) 根据闭环电子控制系统的方框图, 选择控制(处理)部分的电子电路、输出部分的执行器、检测部分中的传感器, 并参照有关资料, 通过接口电路将各个部

分紧密地连接成一个完整的控制系统。

(4) 按照电路图安装电路。

(5) 将系统各部分进行整体安装和调试。在调试过程中,输入预置控制量,根据被控量的变化进行监控。认真分析干扰因素对被控量的干扰,并通过调整预置控制量等各种方法把干扰的影响减至最低。

(6) 通过制作、试验,发现设计存在的问题,对方案进行改进或优化。



学习反思

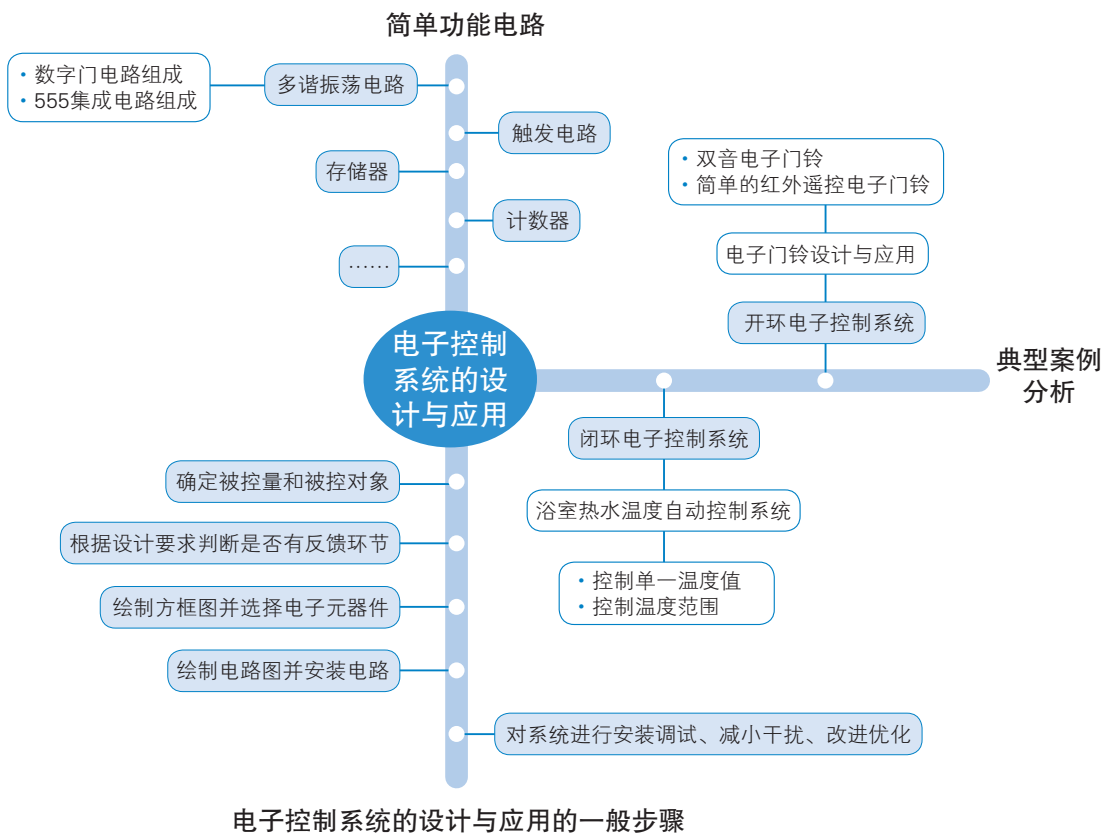
“开环电子控制系统”和“闭环电子控制系统”在设计、安装与调试中有哪些共同点和区别?



练习

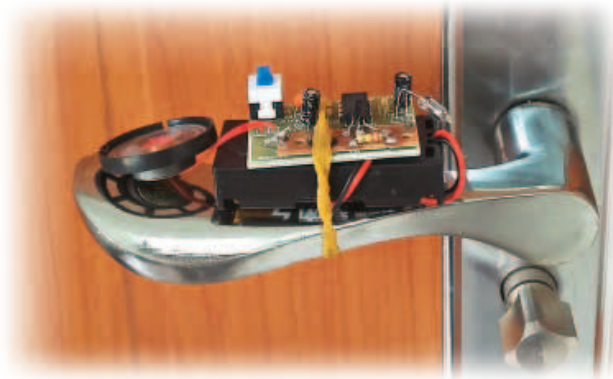
1. 设计和安装一个蔬菜大棚温度电子控制系统的模型,并进行试验,写出试验总结。
2. 设计和安装一个水箱水位电子控制系统的模型,并进行试验,写出试验总结。
3. 现代电子控制技术发展迅速,请开展调查活动,了解各种先进的现代电子控制系统,并选择一项写出调查报告。

本章小结

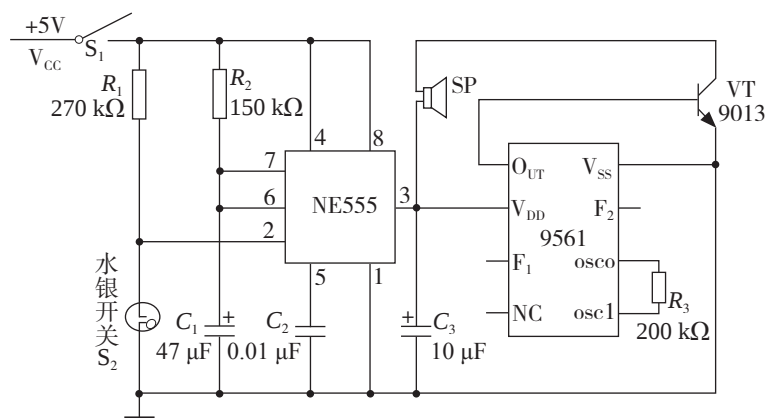


综合实践

1. 下面是陈成等同学设计的开门报警器。只要有人在门外转动把手开门，绑在门内把手上的报警器就会发出报警声音。通过动手，同学们还知道了什么是机电一体化。请开动脑筋分析其工作过程以及安装时的注意事项，亲自动手做一个。



开门报警器实物图



开门报警器电路图

资料：

(1) 9561芯片是专用报警音乐芯片，它能发出警车、救护车、消防车等四种报警声，常用于安防产品。

(2) 水银开关是电路开关的一种，又称倾侧开关。如图所示，在一个接着电极的密闭容器中注入一滴水银，容器中充入惰性气体或抽成真空即可制成水银开关。因为受重力作用，水银珠会向容器中较低的地方流去，如果同时接触到两个电极，开关将闭合，电路便会接通。因此，水银开关常用于自动控制电路。



2. 陈成等同学提出了开发“一”字电子报警系列产品研究项目倡议，项目清单如下：

(1) —“断”即报

当布防于隐蔽处的细导线被碰断时，报警器即报警。

(2) —“开”即报

门户、保险箱盖等一旦被非正常开启，报警器即报警。

(3) —“响”即报

在禁止有“响声”的地方一旦有噪声发出，报警器提醒请勿高声喧哗。

(4) —“动”即报

移动物体时发生轻微震动，便能自动报警。

(5) —“亮”即报

当放在暗处的物体移到有光线处曝光，立即自动报警。

(6) —“遮”即报

只要将物体遮挡光线，便能自动报警。

(7) —“摸”即报

只要一触摸物体，便立即报警。

(8) —“湿”即报

只要与水一接触，便能报警。

(9) — “近” 即报

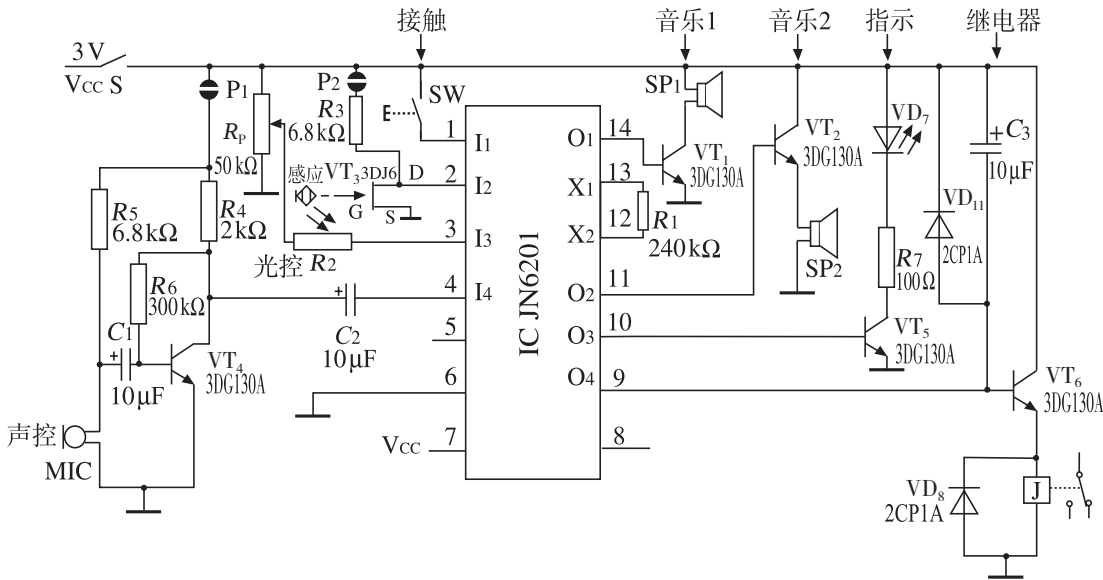
只要近距离靠近物体，便能报警。

(10) — “嗅” 即报

嗅到酒精、煤气等气味，即可报警。

你能说出以上10个项目的具体应用吗？请你选择其中1~2个，画出它们的电路图，制作一个模型，并进行交流。

电路可以参照上题中基于555集成电路和9561音乐芯片设计，也可以基于JN6201音乐集成电路进行设计。对下面电路进行改进，可供设计和制作“一”字电子报警系列产品。



第五章

学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
能掌握识读电子电路图的基本方法（TA、TD）			
能认识组成简单的功能电路的电子元件和数字集成电路（TA、ET）			
能应用功能电路设计开环电子控制系统，并进行安装、调试和改进（TA、ET、ID、CM）			
能应用功能电路设计简单的闭环电子控制系统，并进行安装、调试和改进（TA、ET、ID、CM）			
说明 TA——技术意识，ET——工程思维，ID——创新设计，TD——图样表达，CM——物化能力			

在平台中完成自我测试	
测试成绩	
存在的主要问题	

后 记

2017年教育部颁布了《普通高中通用技术课程标准（2017年版）》，规定高中通用技术课程的结构由必修、选择性必修、选修三大部分组成。其中，必修2册（技术与设计1、技术与设计2），选择性必修包括四大系列11册（“技术与生活”系列3册，包括现代家政技术、服装及其设计、智能家居应用设计；“技术与工程”系列3册，包括工程设计基础、电子控制技术、机器人设计与制作；“技术与职业”系列2册，包括技术与职业探索、职业技术基础；“技术与创造”系列3册，包括创造力开发与技术发明、产品三维设计与制造、科技人文融合创新专题），选修4册（传统工艺及其实践、新技术体验与探究、技术集成应用专题、现代农业技术专题）。本套教科书由长期从事技术教育专业的普通高中通用技术课程标准研制组组长、南京师范大学顾建军教授主编，教育部普通高中通用技术课程标准组核心成员、海南省教育研究培训院段青特级教师和清华大学基础工业训练中心主任李双寿教授为副主编，以高中通用技术课程标准研制组专家、高校学者、教研员、一线优秀通用技术教师为主体进行设计和编写。

本册教科书是根据教育部《普通高中通用技术课程标准（2017年版）》中“电子控制技术”模块的内容要求编写的，供高二年级选修之用。

《电子控制技术》的编写着眼于提高学生通用技术学科的核心素养，帮助学生形成技术意识、工程思维、创新设计、图样表达、物化能力。教材通过情境导入、任务引领、问题嵌入、活动贯穿等努力整合技术内容所蕴含的原理、思想和方法，并强化学生运用技术原理分析和解决实际问题的能力，发展技术意识和工程思维；通过丰富多彩的设计性、探究性、创造性活动，如技术试验、技术探究、技术操作等活动激发学生的开放性、批判性思考和创造潜能，使学生的创新能力得到进一步发展。注重学生工匠精神的培育，通过作品制作、工艺实践、技术试验、方案物化及优化等，培养学生严谨细致、专心致志、精益求精、追求卓越等良好品质。

本册教科书由顾建军、王志军任主编，并在《电子控制技术》第二版（顾建军为主编，何立权、程镐初为副主编）的基础上修订而成。参与修订的有顾建军、王志军、袁涛、李文波、程鲁华、张军、成皓、孙可等老师，参与讨论的还有管光海、刘海林、许一鸣、陈乾等，全书由顾建军、王志军统稿。

本册教科书在浙江、江苏、北京、海南、福建、甘肃、辽宁、新疆等省、直辖市、自治区进行了试教。根据师生反馈，我们对本册教科书先后进行了多次修订。在此感谢参加试教的各位老师，为我们提出了宝贵的建议。江苏凤凰教育出版社郜键、董秀敏等为本书的出版付出了艰辛的劳动，在此一并表示衷心的感谢。

编 者
2020年6月

感谢您使用本书，您在使用本书时有建议或疑问，请及时与我们联系。

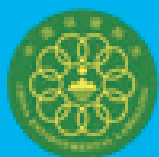
联系电话：025-83658728

电子邮箱：jsep_gaojian@126.com

普通高中教科书
通用技术 选择性必修1
书 名 电子控制技术
主 编 顾建军 王志军
责任编辑 郜 键 董秀敏
出版发行 江苏凤凰教育出版社（南京市湖南路1号A楼 邮编 210009）
排 版 南京新华丰制版有限公司
印 刷 徐州绪权印刷有限公司（电话：0516-83897699）
厂 址 徐州市高新技术产业开发区第三工业园经纬路16号（邮编 221000）
开 本 890 毫米×1 240 毫米 1/16
印 张 8
版 次 2020年6月第1版
印 次 2021年6月第3次印刷
书 号 ISBN 978-7-5499-8705-4
本书定价 9.74元
盗版举报 025-83658579

苏教版图书若有印装错误可向出版社联系调换
质量热线：025-83658528 025-83658526

审批号：苏费核（2021年）0255 举报电话：12315



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5499-8705-4



9 787549 987054 >



致力于用榜样的力量提升学生成绩的共享家教平台

中国家庭教育学会荣誉会员单位

985/211 大学生 1对1 上门辅导

找家教就像叫“代驾”一样简单
家长们都在偷偷用的家教预约神器

记得拍照留存哦



扫码关注 预约上门

关注送200元优惠券

小初高全科辅导

学霸云集任您挑

学历真实可担保



与优秀大学生同行，激发孩子无限潜能



微信搜索公众号：365优教网

咨询热线：4000-711-365

YOUJ 优教

既是找老师，更是找榜样

家教老师全国招募中