经全国中小学教材审定委员会2004年初审通过

普通高中课程标准实验教科书 通用技术 选修1

电子控制技术

通用技术 GENERAL TECHNOLOGY



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

微信公众号：电子课本大全



普通高中课程标准实验教科书
通用技术　选修 1
顾建军　主编

电子控制技术

Electronic Control Technology

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

微信公众号：电子课本大全

随着科学技术突飞猛进的发展，技术日益成为我们生活中几乎无时不在、无处不在、无所不在的客观存在，成为引起社会变化、塑造社会变化和应对社会变化的重要因素。因此，技术素养是当代青少年的基本素养，通用技术课程是普通高中学生人人必须修学的课程。

电子控制技术是一门运用电子电路实现信息或能量改变的技术。它不仅提高了生产自动化程度，而且走进了千家万户，成为生活中的重要帮手。电子控制技术是在技术与设计1、技术与设计2必修模块学习之后的选修模块，是一个实践性强、创造空间大、涉及面广的课程模块。在这个模块的学习中，同学们一定会享受到挑战自我、拓展个性的人生乐趣。



了解本书的章节的构成，能使我们总揽全貌，形成关于课程学习的宏观架构。

同学们，欢迎你们进入电子控制技术世界。

学习目标

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。

案例分析

本栏目富有典型意义的范例、素材、话题是学习中对话的平台，它引领我们走入学习情境，使我们享受到由丰富的感性走向深刻的理性的快乐。

马上行动

穿插课文之中、形式多种多样的活动使我们所学的知识与技能得到即时的巩固、应用和内化，它是我们主动建构知识、拓展能力、发展情感态度与价值观的有力工具。

怎样使用本书
导读
General Technology

微信公众号：电子课本大全



学习评价

对学习过程和学习结果作一回顾、总结和反思，有助于知识与能力的主动建构，有助于学习目标的真正实现。

综合实践

将本章所学内容综合起来、与其他学科知识综合起来、与自己已有的知识和经验综合起来，可以提高综合应用知识与技能分析和解决问题的能力，使我们领略学习的最高境界。

本章小结

在学完一章后，就学习内容进行概括和归纳，能使所学知识与技能进一步强化和结构化。

练　习

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

链接

选学

这里为我们拓展学习、发展个性提供了网络学习、课外学习等方面获取资源的路径。它将把兴趣浓、有追求的同学引向技术探究的幽深之处。

阅读

选学

这是一个绚丽多彩的世界。它将使我们拓宽视野、深化认识、锻造精神，在“信息爆炸”的时代里，品味到技术信息方面的“美味佳肴”。

小资料　小辞典

小试验

选学

亲临其境、亲自动手、亲身体验是本栏目的宗旨。这里的一些项目将使我们经历激动人心的操作和探索实践，使我们的实践才能和创新能力得到充分的展示。

思考

这是一个发展认知、挑战思维的天地。想像、分析、判断、推理等思维活动将使我们体验到头脑风暴的乐趣和批判性、创造性思维的魅力。

讨论　探究　辩论

学习，是一个螺旋上升的过程，它永无止境……

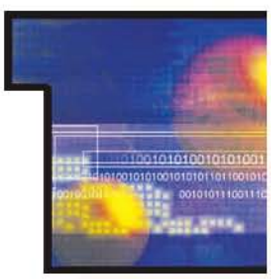
微信公众号：电子课本大全

电子控制技术

Electronic Control Technology

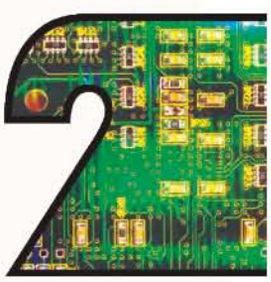
目录 Contents

目录 Contents 目录 Contents 目录 Con



第一章 电子控制系统概述 001

一 电子控制技术与电子控制系统 002
二 电子控制系统的组成和工作过程 008
三 开环电子控制系统和闭环电子控制系统 012



第二章 电子控制系统信息的获取与转换 019

一 认识常见的传感器 020
二 传感器的应用 028

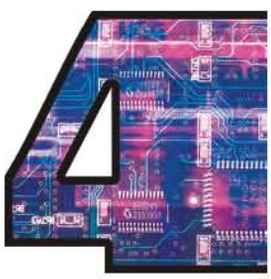


第三章 电子控制系统的信号处理 037

一 数字信号 038
二 逻辑门 046
三 数字集成电路 056
四 数字电路的应用 062

微信公众号：电子课本大全

Contents 目录 Contents 目录 Contents 目录 Contents 目录



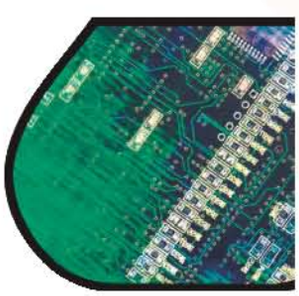
第四章　电子控制系统的执行部件 073

一　继电器的作用和类型 074
二　直流电磁继电器的构造、规格和工作原理 078
三　晶闸管的构造和工作原理 082



第五章　电子控制系统的设计及其应用 087

一　开环电子控制系统的设计和应用 088
二　闭环电子控制系统的设计和应用 096
三　遥控电子控制系统的设计和应用 106



附　录 117

一　电子元器件 118
二　多用电表和示波器 130
三　电子虚拟试验 132

微信公众号：电子课本大全

主　　编　顾建军

副 主 编　何立权　段　青　程镐初

主要编者　王其生　尹道龙　吉　敏

何立权　黄正瑾　程镐初

（以上按姓氏笔画排列）

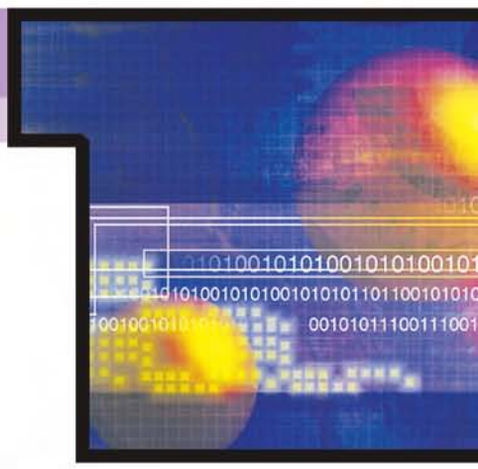
编　　写　本书编写组

责任编辑　郜　键　董秀敏

美术编辑　田翔仁

装帧设计　翔仁工作室

微信公众号：电子课本大全



第一章　电子控制系统概述

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



《阿里巴巴与四十大盗》中有一个“芝麻开门”的故事：大盗头目对着巨大的石门说了句“芝麻、芝麻，开开门”，大门就自动打开了。尽管这是一个神话，但当今的电子控制技术已经使之成为现实，电子控制技术如同开启石门的钥匙，将为我们打开一个全新的世界。

微信公众号：电子课本大全

一 电子控制技术与电子控制系统

学习目标

1. 理解电子控制技术的含义，了解它的广泛应用。
2. 知道电子控制系统是以电子控制技术为核心的系统。

控制技术是人们为了使事物按照所希望的方式沿着某一确定的方向发展所使用的手段或方法。两千多年前，我国古代发明的指南车就是运用控制技术的成功范例。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

从门锁的演变看控制技术的发展

拥有安全，这是人类在生活中的基本需要之一。不仅作为个体的人出于本能具有这样的需要，而且在群体生活中人们有时也有这种需要。为了能满足和更好地实现人类这一需要，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。



控制门开关的木闩

人工控制的门锁 在古代，为了安全的需要，人们设计和制作了门闩。人们在家时插上门闩，外人就不能随便进入。但是，门闩的安全功能有限，人们可以从外面将它拨开，而且如果人们要外出，门就不可以锁了。



弹簧锁







文字锁

机械控制的门锁 公元870～890年，出现了全金属锁。这种锁多为铜质和铁质，锁内装有片状弹簧，利用钥匙与弹簧片的几何关系和弹力作用来上锁和开锁。





机械弹子锁

微信公众号：电子课本大全

1860年，美国人林纳斯·那鲁父子将弹子簧片应用在机械锁上，发明了机械弹子锁。它的原理是利用几个高低不同的弹子配以相应的钥匙打开一把锁。这种锁的安全系数也比木制门闩高，而且更耐用。但是，它也有很多不足之处，如钥匙携带不便、钥匙丢失后开锁很麻烦、易生锈、互开率高等。

电子控制的门锁　20世纪60年代以来，发展迅速的电子技术被应用于门锁的改进和开发。这样，磁卡锁、IC卡锁等电子锁相继问世。新颖的电子锁具有各种先进的功能，如现在的数字密码锁，它具有直接用门卡开门、反锁提醒、报警提示、开锁记忆等功能。它运用电子电路实现控制，当感应卡接近锁体时，锁内的微控制器自动启动读卡程序，如果读到的是有效卡，则启动电磁开关，带动离合机构，此时按下手柄，锁就被打开；如果读到无效卡则发出无效卡提示，门不能被打开。电子锁的优越性可想而知，但它也有造价较高、修理麻烦等不足。



IC卡门锁



数字门锁

马上行动

1. 比较机械弹子锁与电子锁在使用功能上的异同。
2. 在日常生活中，你关注过门锁吗？你认为未来的门锁会怎样发展？

电子控制技术是一门运用电子电路实现控制功能的技术。近几十年来，它的发展异常迅速，已经成为推动新的技术革命的一种重要技术。它不仅在生活中为我们所用，而且广泛应用于工业、农业、医疗、军事、航天等各领域。

自动化的家用电器

利用电子控制技术生产的自动化家用电器给人们的生活带来了更多方便。只要接通电源，按揿功能开关，它就会按使用者的具体要求，自动地进行工作。在它内部安装了微电脑和各种电子元器件，存贮着根据人的需要而设计的各种工作方案。例如，智能洗衣机能模拟人洗衣时的习惯，自动进行判断和处理，具有学习、记忆和寻优的本领。



微电脑控制的洗衣机



红外线遥控的音响系统

微信公众号：电子课本大全

自动化的生产流水线



钢铁厂轧钢生产线

在现代自动化生产中，电子控制技术有着普遍的运用。如一些产品的生产线使用了能自动更换刀具和完成多道加工工序的数控机床，并将加工设备、检测设备、装卸设备等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。

工业化的农业温室

电子控制技术在农业生产中同样大有作为。在如图所示的温室厂房中，通过电子控制技术实现了施肥配方、营养液滴灌、人工补充二氧化碳、锅炉燃煤送热自动化，并对温、气、肥、水、光等植物生长要素进行自动调控，形成全年都能生长蔬菜、花卉的人工气候。另外，还可引入农业机器人，利用它移植秧苗、采摘果实，实现农业生产的工厂化。



使用电子控制技术的农业温室

长“眼睛”的导弹



“海红旗 -10”近程防空导弹

电子控制技术对军事技术变革和发展起着重要的作用，对现代战争产生了极大的影响。

例如，在辽宁舰强大的武器库中，担负防卫重任的是“海红旗 -10”近程防空导弹。其制导系统非常先进，采用被动雷达和红外复合制导方式。其被动雷达导引头能够跟踪目前世界上所有主动雷达制导的反舰导弹的射频信号，且作用距离远，观察视场宽。红外导引头采用红外成像，抗干扰能力强，制导精度高。两者结合使用，可谓强强联手，使该型导弹同时具备“先发射后锁定”与“发射后不管”技术。

微信公众号：电子课本大全

还有一种巡航导弹利用全球卫星定位系统，对攻击目标的地理位置和巡航导弹飞经的沿途地形进行精密测量，并将这些信息输入弹载的微型电脑中。巡航导弹在飞行的过程中将它与实际所显示的地形进行精密对照，从而控制飞行的方向、路线、速度、离地面的高度。电子控制技术使巡航导弹变得十分“聪明”。据称，“战斧”式巡航导弹的命中精度高，距离 2 000 km 以内的目标命中误差不超过 10 m。

讨论

电子控制技术还可以应用在其他什么地方？请举例说明。

辩论

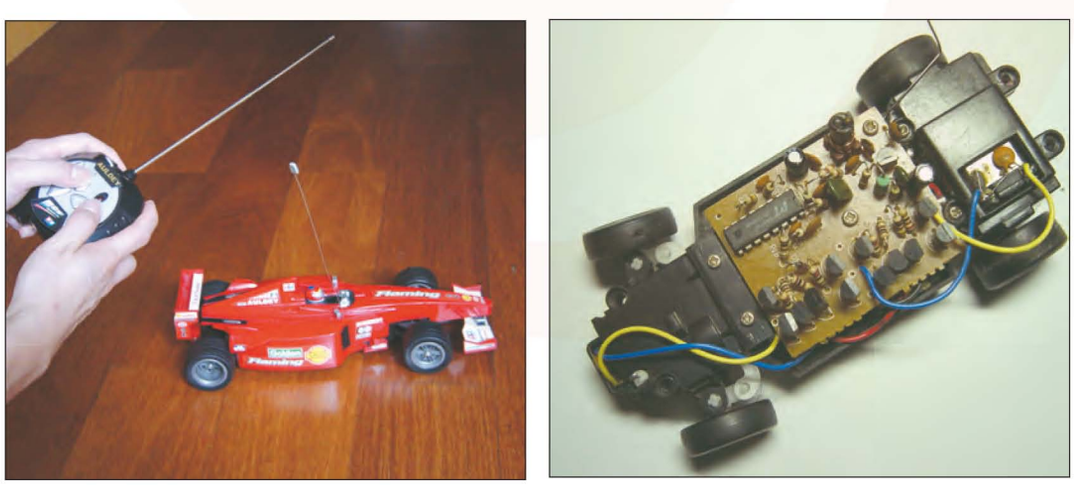
在某居民小区，由于有少数居民随意从住户窗口向绿化区域丢弃垃圾等杂物，造成破坏绿化、影响居住环境卫生等问题。有人提出对居民楼窗口用电子控制装置进行摄像监控，以便发现那些乱丢垃圾的居民，但这个建议也遭到不少人反对。

该不该采用电子监控设备监视居民楼窗口？请就此议题进行辩论。

以电子技术为核心的控制系统叫做电子控制系统（electronic control systems）。在这个系统中，有电阻、电感、电容等元件和二极管、三极管、集成电路（IC）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。

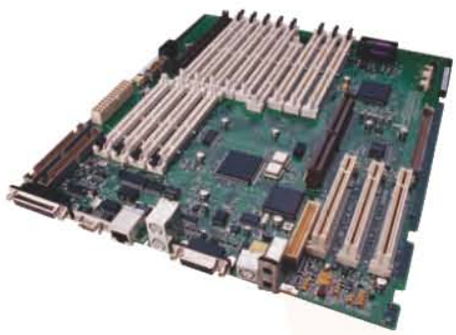
例如，智能化的电饭煲具有煮饭、保温、定时、显示温度等功能，它是依靠电子控制技术实现控制的，属于电子控制系统。而普通的电饭煲往往只具有煮饭、保温功能，它是利用双金属片进行控制的，属于机械控制方式，不是电子控制系统。

电子控制系统是通过控制器实现控制的。如电子调光台灯系统，灯泡是被控对象，灯光的亮度是被控量，我们通过控制器（调光电子电路）对灯泡进行控制，实现灯光亮度的调节。又如遥控小车，它是通过遥控器对被控对象（小车）进行控制，最终使被控量（小车速度的大小和方向）得到改变。



无线遥控的电子模型汽车

微信公众号：电子课本大全




计算机中电子控制系统的核心部件——CPU 主板

马上行动

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	它的核心是一个集成电路

案例分析

案例一　热气球和宇宙飞船

目前，热气球的最高飞行记录为40 km左右，飞行12 h后在距离起飞地点约250 km处降落，着落点严重偏离预定地点，飞行员需抵御 -26°C 的低温和近似真空的大气压及恶劣气候。

“神舟五号”宇宙飞船运用电子控制系统，变轨后飞行的圆形轨道距地球343 km，在太空中大约每90 min绕地球一圈，其间经受180°C的温差。“神舟五号”宇宙飞船实际着落点距离预定降落地点只有 4.8 km。

案例二　伽马刀

华佗是我国古代神医，曹操得病，请华佗前去诊治。诊断之后华佗说：脑中生瘤，必开颅取之，否则危及性命。曹操得知后非常恼火，认为华佗别有用心，立即杀了华佗。开头颅确实可怕，可是不开又如何治病呢?

现在我们可以运用安装了电子控制系统的“新武器”——伽马刀来切除颅内肿瘤。它利用电子控制系统准确定位，以伽马射线作为能源，把肿瘤作为目标，用聚焦技术将几条射线聚于一点形成高能区，然后破坏肿瘤和病灶。这种无刀胜有刀的技术超越了传统手术的局限，降低了手术危险性，使患者避免感染和失血，而且大大降低了对周围组织的损伤。

微信公众号：电子课本大全

案例三　智能化的红绿灯电子控制系统

在城市的交通管理中，我们经常会看到交通警察为了维持交通秩序，保持道路畅通而辛苦工作。现在，有些地方已经采用了智能化的红绿灯电子控制系统。在路口停车线前一段距离内埋下一些环形感应器，感应器将车辆在上面通过所产生的数据传输给交通信号控制系统，控制系统根据交叉路口车辆的通过情况指挥红绿灯的自动切换。这样不但减轻了交警的工作负担，而且使城市交通畅通。

思考

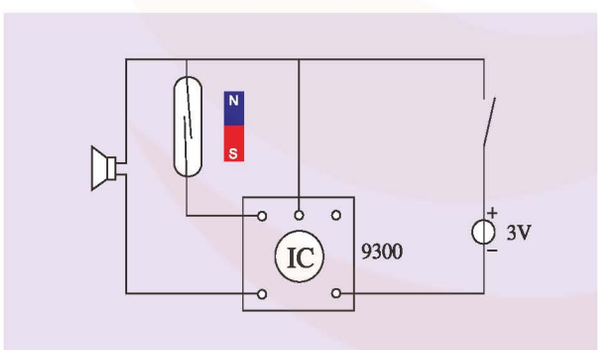
阅读以上三个案例，结合生活经验，分析电子控制系统的优点，并填写下表。

序　号	优　　点	举　　例
1		
2		
3		
4		
5		

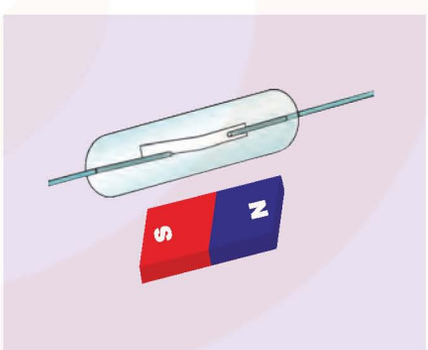
练　习

GENERAL TECHNOLOGY GENERAL TECHNOLOGY

下面左图所示是由音乐集成电路、开关、干簧管、喇叭和电池等组成的电子控制报警器模型。请根据图示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，喇叭会发出报警声。这个模型装置是一个电子控制系统吗？为什么？



电子控制报警器模型



磁铁靠近干簧管时簧片闭合

微信公众号：电子课本大全

二 电子控制系统的组成和工作过程

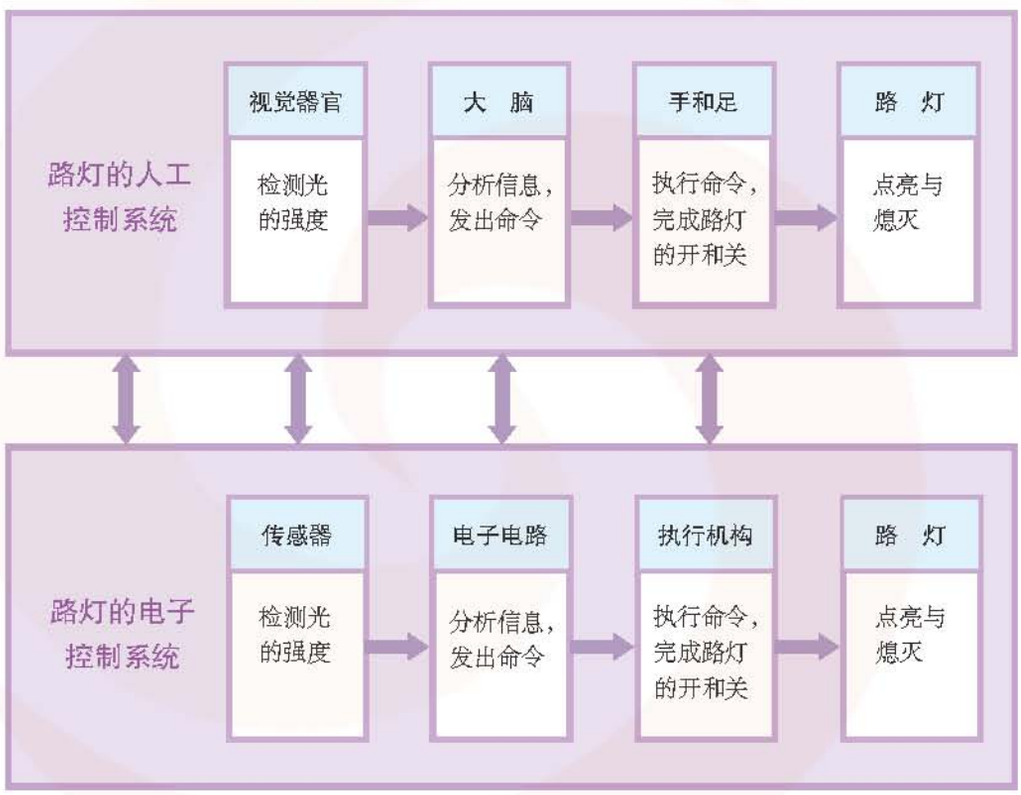
学习目标

1. 知道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。

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。

下面以路灯的控制为例，说明电子控制系统的基本组成和工作过程。

过去的路灯需要人工控制，现在利用电子控制技术实现了自动化控制。那么，这两者有什么异同呢？现通过下图进行对比。



两种路灯控制系统的方框图对照

从上图的对应关系中可以知道：

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。

两个系统虽然结构的组成各不相同，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

微信公众号：电子课本大全

表示如下（其中箭头表示信息传递方向）：



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的变化。

输入部分相当于人的感官，它能将采集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】

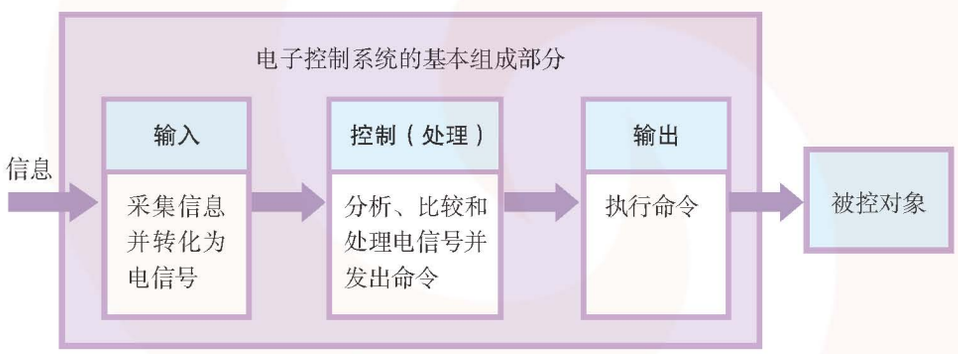
控制（处理）部分一般由具有各种控制功能的电子电路（或微处理器）组成。它的作用相当于人的大脑，它能对送入的电信号进行比较、分析和处理，并发出指令。

【输出部分】

输出部分由电磁继电器、晶闸管等多种执行机构组成。输出信号可以是位移，如电磁继电器中衔铁的运动、电动机的转动等，也可以是声音、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，我们可以将基本的电子控制系统的工作过程用下图来表示：



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
智能化的红绿灯电子控制系统			
全自动洗衣机进水控制系统			

微信公众号：电子课本大全

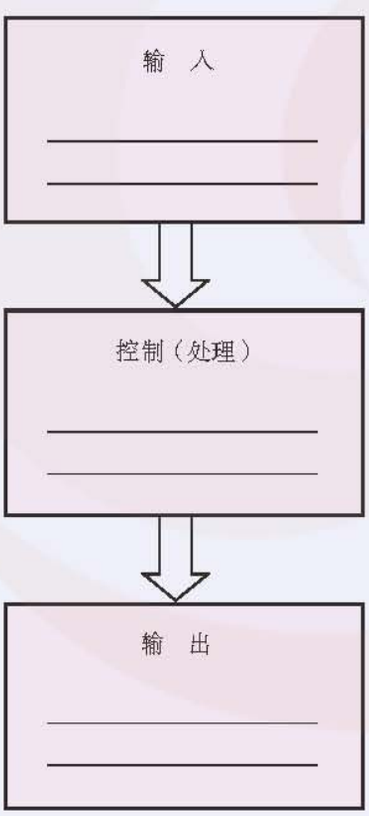
电子控制系统内部的电路通常由大量的电子元器件组成，结构比较复杂。如果使用方框图，往往可以在不十分了解系统内部结构细节的情况下，帮助你分析有关的控制问题。

链接

传　感　器：见本书第二章。
电磁继电器：见本书第四章。
晶　闸　管：见本书第四章。

马上行动

在电子计算机家族中，无论是大型的还是家用的，都可以看做是由输入、控制（处理）和输出三个最基本的部分组成的。请把家用计算机最基本组成部分的器件、设备填入下列空格中，并说明它的工作过程。





计算机组成部分示意图

微信公众号：电子课本大全

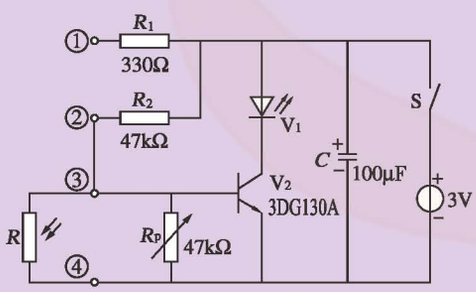
练　习

GENERAL TECHNOLOGY GENERAL TECHNOLOGY

搭接一个路灯自动控制模型。

1. 制作

在电路试验板上按照图示电路搭接一个光控路灯的模型。



电路图

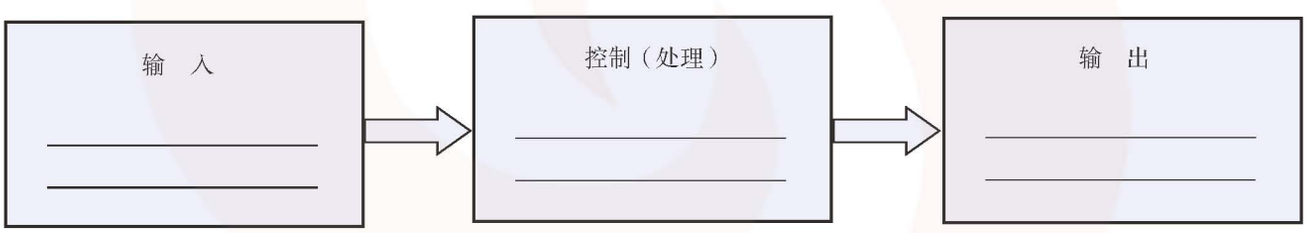
2. 试验

调整 R_P 的阻值，使装置达到下列要求：

模拟夜晚　用黑纸罩住光敏电阻 R（MG4），外界光线照射不到光敏电阻时，R 的阻值变得很大，三极管 V_2 导通，代表路灯的发光二极管 V_1（LED）就会自动点亮。

模拟白天　当拿去遮光的黑纸，让强光照射光敏电阻 R 时，R 的阻值变得很小，三极管 V_2 截止，发光二极管 V_1 就熄灭。

3. 画出路灯自动控制模型的方框图，并说明其工作过程。



微信公众号：电子课本大全

三 开环电子控制系统和闭环电子控制系统

学习目标

1. 知道反馈在电子控制系统中的作用。
2. 知道开环电子控制系统和闭环电子控制系统的区别，会用方框图分析生活中常见电子控制系统的工作过程。

在《技术与设计2》的学习中，我们已经知道，控制系统有开环和闭环之分。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

倘若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做开环电子控制系统。



开环电子控制系统的组成方框图

由上图可知，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。下面以电子门铃为例，分析开环电子控制系统的工作过程。

把电子门铃装置作为一个电子控制系统，则扬声器是被控对象，门铃发出的音乐声是被控量，控制器是一个电子集成电路装置。用方框图对它进行分析，它的工作过程如下：



电子门铃的开环电子控制系统

微信公众号：电子课本大全

【输入】　用手按动按钮开关，输入一个触发信号。

【控制（处理）】　音乐集成电路经过触发后工作，产生一组载有“音乐”的电信号。

【输出】　扬声器将电信号转变为音乐声。

从分析电子门铃的工作过程中可以知道，它的输出量（音乐声）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，电子门铃装置是一个开环电子控制系统。

马上行动

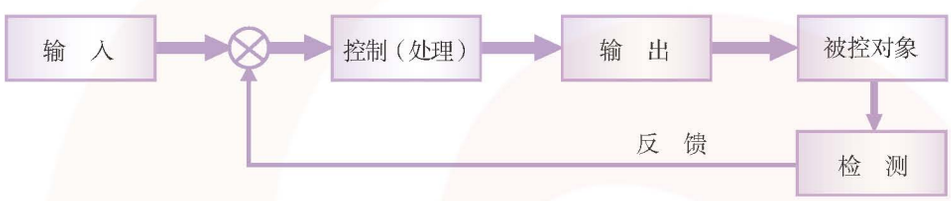
分析下列电子控制系统中的被控对象、被控量、控制器和它们的工作过程的共同点：

1. 电子音乐门铃系统；2. 路灯自动控制系统；3. 电子锁；4. 自动门。

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变化较为简单、被控量的控制精度要求不高的情形，如上文中所提的电子门铃只存在音乐声有、无两种状态。

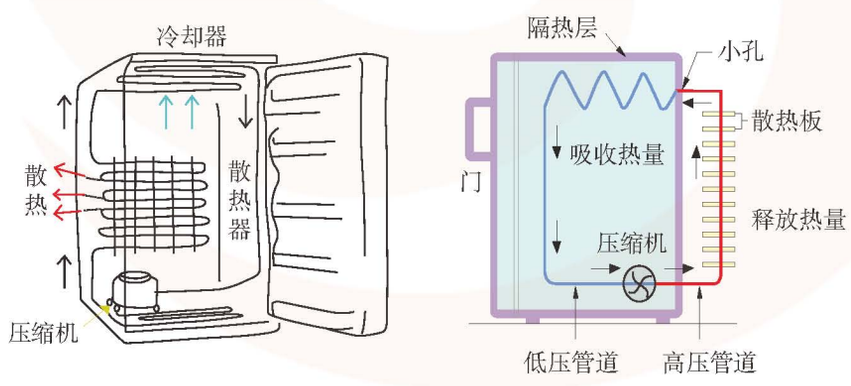
闭环电子控制系统

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。它的方框图如下图所示：



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电动机、压缩机、冷却器和散热器组成，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）所示。



（1）　　（2）

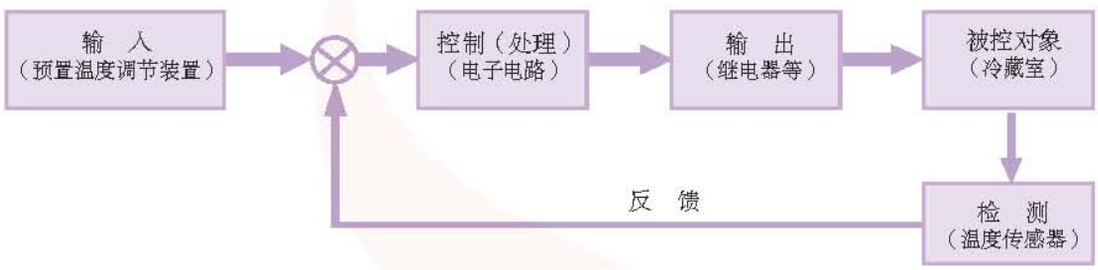
家用电冰箱的结构和制冷原理图

由于管道中有一小段十分狭窄的毛细管，从而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

微信公众号：电子课本大全

毛细管进入电冰箱的内部由较粗管道组成的冷却器时，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，如上页图（2）所示。

下面用方框图分析电子控制系统是如何利用反馈的方法实现冰箱恒温控制的。



家用电冰箱的闭环电子控制系统

【输入】

根据冰箱内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）】

它由电子电路组成，其核心部件是一个微处理器，实际上是一个微型电脑装置。它能够对预置设定和输出中检测到的电信号进行比较、分析和判断，并发出命令。

【输出】

它由电磁继电器等组成。当它接到“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；当它接到“停止”的操作指令时，继电器便断开压缩机的工作电路。

【检测与反馈】

它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，并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定的温度时，控制（处理）部分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。

由于存在电冰箱外面的温度较高、经常开门等干扰因素，电冰箱冷藏室不能一直保持预置温度，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温。

从分析家用电冰箱的制冷工作过程可以知道，智能冰箱的电子控制系统是一个闭环电子控制系统。

马上行动

找出你身边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：_____、_____、_____。

微信公众号：电子课本大全

思考

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、恒温箱控制，到复杂的导弹、人造卫星和宇宙飞船，都离不开反馈。

辩论

这是闭环系统吗

同学们几乎每天听着扩音机里播放的音乐做广播体操，但扩音机从未引起大家的注意。学习了上面的内容后，“扩音机是一个什么电子控制系统”引起了全班同学的热烈讨论。

正方：扩音机是一个开环电子控制系统。

反方：扩音机是一个闭环电子控制系统。



正方论据

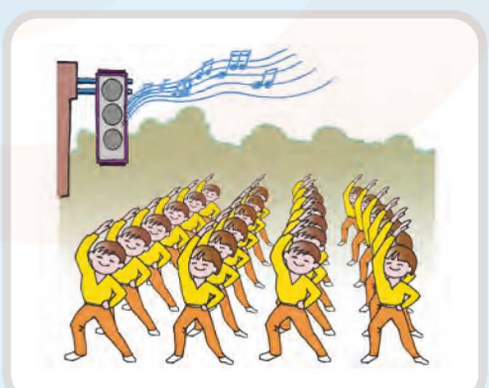
扩音机的工作过程是：

【输入部分】　通常用的是话筒、CD机，其作用是将声音等信号转变为电信号。

【控制（处理）部分】　这一部分由电子电路组成，它将接受到的微弱电信号经过处理后放大。

【输出部分】　主要是由各种扬声器组成的音箱，它把经过放大处理后的电信号转化为声音。

从以上分析可知，扩音机的电子控制系统对其输出没有任何检测，所以它是一个开环电子控制系统。



反方论据

因为在使用扩音机的过程中，有时喇叭输出的音量经过人的耳朵检测后感到太小，可以通过调节扩音机上的相关旋钮把音量增大，这就是一种检测和反馈，所以它是一个闭环电子控制系统。

微信公众号：电子课本大全

马上行动

你认为正、反哪一方的论据能站得住脚？形成不同结论的关键是什么？赶快发表你自己的见解吧！

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进行分析、判断，在你认为正确的表格中打“√”。

	开环电子控制系统	闭环电子控制系统
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		

2. 注意你周围的电子产品，查找说明书等有关资料，找出一个由闭环电子控制系统构成的产品，画出它的方框图，分析它是如何运用反馈来实现自动控制的。

本章小结

电子控制技术是一门运用电子电路实现控制功能的技术。以电子控制技术为核心的控制系统叫做电子控制系统。

电子控制系统具有体积小、工作可靠、控制精度高、性价比高和能实现远程或网络控制等优点。

电子控制系统由输入、控制（处理）和输出三个部分组成，并依靠信息的采集、转换、处理和执行来实现控制的目的。

从信息有无反馈来划分，电子控制系统可分为开环电子控制系统和闭环电子控制系统。

以系统输出的结果来调整系统控制的方法称为反馈。反馈是提高电子控制系统控制能力的重要方法。

微信公众号：电子课本大全



1. 有人认为电子控制技术在生产中的广泛应用，自动化生产水平的广泛提高，会引起工人大量失业，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，例如，智能控制的电动玩具、伊拉克战争中的“爱国者”导弹、“神舟五号”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。

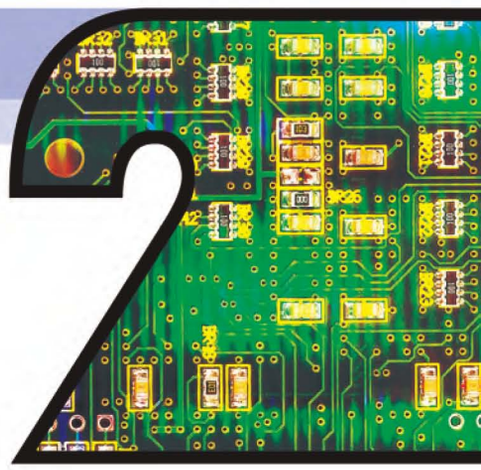
3. 根据本章中学到的知识和技能，提出设计一件以电子控制技术为核心的作品的构想。

微信公众号：电子课本大全

第一章 学习评价

评价内容		自我评价
学习过程	课内完成学习任务情况	
	课外完成学习任务情况	
	学习态度评价	
	学习水平评价	
学习结果	本章学习目标实现情况	
	学习本章内容的收获与不足	

微信公众号：电子课本大全



第二章　电子控制系统信息的获取与转换

一　认识常见的传感器

二　传感器的应用



“千里眼、顺风耳”是古人的一种奇思妙想，它反映了人们发展自己感官、拓展自己能力的愿望。现在，我们能在寻常家庭听到来自大洋彼岸友人的声音，能在监控室里看到远在太空的宇航员的身影。对此，传感器将会告诉我们其中的奥秘。

微信公众号：电子课本大全

一 认识常见的传感器

1. 人与传感器
2. 传感器的作用
3. 传感器的检测

学习目标

1. 认识常见的传感器，能用多用电表检测传感器。
2. 知道传感器的作用。

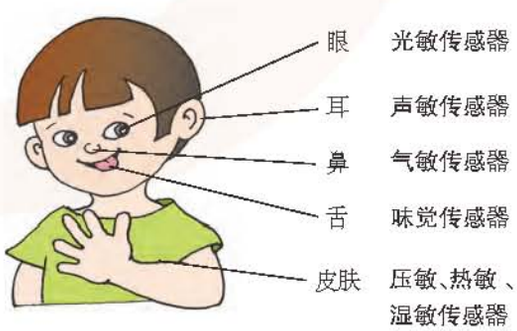


坐地日行八万里，巡天遥看一千河。我国第一位进入太空的宇航员杨利伟遨游在遥远的太空时，地面上的医生怎样才能时刻知道他在“神舟五号”飞船里的身体状况呢？

原来，在“神舟五号”舱里和杨利伟身上都安装着多种传感器以获取有关信息，通过通信系统将获取的有关信息传送到地面控制中心。

1 人与传感器

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。一种电子器件应运而生，它可以模拟人的感觉器官，而且可以更为准确地获取外界信息，以便处理，这就是传感器（sensor）。



与人的感觉器官对应的传感器

微信公众号：电子课本大全

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惟一途径。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。

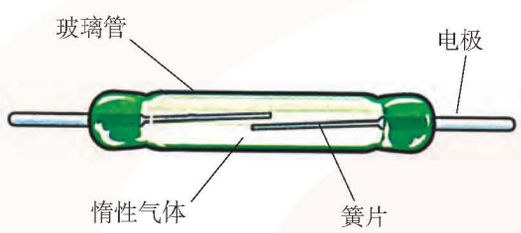
传感器一般由敏感元件和输出部分组成，通过敏感元件获取外界信息并转换为电信号，通过输出部分输出。敏感元件的种类繁多，内部结构也各有不同，通常它们是被密封起来的，从外形上不容易观察到其内部结构。

马上行动

观察一种磁敏传感器——干簧管的外形和内部结构。

干簧管的工作过程：无磁场时，两个簧片相互分离，干簧管处于“关断”状态；当有磁铁靠近时，铁合金被磁化，两个簧片相互吸引，干簧管处于“开通”状态。

从干簧管的通断可以检测出它的周围有无磁场。



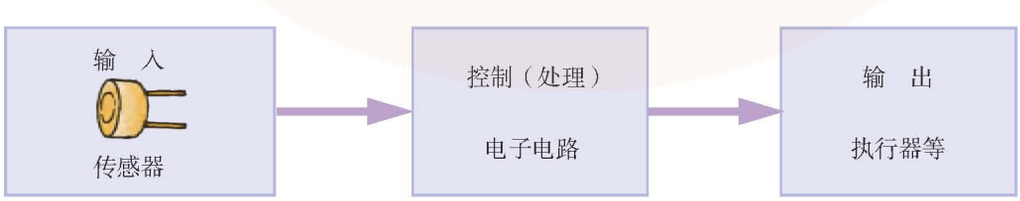
干簧管的外形和内部结构

2 传感器的作用

传感器获得外界的输入信息，并通过它将非电量信息转换成电信号输出。

作为控制器的信号源，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器去处理。

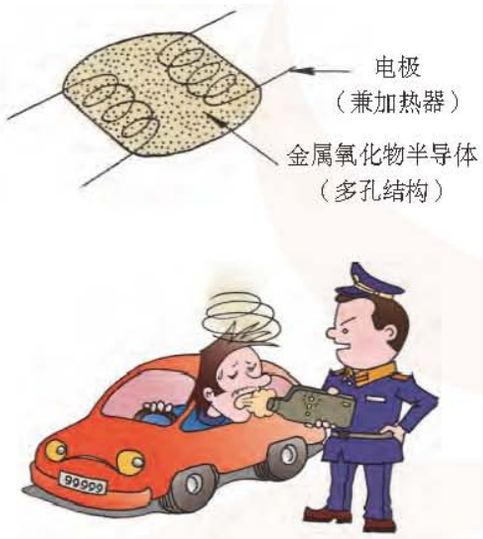
在电子控制系统中，不同的传感器可以用来收集不同的变化信息，并把它们转换为电流、电压等电信号的变化，以便于传输、处理、存储和输出。



电子控制系统的基本组成部分

微信公众号：电子课本大全

案例分析



半导体气敏传感器

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，从而检测气体的浓度。

交警所使用的酒精浓度测试仪就利用了气敏传感器，用它来测试驾驶员呼出气体里的酒精浓度，从而判断是否是酒后开车。我们还可以将这类传感器安装到自动报警系统中，检测周围环境中有害气体的浓度，当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。

思考

气敏传感器还可以应用于哪些场合？

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_____

3 传感器的检测

为了确定传感器的质量好坏，我们必须对它进行检测。在做精度要求不高的检测时，通常可以用多用电表。

微信公众号：电子课本大全

小试验

试验目的：

认识光敏传感器并了解其作用，学会使用多用电表检测光敏传感器。

试验准备：

取常用的光敏传感器——光敏电阻（MG4）1只，多用电表1只，1.5 kΩ电阻1只，1.5V电池1只，开关1只。

试验过程：

（1）按右图连接电路。

（2）断开开关，在以下不同的光照条件下，用多用电表测量光敏电阻的阻值。如右图所示。

（3）合上开关，在以下不同的光照条件下，用多用电表测量光敏电阻的电压值。

光照条件：

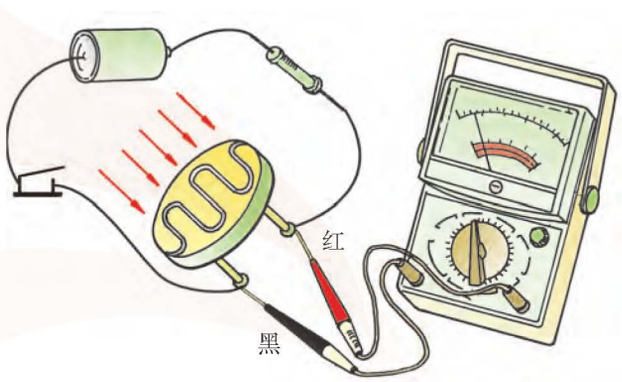
a. 手遮盖光敏电阻的受光表面；

b.光敏电阻的受光表面暴露在教室的自然光下；

c. 太阳光直接照射光敏电阻。

试验记录：

开关断开时，记录用多用电表测得的不同电阻值。



测量不同光照下光敏电阻两端的电阻值和电压值

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			

开关闭合时，记录用多用电表测得的不同电压值。

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			

试验总结：

1.通过比较所测电阻或电压的变化，说明外界光线的强弱与电阻、电压变化的关系。

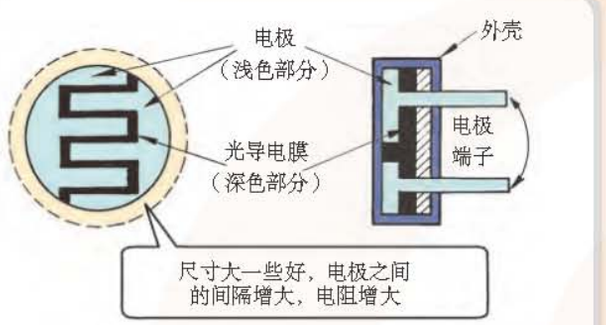
2. 通过上面的试验，总结检测传感器有哪几种方法。

微信公众号：电子课本大全

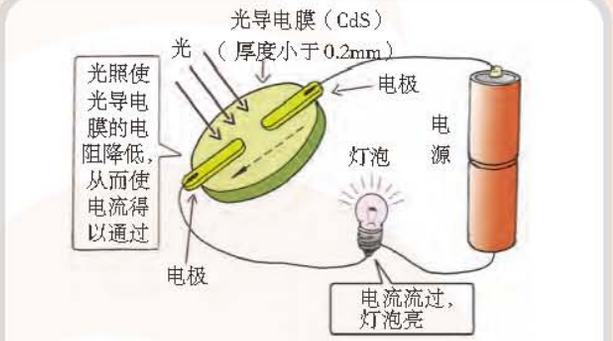
光敏电阻是一种电阻性传感器，它将获取的外界光线变化的信息转换为电阻阻值变化的信号，可以用来检测光的强度。对于此类电阻性传感器的检测，可以用多用电表测量它的电阻值随外界信息变化而变化的情况。对非电阻性变化的传感器，一般通过一个合适的电路来测量其电流或电压的变化。通常在测量时，因为电流变化太小，测量不方便，更多时候要通过多用电表测量电阻上的电压变化来进行。需要说明的是，在测量精度要求很高时，我们就不能用这种方法，而要用专门的检测方法。

小资料

光敏电阻具有体积小、重量轻、性能稳定和价格低等优点，因此得到广泛应用。下面左图为光敏电阻结构图。它由光电导材料硫化镉（CdS）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，强光照射时，它的电阻值可减小至几百欧，而在黑暗中它的电阻值可达到10M 左右。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下图所示。

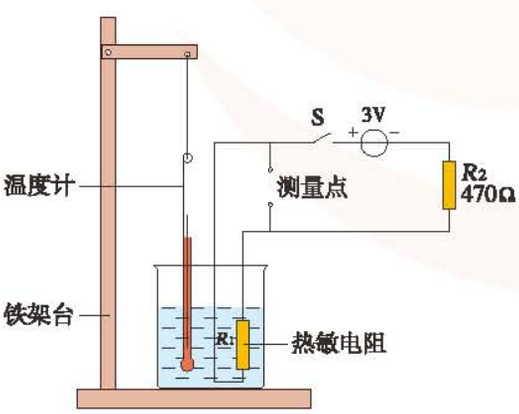


光敏电阻结构图



光敏电阻演示电路图

马上行动



用多用电表测量热敏电阻的特性

准备下列器材：热敏电阻R_t（MF11），串联电阻R_2，干电池，多用电表，温度计，烧杯，开关，冷水，热水，铁架台，导线等。

请利用以上材料按左图连接电路。

1. 用温度计分别测量热敏电阻R_t在冷水和两次加热水时的温度值。

2. 用多用电表分别测量热敏电阻在上述三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尽量离开水面）。

3. 把测得的数据填写在表格中，并在坐标图中描点画线。

4. 分析热敏电阻值和电压值随温度变化的规律。

微信公众号：电子课本大全

测量记录表

	冷水	加 50 mL 热水	再加 50 mL 热水
热敏电阻温度 /°C			
电阻值 /			
电压值 /V			



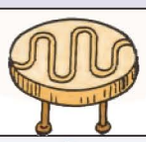
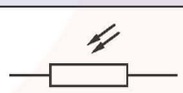
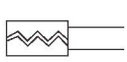
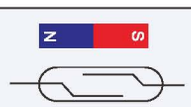
不同温度下热敏电阻值



不同温度下热敏电阻两端的电压值

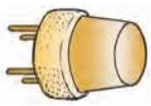
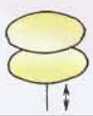
传感器的类型很多，常用的有光敏传感器、热敏传感器、磁敏传感器、声敏传感器、湿敏传感器、气敏传感器、力敏传感器和位移传感器等。由于它们各自的材料不同和结构上的差异，它们所转换的信息也各不相同。通常，每一类传感器有一个区别于其他类型传感器的电路符号，但是，同一类型传感器的外形又可能是多种多样的。

常见传感器的结构图和电路符号

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 	

微信公众号：电子课本大全

（续 表）

传感器名称	结 构 图	电路符号
气敏传感器		
声敏传感器		
力敏传感器		
位移传感器	电容式传感器 	

阅读

认识数码相机

数码相机是近几年中新发展起来的图像捕捉设备，它将所拍摄的影像以数字形式保存起来，拍摄的结果（数字化图像）可直接传输到计算机中。它以不使用胶卷、采用数字技术处理图像、易存储等优点对传统相机形成了压倒性的优势。

数码相机与光学相机不同。光学相机是通过镜头捕捉来自景物的光，根据其光的强弱在胶片的银盐颗粒上感光，从而将图像记录在胶片上。而数码相机通过光学镜头的作用将光线会聚到图像传感器——电荷耦合器件（CCD，charge coupled device）上，它代替了普通相机中胶卷的位置。CCD把光信号转变为电信号，经过电子电路、数字信号处理器（DSP）等对电信号进行转换和压缩处理，使图像文件被存储在内置存储器中。至此，数码相机的主要工作已经完成，然后就可以通过液晶显示器（LCD）查看拍摄到的照片。

有一些数码相机为扩大存储容量而使用可移动存储器，如PC卡或软盘。此外，还有连接到计算机、打印机和电视机的视频接口。

链接

《数码相机》，张磊编著，上海科学技术出版社。

微信公众号：电子课本大全



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		

2. 农作物在生长过程中对土壤的湿度有一定的要求。我们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，仍用小资料中光敏电阻演示电路图，记录盖有不同滤光片时的电压值。你发现用哪种颜色的滤光片时电压值最大？对硫化镉光敏电阻而言，是不是用黄绿色滤光片时电压值最大？为什么？

微信公众号：电子课本大全

二 传感器的应用

学习目标

1. 认识常见的传感器。
2. 知道传感器的应用。

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

传感器可以用于科学测量。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，这是人靠感官来判断所不能做到的。传感器提高了检测的精确性和可靠性。

案例分析



金属粉末冶金探头



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，以便确定收购的价格和等级。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Mn_3O_4－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。



思考

为什么传感器比人的感觉系统精确性、可靠性更好？

微信公众号：电子课本大全

案例分析

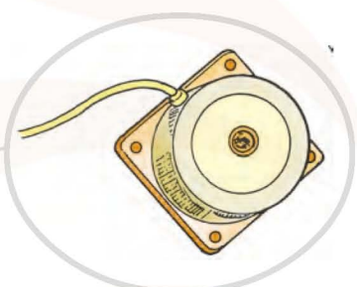
电子秤是怎样工作的

很久以来，人们称重都是用杠杆秤，它是根据力矩平衡原理工作的。目前，我国已废除杠杆秤，在超市等场所普遍采用电子秤，既方便又准确。你知道电子秤为什么能很快把质量用数字显示出来，并计算价格吗？

在电子秤里有电阻应变片、电压放大器、模数转换器、微处理器和数字显示器等器件。电阻应变片由康铜丝做成，当受到力的作用时，它的电阻就会发生变化。把应变片接在合适的电子电路中，电阻的变化量就能转换为电压的变化量，经过电压放大器放大和处理后又成为相应的数字量，最后送到液晶显示器显示出被称物体的质量。与此同时，装在电子秤里具有计算功能的微处理器开始工作，通过键盘输入货物的单价，显示屏上就能同时显示出总价格。如将电子秤与打印机相连，则被称货物的质量与价格便能在纸带上打印出来。



收银台


应变式称重传感器

马上行动

在学习曹冲称象的故事时，你一定很佩服他的睿智。现在，你能不能用一种更方便、更快捷、更准确的方法来称“象”呢？



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。

微信公众号：电子课本大全

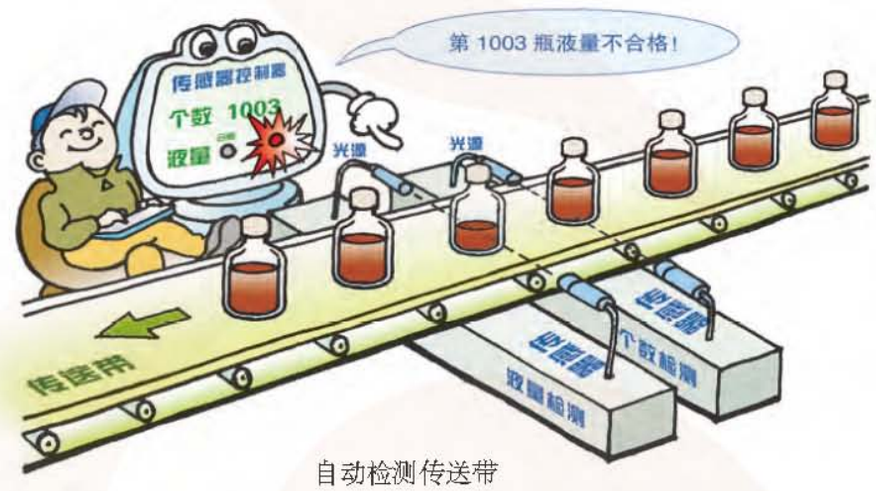
案例分析

自 动 计 数

大家在电视等媒体上经常看到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。

下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发生变化便可计数。若瓶子是透明的，则同时可检测液位或液体的混浊度。

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。



自动检测传送带

思考

在自动检测传送带上，若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采用传感器做帮手呢？

1. _____ ；
2. _____ ；
3. _____ 。

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，这些情况下，我们更需要用传感器来获取信息。

微信公众号：电子课本大全

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像，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，如病情不很明显，医生通常会做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，因此它很适于检测人体内部的病变。



B超检查

小资料

超声波传感器是怎样工作的呢？它是怎么既能发射超声波又能接收超声波的呢？



防腐型超声波液位（物料）传感器

在传感器的两条引脚上输入40 kHz脉冲信号，内部的压电陶瓷片（或压电石英晶片）将电能转换为同频率的机械振动能，经锥形辐射口将振动信号向外发射出去，这就是发送超声波。当发射出去的超声波遇到被测体或障碍物时，超声波便反射回来，当传感器接收到40 kHz的超声信号后，压电陶瓷片产生谐振，将机械振动信号转换成同频率的电信号。

探究

超声波传感器为发送与接收集于一体的结构，也可以把发送与接收分开。工作时，把它们安装在被测物通道的两侧，如右图所示。它是怎样工作的？它与由光敏电阻或由干簧开关组成的计数装置有什么异同点？



超声波阻断式计数器工作原理图



用于超声波测距和汽车倒车防撞装置的超声波发射、接收和收发兼用型传感器

微信公众号：电子课本大全

思考

1. 阅读下列材料，分析声呐的工作原理。

第一次世界大战时，法国科学家朗之万发明了能探测水下目标的仪器，叫声呐。它不仅能确定目标的方位、距离，甚至还能分析潜艇的许多性能。另外，它也可用于港口导航、探测暗礁和鱼群等。

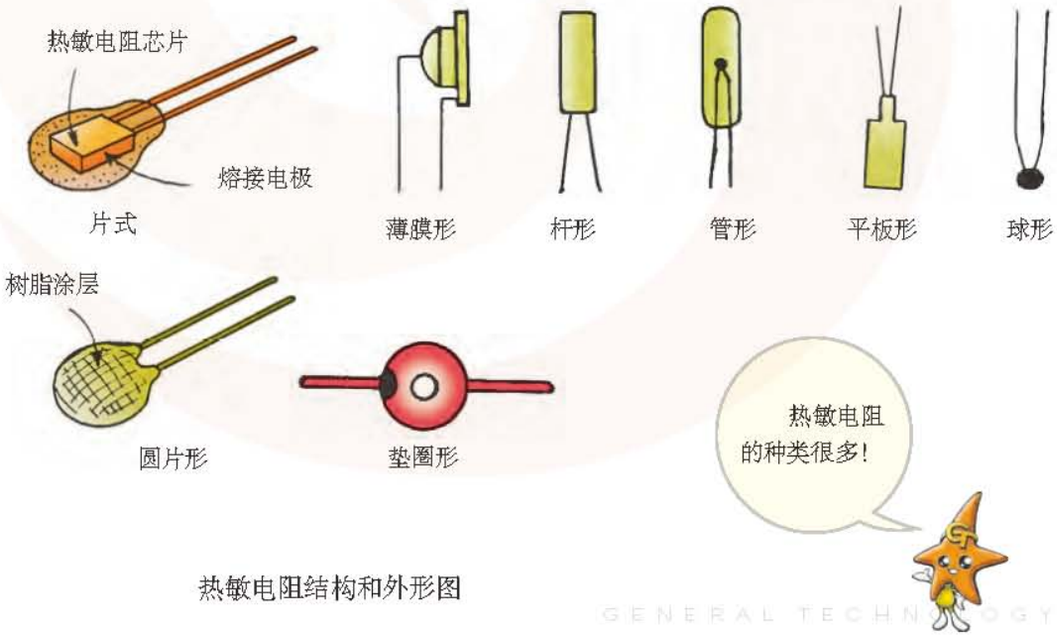
2. 火星探测器已登上了火星，并对火星进行了探测。你认为火星探测器上需要使用哪些传感器？请填写下表。

传感器名称	完成的工作

由于温度的检测和控制是人们在生活和工作中最常见的，因此热敏传感器也是一种常用的传感器。

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，主要有利用温差导致热电动势（即热电效应）的热电偶、利用半导体材料温度特性做成的热敏电阻、集成化温度传感器和利用液体膨胀效应制作的温度计等。

热敏电阻的结构形式有圆片形、薄膜形、杆形、管形、平板形、球形和垫圈形等。下图为常见热敏电阻的结构和外形图。热敏电阻主要由热敏探头（芯片）、电极引线和壳体等组成。



热敏电阻结构和外形图

微信公众号：电子课本大全

小资料

热敏电阻是用半导体材料制成的一种电阻值随温度变化而变化的特殊电阻。其电阻值随温度增加而增大的称正温度系数热敏电阻。实际上用得较多的是具有负温度系数的热敏电阻，即它的电阻值随温度上升而减小。其主要特点有：灵敏度高，当温度变化1℃时阻值变化通常为负1%～6%；体积小，球形热敏电阻探头直径只有0.2 mm，能测量人体血管内温度；阻值范围大，可在几百欧至几千千欧内任意挑选，不必考虑引线电阻，便于实现远距离测量；功耗小。

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？

案例分析

红外测温仪

当物体的温度高于绝对零度（–273.15℃）时，都有与温度有关的红外线向外辐射，把它转换成电信号就是红外测温仪。

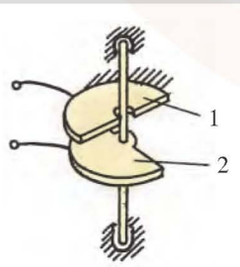
2003年春夏之交，我国一些地区出现了“非典（SARS）”疫情。为了防止疫情蔓延，全国各地都采取了许多积极有效的措施，在学校、医院、车站、码头等公共场所，人们用手持测温仪测体温，检测出体温异常者。

这种测温仪是什么测温仪？它的工作特点是什么？



医务人员正在检测旅客的体温

小资料



电容式位移传感器的结构原理图

传统的长度计量工具有竹尺、钢皮尺和游标卡尺等，使用时很不方便，有时又不够精确。现在，电子控制系统中多采用位移传感器。

位移传感器用于检测位移（包括线位移和角位移）、长度、厚度等，并把它们转换为相应的电信号输出。

位移传感器的种类较多，电容式位移传感器是其中之一。

电容器广泛用于电子电路中，它们的电容量通常是固定的。

微信公众号：电子课本大全

电容式位移传感器的电容量是随被测量位移的变化而变化的。就像我们常见的收音机里的可变电容器，当转动选台旋钮时，可变电容器就跟着转动起来，当它所调节的频率与某一广播电台播送的无线电波频率相等时，我们便能听到宏亮清晰的声音。



干 手 器

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。

手接近位移变化 → 传感器 → 电路有电压输出 → 继电器 → 风扇、加热器

电容式位移传感器与干手器的工作过程

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。想一想，在现代农业中的温室里，哪些环境参数是需要控制的，用电子控制系统对这些参数进行控制时需要哪些传感器，并画出相应的方框图。

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

传感器是一种将非电量转换为与之有确定对应关系的电量输出的装置。常见的传感器有光敏、热敏、磁敏、声敏、湿敏、气敏、力敏和位移传感器等。检测电阻性传感器可以通过多用电表测量其电阻或电压的变化。

作为电子控制系统中惟一的信号源，传感器是必不可少的，它将外界信息转化为电信

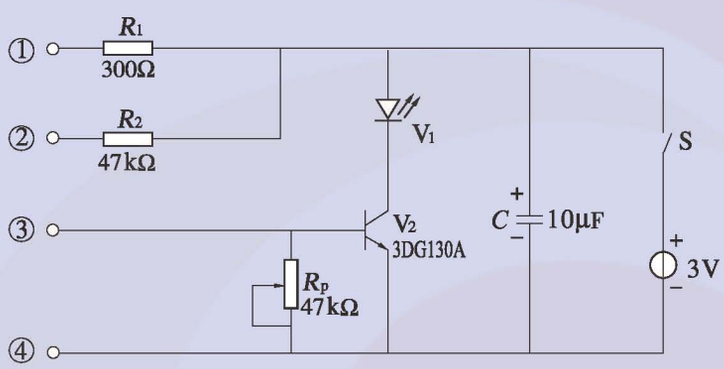
微信公众号：电子课本大全

号以便处理、存储、输出。工农业生产、日常生活都离不开传感器，用它进行科学测量可以提高测量的精确性、可靠性；用它代替人做一些简单、重复的工作，不但可以降低人的工作强度，而且更准确快捷；在一些恶劣的或者人无法到达的环境中，传感器更是人类的好帮手。

综合实践

GENERAL TECHNOLOGY GENERAL TECHNOLOGY

1. 下面的电路图中有四个输入端，在①和③间连接一只自制的湿敏传感器，在湿敏传感器上滴几滴水，调节可变电阻 R_p，使发光二极管发光。那么，这个控制系统有哪些用途？如果不滴水而是干燥的，电路处于什么状况？



电路图

2. 如上图，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？

3. 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，并填入下表。

传感器名称	作　　用

4. 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，这种工作可不可以用无人驾驶的搬运车来完成？如果可以，如何使它按固定的路线行走？

微信公众号：电子课本大全

第二章 学习评价

评价内容		自我评价
学习过程	课内完成学习任务情况	
	课外完成学习任务情况	
	学习态度评价	
	学习水平评价	
学习结果	本章学习目标实现情况	
	学习本章内容的收获与不足	

微信公众号：电子课本大全

第三章　电子控制系统的信号处理

3

一　数字信号
二　逻辑门
三　数字集成电路
四　数字电路的应用



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的功能相比无疑是小巫见大巫。电子控制系统通过具有控制功能的电子电路实现控制，其控制对象范围之广、控制精度之高、控制能力之强确非“木牛流马”所能比拟。那么，它是怎样工作的呢？

微信公众号：电子课本大全

一 数字信号

1. 数字信号与模拟信号
2. 数字信号的优点

学习目标

1. 通过比较数字信号和模拟信号，了解数字信号的特性，知道数字信号的优点。
2. 知道数字信号中“1”和“0”的意义。

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、传输、变换……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用电子电路完成的。电子电路所处理的信号有数字信号（digital signal）和模拟信号（analog signal）两类。

1 数字信号与模拟信号

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

思考

普通楼梯和公园里儿童玩的滑梯的高度变化方式有何区别？





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

微信公众号：电子课本大全

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。



观察温度、湿度



水涨水落



人口普查



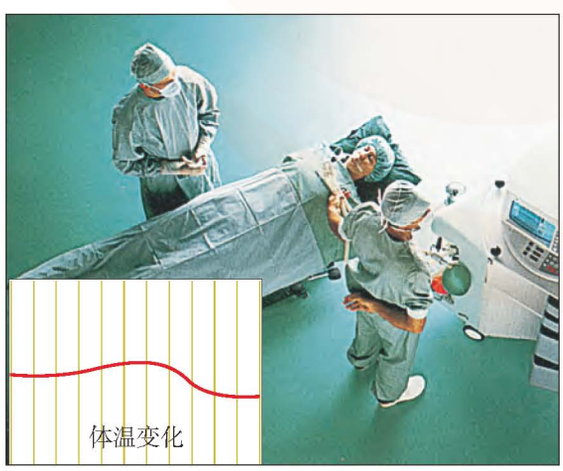
家电商场

讨论

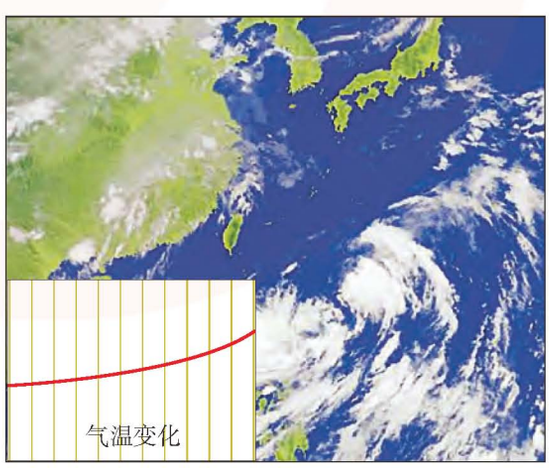
请判断下列量中哪些是连续变化的，哪些是非连续变化的。

1. 野外环境的亮度与地下仓库中的亮度；
2. 人的血压与人的脉搏；
3. 运动员滑冰所滑过的轨迹长度与走过同样距离所用的步数；
4. 时光的流逝与数字钟所显示的时间的变化。

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。



测量体温



卫星云图

微信公众号：电子课本大全



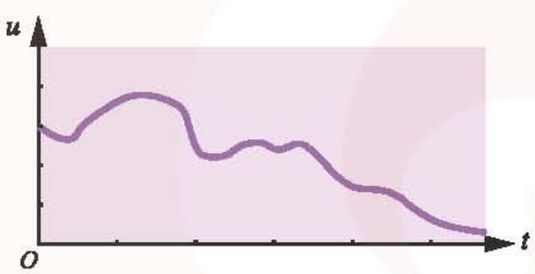
客车生产线



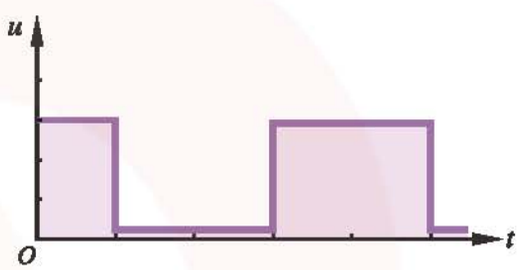
售票处

电子控制系统需要处理的信息必须转换成电信号。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（level）代表二进制数中的“1”和“0”，则其形成的在高、低电平之间来回跳变的电信号就是通常所说的数字信号。



模拟信号



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，例如，TTL 电路的划分方法是：2.4～5 V 为高级，而 0～0.8 V 为低级。通常将这两个高、低不同的电压级（或电流级等）分别称为高电平和低电平。

链接

TTL 电路见本章第 3 节。

微信公众号：电子课本大全

马上行动

1. 在上页右图所示数字信号中，高电平代表1，低电平代表0（每1格代表1位二进制数，共5位，高位先到），则该信号代表二进制数_____，它相当于十进制数_____。

2. 用示波器观察半导体收音机或电视机音频输出口的波形，判断它是哪一类信号。

思考

下列信号中，哪些是模拟信号，哪些是数字信号？

1. 220 V交流电的电压（交流正弦波电压）；
2. 海洋上船只与船只之间的灯光联络信号；
3. 手机短信息信号。

请举出模拟信号与数字信号的例子各一个。

在前面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（即分别表示“1个”和“没有”）。但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；抗日战争时期，冀中地区许多山头上最显眼处都安排了消息树并派民兵看守，如发现扫荡的鬼子，就放倒消息树，通知抗日游击队准备抗敌和组织乡亲们转移。这里，有、无发现敌人的信息是靠有、无狼烟与消息树是否放倒来表达的。如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与0表示。



烽火台



消息树

此外，处理对某一建议同意还是反对、一盏电灯亮还是不亮等信息时，同样应用1和0来代表。可见数字信号中的1和0除了表示数字外，还可表示信号的“有”和“无”、命题的“真”和“假”等事物之间的关系。



学生选举



路灯亮了

微信公众号：电子课本大全

马上行动

请判断下列各例中哪些适合用 1 和 0 表示。

1. 举重比赛中试举成功与否；
2. 学生的考试成绩是否及格；
3. 一个人的生与死；
4. 一个人是好人还是坏人。

2 数字信号的优点

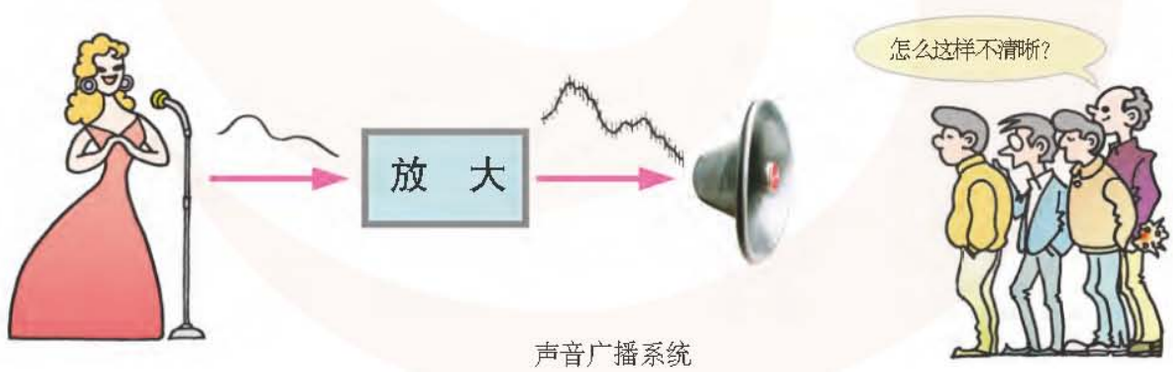
数字信号具有容易处理、处理精度高、便于记录保存等优点。

容易处理

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。

案例分析

演员的歌声经话筒转换成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，人们便可欣赏到演员动人的歌喉。由于信号在处理过程中，不可避免地会产生失真并受到各种干扰因素的影响，因而听众听到的歌声也会失真，且伴有“沙沙”的噪音。

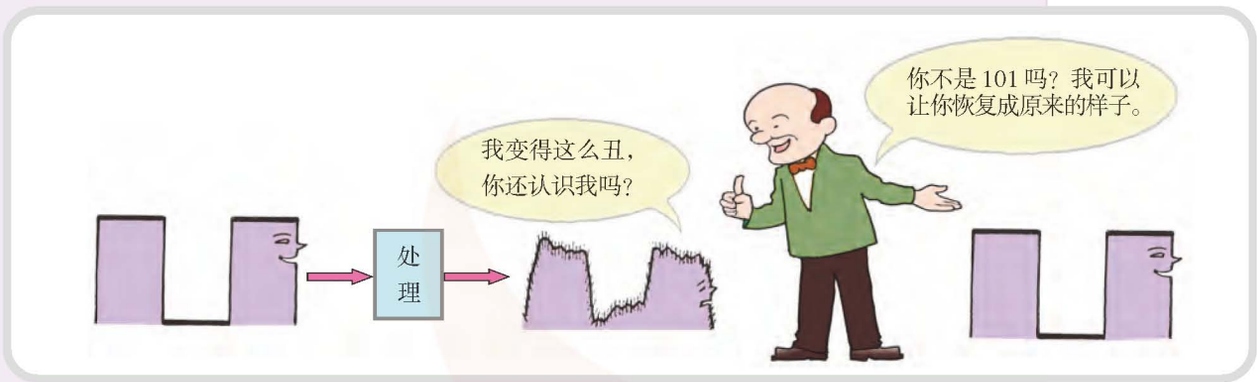


声音广播系统

另一种处理方法是先将此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

微信公众号：电子课本大全

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、不带噪音的歌声。

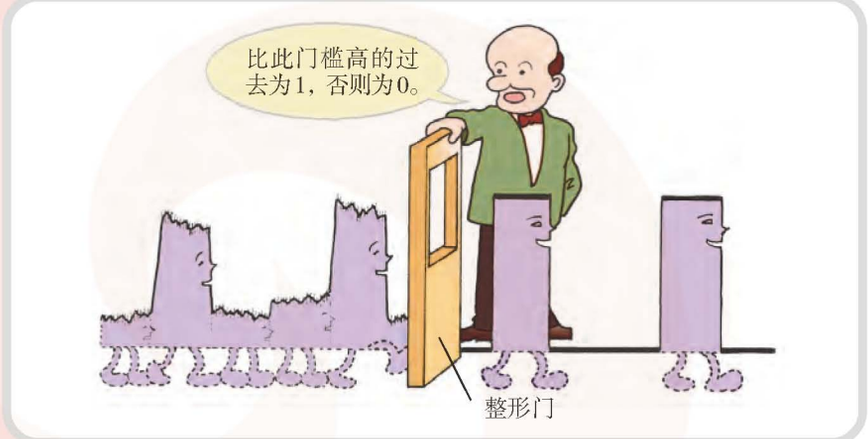


马上行动

请比较用普通磁带放出的和用激光唱片放出的同一首乐曲或歌曲的音乐质量，并分析它们不一样的原因。

阅读

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。



阅读

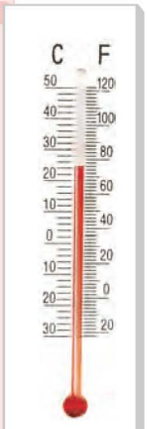
A/D 与 D/A

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，送入电脑或其他电子控制系统处理之前必须先转换成数字信号。

例如，温度是连续变化的量，用酒精温度计测量温度时，酒精的液面是连续变化的，但温度计上刻有刻度，我们读温度时，如果将液面的高度按照刻度将读数去掉零头，或四舍五入，只读整数，则对温度的表达就变成了一系列的数字，因而也可用数字信号表示了。现在流行的数字温度计就是采用这个原理制造的。

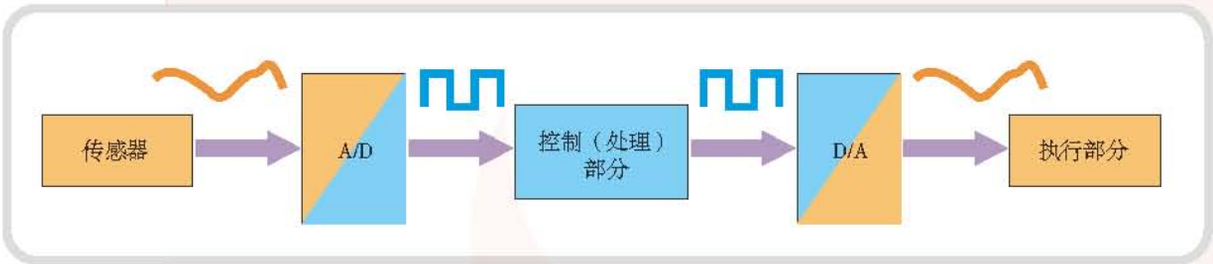
这种能将模拟信号转换为数字信号的电路称为模数转换器（A/D）。

数字信号被处理后，通常还要恢复成模拟信号，去控制执行元件执行。能将数字信



微信公众号：电子课本大全

号转换为模拟信号的电路称为数模转换器（D/A）。



处理精度高

案例分析

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，几个裁判准确地按下了秒表，“10.0秒”，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。

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秒的世界纪录，这个成绩的测量精度比以前用秒表的精度提高了10倍。





机械秒表和电子秒表

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。

便于记录保存

由于数字信号中只有1和0两个值，可很方便地用（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。但这些方法很少能用来记录保存模拟信号。

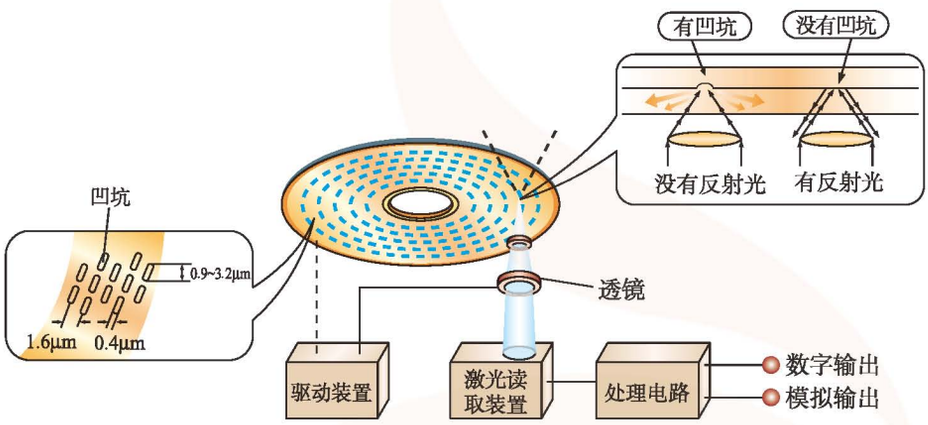
思考

模拟信号可用什么方法记录保存？这种方法有什么缺点？

微信公众号：电子课本大全

小资料

光盘是在塑料母片上用激光“烧”出许多直径不到1μm（10^{-6}m）、沿光盘圆周方向排列的凹坑，有凹坑的代表0，没有凹坑的代表1。读盘时，光盘逆时针转动，激光射到盘面上，依据凹坑的有和无所造成的反射光的有和无分辨出所记录的信号是1还是0。



光盘的工作原理

小试验

试验目的：

做一个对比试验。

试验准备：

电脑（带光驱）1台，收录机2台，原声带1盘，空白录音带1盘。

试验过程：

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。

试验总结：

数字信号与模拟信号相比有什么优点？

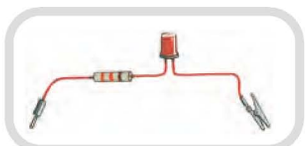
练　习

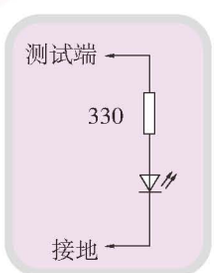
GENERAL TECHNOLOGY GENERAL TECHNOLOGY

用一个发光二极管制作高、低电平的检测器。

链接

发光二极管见附录一。





微信公众号：电子课本大全

二 逻辑门

1. 三种基本的逻辑门
2. 与非门和或非门

学习目标

1. 了解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. 熟悉与门、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. 知道与非门、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。

数字信号用数字电路处理，数字电路中最基本的单元是门电路。

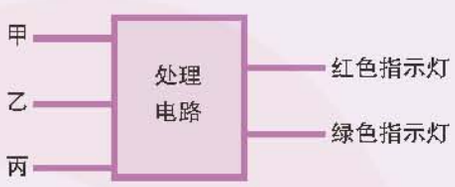
案例分析

三人表决器

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，如表决通过则绿色指示灯亮，红色指示灯不亮；反之，绿色指示灯不亮，红色指示灯亮。



表 决



这是一个简单的控制系统，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通过（绿色指示灯亮，红色指示灯不亮），其他情况则表决不通过（绿色指示灯不亮，红色指示灯亮）。其中，甲同意、乙同意和丙同意称为逻辑前提，红色指示灯亮和绿色指示灯亮称为逻辑结论。

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。

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）。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。

微信公众号：电子课本大全

1 三种基本的逻辑门

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

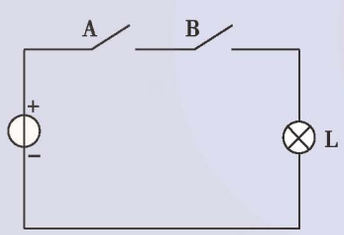
“所有逻辑前提皆为真时，逻辑结论才为真”的逻辑关系称为“与”逻辑关系。例如，高考时，考场规定考生必须同时携带本人准考证和身份证方可入场，若只带了其中一个证件，则不能进入考场。这里，进入考场的规定中采用的逻辑关系就是与逻辑关系。

思考

请举出 2～3 个日常生活中常见的与逻辑关系的例子。

马上行动

下图是用 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。

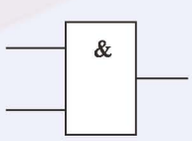


A	B	L
断	断	
断	通	
通	断	
通	通	

若令开关通为真，断为假，灯亮为真，不亮为假，请判断该电路是否为与逻辑关系。

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”。右图是与门的逻辑符号。

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。



与门逻辑符号

微信公众号：电子课本大全

真值表的逻辑值用1和0表示，2个输入端的与门的真值表如下：

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

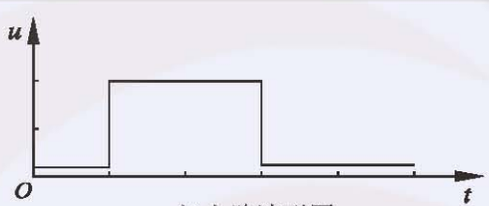
真值表

与逻辑关系在布尔代数中被定义为逻辑乘法，记作：

$$F = A \times B \quad 或 \quad F = A \cdot B \quad 或 \quad F = AB$$

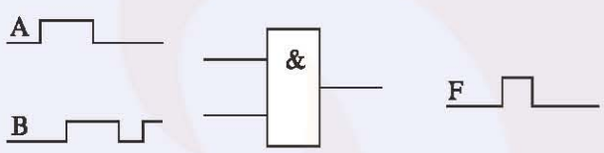
称为与门的逻辑表达式。

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，如下图所示。



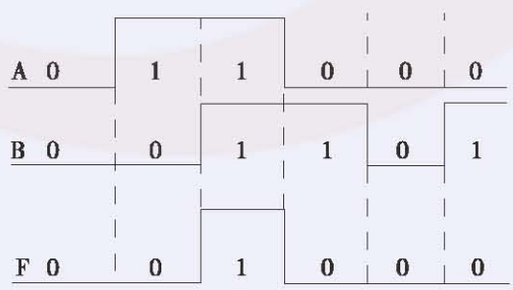
门电路波形图

下图中的与门在A和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。



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，如下图中虚线所示。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，其他情况不符合，因而输出为0。

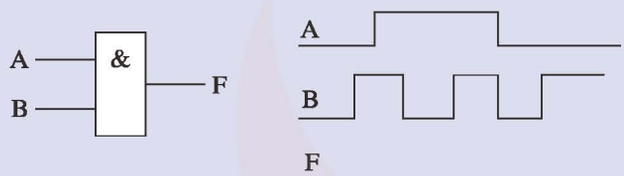


与门的输入、输出波形图

微信公众号：电子课本大全

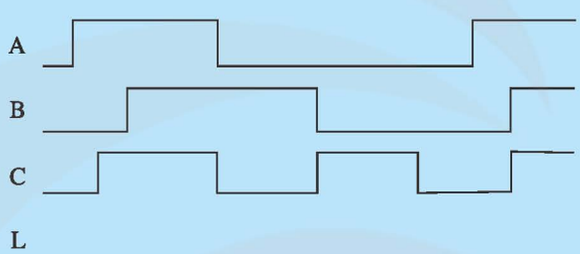
马上行动

画出下面与门的输出信号波形。



思考

如果用 3 只开关串联代替第47页“马上行动”所示电路中的 2 只开关串联，则该电路是否还代表与逻辑关系？如果是，请列出其真值表，并画出其逻辑符号及相应于图示输入波形的输出波形。



小试验

试验目的：

测试与门的真值表，验证与逻辑关系。

试验准备：

在电脑上安装Multisim2001 (DEMO)软件，认真阅读附录3，学会使用Multisim2001 (DEMO)软件。

试验过程：

1. 打开 Multisim2001 (DEMO)主界面。

2. 选取 74LS08 中的 1 个门，将它“画”在电路图绘制区中。

3. 在与门的两个输入端，按右表第 1 行所示的数据加上输入电压，用多用电表直流电压挡测量其输出电压，并记入表中。

4. 按右表的顺序完成第 2 行至第 4 行的试验。

5. 选取 CD4081 中的 1 个门，重复上述试验。

A	B	F
0 V	0V	
0 V	5V	
5 V	0V	
5 V	5V	

试验总结：

1. 这两个门各实现什么逻辑关系？

2. 两个门的输出电压值不同，影响其逻辑关系吗？为什么？

注：Multisim2001 软件中，使用国际通用器件型号。它们与国产同类器件的特性基本相同。

微信公众号：电子课本大全

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。例如，到图书馆借书，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。

或逻辑关系在布尔代数中定义为逻辑加法，记作：

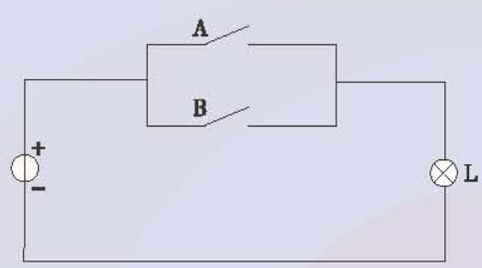
$$F = A + B$$

称为或门的逻辑表达式。

思考

请举出2~3个日常生活中常见的或逻辑关系的例子。

马上行动



在左图中，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。

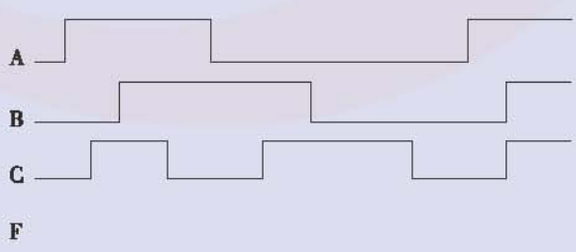
实现或逻辑关系的电路称为或门。右图是或门的逻辑符号。



或门逻辑符号

马上行动

列出3个输入端的或门的真值表，画出其逻辑符号，并画出相应于下图输入波形的输出波形。



微信公众号：电子课本大全

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：

$$F = \overline{A}$$

读作“A非”。非逻辑关系的真值表如右表所示。从真值表可以看出：

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

A	F
0	1
1	0

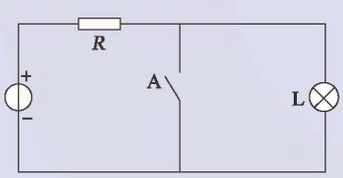
案例分析

“非典”流行时期，某单位的工作人员进单位办公前必须测体温，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。

思考

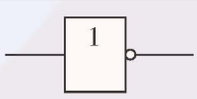
若以体温低于38℃为逻辑前提，则此逻辑前提与进单位办公和进观察室检查两个逻辑结论之间哪一个符合非逻辑关系？

马上行动



左图是描述非逻辑关系的示意图。请说明在上述案例中，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？

实现非逻辑关系的电路称为非门。右图是非门的逻辑符号，其中输出端的小圈就是逻辑值变反的标志。



非门逻辑符号

小试验

A	F
0V	
5V	

A	F
0	
1	

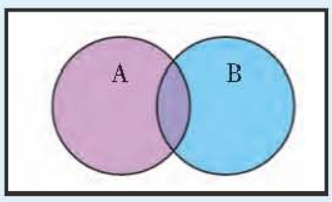
在集成电路CT74LS04中，一个非门的输入端依次加0 V和5 V电压，用电压表测量并记录两次的输出电压，进而列出其真值表，验证非门的逻辑关系。

微信公众号：电子课本大全

思考

与、或、非分别和集合论中的哪些运算是互相对应的？

指出图中表示“A × B”，“A+B”，“$\overline{A}$”，“$\overline{B}$”，以及“A × B 的非”的范围。



案例分析

现在分析在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，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，它们各在投赞成票时为1，不投赞成票时为0；有2个输出端，用L_1表示表决通过（绿色指示灯亮），L_2表示表决不通过（红色指示灯亮）。

根据它们之间的逻辑关系，能使L_1为1的情况有4种：甲、乙同意，乙、丙同意，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代表，显然：

只有A、B同为1时i_1才为1，所以$i_1 = A \times B$；

只有B、C同为1时i_2才为1，所以i_2=_____；

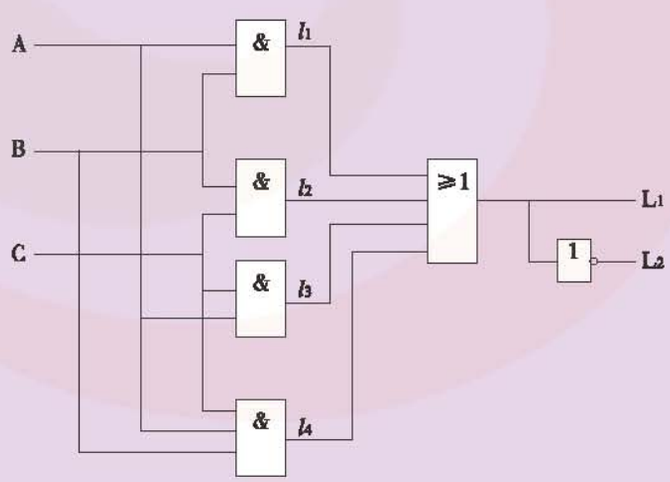
只有A、C同为1时i_3才为1，所以i_3=_____；

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，绿色指示灯就亮，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=_____。



表决器逻辑图

微信公众号：电子课本大全



思考

i_1、i_2、i_3、i_4四个与门中有哪一个门可以省去？为什么？

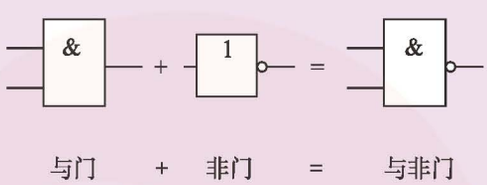
一般地，用与、或、非可以组成复杂的控制逻辑。

2 与非门和或非门

“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。

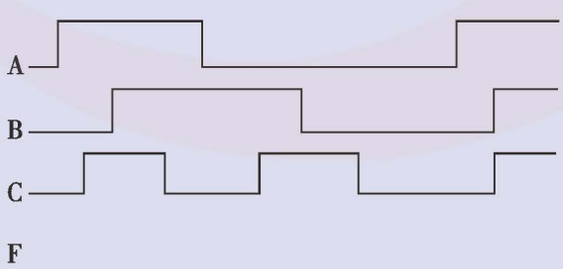
与非门			与　门		
A	B	F	A	B	F
0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	1	1



与非门的示意图与逻辑符号

马上行动

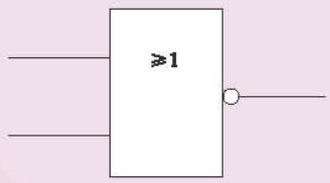
下图为一与非门的输入信号波形，请画出其输出波形。



微信公众号：电子课本大全

常用集成与非门有CT74LS00、CT74LS20、CC4011、CC4012等，同类国际通用产品型号为74LS00、74LS20、CD4011、CD4012等。

或非门的真值表和或门的真值表相反。

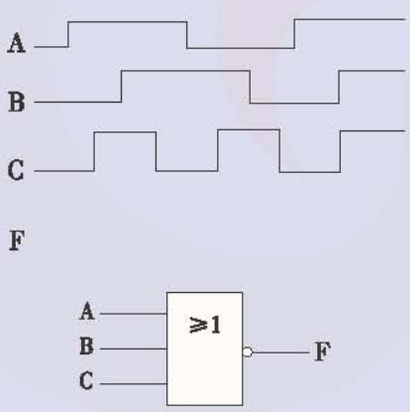


或非门的逻辑符号

常用集成或非门有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，并按下图中的输入波形画出或非门的输出波形。

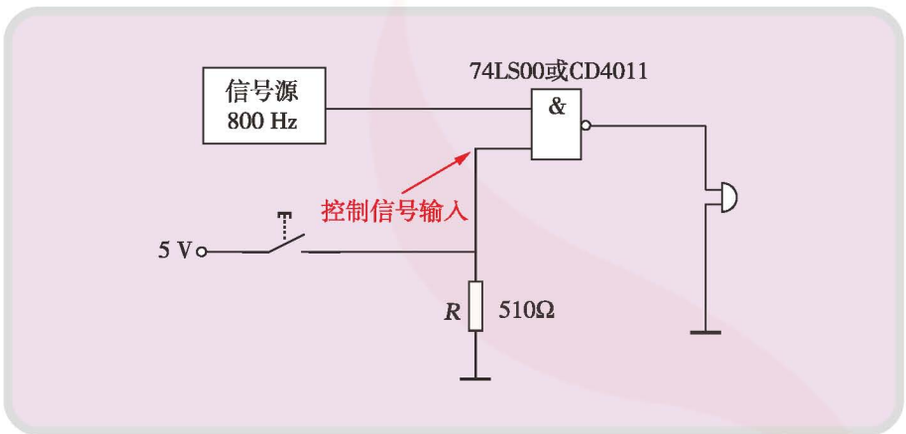


A	B	C	F
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

微信公众号：电子课本大全

练　习

1. 在 Multisim2001 (DEMO)或电路试验板上完成电子门铃的试验。



2. 将第 1 题中的控制信号换成频率为 1 Hz 的方波信号。

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。

链接

74LS00和CD4011的引脚图可参照第59页小资料。

微信公众号：电子课本大全

三 数字集成电路

1. 晶体三极管的开关特性及其在数字电路中的应用
2. 常用数字集成电路的类型

学习目标

1. 了解晶体三极管的开关特性及其在数字电路中的应用。
2. 知道常见的数字集成电路的类型，并能用数字集成电路安装简单的实用电路装置。

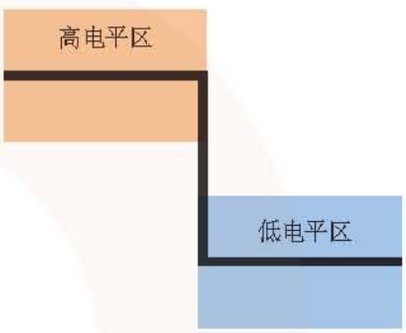
门电路是用晶体三极管或MOS管构成的电路，现在都已集成化，是一种数字集成电路。

1 晶体三极管的开关特性及其在数字电路中的应用

在数字电路中，用电平的高和低来代表逻辑1和逻辑0。
不同类型的逻辑电路，其高、低电平的电压值有不同的界定规则。

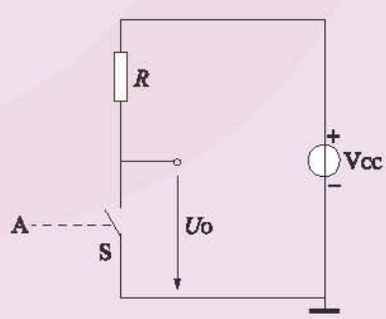
电路类型	高电平		低电平	
	标称值	范　围	标称值	范　围
TTL	3 V	2.4 ~ 5 V	0.3 V	0 ~ 0.8 V
CMOS	5 V*	3 ~ 5 V	0 V	0 ~ 2 V

* CMOS 电路的电源电压为5V 时的情况。



高、低电平示意图

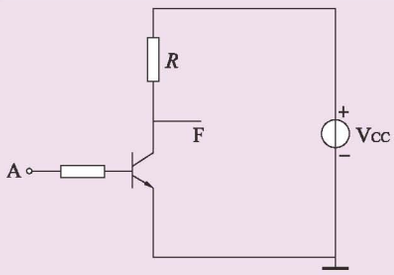
在右图所示用电阻和开关构成的电路中，开关闭合时，开关所呈现的电阻为0，使得开关两端的电压也就是输出电压为0，输出低电平。反之，若开关断开，因为电阻R上没有电流流过，R上的电压为0，所以输出电压等于电源电压，即输出高电平。因此，用开关可以实现高、低电平，这是构成门电路的基础。



非门开关模型

微信公众号：电子课本大全

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（金属氧化物半导体场效应管）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右图所示。

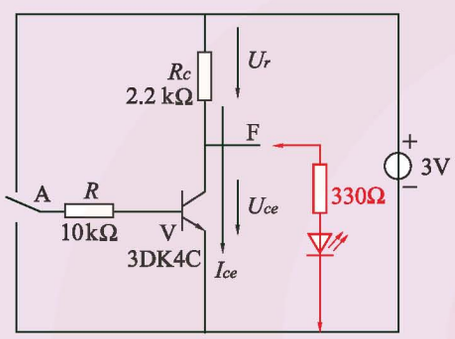


晶体管非门电路

链接

晶体管的开关特性见附录一。

小试验



试验目的：

观察晶体三极管的开关特性。

试验准备：

晶体三极管3DK4C 1只，10 k　、2 .2k　电阻各 1 只，3V（或5V）电源 1 只，多用电表 1 只。

试验过程：

在电路试验板上按左图搭接电路，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_{ce}_____（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_{ce}_____（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）用第 1 节练习制作的发光二极管高、低电平检测器检测（1）、（2）两种情况下电路的输入端和输出端，判断该电路的逻辑功能。

试验总结：

晶体三极管是否可以当做开关使用？为什么？

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，因而可以当做开关使用，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 0.2 V 左右（低电平）。

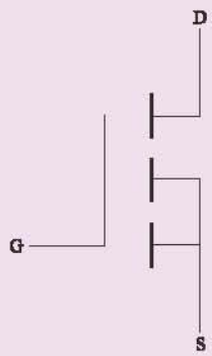
截止：条件——输入信号足够小（低电平）；现象——三极管没有电流流过，集电极与

微信公众号：电子课本大全

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）。

另一种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晶体三极管，即MOS管，它和双极型晶体三极管一样也有三个极：源极S、栅极G和漏极D。这三个极和双极型晶体三极管的各电极的对应关系是：



MOS管电路符号

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。

普通晶体三极管是电流控制的器件，即基极必须注入电流方能使三极管导通，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。

2 常用数字集成电路的类型

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、译码等的集成电路通常属于中规模集成电路。由于集成技术的发展，中、小规模的数字集成电路已较少使用，代之以将数百、数千个门电路集成在一个硅片上的大规模、超大规模数字集成电路，将1万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，为电子控制系统的实现提供了极为有利的条件。

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）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。

COMS器件较容易损坏，使用时要注意保护，如电源的极性不能接反，焊接时最好将烙铁的电源切断等。



微信公众号：电子课本大全

小资料

1. TTL 与 CMOS 部分参数对照。

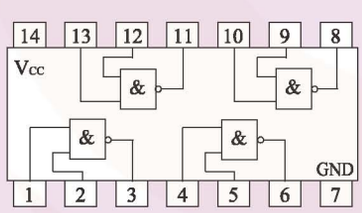
参数名称	TTL	CMOS
电源电压 / V	5	3 ~ 18
高电平（标称值）/ V	3	V_{DD}
低电平（标称值）/ V	0.3	0
门平均功耗 / mW	2 ~ 22	50（nW） （1 nW=10^{-9}W）
最高工作频率 / MHz	35 ~ 125	25
最大输出电流 / mA	20 ~ 100	3.5

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。

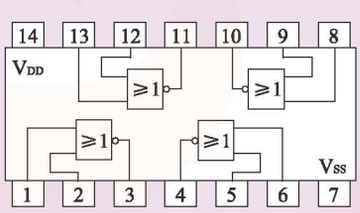
2. 常用集成门电路的型号。

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

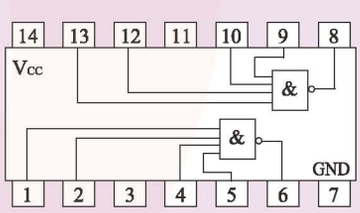
3. 部分常用集成逻辑门引脚图。



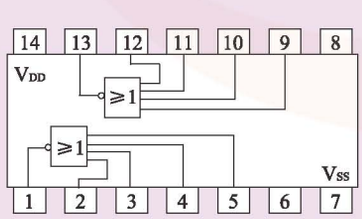
CT74LS00（CT74LS08,CT74LS32与此类似）



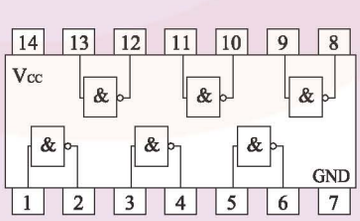
CC4001（CC4011,CC4071,CC4081,以及CT74LS02与此类似）



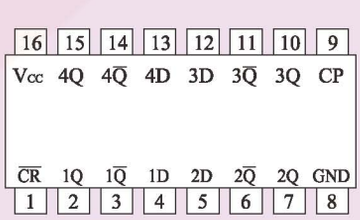
CT74LS20（CT74LS21与此类似）



CC4002（CC4012,CC4072,CC4082与此类似）



CT74LS04（CC4069与此类似）



CT74LS175（CC4021）

微信公众号：电子课本大全

马上行动

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。

小资料

1958 年 9 月，杰克·基尔比（Jack Kilby）研制成世界上第一块集成电路，这项发明标志着第三代电子器件的诞生，开创了电子技术的新纪元。为此，基尔比荣获 2000 年诺贝尔物理学奖。

集成电路的发展极为迅速。1965 年，Intel公司的戈顿·摩尔（Gordon Moore）总结过去近10年集成电路的发展历史，提出“集成电路芯片的集成度（即每片芯片所包含的晶体管数）大约每 3 年提高 4 倍，相应的集成电路加工的特征尺寸缩小为原来的一半”，即所谓“摩尔定律”。近 40 年的发展情况证明了摩尔定律的正确。

发布年代	1971 年	1976 年	1982 年	1989 年	1997 年	2002 年
型　　号	4004	8085	80286	80486	Pentium Ⅱ	Pentium Ⅳ
晶体管数 / 个	2 250	7 000	134 000	1 200 000	7 500 000	55 000 000
特征尺寸 / μm	8.0	4.0	1.5	1.0	0.35	0.13

现代工业史上惟有集成电路工业有如此高速的增长速度，它是现代工业史上的一个奇迹。据专家分析未来十几年内还将继续增长。

目前，最新型号的 CPU 采用 22 nm 制造工艺，在 159.8 mm^2 的核心面积上可集成 14.8 亿只晶体管。

2014 年，工信部公布《国家集成电路产业发展推进纲要》，为加快推进我国集成电路产业发展提出多项措施。《纲要》提出的目标是：到 2015 年，集成电路产业发展体制机制创新取得明显成效；到2020年，集成电路产业与国际先进水平的差距逐步缩小；到 2030 年，集成电路产业链主要环节达到国际先进水平，实现跨越发展。

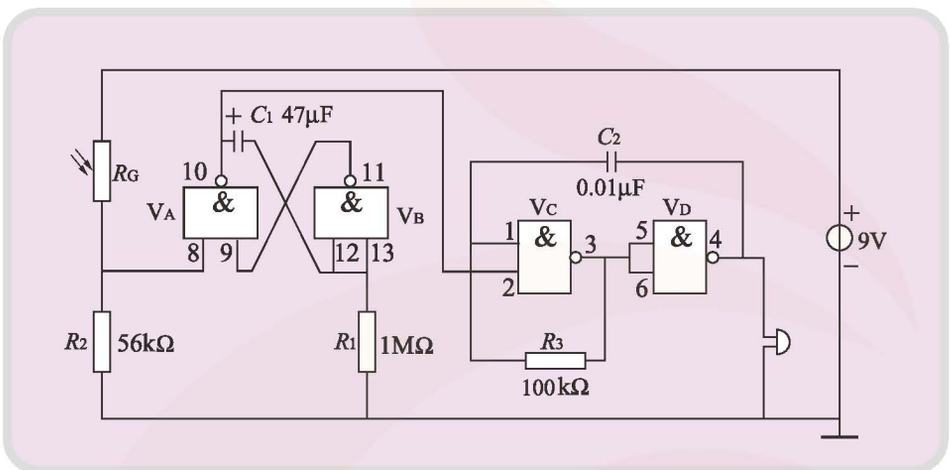
微信公众号：电子课本大全

练　习

请在电路试验板上搭接下图所示电路，其中，V_A、V_B、V_C、V_D分别是CC4011中的四个与非门。V_A和V_B组成单稳态触发器，当光线变暗，使R_G的数值大到一定程度时，从10脚会出现一个宽度（持续时间）一定的高电平，其持续时间t_w约为$0.7C_1 \cdot R_1$。V_C、V_D组成多谐振荡器，在2脚为高电平时，多谐振荡器将产生周期性矩形波，其周期约等于$1.4C_2 \cdot R_3$。

用手遮一下光敏电阻R_G（MG4），听蜂鸣器鸣叫的声音，记录鸣叫持续的时间。

讨论：该电路有何用途？



微信公众号：电子课本大全

四 数字电路的应用

1. 用门电路实现逻辑关系
2. 触发器及其在电子控制系统中的作用

学习目标

1. 能够对数字电路进行简单的组合设计制作，并进行试验。
2. 了解基本触发器的结构及触发器在电子控制系统中的作用。

数字电路的基本单元电路是门电路和触发器（flip-flop），触发器又是由门电路构成的。在数字电路中，门电路用于实现各种逻辑关系，触发器用于存储数据。任何复杂的电子控制系统中的控制部分都可用数字电路实现。

1 用门电路实现逻辑关系

案例分析

设计一个四舍五入电路

普通电子秤上显示的价格的最小单位是“分”。小明想在秤上加一个四舍五入的电路，能自动对电子秤显示的“分”值作四舍五入处理，使显示的最小值为“角”。请你帮他设计此电路。



电子秤

设计数字电路的步骤是：

（1）对电路的输入端、输出端的名称及其所代表的逻辑含义加以指定；

（2）根据能使输出为1的条件，分析其输出与输入之间的逻辑关系；

（3）将上述逻辑关系用逻辑表达式表示；

（4）选择合适的数字集成电路和其他有关器件搭接此电路。

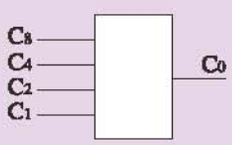
按上述步骤，对该案例设计步骤的前两步分析如下。

C_8	C_4	C_2	C_1	N	C_0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	2	0
0	0	1	1	3	0
0	1	0	0	4	0
0	1	0	1	5	1
0	1	1	0	6	1
0	1	1	1	7	1
1	0	0	0	8	1
1	0	0	1	9	1

第一步：

由于在电子秤中，每1位十进制数是用4位二进制数表示的，所以电路应有4个输入C_8、C_4、C_2、C_1，它们对应的十进制数为N。

电路应有1个输出C_0，它代表“分”向“角”的进位。当$N \leqslant 4$时，C_0为0；当$N \geqslant 5$时，C_0为1。



四舍五入电路

微信公众号：电子课本大全

第二步：

从表中可以看出，能使输出 C_0 为 1 的条件有 3 种情况；（1）只要 C_8 为 1，如 N = 8 和 N = 9 时，C_0 一定为 1；（2）若 C_4 和 C_1 同为 1，如 N = 5 和 N = 7 时，C_0 = 1；（3）若 C_4 和 C_2 同为 1，如 N = 6 和 N = 7 时，C_0 = 1。

请按设计步骤完成第三、四步设计。其中，输入信号可照右图方法用一个单刀双掷开关获得；输出可用发光二极管作指示，F = 1 时，发光二极管发光。



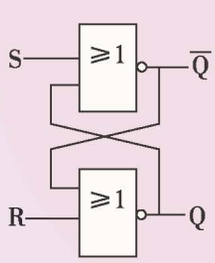
开关合向上输出为 1，
开关合向下输出为 0
用开关产生高低电平

2 触发器及其在电子控制系统中的作用

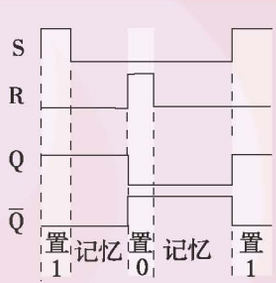
在数字电路中常常需要将某个信号（电平）保持一段时间。例如本章第二节三人表决器案例中，若 A、B、C 是用按钮开关产生的，由于按钮按下的时间通常较短，使得 A、B、C 输入的电平保持时间较短，L_1 和 L_2 保持的时间也就较短，这样表决的结果便一闪而过，无法观察清楚。因此，在一个控制系统中，必须包含能将这些信号记住的记忆元件。

基本触发器的记忆作用

数字电路中能将二进制数据记忆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。



基本触发器逻辑图



基本触发器波形

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

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

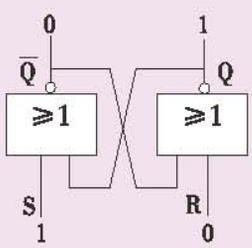
基本触发器有 2 个输入端 S 和 R。S（set）称为置位端或置 1 端，R（reset）称为复位端或置 0 端。

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；

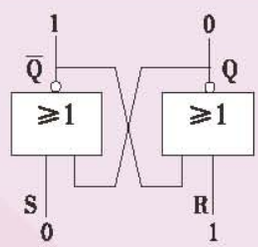
若 R 端加触发信号（高电平），S 端不加触发信号，即 S = 0，R = 1，基本触发器被置于 0 状态，此过程称为置 0。

微信公众号：电子课本大全

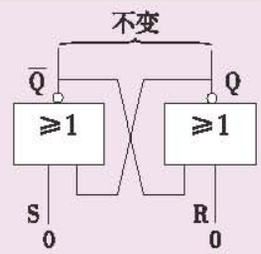
无论置1还是置0，当触发信号结束后，即S和R的输入都是低电平时，基本触发器的状态保持不变。由此可见，基本触发器具有记忆作用（也称存储作用），能存储1位二进制信息（即能存储一个1或0）。



置1状态



置0状态



保持状态

案例分析

苏苏和蓉蓉是一对快乐的孪生兄妹。有一天他们随父母一起去儿童公园，走进公园只见一个跷跷板安静地等待小朋友来玩。苏苏和蓉蓉一阵风似的冲过去，苏苏占领了标有Q的一边，蓉蓉只好在标有$\overline{Q}$的一边就坐，苏苏一蹬地，犹如触发器的S端加上触发信号，跷跷板标有Q的一边翘了上去，成了Q高$\overline{Q}$低的状态，蓉蓉一蹬地，又犹如触发器R端加上触发信号，跷跷板又回到Q低$\overline{Q}$高的状态，接着苏苏又一蹬地，跷跷板又变成了Q高$\overline{Q}$低……妈妈过来了，喊道："停。"苏苏和蓉蓉都停止了用力，跷跷板也停住了不再变化，妈妈说："刚才最后一次是苏苏蹬地的，对不对？"苏苏和蓉蓉很奇怪，妈妈怎么会知道的呢？妈妈说："刚才谁最后一个用力，跷跷板上记着哩！"

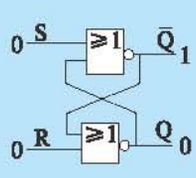
不一会儿，苏苏和蓉蓉闹别扭了，他们同时用力蹬地，争持不下。这时的跷跷板会处于什么状态呢？还能保持一边高一边低吗？



跷跷板

思考

右图所示的基本触发器在我们观察的时刻之前曾在哪一端加过触发信号？



微信公众号：电子课本大全

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。

基本触发器功能表

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

小试验

试验目的：

熟悉基本触发器的功能。

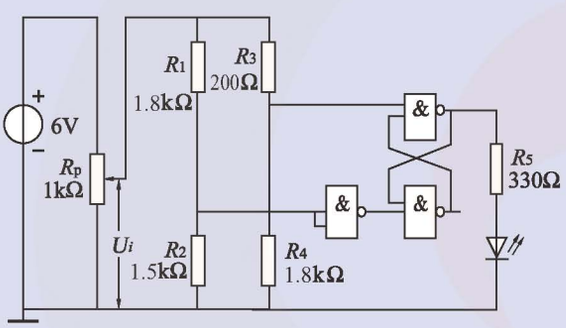
试验准备：

CT74LS00 1片，电位器1只，电阻6只，发光二极管1只。

试验过程：

按电路图搭接电路，调节 U_i 使其由0变大，观察发光二极管的发光情况，并记录发光二极管状态变化时的 U_i 值。

当发光二极管状态变化后，再将 U_i 由大变小，观察发光二极管的发光情况，并记录发光二极管状态改变时的 U_i 值。



试验记录：

初始状态（$U_i = 0$），发光二极管状态_____。

发光二极管状态改变时的 U_i_____。

发光二极管状态再次改变时的 U_i_____。

试验总结：

1. 该电路是如何体现基本触发器功能的？

2. 该电路有何用途？

阅读

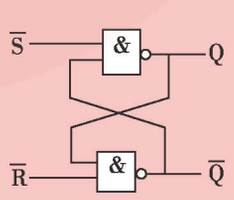
用两个与非门构成的基本触发器

用两个与非门构成的基本触发器的触发信号是低电平，即用0来触发。

当置1端 $\overline{S}$ 加触发信号，置0端 $\overline{R}$ 不加触发信号，即 $\overline{S} = 0$，$\overline{R} = 1$ 时，基本触发器置1；

当置0端 $\overline{R}$ 加触发信号，置1端 $\overline{S}$ 不加触发信号，即 $\overline{R} = 0$，$\overline{S} = 1$ 时，基本触发器置0；

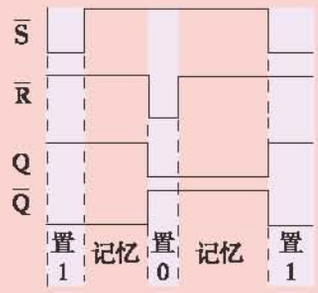
当两输入端皆不加触发信号，即 $\overline{S} = 1$，$\overline{R} = 1$ 时，基本触发器状态不变，处于记忆状态。



微信公众号：电子课本大全

触发器功能表

$\overline{S}$	$\overline{R}$	Q	$\overline{Q}$
0	0	不使用	
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	不	变



用两个与非门构成的基本触发器的功能表和波形图都不同于用或非门构成的基本触发器，但它们在电子控制系统中的作用是一样的。

常用集成触发器

常用集成触发器是由基本触发器加控制电路构成的。

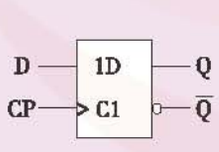
最常用的两种集成触发器是D触发器和JK触发器。

D触发器有两个输入端D和C，D是数据输入端，被存储的数据加在此处；C是时钟输入端，控制数据的存储操作。通常在C端加时钟信号CP（clock pulse）。



时钟信号是一种周期性的矩形脉冲信号，在由数字电路构成的系统中作为各部分同步变化的节拍信号。

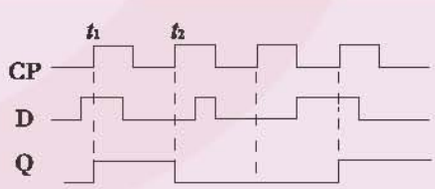
下图所示触发器逻辑符号的时钟输入端有一个“>”符号，表示将数据存入触发器的操作是在时钟信号的上升沿（即由0变1的时刻）发生的，如图中的t_1时刻，时钟信号由0变1，此时加在D端的信号为1，则触发器的状态变为1，数据1就被存进了触发器。在下一个时钟信号的上升沿（t_2时刻）到达以前，无论加在D端的信号有何变化，触发器的状态都保持不变，体现了触发器的记忆功能。在t_2时刻，CP信号又一次由0变1，此时加在D端的信号值为0，因而触发器的状态变为0，数据0被存进了触发器。



逻辑符号

D^n	Q^{n+1}
0	0
1	1

功能表



工作波形（初始状态为0）

D触发器的逻辑符号、功能表与工作波形

由此可见，D触发器的状态每个时钟周期变化一次，根据前一周期（第$_n$周期）结束时，即时钟脉冲上升沿到来前瞬间的D值（D^n），确定下一周期（第$_n$+1周期）的状态Q^{n+1}。

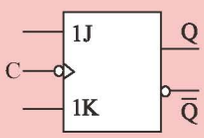
微信公众号：电子课本大全

阅读

JK触发器

JK触发器的输入端J和K，其作用类似基本触发器的S和$\overline{R}$，是确定触发器状态的依据。

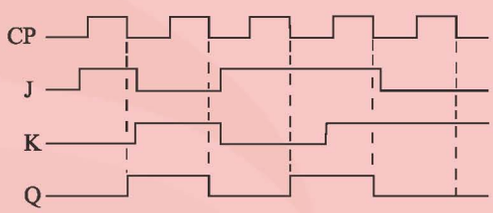
时钟信号输入端C，因为在此端画了一个“○”，表明只有在时钟脉冲的下降沿（即由1变0的时刻），触发器的状态才由J和K确定，而在相邻两个时钟脉冲的下降沿之间，触发器的状态都保持不变。



逻辑符号

J^n	K^n	Q^{n+1}
0	0	Q^n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q^n}$

功能表



工作波形

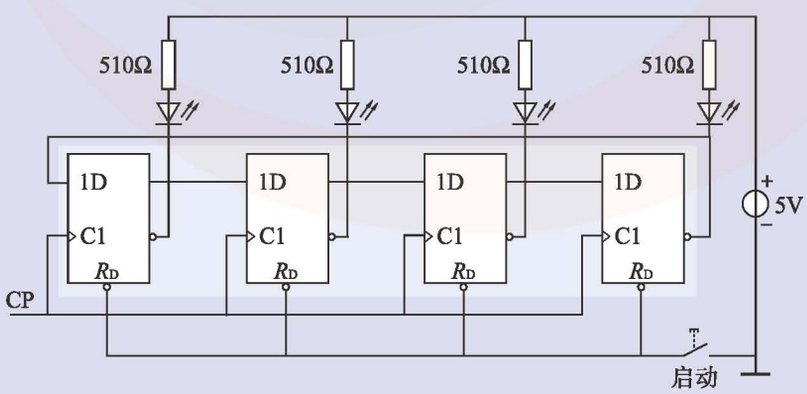
JK触发器的逻辑符号、功能表与工作波形

练　习

在电路试验板上用4个D触发器做成一个彩灯控制器，加上时钟信号后，4个发光二极管便自动按一定规律发光。

所需器件：CC4042　1片，发光二极管4只，按钮开关1只，510　电阻4只。

时钟信号可由信号源的方波输出端提供（频率约为1Hz）或按上节练习中提供的多谐振荡器电路制作一个频率约为1Hz的多谐振荡器，由多谐振荡器的输出信号提供。



微信公众号：电子课本大全

本章小结

数字信号较之模拟信号有很多优点，因而数字电路得到越来越多的应用。

与、或、非是三种最基本的逻辑关系，用这三种基本逻辑关系可以组成各种复杂的逻辑关系。日常的各种因果关系皆可用逻辑关系描述，并用数字电路来实现，这是电子控制系统的基础。

晶体三极管（MOS管）在开关信号作用下存在截止和饱和两种输出状态，等效于一个开关，可以构成各种门电路。

常用的逻辑器件有TTL和CMOS两大类，它们各有优、缺点，应根据对电子控制系统的要求合理地选用。

电子控制系统控制（处理）部分的电路，应在仔细分析控制要求的基础上，按照其逻辑关系来设计，其中门电路用于实现各种逻辑关系，触发器用于存储数据，它们是数字电路中必不可少的单元电路。

综合实践

在完成综合实践前，应先做好以下几点：

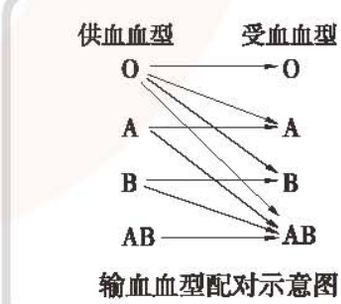
（1）认真复习本章第二节和第四节的案例分析，掌握分析数字电路中输出与输入之间逻辑关系的方法；

（2）认真复习第二节练习，掌握控制信号输出的方法；

（3）复习第四节对基本触发器的介绍及第三节的练习，了解将由按钮开关产生的信号记忆或加以延长的方法。

1. 设计输血血型配对指示器

人类有O型、A型、B型和AB型等4种血型，输血时供血者的血型与受血者的血型必须符合配对规则，否则受血者将有生命危险。



输血血型配对示意图

血型的配对规则是：

O型血可以输给任何血型的病人；

A型血只能输给血型为A和AB的病人；

B型血只能输给血型为B和AB的病人；

AB型血只能输给血型为AB的病人。

因此，供血血型为O型，配对一定成功；受血血型为AB型，配对一定成功；其他配对成功的情况是A型血输给A型血的病人，B型血输给B型血的病人。

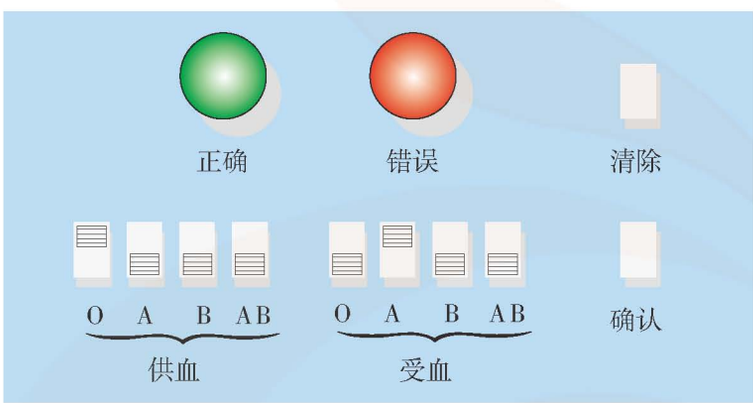
微信公众号：电子课本大全

输血血型配对指示器应有8只单刀双掷开关和两只按钮开关，单刀双掷开关分为两组，一组 G_1、G_2、G_3、G_4 分别代表输血者的血型是O型、A型、B型和AB型，另一组 S_1、S_2、S_3、S_4 分别代表受血者的血型是O型、A型、B型和AB型。有绿、红两只指示灯，按确认键后，如配对正确绿灯亮，配对不正确则红灯亮，并可加上声音报警。

此外，指示器电路中还设有清除键，每次使用前，必须按清除键，将前次判断结果清除掉。每次使用只能有1个供血血型和1个受血血型参加配对，否则配对无效。

请根据上述要求设计一个电子控制系统，画出其逻辑图。

可选用器件：CT74LS00或CC4011，CT74LS20或CC4012，CT74LS04或CC4069，发光二极管，按钮开关，单刀双掷开关或DIL开关，电阻，蜂鸣器等。



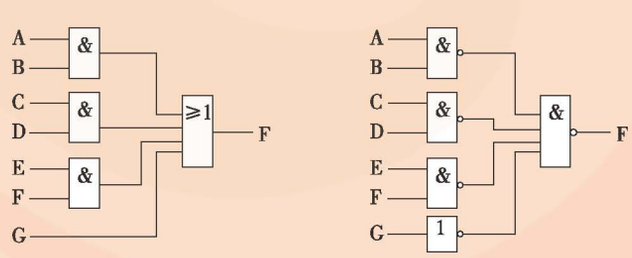
小资料

1. 集成与非门代替与门和或门的方法

如一个电路的输出与输入之间的逻辑关系是

$$F = AB + CD + EF + G$$

它可以用与门和或门实现，也可以全用与非门实现，下面两幅图是等效的：

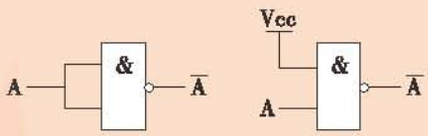


2. 集成逻辑门多余输入端的使用方法

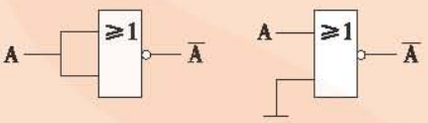
如采用与门、与非门代替非门，必有一些输入端是多余的，其他集成逻辑门也会遇到输入端多余的情况。

微信公众号：电子课本大全

与门、与非门可以采用下面的方法处理多余输入端：

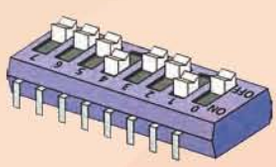


或门、或非门可以采用下面的方法处理多余输入端：



3. DIL 开关（双列直插开关，俗称数字开关）

将多只（如4只或8只）单刀双掷开关制作在一个盒子中以减少体积，适合数字电路中使用。

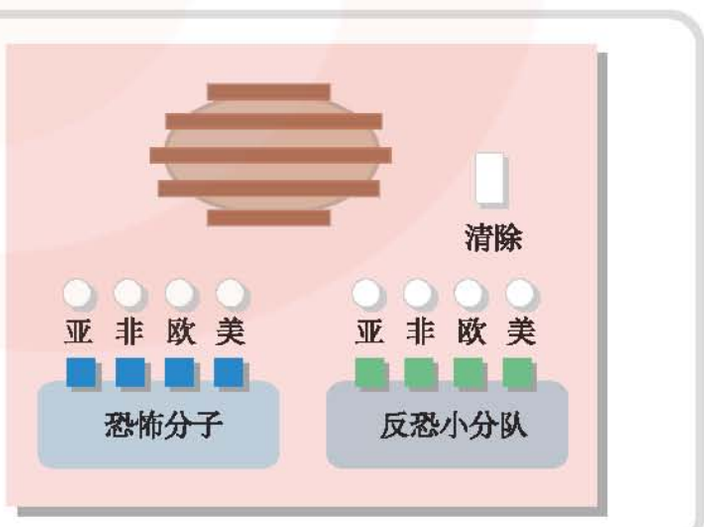




2. 追捕恐怖分子游戏电路

现在世界上恐怖分子活动猖獗，亚洲、欧洲、非洲、美洲均受到他们的侵扰，严重威胁人们的生命和社会的稳定。为此，国际刑警组织成立了反恐小分队，监视恐怖分子的行踪，他们在哪里出现，就跟踪到哪里将他们捕获。

此游戏电路供2人游戏，甲扮恐怖分子，乙扮反恐小分队。游戏机有9个按钮，分为甲、乙两组和清除按钮，每组4个，各代表亚洲、欧洲、非洲和美洲4大洲。扮恐怖分子的游戏者按甲组中代表某个洲的按钮，则指示该洲的指示灯亮，表明恐怖分子正在该洲活动，扮反恐小分队的游戏者应及时按乙组中代表相同洲的按钮，如“未能捕获”到恐怖分子，则蜂鸣器不发声，游戏可继续进行；如“捕获”到恐怖分子，则蜂鸣器发出鸣叫，表示此次抓捕行动胜利。



微信公众号：电子课本大全

游戏电路分为抓捕和鸣叫两大部分。可由4名同学共同研究设计方案，然后分两组分别完成，最后联机试验。

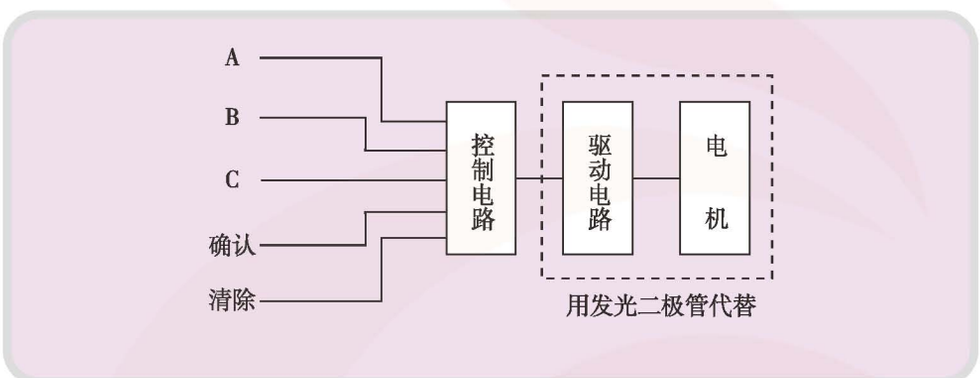
可选用器件：四2输入与非门CT74LS00，四2输入与门 CT74LS08，双4输入与非门CT74LS20，按钮开关9只，电阻9只，蜂鸣器1只，发光二极管8只。

注：也可在老师指导下，用音乐片或彩灯代替蜂鸣器。

3. 三位数字密码锁

某单位大门的密码输入盒的面板上有A、B、C三个密码输入按钮和一个确认键及一个清除键，各密码输入按钮按下代表1，不按代表0。开门时先清零，然后输入密码，设开门的密码为101，若输入密码正确，则当按下确认键后，启动电机，打开大门；若输入密码不正确，不能打开大门。

试验时可使用小型玩具电机作输出端的负载，也可用发光二极管或蜂鸣器代替。



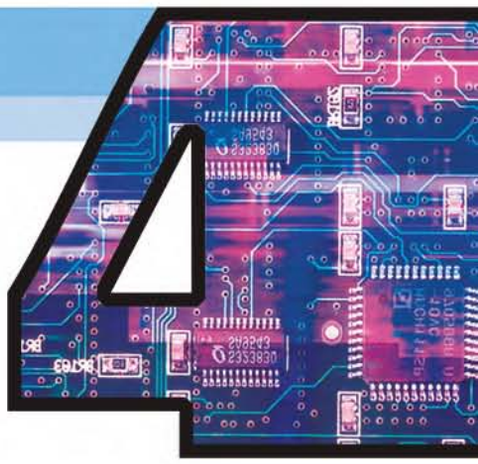
微信公众号：电子课本大全

第三章 学习评价

评价内容		自我评价
学习过程	课内完成学习任务情况	
	课外完成学习任务情况	
	学习态度评价	
	学习水平评价	
学习结果	本章学习目标实现情况	
	学习本章内容的收获与不足	

微信公众号：电子课本大全

第四章　电子控制系统的执行部件



一　继电器的作用和类型

二　直流电磁继电器的构造、规格和工作原理

三　晶闸管的构造和工作原理



人们常用“四两拨千斤”来形容用力之巧，而小小的继电器对电流、电压的“以小控大、以低控高”作用将让我们叹为观止。让我们走进继电器，领略电子控制系统中这一特殊执行部件的风采。

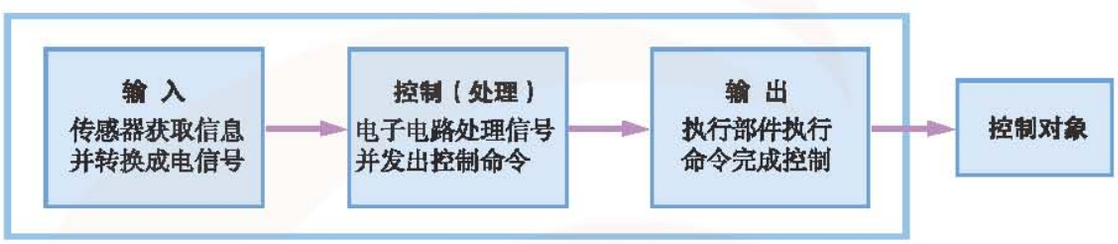
微信公众号：电子课本大全

一 继电器的作用和类型

学习目标

1. 了解继电器的作用。
2. 认识电磁继电器。
3. 认识无触点继电器。

在电子控制系统中，传感器相当于人的眼睛，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下图所示。



电子控制系统的组成方框图

继电器（relay）是一种常用的执行部件。

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，接通电动机、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。这里的被控对象是冷藏室，执行部件包括了继电器、电动机、压缩机等。工业生产电子控制系统的执行部件的组成更为复杂。

继电器作为一个开关元件能实现普通开关的功能，还具备其他功能。我们可以通过研究电磁继电器驱动电动机的过程，了解继电器的其他功能。

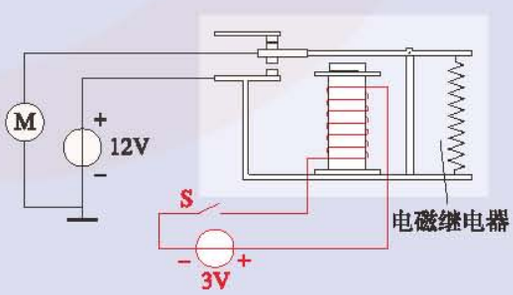
小试验

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。

试验准备：

电磁继电器1个，玩具电动机1只，3V、12V电源各1个，开关1只。



电磁继电器控制电动机电路图

微信公众号：电子课本大全

试验过程：

按照上页图所示连接电路，接通电源，我们将看到电动机转动起来。

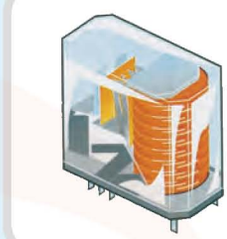
试验总结：

在试验过程中，当开关S闭合或断开时，你观察到什么现象？电磁继电器在电路中起什么作用？

讨论

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。





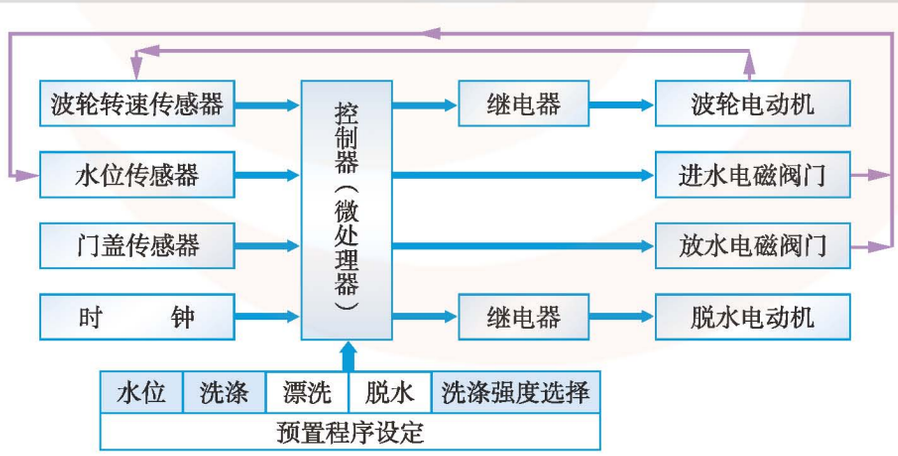
继电器能接收并执行控制（处理）电路发出的命令，用弱电（低电压、小电流）信号，控制强电（高电压、大电流）工作设备的正常运行，这就是继电器“以低控高”、“以小控大”的作用。其工作方框图如下图所示。



继电器工作方框图

案例分析

全自动洗衣机的工作过程如下图。



全自动洗衣机的工作过程

微信公众号：电子课本大全


全自动洗衣机

全自动洗衣机能正常地运行就需要继电器。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动作。

请观察上页中全自动洗衣机工作过程图，分析它是怎样完成脱水工作过程和其他工作过程的。

探究

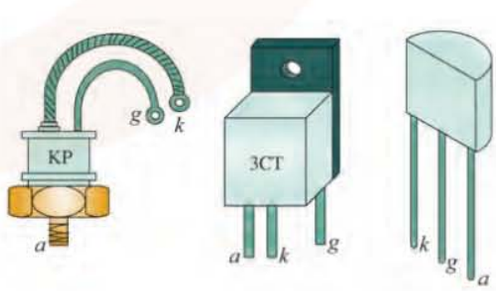
电磁继电器是否具有以直流控制交流电路的功能？

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。

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，其中常见的是电磁继电器；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；按照输入电路的控制电流是直流或交流，又可相应地把电磁继电器分为直流电磁继电器和交流电磁继电器。

电磁继电器具有工作可靠、体积小、结构简单、制作方便、灵敏度高和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。电磁继电器用于自动控制系统、遥控遥测系统、通信系统等系统的控制设备或保护装置中。

随着半导体技术的发展，人们开发出了无触点全固态的半导体开关元件。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（thyristor）就是一种无触点继电器，主要用于以直流弱电信号控制大功率负载电路的场合。



晶闸管的外形图

微信公众号：电子课本大全

小试验

试验目的：

比较电磁继电器和无触点继电器的不同之处。

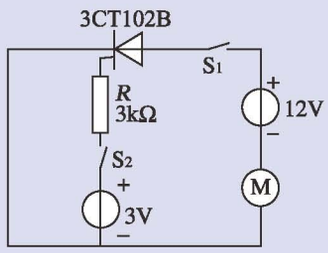
试验准备：

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. 按照右图所示搭接电路。

2. 闭合控制开关，观察并记录电动机动作情况。



晶闸管控制电动机电路图

试验总结：

把你的试验结果与“观察电磁继电器驱动电动机的过程”作比较，说出两种情况的不同之处。

练　习

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“咔哒”的一声？写出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
冰　箱			
洗衣机			
微波炉			

微信公众号：电子课本大全

二 直流电磁继电器的构造、规格和工作原理

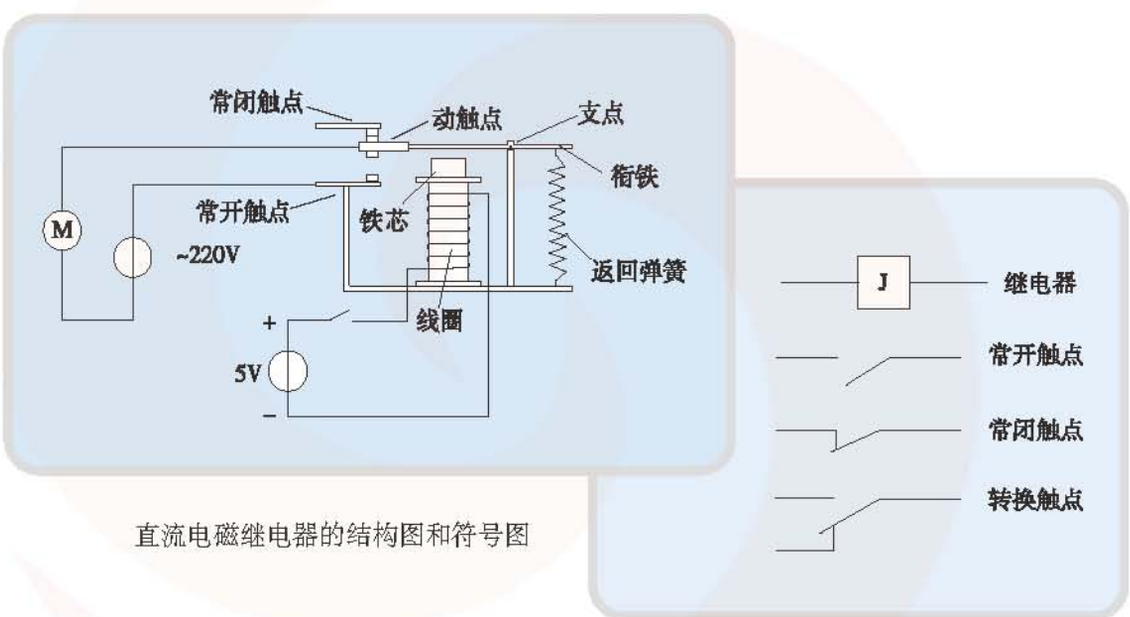
学习目标

1. 了解常见的直流电磁继电器的构造、规格和工作原理。
2. 学会直流电磁继电器的使用。

电磁继电器一般由一个电磁铁和一组或几组带触点（又称接点）的簧片组成。

常见直流电磁继电器的结构及符号如下图所示。它的基本组成部分是电磁铁，其线圈接输入电路以接收控制信号，由一对或数对动、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，触点系统成对地接入输出电路，以控制输出电路的通与断。

常见直流电磁继电器的触点有常开、常闭和转换触点等三种类型。线圈不通电时，动、静触点处于断开状态的称为常开触点，处于闭合状态的称为常闭触点。



直流电磁继电器的结构图和符号图

小辞典

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。这种由三个动、静触点组成的触点组称为转换触点。

微信公众号：电子课本大全

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，线圈中流过电流就会使电磁铁产生足够大的电磁力，克服返回弹簧的拉力，将衔铁吸向铁芯，于是使动触点与常开触点闭合，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，电磁力减小，当它降低到一定值时，使衔铁和动触点在返回弹簧作用下回到原位，此时输出电路断开。所以，电磁继电器是一种根据外界输入的一定信号来控制输出电路中电流“通”与“断”的器件。这样就可利用继电器来实现对输出电路中的设备控制。

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	40A　14V DC	30A　250V AC 20A　30V DC	20A　250V AC
触点对数	3 对	3 对	1 对

为了保证各种规格的直流电磁继电器都能安全、可靠地工作，其参数必须符合标准。

（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 6 V、9 V、12 V、18 V、24 V 等。

（2）吸合电流

吸合电流指继电器能完成吸合动作所需要提供的最小电流值。可根据产品铭牌或产品说明书读出，有的也可计算出。为了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值。

（3）释放电流

释放电流指继电器从吸合状态转入释放状态时的最大电流值，该值比吸合电流值小得多。

（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

触点负荷是指继电器触点所承受的开路电压和闭路电流值。

微信公众号：电子课本大全

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。









选用直流电磁继电器时，一般要注意下列几点：

（1）先了解必要的条件：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）查找相关资料，找出需要的继电器的型号和规格。若手头已有继电器，可依据资料核对是否可以利用，并考虑尺寸是否合适。

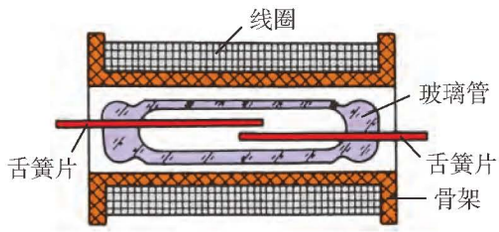
（3）注意根据装置容积的大小，选择合适的继电器。例如，对于玩具、遥控装置等，应选用超小型继电器产品。

链接

《电子设备常用器件手册》，张士炯主编，人民邮电出版社。

微信公众号：电子课本大全

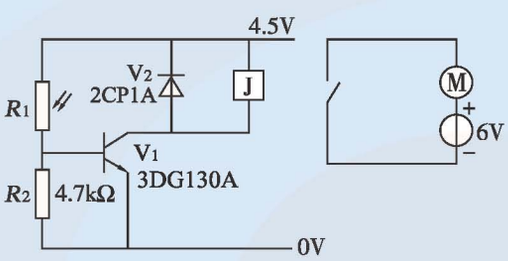
干簧继电器由线圈和干簧管组成，是用电磁线圈来控制其开关动作的。如图所示，当线圈中有电流通过时，线圈产生磁场，使簧片磁化而吸合；当线圈中没有电流时，簧片断开。干簧继电器结构简单，工作可靠，质量小，价格便宜，吸合功率小，灵敏度高，但是它的触点负荷小。



干簧继电器

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。



提示：当三极管V_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。光敏电阻R_1选用MG4。

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。

微信公众号：电子课本大全

三 晶闸管的构造和工作原理

1. 晶闸管的构造和电路符号
2. 晶闸管的工作原理

学习目标

1. 知道晶闸管的构造和电路符号。
2. 了解晶闸管的简单的工作原理。

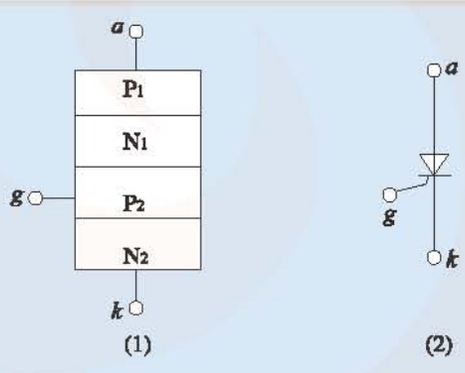
晶闸管是硅晶体闸流管的简称，是一种可控制的硅整流器件（SCR，silicon controlled rectifier），也称为可控硅。它是继晶体二极管、晶体三极管以后出现的一种大功率半导体器件，它的出现促进了电子控制技术的发展。

半导体开关器件可以制成耐压 20～5 000V、控制电流 0.2～3 000A 的高耐压、大电流器件，所以它不仅可以用作无触点继电器和整流器件，还可以用于电动机的速度控制和电炉的温度控制等。

1 晶闸管的构造和电路符号

下图（1）、（2）分别表示晶闸管的构造图和电路符号。

晶闸管由四层半导体材料构成，它们分别是 P_1、N_1、P_2、N_2，其中三个 PN 结构组成了三端（阳极 a、阴极 k、控制极 g）。



晶闸管的构造和电路符号

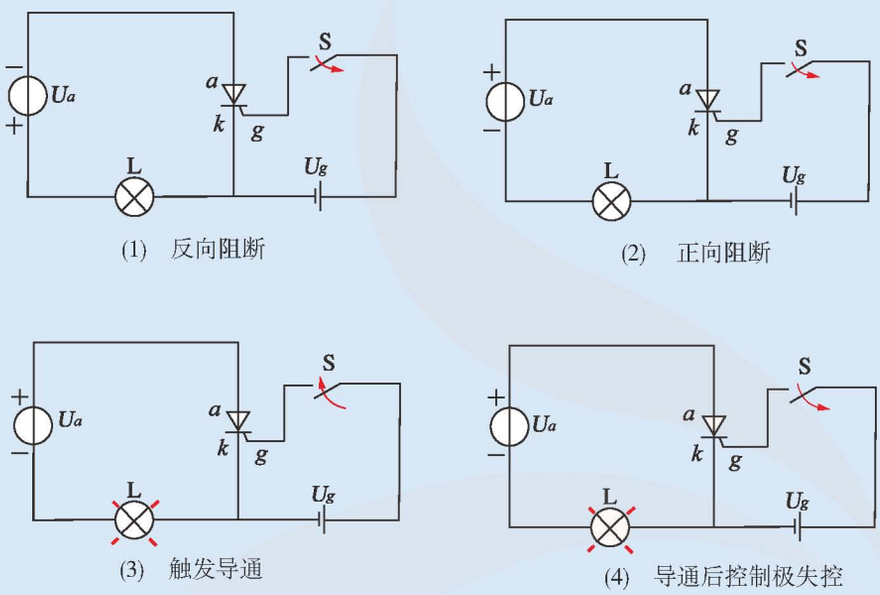
2 晶闸管的工作原理

按照下页图所示试验电路图，用演示试验说明晶闸管的工作原理。图中晶闸管阳极 a、阴极 k、灯泡 L 和电源 U_a 构成主电路，控制极 g、阴极 k、开关 S 和电源 U_g 为触发电路。

（1）反向阻断　晶闸管加反向电压，即阳极 a 接电源负极、阴极 k 接正极，如下页中

微信公众号：电子课本大全

图（1）所示。此时，不论开关S是否断开或是在控制极 g 上是否加触发电压，灯都不亮，晶闸管都不导通。这种状态为反向阻断。



(1)　反向阻断　　(2)　正向阻断

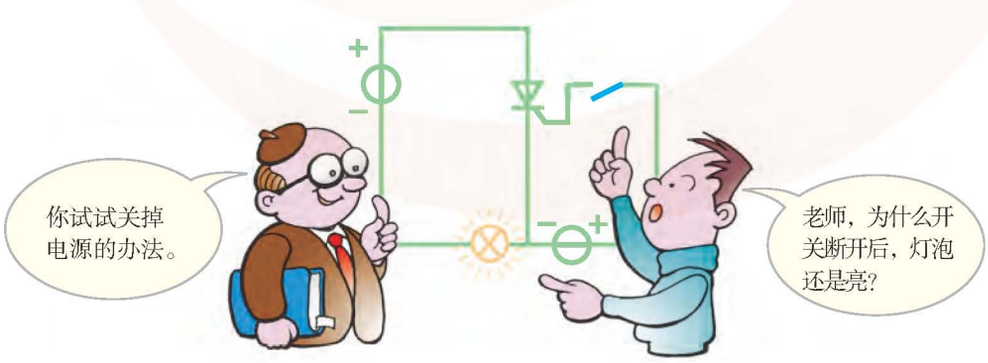
(3)　触发导通　　(4)　导通后控制极失控

晶闸管工作原理电路图

（2）正向阻断　晶闸管加正向电压，即阳极 a 接电源正极、阴极 k 接负极，如图（2）所示。开关S断开时，控制极 g 无触发电压，灯不亮，说明晶闸管不通。这种状态为正向阻断。

（3）触发导通　晶闸管加正向电压，且开关S闭合，即在控制极上加正向触发电压，如图（3）所示。此时灯亮，说明晶闸管已导通。这种状态为触发导通。

（4）导通后控制极失去控制作用　一旦晶闸管触发导通后，即使将开关S断开，移去触发电压，晶闸管仍保持在导通状态，如图（4）所示。要使晶闸管断开，必须在阳极和阴极之间外加反向电压，或者将正向电压降低到一定数值，使流过晶闸管的电流很小而关断。



微信公众号：电子课本大全

马上行动

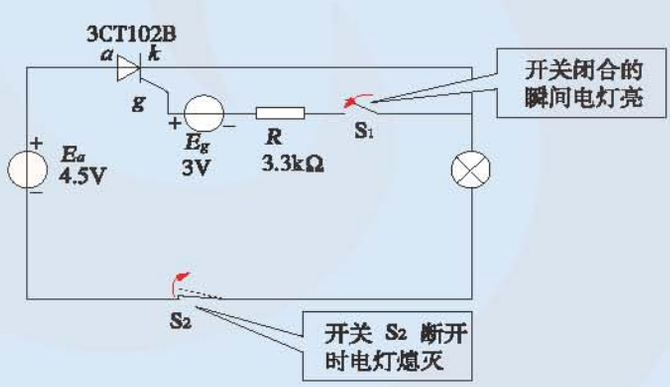
试比较晶闸管和晶体二极管的工作状态。

状态 / 器件	反向阻断	正向阻断	正向导通	控制极关断
晶闸管				
二极管				

晶闸管是20世纪70年代开发的一种大功率器件。随着微电子技术的发展，80年代发展了电力电子器件，它能使用在高电压、强电流的大功率情况下，而且类似于普通三极管，使用方便，目前已被广泛使用。

练　习

1. 下图是晶闸管工作电路图，E_g是控制极电源，E_a是供电电源，S_1是控制极开关，S_2是电源开关，说明该电路的工作原理及作用。



2. 比较直流电磁继电器、干簧继电器与晶闸管的结构和工作特点。

微信公众号：电子课本大全

本章小结

GENERAL TECHNOLOGY GENERAL TECHNOLOGY

继电器是电子控制系统中的一种执行部件。它具有“以小控大（电流）”和“以低控高（电压）”的作用。常见的继电器有电磁继电器和无触点继电器等。

电磁继电器有直流电磁继电器、交流电磁继电器等。常见直流电磁继电器的触点（又称接点）有常开、常闭和转换触点等三种类别。选用继电器时，继电器的参数必须符合电子控制系统和被控设备的要求。

晶闸管是一种无触点继电器，没有触点就提高了继电器的使用寿命和安全性。它具有体积小、易集成、无干扰的特点。无触点继电器在一些应用领域将逐步替代电磁继电器。

综合实践

GENERAL TECHNOLOGY GENERAL TECHNOLOGY

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. 水箱的水位控制系统

水箱中始终要有水，当水箱中的水降到最低水位时，水泵启动加水；当加到最高水位时，就停止加水。

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。

微信公众号：电子课本大全

第四章 学习评价

评价内容		自我评价
学习过程	课内完成学习任务情况	
	课外完成学习任务情况	
	学习态度评价	
	学习水平评价	
学习结果	本章学习目标实现情况	
	学习本章内容的收获与不足	

微信公众号：电子课本大全



第五章　电子控制系统的设计及其应用

一　开环电子控制系统的设计和应用
二　闭环电子控制系统的设计和应用
三　遥控电子控制系统的设计和应用



“纸上得来终觉浅，绝知此事须躬行”。生产和生活是一个广阔的领域，电子控制系统的设计在那里可以大有作为。通过亲自设计、亲手制作、亲身实践，我们将有机会洞悉电子控制系统在设计与应用上的丰富与神奇，进而拓展自己的能力，体验技术的真谛。

微信公众号：电子课本大全

一 开环电子控制系统的设计和应用

1. 简单实用电路的安装与调试
2. 开环电子控制系统的设计与安装

学习目标

1. 能用数字集成电路等安装简单的实用电路，并进行调试。
2. 能应用该电路设计和安装开环控制系统。

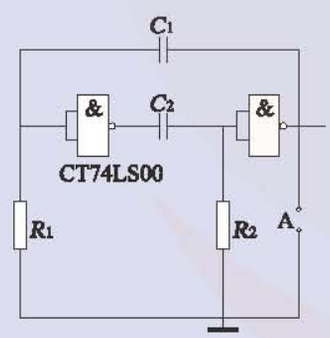
用数字集成电路等可以安装许多实用电路，这些实用电路具有通用性强、电路稳定性好的特点。利用实用电路可以设计和安装有趣、简易的开环电子控制系统。

1 简单实用电路的安装与调试

不同的实用电路可以实现不同的功能。常见的实用电路有很多，如多谐振荡电路、触发电路、存储器和计数器等。下面我们以制作一个多谐振荡器为例，说明怎样制作简单实用的电路。

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。脉冲的周期由电路中的电容 C 和电阻 R 确定。

小试验



多谐振荡器电路图

试验目的：

安装和调试一个多谐振荡器。

试验准备：

5 V电源，电阻4只（共2种电阻值，大小在300～800 之间），电容4只（共2种电容量，大小在0.1～10 μF之间），开关，示波器，无源蜂鸣器，电路试验板，CT74LS00 1只。

试验过程：

（1）安装电路：

① R1= R2，C1= C2。CT74LS00的引脚图参照第三章第三节小资料。

② 检测各个元器件的质量。

③ 按照左图所示在电路试验板上搭接电路。

（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 更换两只电阻，重复前两个步骤①②。

④ 更换两只电容，重复前两个步骤①②。

试验记录：

记录1 _____；　记录2 _____。

试验总结：

试验过程中你所听到的声音有无变化？为什么？

微信公众号：电子课本大全

具有不同频率的多谐振荡器的组合可发出音乐声，如简易电子琴就是利用多谐振荡器作为脉冲信号源发声的。多谐振荡器还可用于集成电路中，在一定的程序控制下发出音乐声。

安装与调试实用电路时，应根据需要选择合适的数字集成电路；要查阅资料，注意集成电路的触发电压；集成电路中未使用的引脚不能悬空，根据需要应接地或接电源。



计数器　能统计时钟脉冲数的部件，在电子控制系统中可用来实现顺序控制、定时或延时等。

存储器　由触发器或其他存储元件构成的存储阵列，用来存放数据和指令。

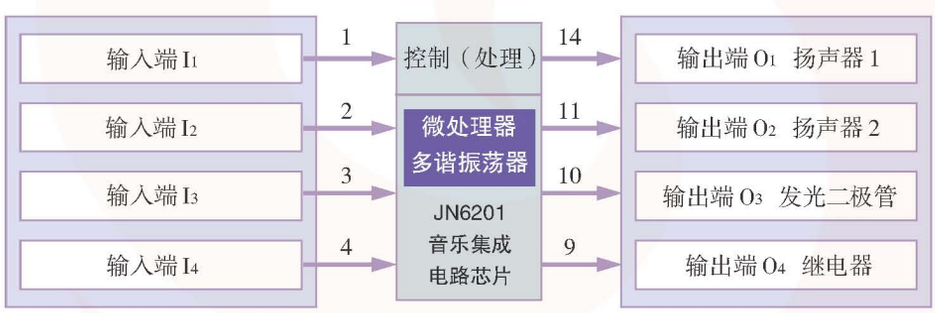
2 开环电子控制系统的设计与安装

在前面几章中，我们曾经接触过具有一定实用价值的开环电子控制系统。例如，在第一章第一节制作的磁控报警器模型，在第四章第二节搭接的能控制电动机并报警的电路。下面以 JN6201 集成电路制作电子门铃为例，介绍开环电子控制系统的设计与安装。

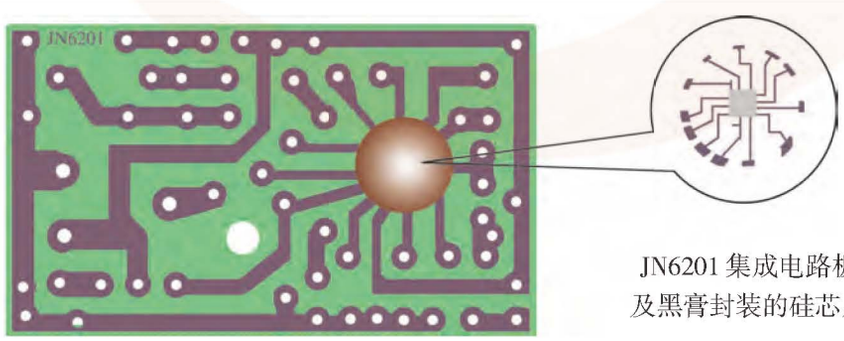
JN6201 集成电路的调试

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，如前面安装的多谐振荡器就是其中之一。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下图所示。



JN6201 集成电路的组成方框图



JN6201 集成电路板
及黑膏封装的硅芯片

微信公众号：电子课本大全

在不打开JN6201集成电路内部电路结构的情况下，可以采用“黑箱方法”，从JN6201集成电路的输入端输入信号，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。

小试验

试验目的：

调试JN6201集成音乐电路。

试验准备：

JN6201音乐集成电路板1块，晶体三极管3DG130A 1只，240k 电阻1只，扬声器1只，电池2节，按钮开关4只。

试验过程：

（1）对元器件逐一进行质量检测。

（2）按下图中电路原理图和印制电路板正确插装元件并进行焊接。

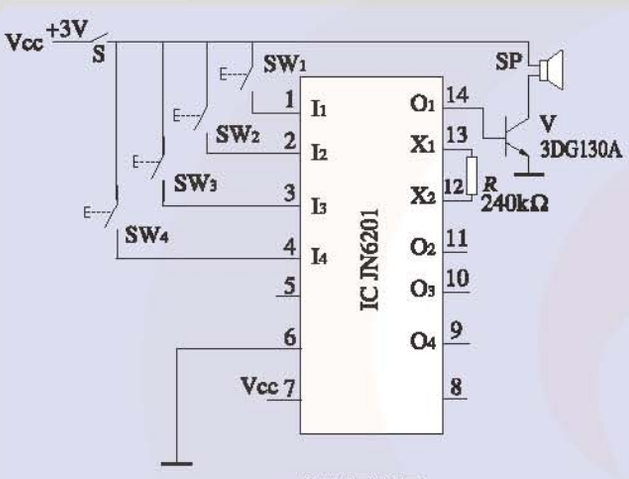
（3）检查无虚焊和搭焊后，装入电池。

（4）接通电源，分别按动SW_1、SW_2、SW_3、SW_4，分辨扬声器中播放的乐曲及其播放的程序。

（5）分别按动SW_3、SW_2、SW_4、SW_1，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。

注意：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1.2V。



电路原理图

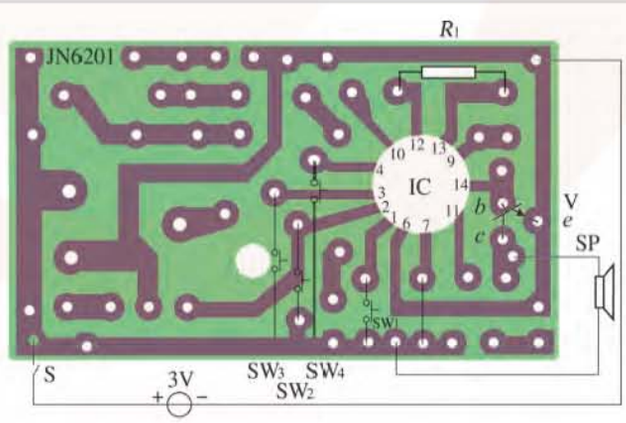
试验记录：

（1）JN6201集成电路内存放了____首不同的乐曲。

（2）先后按动不同的按钮，从____输出口输出____乐曲。

试验总结：

_____。



印制电路板

微信公众号：电子课本大全

小资料

音乐集成电路是一种应用非常广泛的实用电路，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。

探究

动手试一试，O_3、O_4 输出端具有什么功能？

电子门铃的设计及其应用

设计和制作具有不同功能的电子门铃，可以满足人们不同的需求。

案例分析

张大伯有一个刚上小学一年级的小孙子明明，每次回家时总要敲门，有时大伯大妈在屋里面没听见，常常急得他在门外啼哭。

张大伯的邻居李斌同学得知这一情况后，根据所学的电子控制的有关知识，围绕帮助解决大人和小孩都能使用方便的电子门铃这一问题展开了设计及应用活动。

【设计要求】

（1）安装一个电子门铃控制系统。

（2）大人和小孩都能方便地使用。

（3）能辨别是大人还是小孩在按动门铃。

【设计分析】

（1）可选择开环电子控制系统，它的被控量是“声音”，被控对象是扬声器。

（2）设置两个输入端，安装两个按钮开关，这样可以分别供身高不同的大人和小孩方便地使用。

（3）控制（处理）部分可以使用电子电路作为控制核心。

【设计方案】

设计方案 A

（1）挑选两个发出不同声音的音乐集成电路作为控制（处理）部分。

（2）根据本书第一章第一节练习中“电子控制报警器模型”，将干簧管改为按钮开关，即可成为门铃电路。

（3）安装两组电子门铃控制系统，并根据大人和小孩不同的身高和手的长度，在门框的适当位置安装两只按钮开关。

设计方案 B

（1）根据前面小试验中的“安装和调试一个多谐振荡器”，在输出端接上无源蜂鸣器，即可成为门铃电路。

（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）同方案 A（3）。

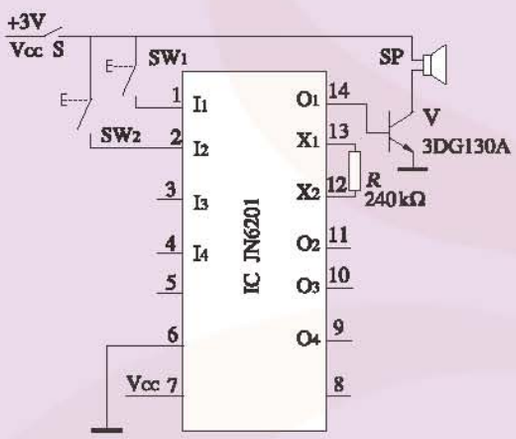
微信公众号：电子课本大全

设计方案C

使用本节中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，如下图所示。

【安装调试】

对三个方案进行比较，由于方案C电路简单，只要一个控制（处理）部分和一个扬声器，所以选用方案C。



双按钮双曲门铃电路图

（1）按照电路图准备元器件，并检测各个元器件的质量。

（2）根据电路图安装电路。

（3）检查焊接中是否有虚假焊点。

（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，在门框的不同高度处安装两个门铃按钮，并进行布线和调试。

讨论

根据日常生活的需要，你认为还可以设计具有哪些功能的电子门铃？

探究

想一想，如何将这个门铃电子控制系统进行改装，让门外的小孙子按了门铃之后能知道家里有没有人？

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。

微信公众号：电子课本大全

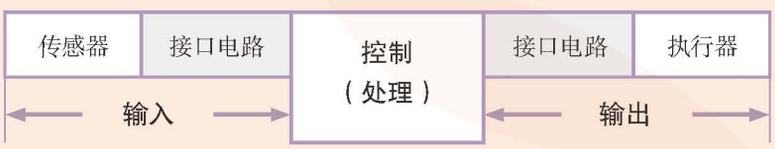
小辞典

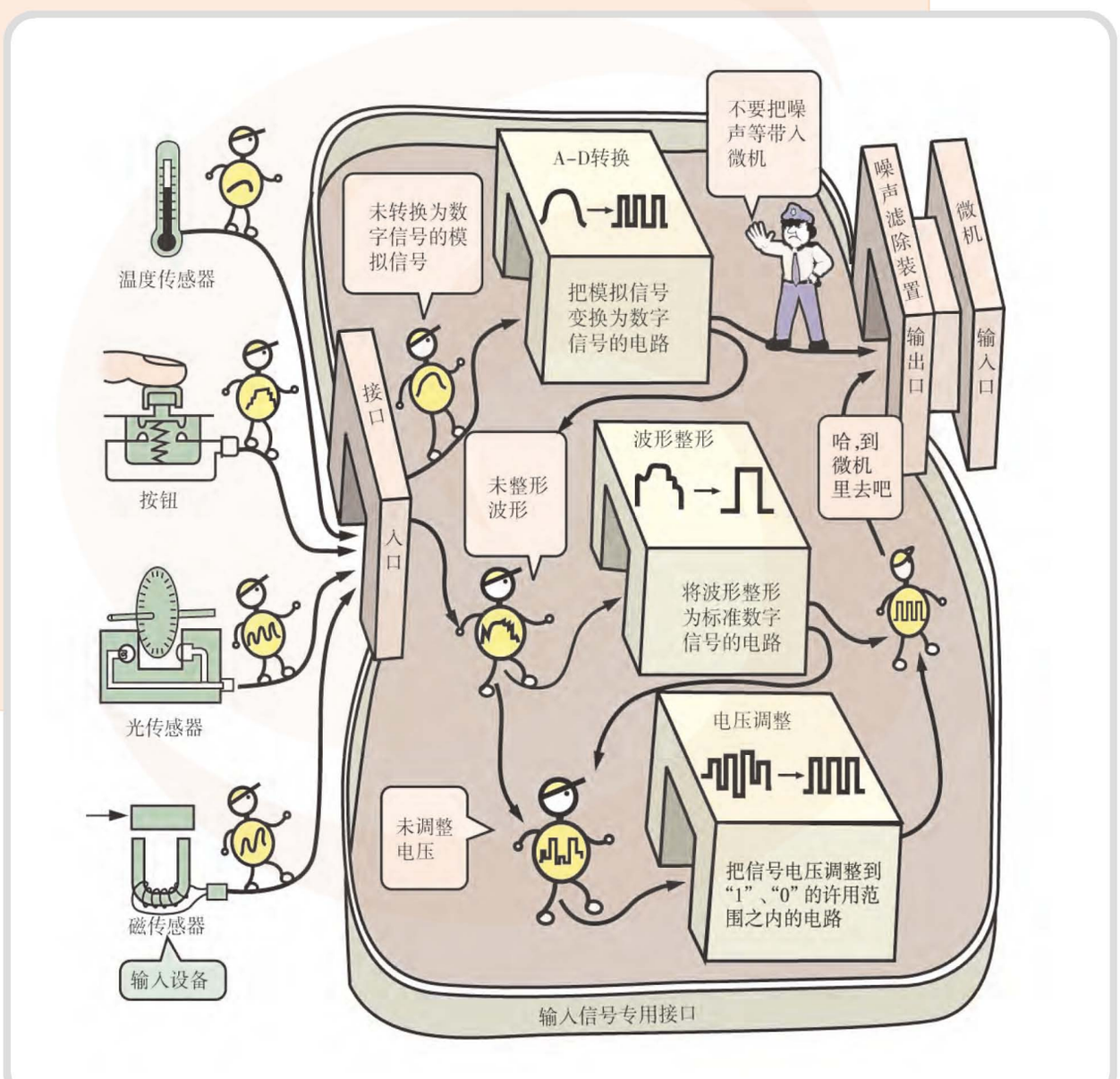
接 口 电 路

从传感器采集到的信号有的可能是模拟信号，需要转换为数字信号；有的可能信号太弱，需要进行必要的放大……所以在传感器和控制（处理）器之间需要加一个“接口”。

从控制（处理）器送出的指令，往往需要进行功率放大才能推动执行器工作，或者将数字信号指令转换成模拟信号，因此控制（处理）器和执行器之间同样需要加装“接口”。

在传感器和控制（处理）器之间、控制（处理）器和执行器之间要分别设置各种接口电路以使信号传递得通畅。





微信公众号：电子课本大全



请在下列习题中选择一题，也可根据生活实际，自行选择一个开环电子控制系统，并进行设计及制作。

1. 下雨提醒器的设计及制作

一天，宋明瑛同学家里刚收割下的麦子放在场上晾晒，突然下起了雨。因为屋里的人忙于其他事情，等到发现下雨时，已经迟了一步。为吸取教训，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提醒下雨的电子控制系统，实现下雨后即提醒的功能。

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什么用途？

2. 为残疾儿童设计和制作生活用品

五四青年节，高一（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。

【设计项目一】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，但是一个双目失明的残疾儿童去做这件事并不容易，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）使用简便可靠。

（3）价格便宜。

（4）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，并制作模型调试。

项目一：

【设计项目二】聋人使用的“闹钟”

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）这只钟像一般闹钟一样能够定时“闹”，并能够方便地把耳聋儿童“闹”醒。

微信公众号：电子课本大全

（2）可以调整定时时间。

（3）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，并制作模型调试。

项目二：

【设计项目三】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多好！

请你设计一根电子拐仗，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灯，提醒骑车人或驾驶员注意盲人穿越马路。

（3）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，并制作模型调试。

项目三：

微信公众号：电子课本大全

二 闭环电子控制系统的设计和应用

学习目标

能设计和安装简单的闭环电子控制系统，并进行调试和改进。

闭环电子控制系统是在开环电子控制系统基础上增加反馈环节而构成的。它具有较高的控制精度，能实现自动控制。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

鸡蛋孵化温度控制器的设计和应用

在有的山村里，鸡的繁殖还依靠母鸡的孵化。为了帮助自己家乡改变这种情况，发展副业生产，赵永明等同学决定利用学到的电子控制技术，动手设计一个简易的温度闭环电子控制系统，以解决鸡蛋孵化问题。

【设计要求】

（1）设计一个鸡蛋孵化温度控制系统。

（2）要求孵化温度控制在37～39℃范围内。

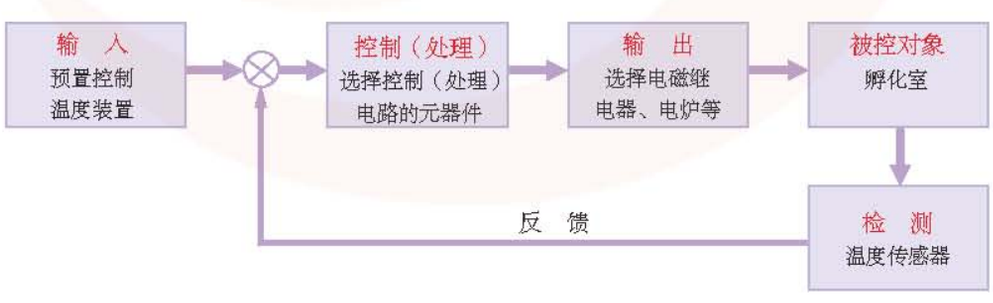
【设计分析】

（1）根据设计要求，确定温度是被控量，孵化室是被控对象。

（2）由于对孵化室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。通过对被控量的检测和反馈，可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。

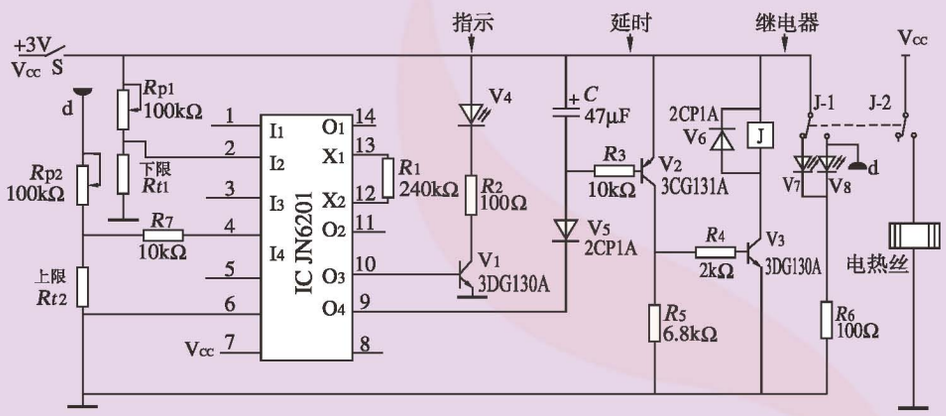


鸡蛋孵化温度控制器方框图

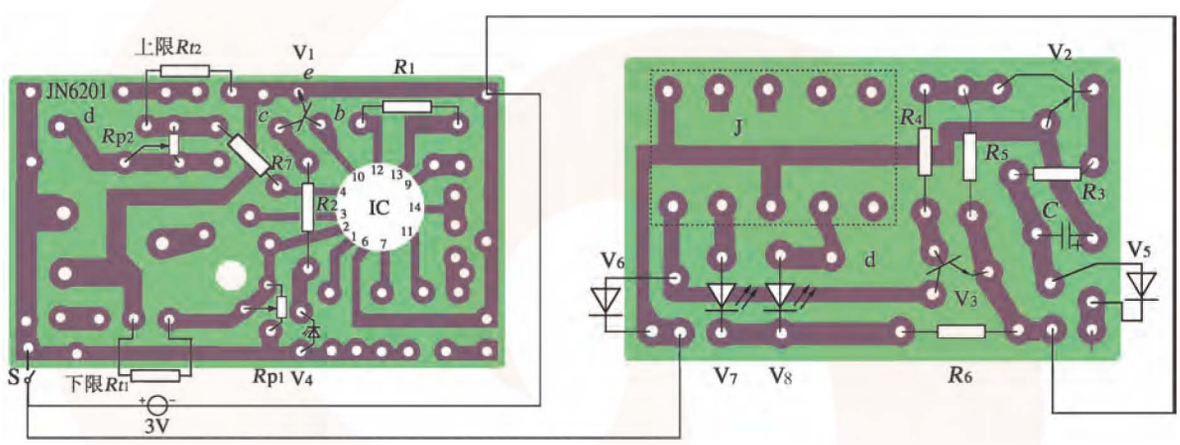
微信公众号：电子课本大全

【设计方案】

设计方案 A　根据设计分析，组成如下电路图。



JN6201 集成电路鸡蛋孵化温度控制器电路图



JN6201 集成电路温度控制印制电路板　　继电器输出部分印制电路板

【工作过程】

（1）预先设置上限温度 $t_{上}$（39 °C）、下限温度 $t_{下}$（37 °C），确定孵化室的温度控制范围（37 ~ 39 °C），并将上限温度 $t_{上}$ 和下限温度 $t_{下}$ 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被控对象——孵化室内，用于检测温度，并将检测到的温度变化随时反馈至比较器。

（3）比较器将反馈的孵化室温度和预置的上、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，电加热器对孵化室加温。

微信公众号：电子课本大全

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，孵化室温度会逐渐下降，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，电加热器对孵化室重新加热，温度又开始回升，直至达到上限温度。

这样循环工作，孵化室的温度便控制在一个预置的温度范围内。

【安装调试】

（1）根据上页鸡蛋孵化温度控制器电路图安装电路。

（2）在继电器 J–2 触点接一个 6V 的电灯电路。

（3）设定控制量的下限温度值为 37°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°C。

② 将温度传感器 R_{t1} 放入 37°C 水中，调整电位器 R_{p1}，使电磁继电器 J–2 触点闭合。

（4）设定控制量的上限温度值为 39°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 39°C。

② 将温度传感器 R_{t2} 放入 39°C 水中，调整电位器 R_{p2}，使电磁继电器 J–2 触点断开。

（5）模拟试验。

将烧杯中的水调换为温度低于 37°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–2 触点，电灯点亮。

在烧杯中逐渐加入少量热水，当温度升高至 39°C 时，继电器自动断开 J–2 触点，电灯熄灭。当水温自然冷却到 37°C 时，继电器又自动闭合，电灯点亮。

（6）将经过调试后的温度控制电路的继电器 J–2 触点接低压电炉电路。将装有温度传感器的烧杯置于垫有石棉网的电炉之上，观察整个系统能否正常工作。

警示：

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。

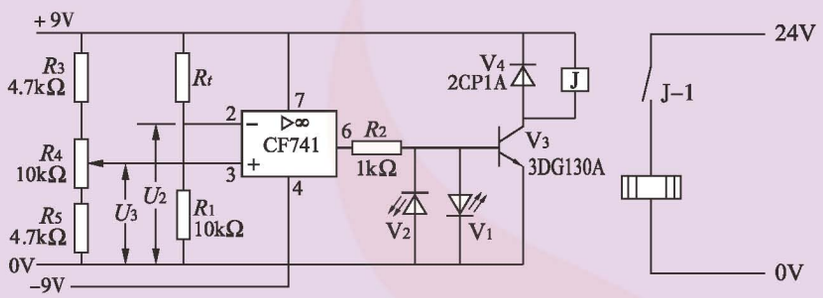


鸡蛋孵化温度控制器模型图

微信公众号：电子课本大全

设计方案 B

1. 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，V_2 点亮，晶体三极管 V_3 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，V_1 点亮，晶体三极管 V_3 截止，继电器释放，触点 J–1 断开，电热器停止加热。

3. 调试

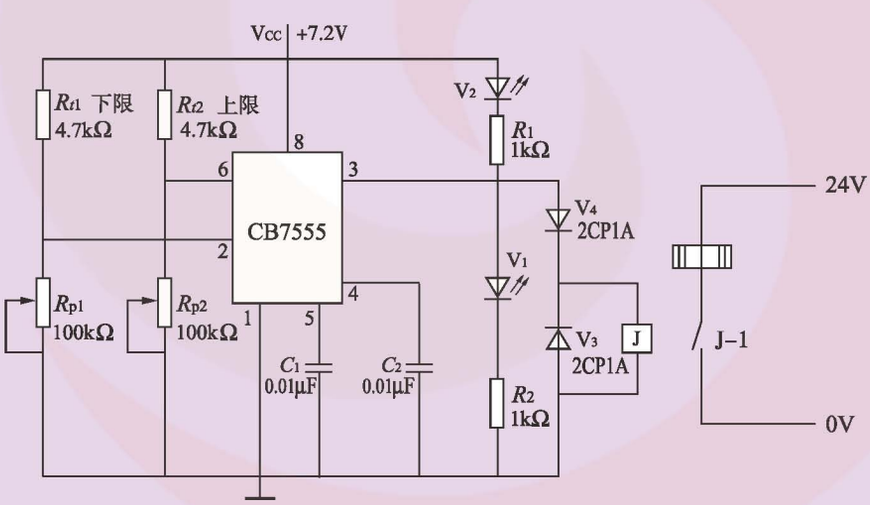
（1）将 R_t 放入盛水的烧杯中，并插入温度计，加入热水使水温达到 39℃。

（2）调节 R_4，使电压 $U_2 = U_3$，此时，V_1、V_2 均不发光。

本方案由于只有单点进行温度控制，所以继电器触点开闭频繁，温度控制受到较大干扰。

设计方案 C

1. 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}，使 CB7555 2 脚电压高于 $\frac{2}{3}V_{CC}$，6 脚电压高于 $\frac{1}{3}V_{CC}$，3 脚输出高电平，点亮 V_1，继电器触点 J–1 闭合，电热器开始加热。

微信公众号：电子课本大全

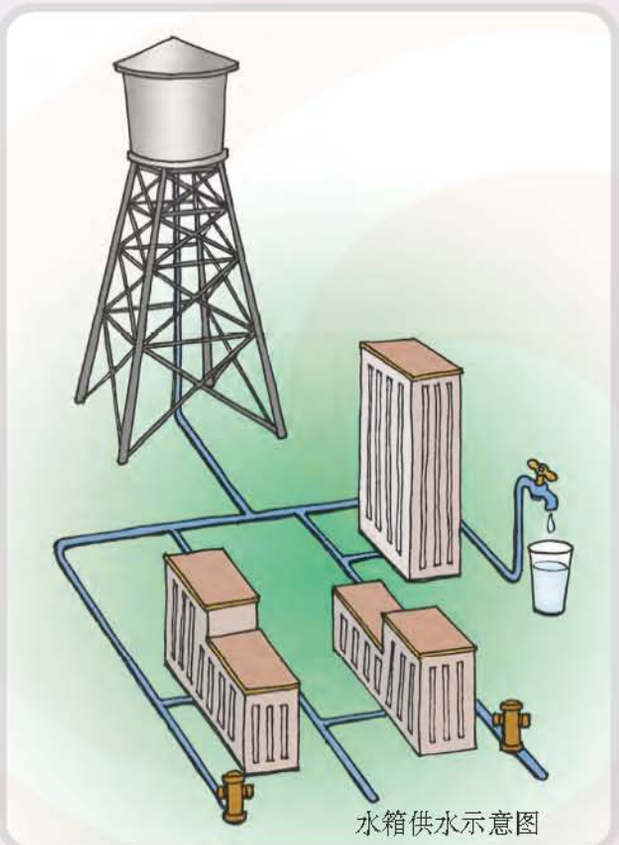
（2）当温度上升至39℃时，把热敏电阻 R_{t2} 放入烧杯中，调节可变电阻 R_{p2}，使6脚电压高于 $\frac{2}{3}V_{CC}$，2脚电压高于 $\frac{1}{3}V_{CC}$。此时，3脚输出低电平，V_2 发光，电热器停止加热。

思考

1. 根据上面方案A中的电路图，如何根据指示灯 V_7 和 V_8 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？

案例分析

水箱水位闭环电子控制系统的设计和应用


水箱供水示意图

为解决居民自来水用水问题，村里决定投资兴建一座水塔。为了源源不断地供水，必须保证水塔水箱中的水位保持一定的高度。如何解决这个问题成为设计的关键。附近的高级中学的技术教师得知这一情况后，决定发动学生一起参加这项设计活动。

【设计要求】

（1）设计和制作一个水箱水位闭环电子控制系统的模型。

（2）能模拟水塔水箱中水位的自动控制。

【设计分析】

（1）根据对设计要求的分析，被控量是水箱中水位的高度，被控对象是水箱中的水。

（2）由于对水箱中水位的高度变化有较严格的要求，即要求水箱中储存的水不能超过某一个水位（高水位），也不能低于某一个水位（低水位），因此必须对被控量进行检测，并反馈所测得的结果。实现这一控制需要采用闭环电子控制系统。

（3）根据闭环电子控制系统方框图，选择合适的输入、控制（处理）、输出、检测部分的元器件（或实用电路）、设备等。

微信公众号：电子课本大全

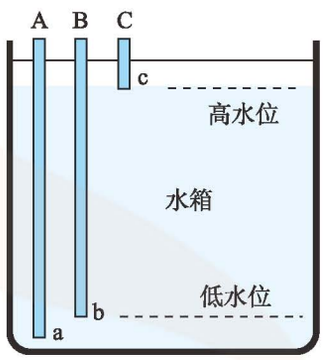
① 输入

由三根裸露的硬铜电线组成水位探头，如下图所示，其中A是零水位探头，B是低水位探头，用来探测水箱低水位，C是高水位探头，用来探测水箱高水位。

调整探头位置，可以预置水箱中的高、低水位位置。

② 控制（处理）

它由集成电路等组成，根据预置的高、低水位和水位传感器反馈的水箱实际水位信号进行比较，再经判断，发出向水箱送水或停止送水的指令。



水箱中的水位探头

③ 输出

输出由电磁继电器、电动机、水泵、水箱等组成，其中电磁继电器控制电动机的开和关，电动机与离心水泵连接在一起，带动水泵工作，水泵将水池中的水送入水箱。

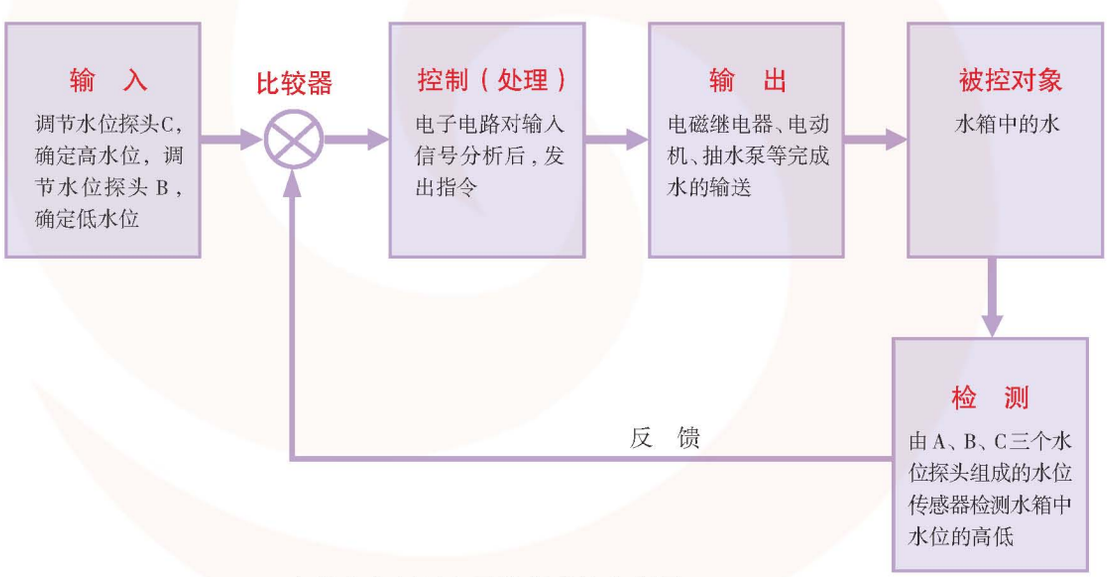
④ 检测

三根水位探头组成一个传感器，对水箱水位随时进行检测，并把水位信号反馈至比较器。

【设计方案】

设计方案A

1. 画出水箱水位闭环电子控制系统方框图。



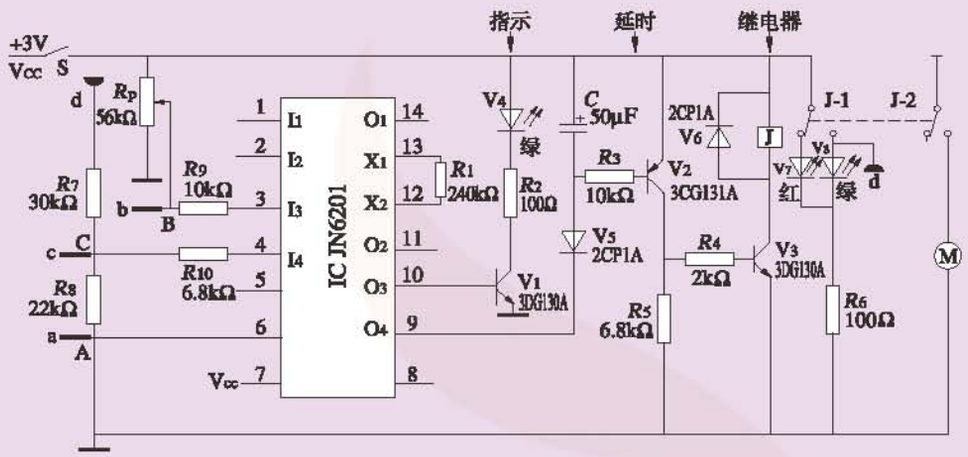
水箱水位闭环电子控制系统方框图

2. 选择JN6201音乐集成电路作为控制（处理）部分的核心。

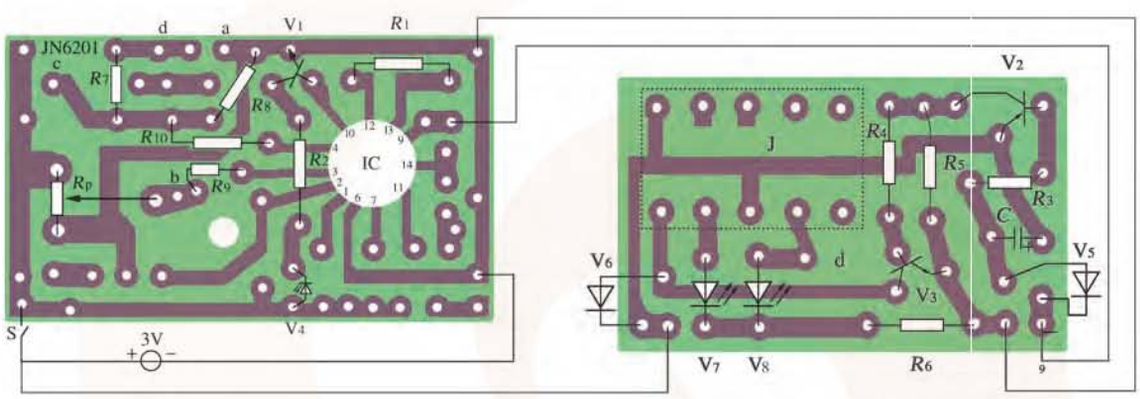
3. 参考相关资料，在输入与控制（处理）、控制（处理）与输出、检测与控制（处理）等部分之间选择接口电路。

微信公众号：电子课本大全

4. 画出水箱水位闭环电子控制系统电路图、印制板电路图。



JN6201 组成的水箱闭环电子控制系统电路图



JN6201 水位电子控制系统印制电路板　　继电器输出部分印制电路板

【工作过程】

（1）接通整个系统的电源。

（2）当水位传感器中的低水位探头 B 探测到水箱中的水位处于低水位状态 b 时，它立即把这个信号送入比较器，经比较器比较后，产生一个触发电压，控制（处理）器受到触发后，发出进水的指令信号，指令经输出接口电路放大后推动继电器动作，接通水泵电动机电源，水泵开始向水箱送水。

注入水后的水箱水位不断升高，当水位升高到 c 时，水面与水位传感器的高水位探头 C 接触，立即产生一个电信号，并把信号反馈给比较器，比较器比较后产生一个触发电压，控制（处理）部分发出停止进水指令，电磁继电器立即关闭电动机的电源，水泵停止抽水。

当水箱水位降低到低水位 b 以下时，低水位探头 B 与探头 A 因无水相连而断开，低水位探头 B 从低电平转变为高电平，传感器将这个信号反馈到比较器，经比较后发出一个触发电压，控制（处理）器发出重新开机指令，执行器接通电动机电源，水泵又

微信公众号：电子课本大全

重新开始工作。这样不断循环，从而使水箱源源不断地供应水。

【安装调试】

（1）安装电路

① 根据电路图列出材料清单，并对材料质量进行检测。

注：电动机采用 3 V 玩具用小型电动机，水泵可采用学生实验用离心水泵。

② 对照印制电路板图安装电路（暂时不安装电动机），安装时要防止插错元器件、虚焊等。

③ 按照水箱中的水位探头图示，用粗铜电线制作水位传感器，并将三个探头与印制电路板上 a、b、c 三点对应连接。

（2）调试电路

① 将传感器插入无水的玻璃杯中，接通电源，如果电路安装正确无误，继电器产生吸合动作，触点 J–2 闭合，指示灯 V_8 亮。

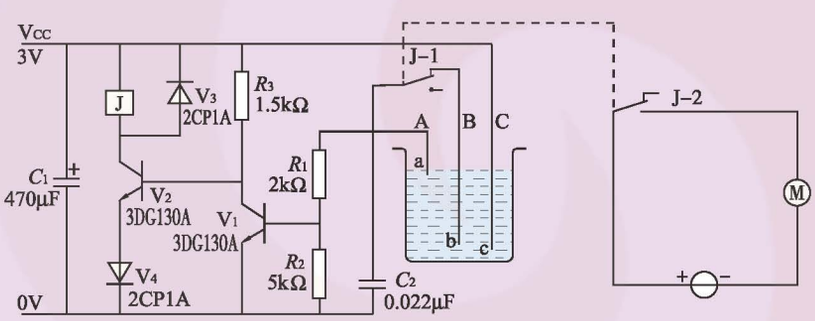
② 向杯中逐渐加水，当水面与高水位探头接触时，继电器触点 J–2 释放，指示灯 V_8 熄灭。

③ 减少杯中的水量，水箱水位降低（或用提升水位探头的位置模拟），指示灯 V_7 继续发光，但当水位降低到低水位探头 B 离开水面时，指示灯 V_7 立即熄灭，指示灯 V_8 亮。

④ 将经过调试后的水位电子控制电路安装电动机、水泵和输水管，进行仿真试验，记录数据，分析、判断水位电子控制系统的实际工作情况，正常工作后，方可正式使用。

设计方案 B

1. 电路图



晶体管组成的水箱闭环电子控制系统电路图

2. 设计分析

当水箱水位处于正常水位时，V_1 为饱和导通，继电器 J 的常闭触点 J–1 为闭合状态。

当水箱水位下降至 b 点以下时，电源正极与 R_1 开路，V_2 导通，继电器 J 吸合，接通电动机电路，水泵开始工作，将水抽至水箱。当水位上升至 a 点时，电源正极通过水和 R_1 形成通路，V_1 重新饱和导通，V_2 变为截止，J–1 释放，电动机停止工作，常闭触点 J–1 再次闭合，b、c 间形成通路，使水箱中水降至 a 点以下时，仍能保持 V_1 导通和 V_2 截止的状态不变。

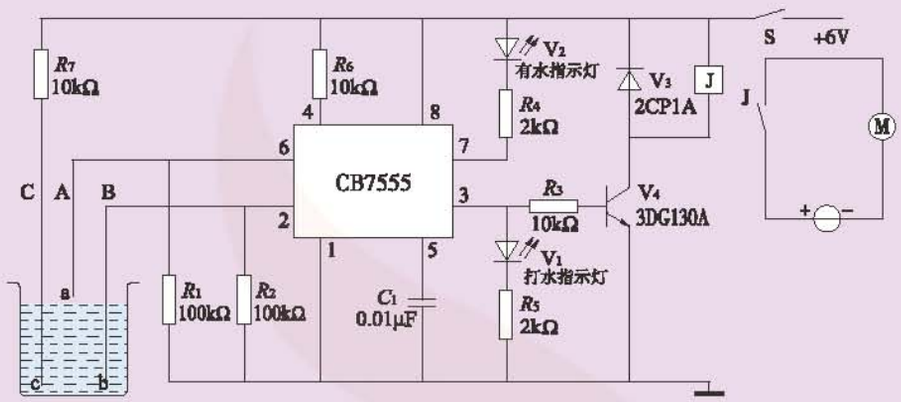
3. 调试

参见方案 A 调试方法。

微信公众号：电子课本大全

设计方案C

1. 电路图



555电路组成的水箱闭环电子控制系统电路图

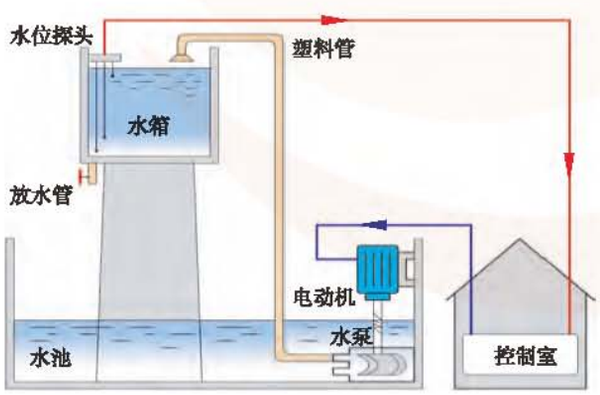
2. 本电路采用CB7555集成电路作为系统的控制（处理）部分，其调试过程参照方案A中的调试方法。

马上行动

请画出水泵自动给水工作流程图。

讨论

根据水箱水位闭环电子控制系统的工作过程，分析水箱水位的干扰因素，并提出抗干扰的措施。



水位闭环电子控制系统示意图



水位闭环电子控制系统模型

微信公众号：电子课本大全

小资料

设计和制作水位电子控制系统模型

（1）利用大小不同的透明塑料瓶设计一个水箱和水池。

（2）将水泵轴心和电动机轴心用弯曲成螺旋状的弹簧铁丝连接起来。

（3）将电动机接通电源，观察离心水泵是否能正常运转。如发现振动过大，重新调整电动机轴心和水泵轴心，使两者在一条直线上。

（4）将电动机和水泵固定在水池旁边，如上页示意图所示。

（5）塑料管一端与离心水泵出水端连接，另一端放入水箱中。

模型整体调试

（1）进行总装检查，确认安装无误。

（2）仔细调整水箱高水位探头和低水位探头的位置，并使三个探头保持一定的水平间隔距离。

（3）往水池里放水，将离心泵浸没水中（注意：电动机不能接触水）。

（4）用注射器往离心水泵的出水管中注水，使出水管中灌满水。

（5）安装电子控制系统的电源电池和电动机电路中的电源电池。

（6）合上电源开关，观察水箱供水系统能否正常工作，若出现故障，分段检查和分析故障的原因并排除。

设计和安装闭环电子控制系统的一般步骤如下：

（1）按照设计要求，确定被控量和被控对象。

（2）如果对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对象实施控制。

（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少至最低。

（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。

练　习

下面两道题目，选做一题。

1. 按照课文中鸡蛋孵化温度闭环电子控制系统案例分析，设计和安装一个热水器温度控制系统，并进行试验，写出试验总结。

2. 按照课文中水箱水位闭环电子控制系统案例分析，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。

微信公众号：电子课本大全

三 遥控电子控制系统的设计和应用

1. 遥控系统的组成、分类及其应用
2. 简单红外遥控系统的设计安装和调试

学习目标

1. 了解常见遥控系统的组成、分类及其应用。
2. 能用集成电路设计安装简单的红外遥控系统，并进行调试。

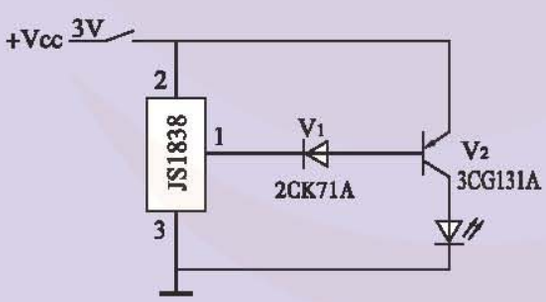
当你舒适地坐在椅子上收看电视节目，手拿遥控器选择频道、调节音量的时候；当你通过遥控器调节空调的开关和温度的时候；当你拿着遥控器控制你的遥控小车，尽情玩耍的时候，你有没有想过，一个小小的遥控器为什么会有如此神奇的“力量”呢？其实，道理很简单，你手中的遥控器和电视、空调、小车中的一些器件组成了一个遥控系统，这样，通过遥控器就可以对它们进行远距离控制。

1 遥控系统的组成、分类及其应用

下面我们通过一个简易制作的例子来认识遥控系统。

左下图是一个红外遥控小灯模型的电路图。其中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。

按图安装简单的遥控接收电路。安装完成后再找一个电视机的遥控器，对准遥控小灯模型的接收头按住遥控器上的按钮不放，小灯就马上点亮，释放按钮，小灯立即熄灭。简易红外遥控小灯模型就这样方便地制作成功了。



简易红外遥控小灯接收电路



红外遥控器

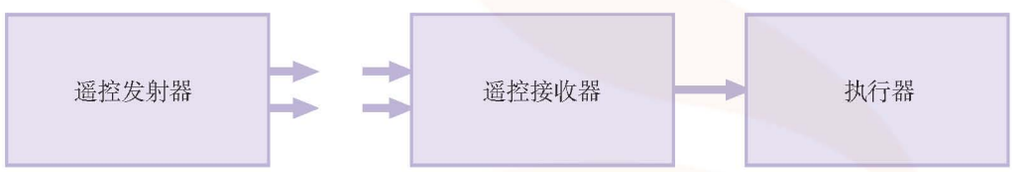
微信公众号：电子课本大全

上面所做的遥控小灯模型就是一个简单的遥控系统。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。

马上行动

说出你所知道的遥控系统。

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，如下图所示。



遥控系统方框图

遥控发射器一般由指令键、指令编码电路、调制电路、驱动电路和发射电路等组成。

遥控接收器一般由接收电路、放大电路、解调电路、指令译码电路和驱动电路等组成。

常见的执行器有继电器、电机等。

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。

无线电遥控主要是通过遥控发射器发出无线电波对被控对象进行控制，红外遥控则是通过发射器发出的红外线来操作被控对象。

马上行动

讨论无线电遥控和红外遥控的区别与联系，并填写下表。

区别 / 遥控器	传输距离	抗干扰能力	抗障碍物能力
无线电遥控			
红外遥控			

微信公众号：电子课本大全

小试验

试验目的：

了解红外遥控系统的控制过程。

试验准备：

演示试验中所做的遥控灯1只，不同的遥控器2只，如电视机遥控器、空调遥控器等。

试验过程：

甲、乙两人分别拿一只不同的遥控器，对准遥控灯。

（1）甲按住手中遥控器上任意键松开后，乙接着按。

（2）甲、乙两人同时按住手中遥控器上任意键，甲先松开，乙再松开。

试验记录：

记录试验过程中灯亮灭的情况：

（1）_____。

（2）_____。

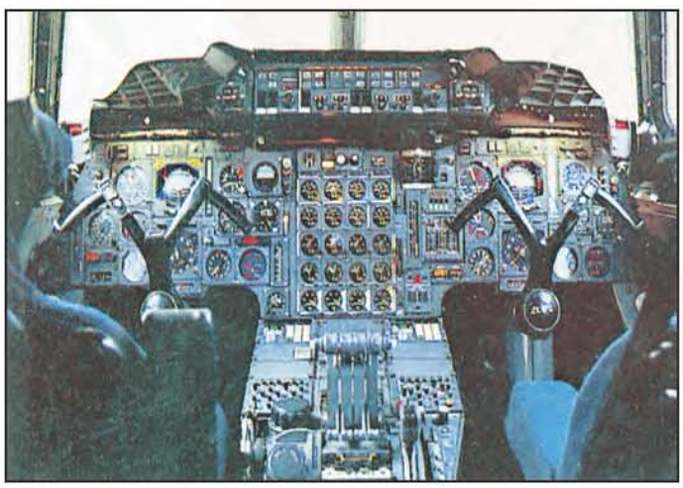
试验总结：

试验过程中，任何一只遥控器都能对发光二极管进行控制吗？如果家中的电视机遥控器也同样能控制空调的运作，会出现什么情况？我们可以采用什么办法来解决这个问题？

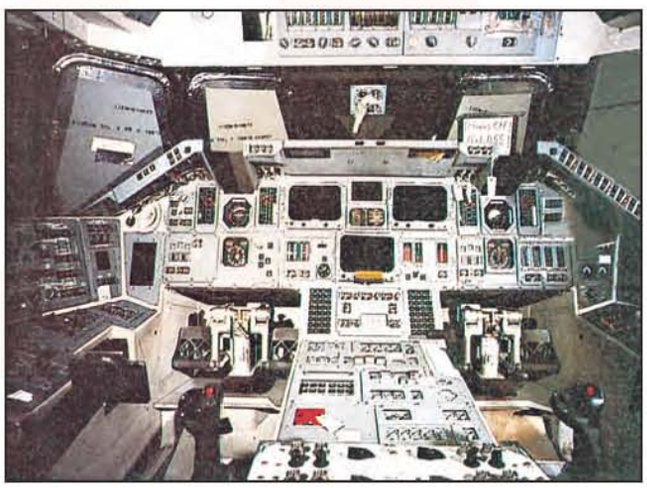
探究

为什么遥控器可以实现多种控制？例如，电视机遥控器可以实现开关、选台及音量、亮度、色彩等调节功能。

遥控技术在日常生活、工业、农业、国防等许多方面都有广泛的应用。例如，遥控机器人、民航飞机、航天飞机、无人侦察机、遥控报警器、遥控密码锁、遥控航模等，都是通过使用遥控技术来实现控制的。



民航飞机的操作舱



时刻与地面保持联系的航天飞机的主操作室

微信公众号：电子课本大全

讨论

遥控技术将在我们的日常生活中发挥出越来越大的作用。现在已能通过计算机网络来检查洗衣机的状况、实现对空调或各种加热装置进行设置（如电饭煲、电热水器等）、拉开活动百叶窗帘等。在你回家之前，只要轻轻按下按钮，一切准备就序。

请你设想遥控技术更多的用处，并和同学进行一次讨论和交流。

辩论

飞机启航前，为防止无线电波对飞机导航的干扰，保证飞机的安全，空中小姐会礼貌地请乘客们关闭手机、游戏机等。可见遥控技术也有一个正确使用的问题。那么，遥控技术本身有无负面影响？请就此进行辩论。

正方：遥控技术本身无负面影响　　反方：遥控技术本身有负面影响

理由：_____　　理由：_____

_____　　_____

_____　　_____

2 简单红外遥控系统的设计安装和调试

了解遥控系统的组成后，设计一个简单的遥控系统并不困难。

案例分析

一般门铃装置需要布线连接，经常碰到要在墙上钻洞穿线的麻烦事情。为此，请设计一种不需要在门铃按钮和门铃之间连线的新颖电子门铃。

【设计要求】

（1）在门铃和按钮之间不需布线。

（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的话，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。

微信公众号：电子课本大全

【设计方案】

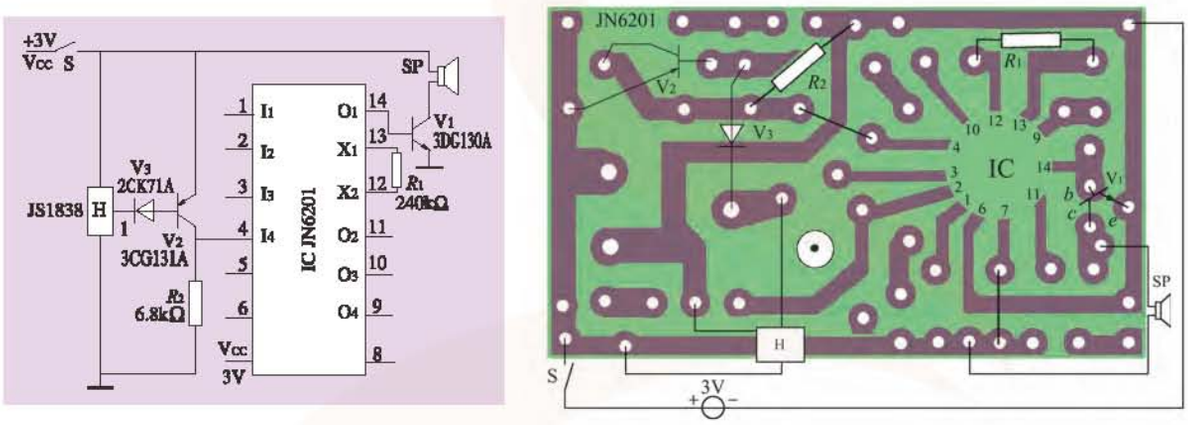
设计方案 A

（1）遥控发射器采用家用电器中的遥控器。

（2）遥控接收器参考红外接收电路。

（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下。



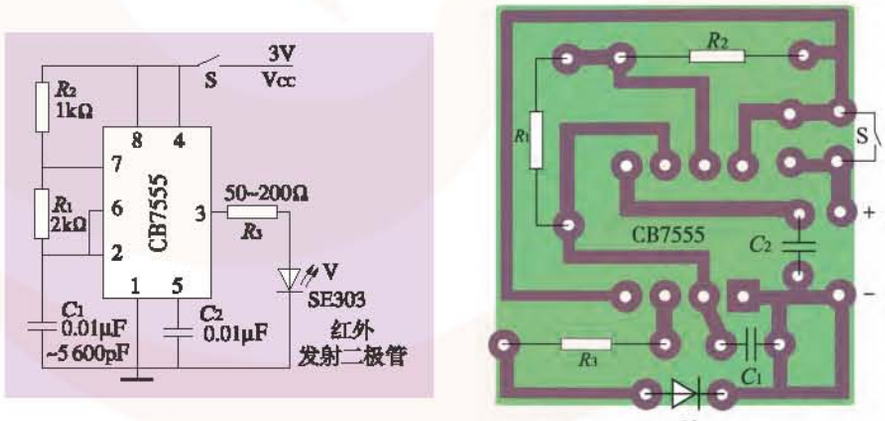
红外遥控门铃电路图和印制电路板图

设计方案 B

（1）采用 CB7555 时基电路制成的简易红外线发射电路。

（2）遥控接收器和音乐集成电路与方案 A 相同。

（3）电路图和印制电路板图如下。



红外发射电路图和印制电路板图

【安装调试】

根据尽量降低成本的要求，选择方案 A 进行制作。

微信公众号：电子课本大全

（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，使用家用电器中的遥控器进行调试，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。

思考

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？

练　习

设计和安装一台遥控电风扇模型。

本章小结

本章是对前面学习内容的拓宽，同时又通过应用性设计和制作对有关知识和技能进行了整合。

电子控制系统的设计和制作的一般过程如下：

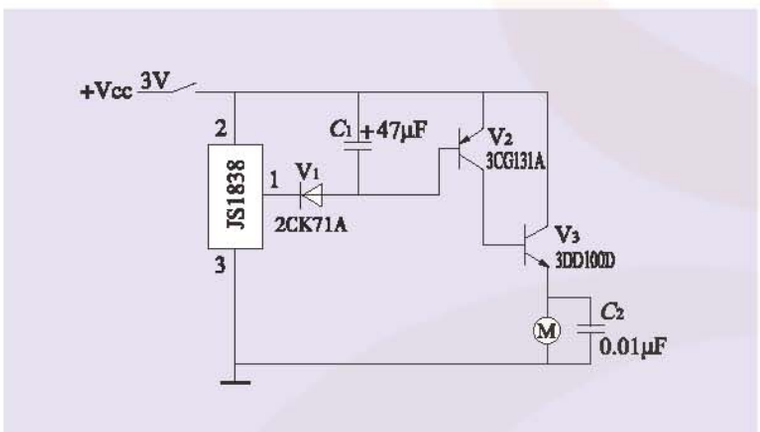
1. 按照设计要求分析被控量和被控对象。
2. 选择采用控制的方式。
3. 画出电子控制系统的方框图和电路图。
4. 按电路图进行安装调试。
5. 分析干扰因素，寻找减少干扰的方法，以改进设计方案。

微信公众号：电子课本大全

综合实践

GENERAL TECHNOLOGY GENERAL TECHNOLOGY

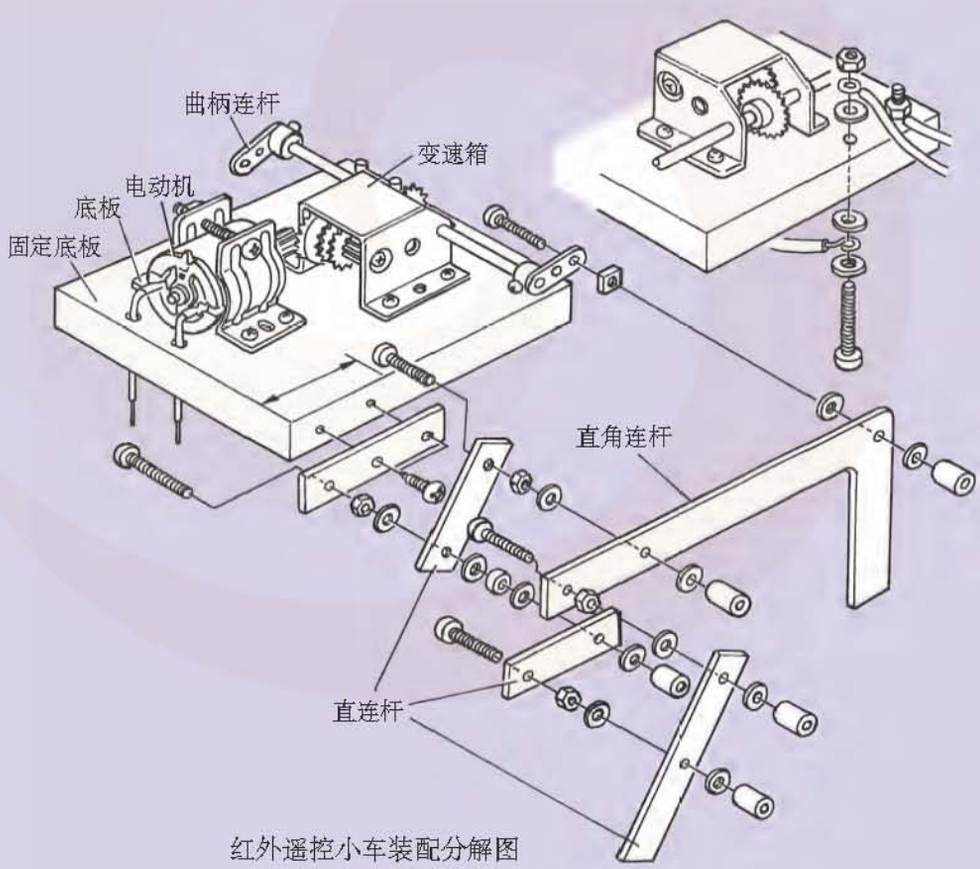
1. 下面是红外遥控小车控制电路图、红外遥控小车模型图、红外摇控小车装配分解图、完成装配的红外遥控小车图和红外遥控小车零件材料图。根据这些资料，请设计和制作一辆别致的简易红外遥控小车。



红外遥控小车控制电路图

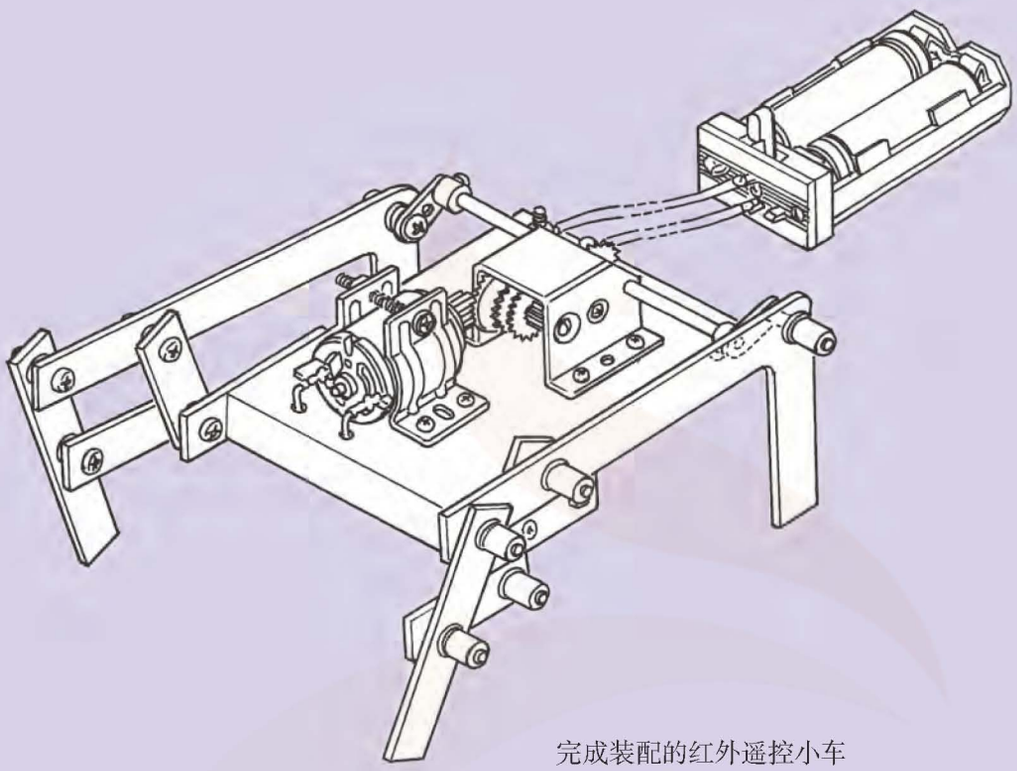


红外遥控小车模型

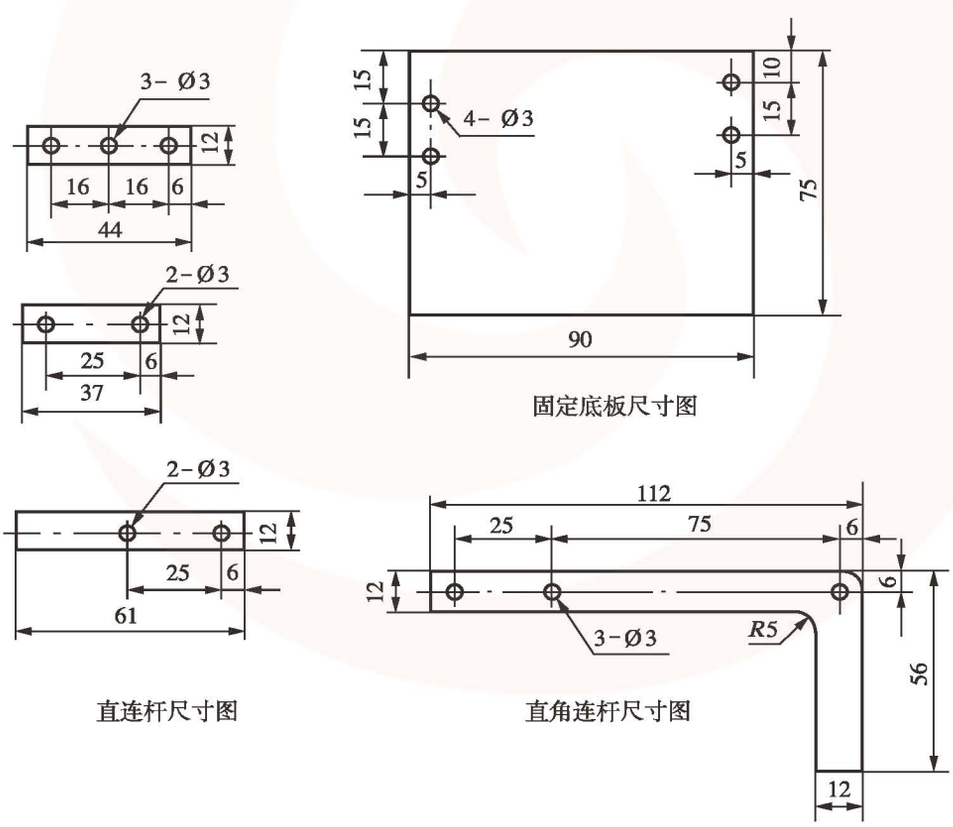


红外遥控小车装配分解图

微信公众号：电子课本大全



完成装配的红外遥控小车



直连杆尺寸图

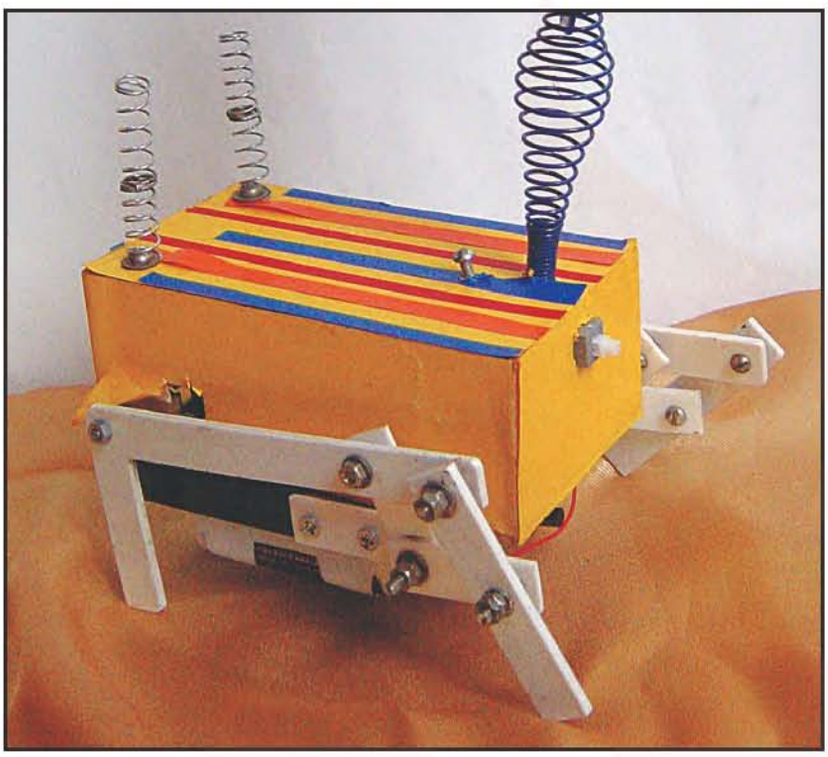
固定底板尺寸图

直角连杆尺寸图

红外遥控小车零件材料图

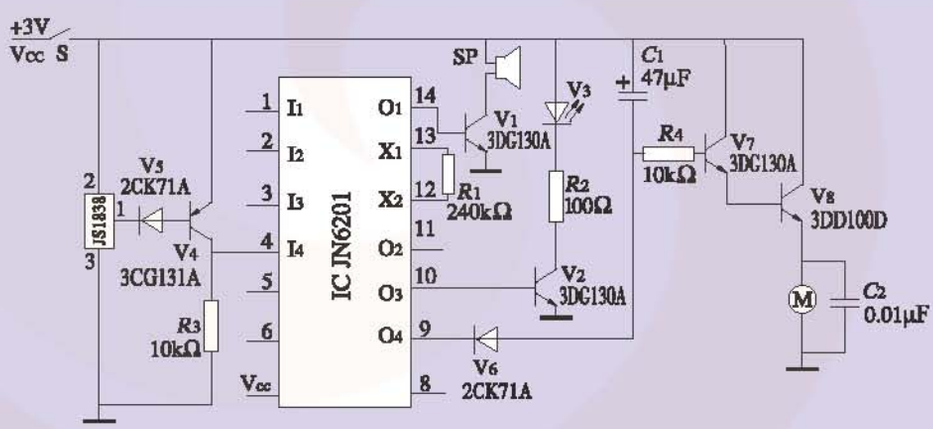
微信公众号：电子课本大全

2. 下图是高一（6）班陈成等同学设计的红外遥控“爬虫”，只要遥控发射器对着它，“爬虫”便会唱着歌、闪着眼睛对着红外源一步一晃地慢慢爬动起来。通过动手，陈成等同学还从中学到了不少机械知识，知晓了机电一体化是怎么回事。你能开动脑筋，亲自动手做一个吗？





高一（6）班陈成等同学设计的红外遥控“爬虫”



红外遥控“爬虫”电路图

3. 高中技术教学网站刊登了郑爱涛等6位同学的倡议，提出了开发“一”字电子报警系列产品研究项目，项目清单如下：

（1）一“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）一“开”即报

门户、保险箱盖等一旦被非正常开启，报警器即报警。

微信公众号：电子课本大全

（3）一“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）一“动”即报

移动物体时发生轻微震动，便能发出报警。

（5）一“亮”即报

当放在暗处的物体移到有光线处曝光，立即发出报警。

（6）一“遮”即报

只要将物体遮挡光线，便能自动报警。

（7）一“摸”即报

只要一触摸物体，便立即报警。

（8）一“湿”即报

只要与水一接触，便能报警。

（9）一“靠”即报

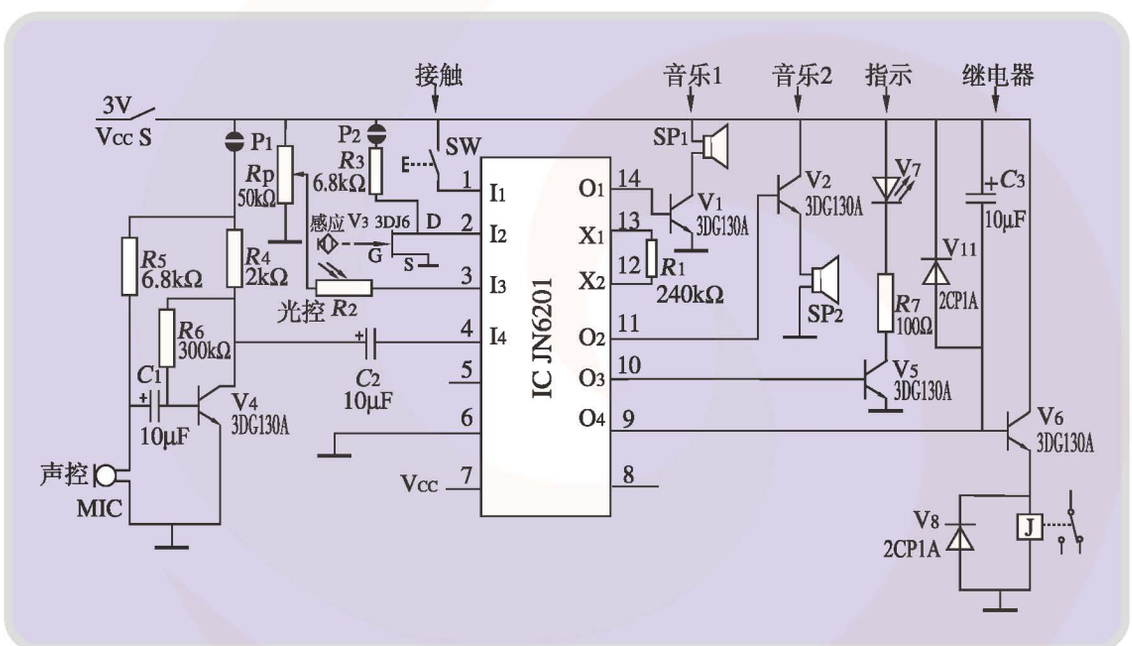
只要近距离靠近物体，便能报警。

（10）一“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。

小资料：对下列电路进行改进，可供设计和制作“一”字电子报警系列产品。

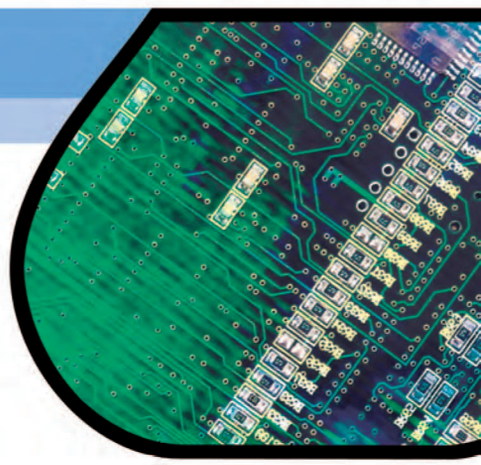


微信公众号：电子课本大全

第五章 学习评价

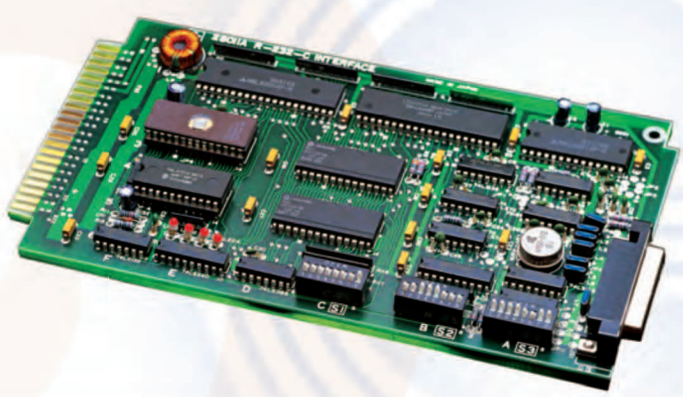
评价内容		自我评价
学习过程	课内完成学习任务情况	
	课外完成学习任务情况	
	学习态度评价	
	学习水平评价	
学习结果	本章学习目标实现情况	
	学习本章内容的收获与不足	

微信公众号：电子课本大全



附　录

一　电子元器件
二　多用电表和示波器
三　电子虚拟试验



微信公众号：电子课本大全

一 电子元器件

1. 电阻器
2. 电容器
3. 电感器
4. 半导体二极管
5. 半导体三极管
6. 集成电路
7. 片状元器件

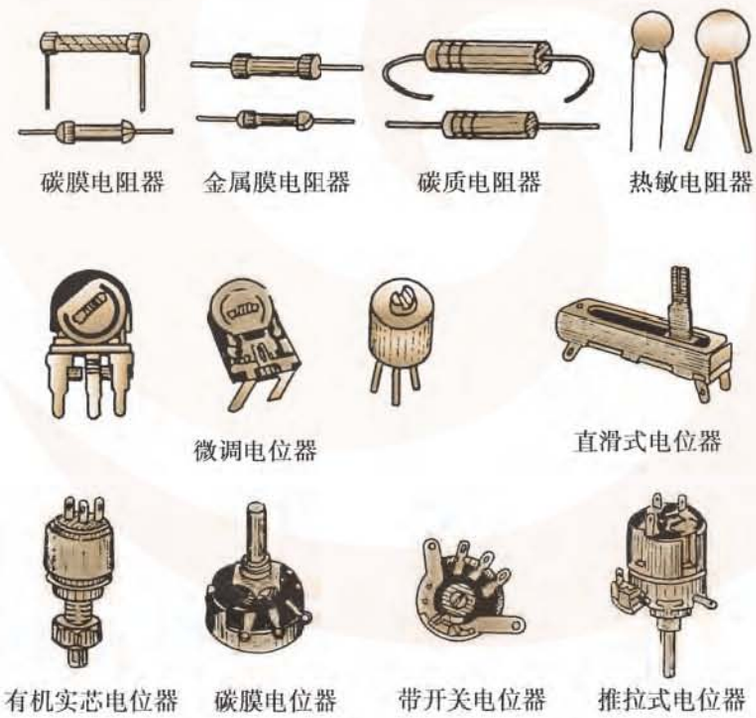
在收音机、电视机、计算机、温度控制器、报警器、数控机床等各种电子设备的内部，都可以看到安装在印制电路板上的电阻、电容、电感等元件和二极管、三极管、集成电路等器件，正是这些元器件的适当组合构成了各种电子电路系统，实现了特定的功能。

1 电阻器

电阻器（resistor）简称电阻，是电子电路中应用最多的元件。

电阻的单位是“欧姆”，简称“欧”，用字母　表示，常用电阻的阻值范围非常大，所以又规定了千欧、兆欧两个单位，分别用k　、M　表示。

电阻器按结构来分，有固定电阻器、可变电阻器等。



电阻器的外形

固定电阻器是指阻值固定不变的电阻器，在电路图中用符号 —▭— 表示。

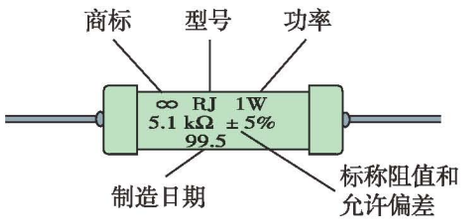
可变电阻器是指电阻值可以调节的电阻器，又称为电位器，在电路图中用符号 —▭↓— 表示。它的阻值可以从零调节到几千欧，甚至可以从零调节到几兆欧。在收音机、电视机中，就是用电位器来调节音量大小的。

可调电阻器是一种可变电阻器，它的阻值可以在小范围内调节，故又称微调电位器。

微信公众号：电子课本大全

直标法

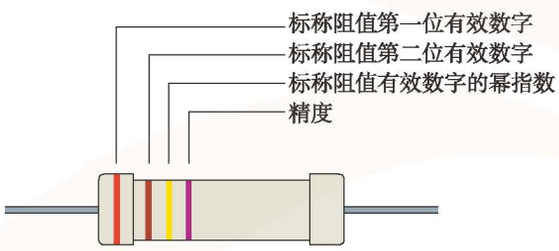
将电阻值、误差、功耗等参数直接印在电阻体上，这就是直标法，如右图所示。



电阻值直标法

色标法

颜色也是一种符号，用不同的色彩表示不同的数值或功能是一种常用的方法，这就是色标法。随着集成电路的发展，电路的耗电量越来越小，新电阻材料的出现使得电阻可做得越来越小，很难用数字标示在电阻上，于是采用色环标示电阻值和精度便成为一种常用的方法，如下图所示。



两位有效数字的电阻色标法

色环颜色对应的数字

颜色	有效数字	幂指数	精度（%）
黑	0	10^0	—
棕	1	10^1	±1
红	2	10^2	±2
橙	3	10^3	—
黄	4	10^4	—
绿	5	10^5	±0.5
蓝	6	10^6	±0.2
紫	7	10^7	±0.1
灰	8	10^8	—
白	9	10^9	+50 −20
无	—	—	±20
银	—	10^{-2}	±10
金	—	10^{-1}	±5

微信公众号：电子课本大全

选用电阻器时要注意下面两点。

（1）标称阻值

选用电阻器的电阻值必须符合标称阻值系列中的电阻值。下表中的标称阻值可以乘以10^n，其中n为整数，例如4.7这个标称阻值，就有0.47 Ω、4.7 Ω、47 Ω、470 Ω、4.7 kΩ、47 kΩ等。允许偏差是指电阻真实值与标称值之间允许的误差值。

电阻器的标称阻值系列

E24 允许偏差 ± 5%	E12 允许偏差 ± 10%	E6 允许偏差 ± 20%	E24 允许偏差 ± 5%	E12 允许偏差 ± 10%	E6 允许偏差 ± 20%
1.0	1.0	1.0	3.3	3.3	3.3
1.1			3.6		
1.2	1.2		3.9	3.9	
1.3			4.3		
1.5	1.5	1.5	4.7	4.7	4.7
1.6			5.1		
1.8	1.8		5.6	5.6	
2.0			6.2		
2.2	2.2	2.2	6.8	6.8	6.8
2.4			7.5		
2.7	2.7		8.2	8.2	
3.0			9.1		

标称阻值的优越性在于，在同一系列相邻两值中，较小数值的正偏差与较大数值的负偏差彼此衔接或重叠，使所有制造出来的电阻器都可以按照一定的标称值和误差分拣出来。标称阻值即是电阻的标准件电阻值。

（2）额定功率

当流过的电流过大时，会造成电阻器过热甚至烧坏，因此规定了电阻器的额定功率。

在正常大气压及额定温度下，电阻器长期连续工作并能满足规定的性能要求时，所允许耗散的最大功率称为电阻的额定功率。

常用小型电阻器的额定功率一般分为1/20 W、1/8 W、1/4 W、1/2 W、1 W、2 W等。选用电阻器时，一定要考虑额定功率的大小，以保证电阻器的安全工作。

2 电容器

电容器（capacitor）简称电容，它由两个靠得很近的金属片（箔）组成，中间用绝缘材料（电介质）隔开。由于电容器的两个极板是绝缘的，故直流电不能通过电容器。

在电路中，电容器可以用作隔离直流，并能耦合变化的信号，常用于耦合电路、振荡电路、调谐电路、滤波旁路和延时电路等电路中。

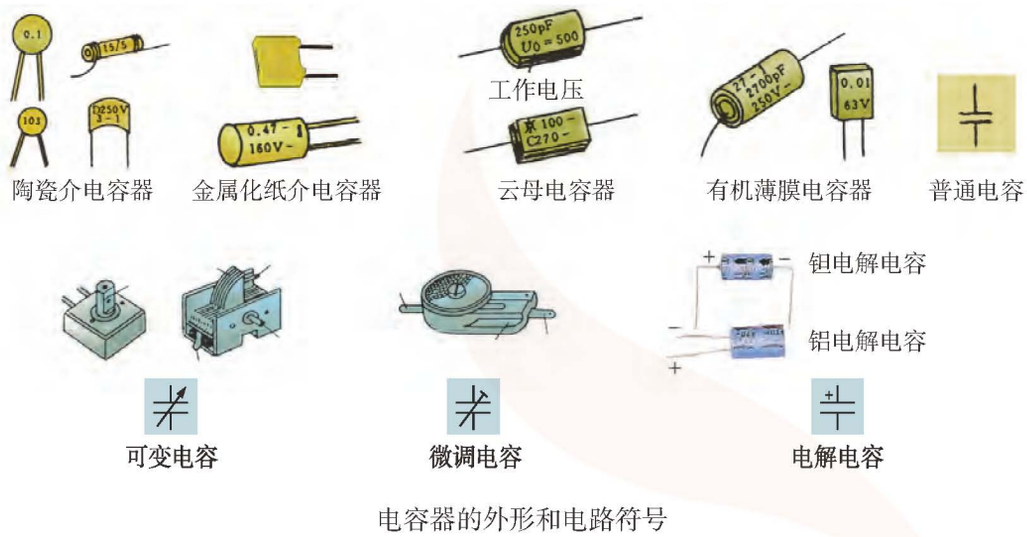
电容器储存电荷的能力用电容量表示，单位是“法拉”，简称“法”，用字母F表示。常用电容的电容量一般只有几百万分之一法或更小，为了使用上的方便，又规定了几种更小的单位，如微法（μF）、皮法（pF）。

1F（法）= 1 000 000 μF（微法），1 μF（微法）= 1 000 000 pF（皮法）。

在标注时，常常将“F”省略，只标出“μ”或“p”。

微信公众号：电子课本大全

常用电容器的外形和电路符号如下图所示。



电容器的外形和电路符号

电容器可分为固定电容器和可变电容器两大类。

固定电容器是指电容量是某一固定数值的电容器，这类产品有许多种，形状各异，使用的介质材料也有多种。常用的有瓷介电容、云母电容、聚苯乙烯电容、聚酯薄膜电容等无极性电容器和有极性的铝电解电容、钽电解电容等。有极性电容的特点是电容量大，一般可达几微法至几千微法。在需要大容量电容时必须用它。有极性电容的两个电极引线有正、负极之分，接入电路时，正极接高电位端，负极接低电位端。如果接反，会损坏电容器，甚至引起电容器爆炸。

可变电容器是指电容量可在一定范围内匀滑改变的电容器。微调电容器又称预调电容器，它的电容量可调范围很小，一般为几皮法至几十皮法，在电路中用于电容量的补偿，调整后一般就不再改变。

选用电容器时要注意下面三点。

（1）电容量的标称值

与电阻器一样，电容器产品的电容量必须符合标称值规范，规定使用的是E12系列或E6系列。

（2）电容量的标示方式

大多数电容器的电容量都直接标在电容器的表面上，例如“220 pF　600 V”，表示电容量是220 pF，最大工作电压是600 V。

常用的圆片瓷介电容器体积比较小，一般只标出电容量。如0.047、0.01、3 300、22等，在数字后面不标出单位。通常规定，当数值是几十、几百、几千时，单位均为pF，如3 300即3 300 pF，22即22 pF；当数值小于1（即零点几）时，单位均为μF。

还有一些小型瓷介电容器采用三位数字表示电容量的大小，如102、224、331等。三位数字的前两位表示电容量的有效数字，最后一位数字表示有效数字后加多少个零，单位是pF。上面几个数码的含义是1 000 pF、220 000 pF、330 pF。

电容量的标示方法也有类似电阻的色标法，其数值与色标的对应关系也与电阻的色环相同，但是单位为pF。

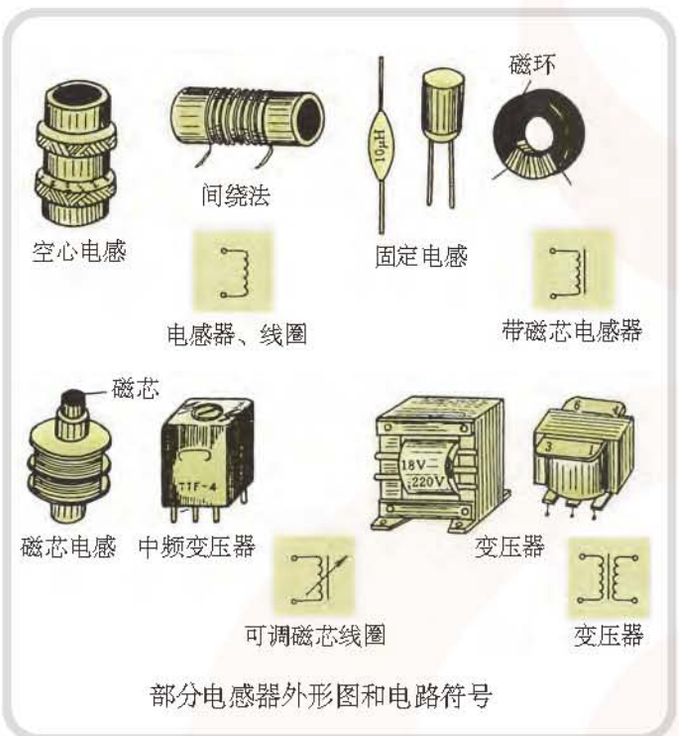
（3）电容器的额定直流工作电压

电容器的额定直流工作电压是指电容器在电路中能够长期可靠地工作而不被击穿的直

微信公众号：电子课本大全

流电压（又称耐压）。如果电容器是用在交流电路中，应注意所加交流电压的最大值（峰值）不能超过额定直流工作电压。

3 电感器



部分电感器外形图和电路符号

电感器（inductor）通常称为电感线圈或线圈。线圈有空心线圈（无骨架或有骨架）、磁芯线圈和可调磁芯线圈等三类。电感器像电容器一样也是储能元件，电感器把电能转换成磁场能并储存在磁场中。

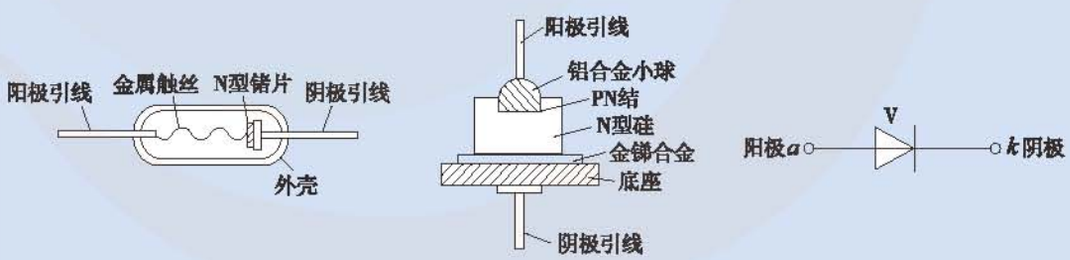
电感器储存磁场能能力的大小用电感量来衡量，电感量的单位是“亨利”，简称“亨”，用字母H表示。实际使用中，常用较小的单位，千分之一亨利即“毫亨”（mH），百万分之一亨利即“微亨”（μH），它们之间的关系是：

$1\text{H} = 1\,000\ \text{mH} = 1\,000\,000\ \mu\text{H}$ 。

由于电感线圈是用金属导线绕制成的，总会有一定的电阻，线圈的电阻越小其性能就越好。常用品质因数“Q”来表征这一特性，简称Q值。Q值越大，电感线圈自身的损耗越小，在电路中的性能越好。一般电感器的Q值在几十到几百之间。例如，收音机的磁性天线线圈大多采用多股漆包线绕制，就是为了增加电感量和Q值并缩小体积。

4 半导体二极管

半导体二极管（diode）又称晶体二极管，简称二极管。二极管由一个半导体PN结、两个电极引线和管壳组成，它的结构和电路符号如下图所示。



（a）点接触型　（b）面结合型　（c）电路符号

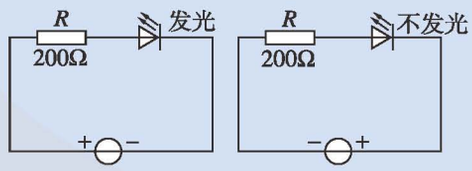
二极管的结构和电路符号

二极管的极性通常在管壳上用电路符号表示。也可用色环标示，靠近色环一端的电极引线是二极管的阴极。

微信公众号：电子课本大全

利用不同特性的半导体材料，能使电能与光能相互转换，可以制成发光二极管（LED，light emitting diode）、光敏二极管（photo diode）等不同用途的二极管。发光二极管有发出红外、红、黄、绿、蓝等各种波长的光的二极管，近来又开发出能发出白色光的发光二极管。发光二极管的工作电流一般在 3 ~ 20 mA 之间，导通电压一般在 1.6 V 以上。光敏二极管工作时需加反偏电压。

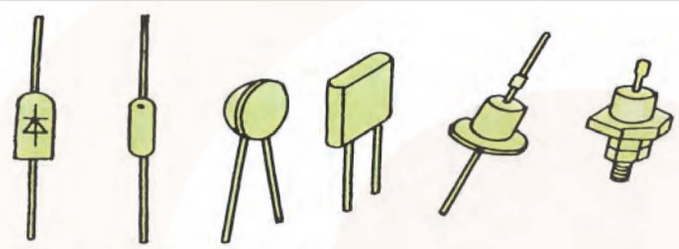
如右图所示，将发光二极管与 200 Ω 电阻串联后，接到 3 V 电池的两端，当二极管的阳极接电池的正极时，发光二极管就导通发光；当阳极接电池的负极时，发光二极管就截止不发光。这就是二极管的单向导电特性。



二极管单向导电性

利用二极管的单向导电性可以对交流电整流。例如，手机电池的充电器中就使用了整流二极管；收音机的检波电路、电视机的鉴频电路中，都使用了二极管。

使用二极管时一定不能超过二极管的额定参数（电流、电压、温度等），否则就会损坏二极管，使电路不能正常工作。

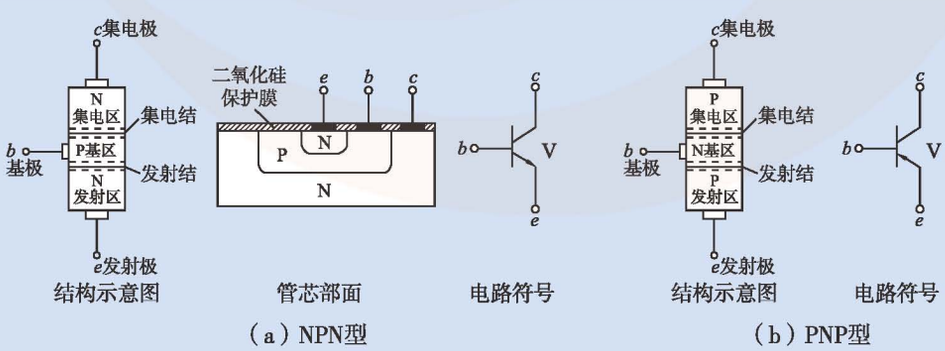


常用二极管的外形图

5 半导体三极管

半导体三极管（transistors）又称晶体三极管，简称三极管。三极管是电子电路中的核心器件之一，大多数电子电路都是围绕三极管展开的，它也是集成电路中的基础器件。

在一块半导体基片上制作两个极靠近的 PN 结，即构成三极管的管芯。两个 PN 结把整个三极管分成三部分，按排列顺序，有 NPN 型和 PNP 型两种结构，如下图所示。



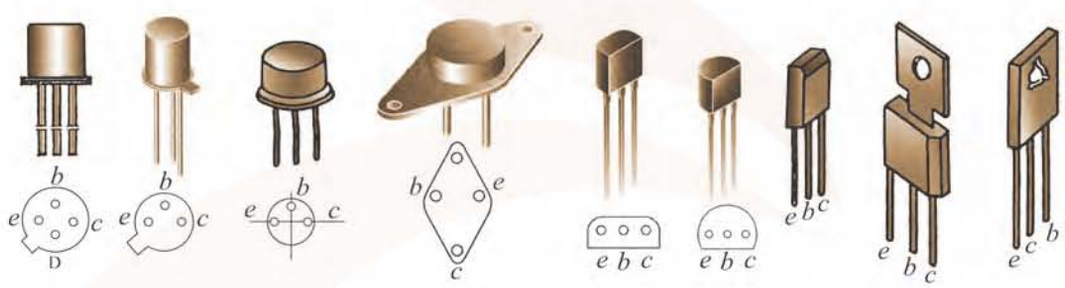
三极管的结构和电路符号

微信公众号：电子课本大全

三极管有三个区：发射区、基区和集电区；三个电极：发射极（e）、基极（b）和集电极（c）；两个PN结：发射结和集电结。

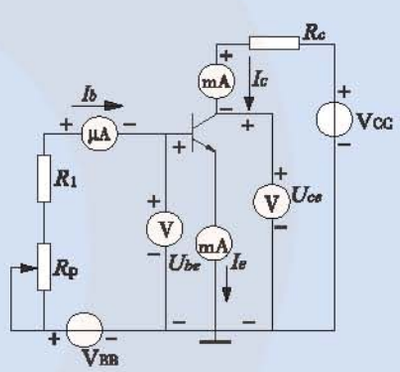
图中所示的电路符号中，发射极箭头所指的是发射结正向偏置导通时的电流方向。可以看出，NPN结型三极管发射极箭头指向管外，而PNP结型三极管发射极箭头指向管内。

三极管的种类很多。按半导体材料分，有锗管和硅管等；按频率分，有高频管和低频管等；按功率分，有小、中、大功率管等；按用途分，有普通三极管和开关三极管及其他特殊用途三极管等；按外形分，有外引线型和贴片型等；按结构分，有双极型晶体管（BJT，bipolar junction transistor）和场效应三极管（FET，field effect transistor）等。BJT是一种电流控制器件，FET是一种电压控制器件。如果不加以特别注明，通常所说的三极管是指BJT。



三极管的外形

为了使三极管正常工作，必须在基极和发射极之间加上正向电压，而集电极和基极之间加上反向电压。如右图所示，由于b极和e极之间有正向电压，所以电子从发射极向基极移动。又因为c极和b极间施加了反向电压，因此，从发射极向基极移动的电子在高电压作用下，通过基极进入集电极。于是，在基极所加的正向电压作用下，发射极大量的电子被输送到集电极，产生集电极电流。调节电位器R_P的电阻值，可以改变基极电流I_b的大小，同时集电极电流I_c也随之改变，由于集电极负载电阻R_c的存在，使集电极与发射极之间的电压U_{ce}也随之变化。各电流的测量数据如下表所示。



三极管中各极电流测量

三极管的电流分配关系

I_b/mA	0	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12	0.14
I_c/mA	0	0.7	1.11	1.48	2.75	2.8	3.5	3.6	3.6
I_e/mA	0	0.72	1.14	1.52	2.82	2.88	3.6	3.72	3.74

从测量结果可以看出，三极管有三种工作状态。

（1）截止状态。当R_P阻值很大时，加在三极管发射结的电压小于PN结导通的电压，基极电流$I_b=0$，此时$I_c=0$，集电极和发射极相当于一只断开的开关。

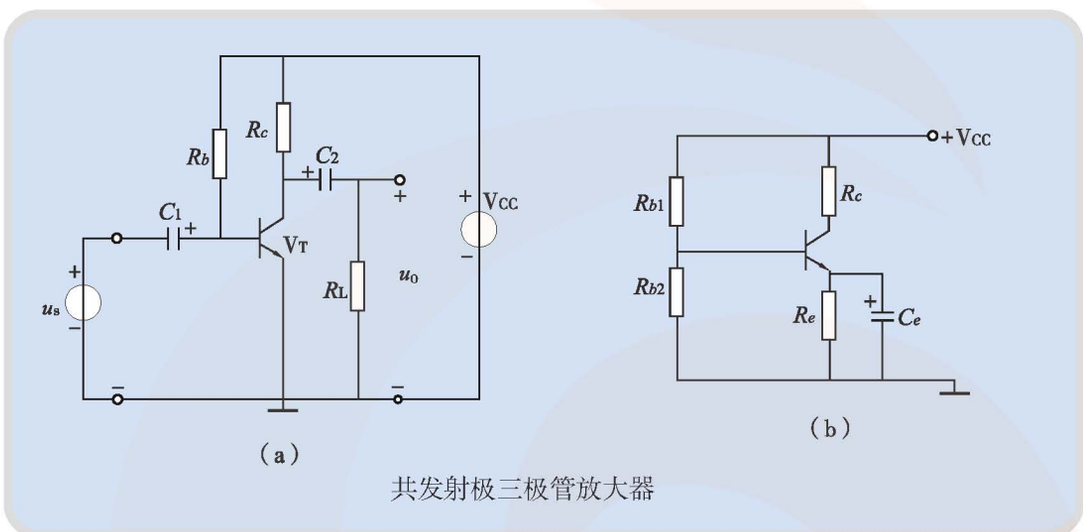
微信公众号：电子课本大全

（2）放大状态。当阻值 R_p、R_1 和 R_c 合适，发射结加上正向电压，集电结加上反向电压时，三极管具有电流放大作用，集电极电流 $I_c = \beta I_b$（β 也称 h_{FE}）称为三极管的电流放大系数，一般其值在 20 ~ 150 之间。

（3）饱和导通状态。当 R_p、R_1 的阻值很小时，发射结和集电结都处于正向偏置状态时，三极管的 I_c 基本不随 I_b 的变化而变化，或 I_c 已不受 I_b 的控制，三极管处于饱和状态。三极管饱和时的 U_{ce} 值称为饱和压降，记作 U_{ces}，小功率管小于0.6 V，锗管小于0.3 V。此时，集电极与发射极之间相当于一只接通的开关。

三极管在合适的工作状态下，可作为一个放大器，也可以利用三极管的截止和饱和状态作为一个开关。

典型的共发射极放大器如下图所示，利用三极管的基极电流对集电极电流的控制作用，实现对输入信号的放大。Vcc 是为放大器提供电压的直流电源，通过基极偏置电阻 R_b 给三极管发射结以正偏，Vcc 也是集电极电源，给三极管的集电结以反偏。



共发射极三极管放大器

通常把放大器输入回路、输出回路和电源的公共端点作为参考电位点，即零电位点，称为“地”，图形符号为 ⊥，在设备中是与金属外壳或底板相连，并不是与大地连接。在电路图的习惯画法中，省去电源 Vcc 的电路符号，仅标出电源一端对“地”电压极性（+ 或 − ），如 + Vcc、+ 6 V 等。

C_1、C_2 是耦合电容，低频放大器中一般使用电容量较大、有极性的电解电容器，在电路图中要正确地表示它的极性。利用电容器“隔直流、通交流”的特性，一方面可以隔断信号源 u_s 与放大器、放大器与负载 R_L 之间的直流联系，避免信号源和负载对放大器直流工作状态的影响，同时又连接了信号源、放大器、负载三者之间的交流通道，使放大器得以放大和传输交流信号。

输入信号源 u_s 指输入传感器（如热敏电阻、话筒、摄像头等）或前级放大器，负载 R_L 指后级放大器或输出设备（如扬声器、发光二极管、继电器、温控设备等）。

有的放大器电路为提高三极管直流工作点的稳定性，在发射极和基极还加上 R_{b2}、R_e 电阻和滤波（旁路）电容 C_e，使发射极对交流信号呈接“地”状态。

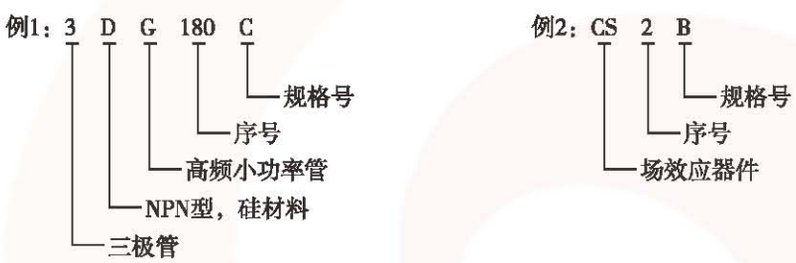
必须注意的是，使用三极管时，施加在三极管上的电压、电流和功率都不能超过制造商给出的额定值。

微信公众号：电子课本大全

半导体器件的命名方法如下表所示。

中国半导体器件型号组成部分的符号及其意义

第一部分		第二部分		第三部分				第四部分	第五部分
用数字表示器件的电极数目		用汉语拼音字母表示器件的材料和极性		用汉语拼音字母表示器件的类型				用数字表示器件序号	用汉语拼音字母表示规格号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义		
2	二极管	A B C D	N型，锗材料 P型，锗材料 N型，硅材料 P型，硅材料	P V W C Z L	普通管 微波管 稳压管 参量管 整流管 整流堆	D A T Y B	低频大功率管 高频大功率管 半导体闸流管（可控整流管） 体效应器件 雪崩管		
3	三极管	A B C D E	PNP型，锗材料 NPN型，锗材料 PNP型，硅材料 NPN型，硅材料 化合物材料	S N U K X G	隧道管 阻尼管 光电器件 开关管 低频小功率管 高频小功率管	J CS BT FH PIN JG	阶跃恢复管 场效应器件 半导体特殊器件 复合管 PIN管 激光器件		



注：场效应器件、半导体特殊器件、复合管、PIN管和激光器件的型号命名只有第三、四、五部分。

6 集成电路

运用集成工艺，把二极管、三极管、电阻、电容等各种元器件集中制作在一块半导体基片上，再封装在一个特殊的外壳中，构成一个完整的具有一定功能的单元电路、子系统或系统，成为一个完整的器件，称为半导体集成电路，简称集成电路（IC，integrated circuits），用字母IC表示。集成电路的优点是体积小、重量轻、耗电少，不存在元器件的焊接不良问题，可靠性高。

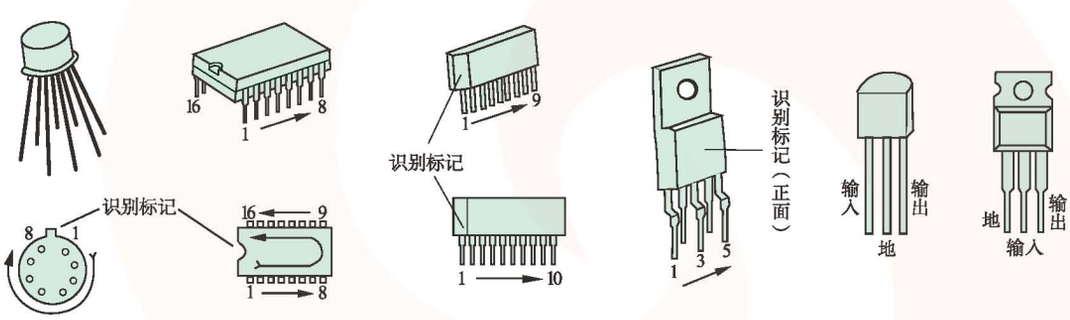
集成电路从1958年开发成功后，获得了飞速的发展，经历了单元电路、小规模（元器件数100个以下）、中规模（元器件数100～1 000个）、大规模（元器件数1 000～100 000个）、超大规模（元器件数10^5～10^7个）、极大规模（元器件数10^7个以上）等阶段，目前已发展到整个系统集成在一个芯片上，即片上系统，使电子设备的体积不断缩小，重量大大减轻，成本不断下降，可靠性不断提高，功能与性能极大地增强与提高，尤其是促进了数字化、信息化和智能化的快速发展。也正因为此，移动电话、彩色摄像机、PC机、笔记本电脑和各种电子控制系统等才有今天这样的普及程度。

微信公众号：电子课本大全



晶圆、各种集成电路、芯片安装结构、安装集成电路和元件的印制板

按功能划分，集成电路可分为模拟集成电路、数字集成电路、接口电路和特殊电路等。



集成运算放大器外形及管脚识别　　三端固定集成稳压器的封装及引脚排列

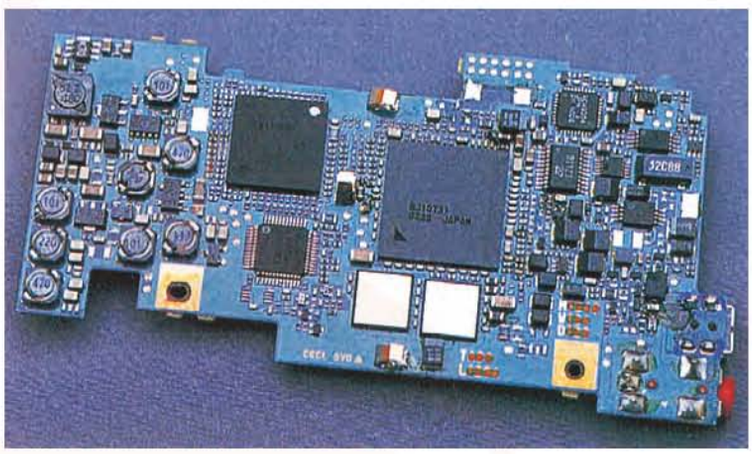
部分集成电路外形及引脚识别

7 片状元器件

片状元器件（chip components and devices）是无引线或短引线的新型微小型元器件。这是为配合表面组装技术的需要而开发的专用元器件，它具有尺寸小、重量轻、安装密度高、抗振性强、高频特性好、抗干扰能力强等优点。片状元器件可以直接安装在印制板表面，而且安装、焊接过程可实现自动化、智能化，使得整机内部结构更紧凑，体积更小。目前片状元器件已被广泛应用于计算机、移动通信设备、手机、数码相机、摄录像一体机、彩电高频头、DVD 等产品中。

微信公众号：电子课本大全

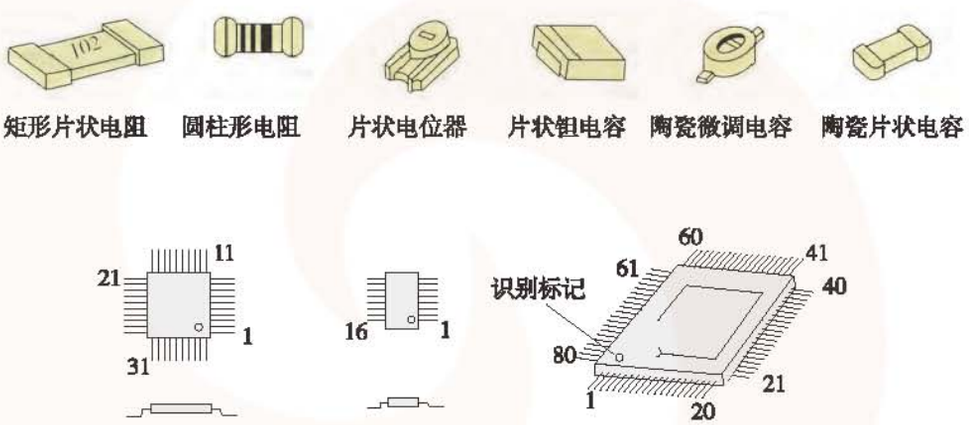






片状元器件可使整机更轻更小。

GENERAL TECHNOLOGY



常用片状元器件的外形图

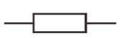
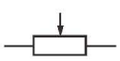
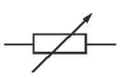
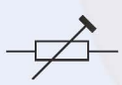
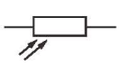
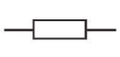
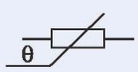
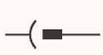
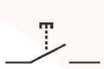
链接

目前国内外各种类型的电子元器件品种繁多，而且发展快，新的品种不断出现，使用时要根据具体情况，查找产品的使用手册，明确它们的特性及相应的技术参数，合理选用。

《无线电元器件精汇》，《无线电》编辑部编，人民邮电出版社。

微信公众号：电子课本大全

常用电子元器件名称和符号

元器件名称	电路符号*	旧符号**	元器件名称	电路符号*	旧符号**
电阻器			PNP三极管		
带滑动触点的电位器			传声器		
可调电阻器			扬声器		
光敏电阻			受话器（耳机）		
热敏电阻			蜂鸣器		
电容器			具有两个电极的压电晶体或压电蜂鸣器		
极性电容器（如电解电容）			天线		
可变电容器			接地		
预调电容器			接机壳、接底板		
电感器			插头与插座		
带磁芯连续可变电感器			开关		
铁芯变压器			按钮开关		
磁芯变压器			熔断器		
二极管			动合（常开）触点		
发光二极管			动断（常闭）触点		
光敏二极管			直流电源		
齐纳二极管（稳压管）			交流电源		
晶闸管			电流表		
NPN三极管			电压表		
			灯泡		

* 国家标准（GB）1999 年、2000 年，这是采用国际电工委员会 ICE1996 年以来的最新版本国际标准。

** 过去国标中曾用过的符号，现已取消或其他国家曾使用的符号。

微信公众号：电子课本大全

二 多用电表和示波器

1. 多用电表
2. 示波器

在电子电路的安装、调试、性能检测和检修过程中，经常要用到各种电子测试仪器，一般可分为通用仪器和专用仪器两类。学习电子测量技术，正确使用电子测试仪器进行调试和检测，是保证电子电路正常工作的基本环节。本节将介绍多用电表、示波器两种常用的通用仪器，介绍其使用方法和注意事项。

1 多用电表

多用电表（multimeters）是最常用的测试仪器，具有用途广、量程宽、使用方便和价格低廉等优点。

多用电表可分为数字式和模拟式两大类（如下图所示）。

数字式多用电表具有读数容易的优点，而模拟式多用电表能方便快速地观察近似值或被测值的变化情况。

使用多用电表前，要检查零点是否正确。对模拟电表，必须先调准指示表针的机械零点。使用多用电表测量时，必须选择正确的被测参数挡，如直流电压、直流电流、交流电压、交流电流、电阻、晶体三极管 值等测量挡，同时还要选择合适的量程挡。

使用多用电表时，还必须注意两根测量表棒的正、负极性。



多用电表

多用电表的品种繁多，使用前必须仔细了解表面各个刻度对应的测量参数和调节旋钮的功能。如不清楚，应该首先阅读它的使用说明书。

使用多用电表必须注意以下几点。

（1）电阻的测量

将多用电表的波段开关置于“ ”挡，并选择×1、×10、×100、×1k、×10k几挡中的合适挡位，从表面上 指

微信公众号：电子课本大全

示处读出的数值必须乘上波段开关上对应的挡位值才是电阻值。表面上的 刻度线右端为零，左端是∞，这与其他各个读数变化方向正好相反。调零时，应将两根表棒短路，调节指针于右端为“0”值刻度线上。

（2）直流电流的测量

必须将多用电表串联在被测电路中，使被测电流通过多用电表。红表棒接电源正极，黑表棒接电源负极，即保证被测电流由红表棒流入、黑表棒流出。要正确选择挡位，若不知被测电流的大小，应先选择最大挡位，然后根据指示情况再逐级调小挡位。为保护多用电表，测量结束后，应将波段开关放在电压挡。

直流电压、交流电压的测量注意事项与上述类似。

2 示波器

示波器（oscilloscope）是用来显示电信号波形的仪器，通常用于直接观察电信号波形，通过观察可以了解电路的工作情况。

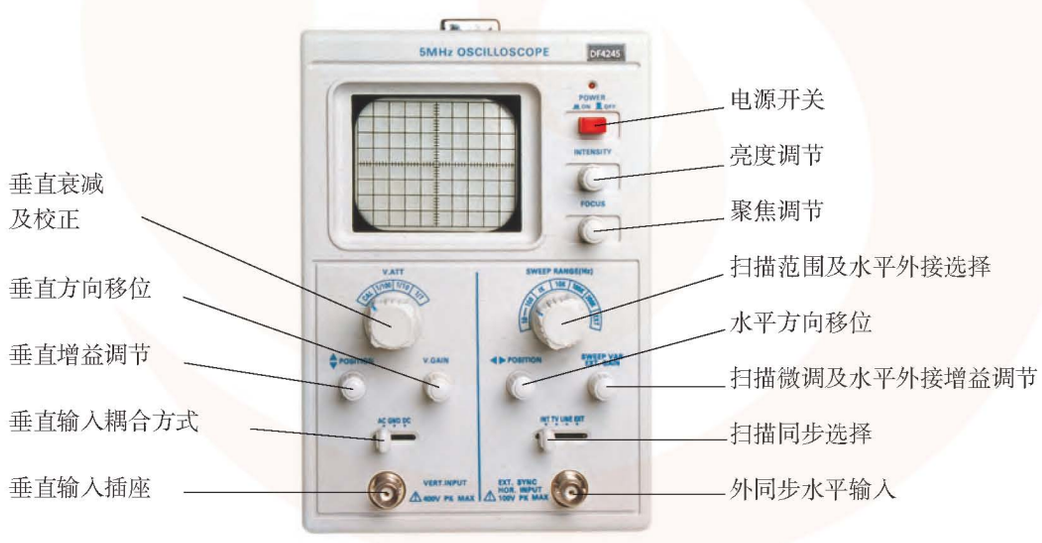
示波器初次使用前或久藏复用时，需按下述方法对仪器进行一般检查。

（1）先把电源开关置于“关”的位置，其余旋钮调至中间位置。

（2）接电源线，开启电源开关，此时电源指示灯亮，约20 s后，屏幕上显示扫描线。

（3）把垂直衰减开关置于“CAL（校正）”位置，或把10～100 Hz信号从垂直输入插座接入，调整扫描速度和垂直增益调节旋钮，在屏幕上应能显示正弦波或输入的其他波形。

观察交流电压时，将输入耦合开关置于“AC”位置，根据被测信号的幅度和频率，选择“扫描范围”，调节扫描速度和垂直增益衰减开关及垂直增益旋钮，在屏幕上显示稳定的足够幅度的波形。



示波器

微信公众号：电子课本大全

三 电子虚拟试验

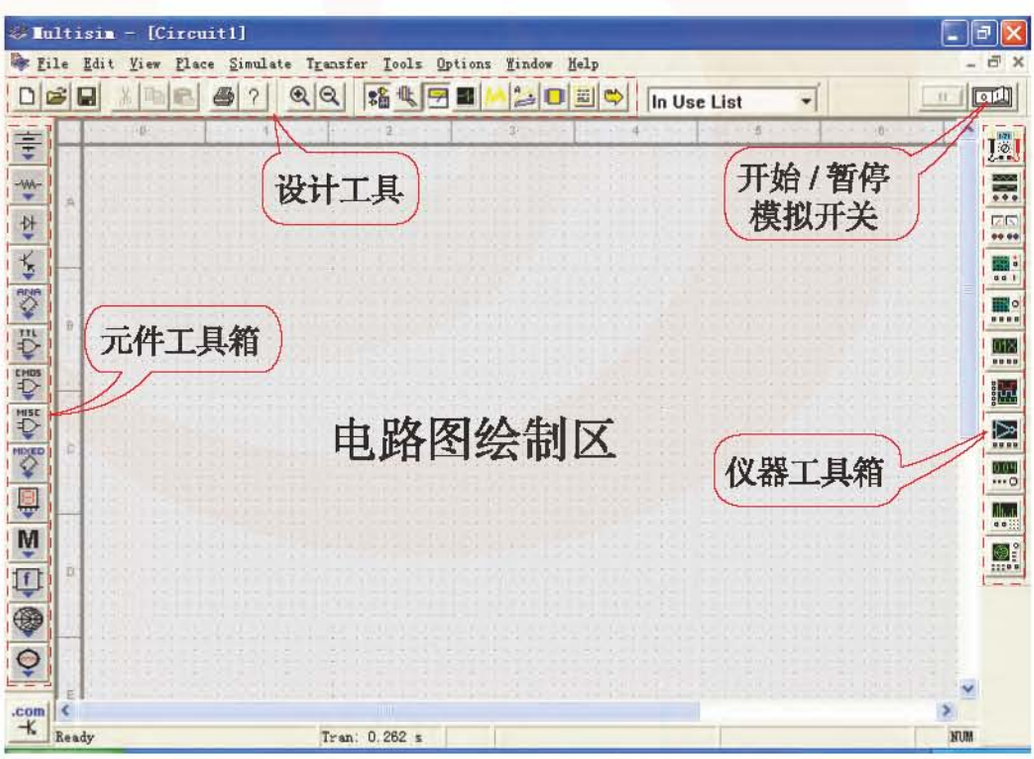
1. Multisim2001 的基本界面
2. 绘制电路图
3. 模拟试验

电子虚拟试验台是电子设计自动化（EDA，electronic design automation）的重要工具之一。它不仅在工业生产、科学技术中发挥着重要作用，也是学生学习电子技术的一个很好的试验平台，一些电路可以在此平台上虚拟运行，以验证、巩固所学到的知识，增强开发、创新的能力。

电子虚拟试验台（EWB，electronic workbench）自推出以来，深受从事电子技术设计人员和学校老师的欢迎，很多学校都把它作为电子类课程教学的一种辅助手段。Multisim 是EWB的升级版，其功能较EWB5.0系列版本增强很多，界面也有所不同。本书以Multisim2001为基础介绍该软件的使用（仅介绍与本书有关部分）。

1 Multisim2001 的基本界面

Multisim2001 的基本界面包括菜单与设计工具、元件工具箱、仪器工具箱、开始/暂停模拟开关、电路图绘制区等部分。



微信公众号：电子课本大全

（1）菜单与设计工具

与 Windows 相似，有文件、打开、存盘、剪切、复制、粘贴、打印、放大、缩小等。



（2）元件工具箱

在电路图绘制区左面，提供各种元器件，如信号源（直流电压源、时钟信号源、Vcc符号、VDD符号、接地符号等）、基本元件（电阻、电容等）、二极管、三极管、TTL集成电路、CMOS集成电路和显示器件等。

（3）仪器工具箱

在电路图绘制区右面，提供各种测量仪器，如多用电表、电压表、电流表等。



（4）开始 / 暂停模拟开关

在基本界面的右上角，将鼠标点击此开关使其按下，即可进行对电路的模拟。

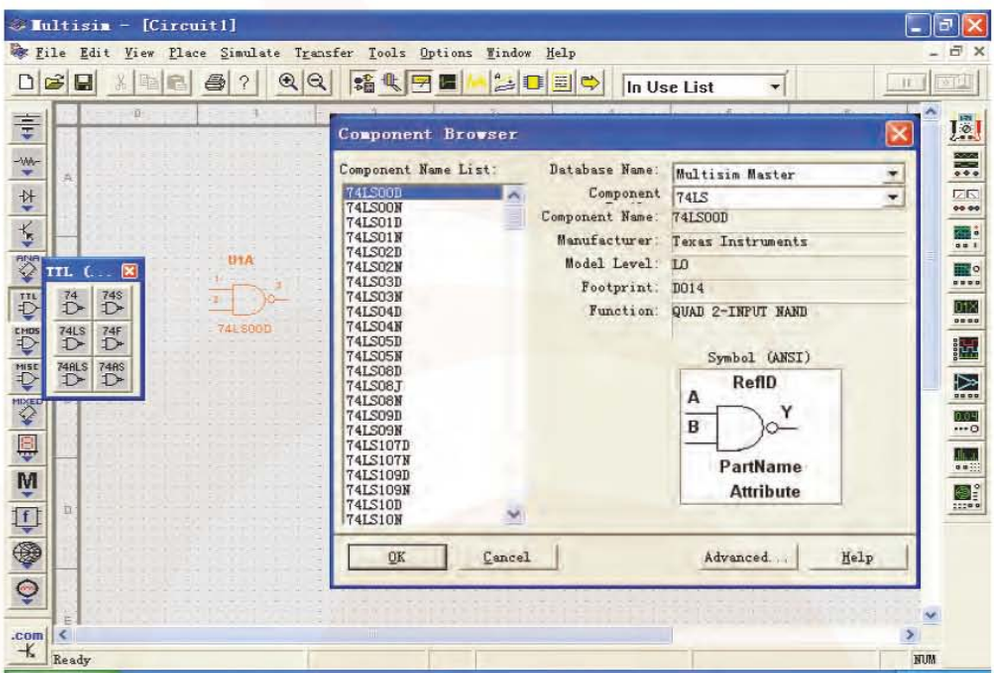


微信公众号：电子课本大全

2 绘制电路图

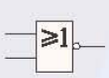
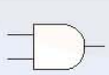
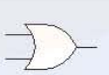
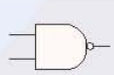
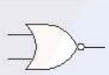
绘制电路图对逻辑模拟而言，是一种输入方式，即将所要完成的试验电路“画”在试验平台上，以便进行所需要的试验（即模拟）。

（1）选取元件（以画与非门74LS00为例）。点击元件工具箱中的TTL集成电路，从打开的窗口中选择系列（设选取74LS系列），打开Component Browser窗口，从滚动条中选取所需要的门电路74LS00，点击“OK”，该元件就被选中。

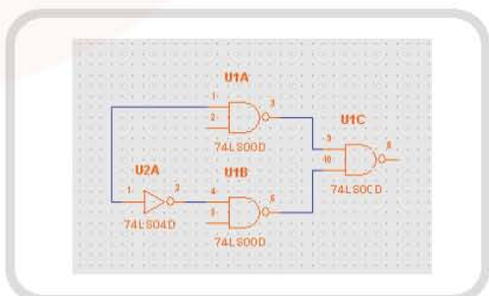


（2）画元件。74LS00中共有4只与门，分别为A、B、C、D，此次选择A，将Section A点中，一个与门符号就被画在电路图工作区中。

Multisim2001使用的逻辑符号与我国国家标准不同，几种常用符号的对照关系如下表。

	与 门	或 门	非 门	与非门	或非门	电池组
国家标准						
Multisim2001						

（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。



微信公众号：电子课本大全

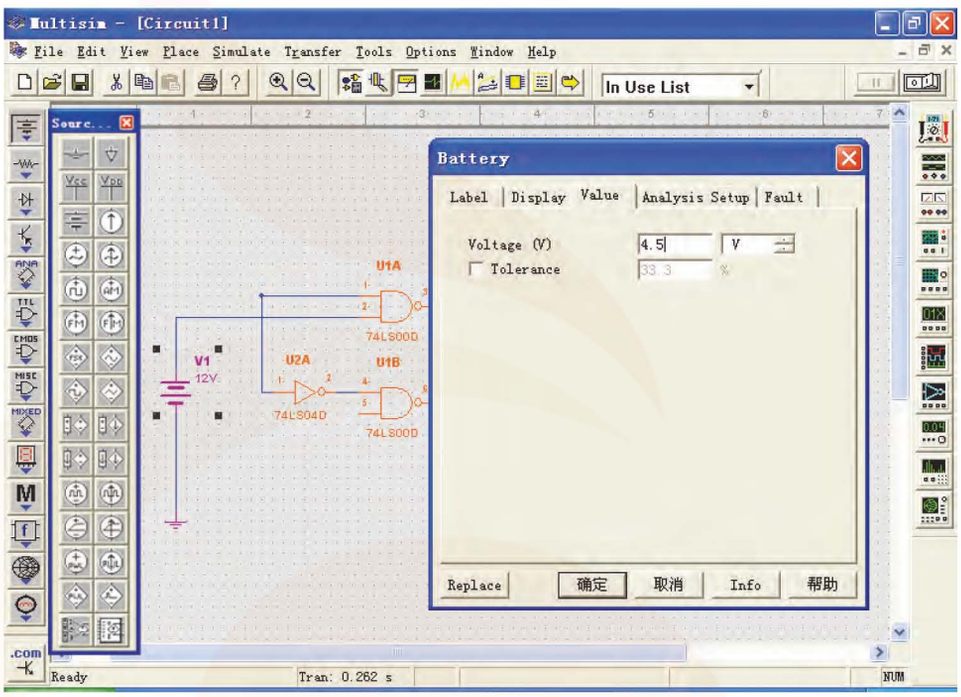
3 模拟试验

电路画好以后，就在EWB平台上建立了电路的模型。所谓模拟就是在建立的模型上完成各种试验。

模拟时需要在电路的输入端加各种信号，所加信号的方式有两种。

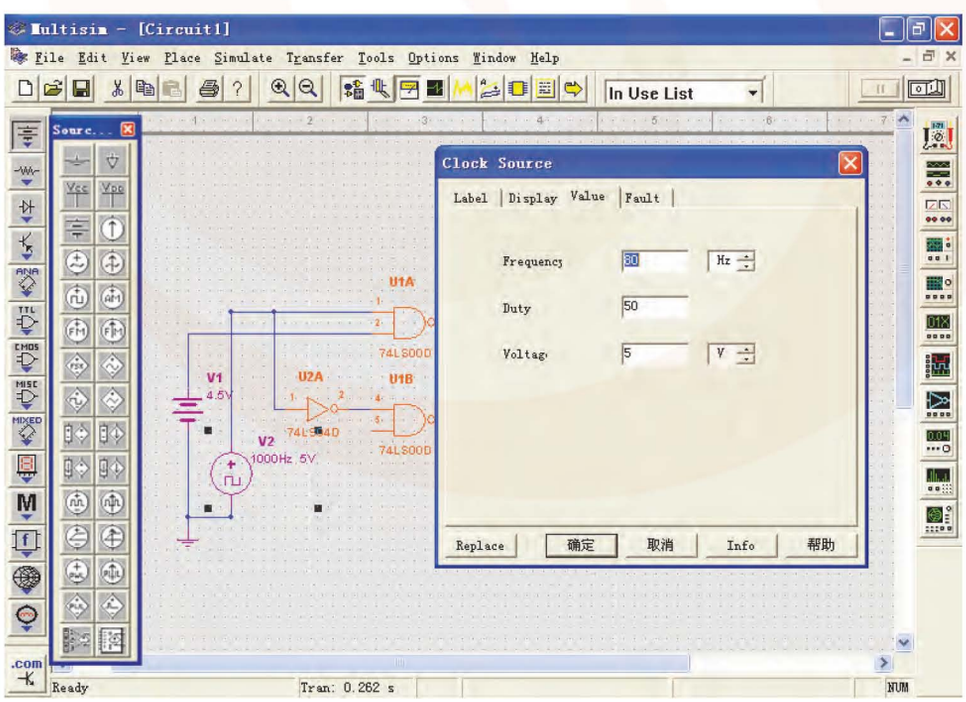
（1）加固定电平（高电平为V_{CC}或V_{DD}，低电平为地线符号）

点击元件工具箱中的信号源，再在出现的新工具栏中选固定电平符号（此处选电池符号），则固定电平符号出现在电路图绘制区上，点击此符号，出现电源的参数窗口，可以调节电压的大小。



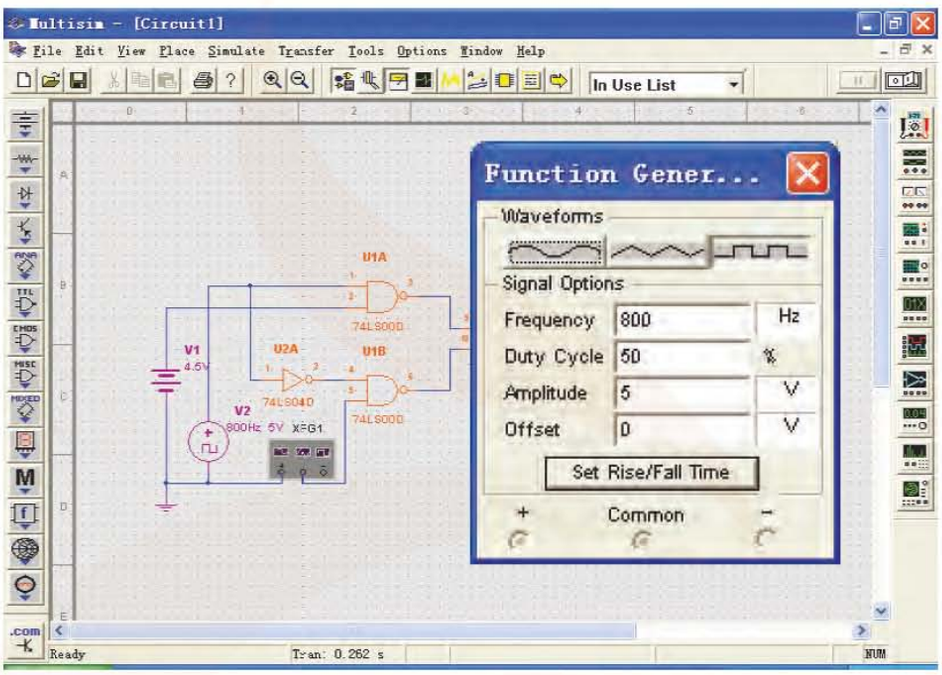
（2）加方波信号（脉冲的作用时间与脉冲的休止时间相等的周期性矩形脉冲信号，这种信号可通过两条途径获得）

① 使用元件工具箱中的时钟信号源。打开元件工具箱中的信号源工具栏，点击其中的时钟信号源按键，即在电路图绘制区中出现时钟信号源图标。双击此信号源图标，出现Clock Source窗口，从其中的Value栏可调节信号的频率和幅度。



微信公众号：电子课本大全

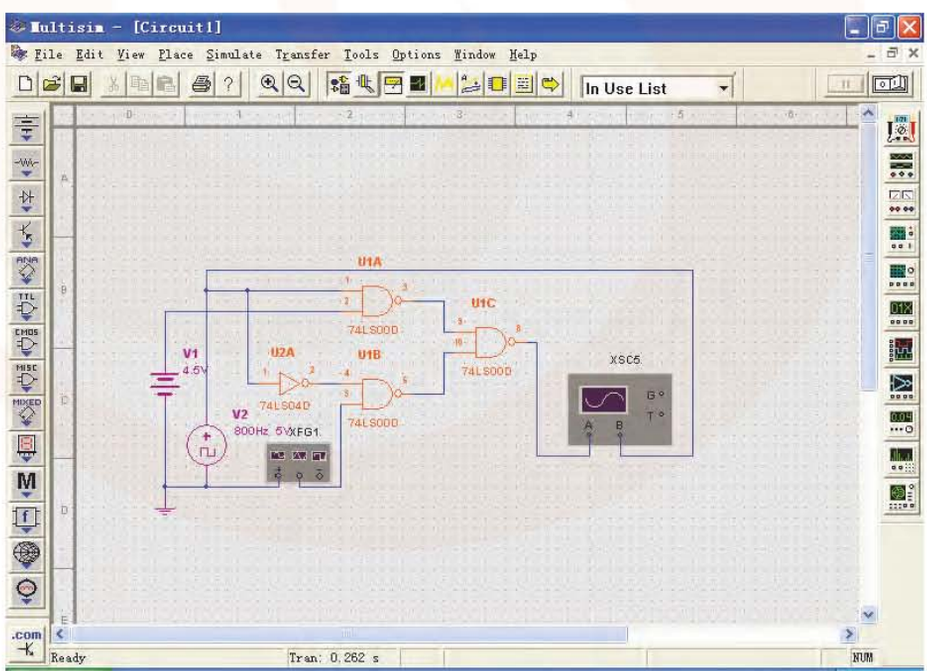
② 使用函数信号发生器。点击仪器工具箱的函数信号发生器，在电路图绘制区中出现一个 XFG1 的图标。双击函数信号发生器的图标，出现一个调节其参数的窗口，先选择波形，该信号发生器可提供正弦波、三角波和方波三种波形，此处选第三种，再改动其中某些参数，使之符合我们的要求，如将频率（frequency）选择为 800 Hz，幅度选择为 5 V。



（3）观察试验结果

在输出端观察试验结果的方法有用示波器监视输出波形、用电压表测量输出电压等。

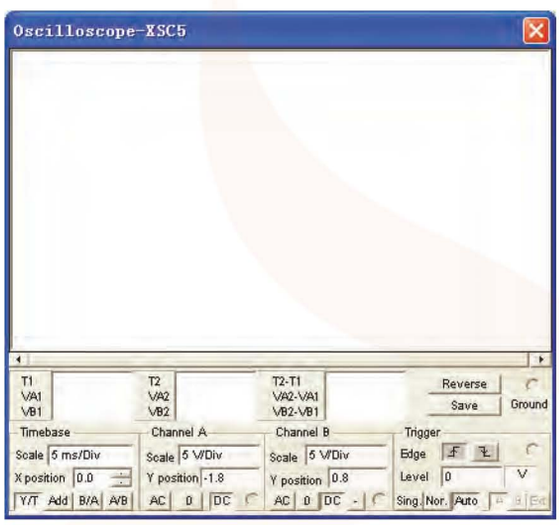
从仪器工具箱中选取示波器，在电路图绘制区中将出现示波器的图标。如双击示波器的图标，将出现示波器的真实形状，实验时只要打开开始 / 暂停模拟开关，就可从示波器的“荧光屏”上显示被测的波形。



Multisim2001（DEMO）提供的是双踪示波器，它可以同时观察从通道 A 和通道 B 输入

微信公众号：电子课本大全

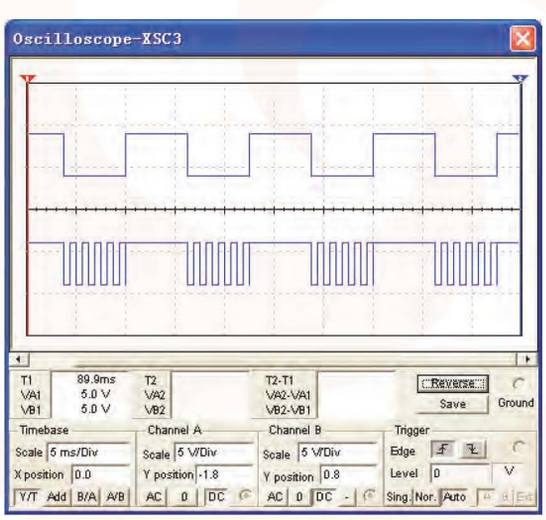
的两路波形。示波器面板上有四个调节区，左边是扫描调节区，用以选择显示屏上每格所代表的扫描时间等；中间两个分别是A通道和B通道的显示参数调节，如交直流耦合、每格所代表的电压、波形在屏幕上的位置（上下位置）等；右边是外同步信号（也称触发信号）控制框，一般可采用自动方式。



选好仪器后，应正确地将它们连接到电路中，注意仪器的地线输入端必须与电路的地线端相连（门电路符号上不用加电源和地，因为电源和地是隐含的）。

（4）模拟试验

用鼠标点击开始/暂停模拟开关，示波器的“荧光屏”上就显示出所需要的波形。



微信公众号：电子课本大全

微信公众号：电子课本大全

凤凰传媒
PHOENIX MEDIA

通用技术
选修1
电子控制技术



绿色印刷产品

审批号：苏费核（2019年秋季）第0148号　　举报电话：12358

ISBN 978-7-5343-6033-6
9 787534 360336 >
定价：10.85元

微信公众号：电子课本大全