

蒋浩开 编著
许茂祖 审校

简易电子控制装置



人民邮电出版社

前 言

在日常生活或生产中,自动控制的例子是很多的。比如给车胎打气的气泵、自来水的水塔、路灯的开关等等都可以进行自动控制。电子技术的广泛应用,使自动控制在响应速度、控制精度、工作可靠性方面大为提高,而能源消耗则下降。一些比较简单、实用,易于安装、调试及维修的自动控制装置,更受到人们的重视和喜爱。为此,我们组织编写了这本介绍简易自动控制装置的小册子,进一步普及基本的电子技术应用知识。本书内容从实际需要出发,对简易的电子自动控制装置的组成和各个环节进行了简明的介绍,并在此基础上,选编了70多个简易实用的例子进一步加以说明。读者阅读本书后,将从中得到启发,逐步学会自己动手解决工作和生活中所碰到的自动控制方面的问题。

本书由咸阳彩色显象管总厂蒋浩开同志负责编写。在编写过程中,得到吕联亨、宋美荣同志许多帮助。通信科普读物研究会委员戴德儒同志对本书的编写也给予了许多支持和指导。书稿完成后,北方交通大学许茂祖同志对全书进行了审校和修改。

由于编写时间仓促,水平有限,错误或不妥之处,欢迎读者批评指正。

中国通信学会通信科普读物研究会

1985年3月

目 录

第一章 概述	(1)
第二章 常用传感器	(8)
第一节 光电传感器	(9)
第二节 热电传感器	(20)
第三节 压力传感器	(31)
第四节 电磁传感器	(37)
第五节 声电传感器	(48)
第六节 介质传感器	(55)
第七节 气电及其它类型的传感器	(60)
第三章 基本单元电路	(66)
第一节 低频交流放大器	(66)
第二节 直接耦合放大器	(73)
第三节 射极输出器	(78)
第四节 反相器	(78)
第五节 触发器	(82)
第六节 振荡器	(94)
第七节 计数及译码	(109)
第八节 时间控制电路	(115)
第四章 终端执行机构	(122)
第一节 继电器	(122)
第二节 晶体闸流管	(130)
第三节 显示器件	(139)

第四节	音响器件	(154)
第五节	机电装置	(156)
第六节	电表及其它	(160)
第五章	实用控制电路	(161)
第一节	液位、料位控制类	(162)
一、	水塔水位的自动控制	(162)
二、	水塔水位显示	(167)
三、	压力式水位控制电路	(168)
四、	最低水位告警	(170)
五、	深井水位测量	(171)
六、	磁控式储油控制装置	(172)
七、	光控式储油控制装置	(175)
八、	音叉式料位控制	(177)
第二节	温度、湿度控制类	(179)
一、	简易温度控制电路	(180)
二、	保温电路	(181)
三、	温升监视	(182)
四、	水开报警	(185)
五、	差分式温度控制电路	(186)
六、	热电阻温度控制电路	(188)
七、	低温控制电路	(189)
八、	下雨报警装置	(190)
九、	简易测湿仪	(191)
十、	测盐、测湿电路	(192)
第三节	时间控制类	(193)
一、	简易延时开关	(193)
二、	几种定时器	(195)
三、	长时间定时器	(198)
四、	三极管延时供电开关	(200)
五、	限时供电开关	(201)
六、	光控定时装置	(203)

七、热压机程序控制	(204)
八、全天控制的自动打铃装置	(207)
第四节 灯光控制类	(213)
一、照明灯的光电控制	(213)
二、定时灯	(215)
三、变光灯	(217)
四、印相曝光电路	(218)
五、声控灯	(219)
第五节 监测类	(220)
一、生产线产品中断监视	(220)
二、简易测速电路	(221)
三、脉冲测速表	(223)
四、磁控计数及驱动装置	(226)
五、氢气查漏仪	(227)
六、接近开关	(229)
七、磁感应开关	(231)
八、煤气告警	(232)
九、冲床安全保护装置	(234)
十、简易光强计	(236)
十一、光控进位	(237)
十二、单向检测	(239)
第六节 保安警戒类	(241)
一、细丝告警	(241)
二、紧急告警装置	(242)
三、红外线警戒	(244)
四、简易程序锁	(245)
五、光控编码锁	(246)
第七节 玩具类	(248)
一、光控玩具电路	(248)
二、压动玩具电路	(249)
三、拍手响应电路	(250)

四、玩具电动机的自动换向	(252)
五、最简易的玩具电动机光控电路	(253)
六、光靶电路	(254)
第八节 其它类	(256)
一、触摸开关及门铃	(256)
二、跟踪装置	(258)
三、充气机自动定压装置	(260)
四、声控自动门	(263)
五、三次闪光响应电路	(265)
六、感应开关	(266)
第九节 电路的变换	(268)

第一章 概 述

在日常生活和生产中，经常需要对某些物理量（诸如温度、光、力、速度、距离、声压等）进行控制、调整，以达到预定的目的。例如，在孵化雏鸡时，要求孵化箱内的温度保持在 30°C 左右。如果由于各种原因引起箱内温度变化，就要随时进行调整使其维持在 30°C 左右。这种控制实例是很多的，路灯，在晚上要打开，白天要关掉；气泵，储气罐内的压力不够时要充气，当气压上升到一定数值时就要停止充气；水塔，储水少的时候要向里灌注，灌满了就要停止；汽车进出的大门，车来时要打开，车走时就要关上；诸如此类、不胜枚举。在这些控制过程中，被控制的对象与所有控制过程中的各个环节，总称为控制系统。

孵化箱温度的调节系统或路灯的开关系统，如果由人直接参与工作，则属于人工控制系统，或称手动控制系统。随着科学技术的不断发展，出现了各种自动控制系统。在这种系统中，人基本上不参与控制过程，整个过程由构成控制系统的各个环节按照人的意图自动地进行。这就使很多单调、危险、劳动强度大的工作，可以由机械来代替。特别是由于电子技术广泛用于自动控制后，使响应速度、控制精度和工作可靠性大为提高，能源消耗则下降。因而，在近代的自动控制系统中大都离不开电子装置。本书介绍的就是控制系统中常见常用的各种简易电子装置。这些装置比较简单、实用，易于安装、调试及维修，因此就称其为简易电子控制装置。

简易电子控制装置是怎样组成的？有哪几种类型？各个组成部分的作用是什么？又是怎样去控制各种物理量的呢？我们先以两个控制装置实例来说明这些问题。

就雏鸡孵化箱的温度控制系统来说，在孵化箱箱体下面，安装着一个用来给箱体加热的电热源。在小型孵化箱中，为了提高效率，电热源通常由一组工作于欠压状态的白炽灯组成。当箱体内的温度低于 30°C 时，电热源的电源自动接通，对箱体加热，依靠空气对流，箱体内的温度逐渐升高。当温度上升到 30°C 时，电热源的电源自动切断。由于在雏鸡孵化季节，环境温度通常都大大低于 30°C ，箱内的温度在切断电源、停止加热后将会下降。一旦低于 30°C ，电热源应能自动接通，重新开始加热。这个控制系统的功能就是要使箱体内的温度维持在 30°C 上。利用图1-1所示的电子控制装置就能够进行这样的温度控制。

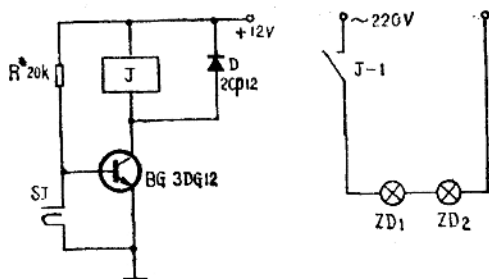


图 1-1 孵化箱温度控制电路

其中，由晶体三极管BG组成反相器，控制继电器J的工作状态，继电器J的常开接点J-1作为加热灯泡ZD₁、ZD₂的电源开关。怎样才能使这个电源开关自动接通或切断呢？我们将一个双金属片感温器SJ放在孵化箱内，这个双金属片感温

器采用的是日光灯启动器氖管中的启动开关，它的接点的开、断受温度的影响。将接点调到 30°C 时刚好闭合，当温度低于 30°C 时它就开断。这样，在孵化箱内温度低于 30°C 时， SJ 处于断开状态，12伏电源经 R 供给 BG 以基极电流，使 BG 饱和，继电器 J 吸合， J_{-1} 闭合，接通 ZD_1 、 ZD_2 的电源，开始加热。当温度上升到 30°C 时， SJ 闭合，它使 BG 的基极短路接地，基极电流为零， BG 截止， J 释放， J_{-1} 断开，切断了 ZD_1 、 ZD_2 的电源，停止加热。一旦温度低于 30°C ，电路恢复到起始状态， J_{-1} 重新接通，灯泡点燃对箱体加热。这样就使箱内的温度恒定在 30°C 这个数值上。这个电路中有些元件的作用、电路的调试以及电路的改进等问题，后面都会进一步讲到。

这个装置尽管简单，仍可以看成是由三个部分组成的。第一，双金属感温器 SJ ，它的作用是用来测量箱体内的温度，感知温度的变化，并把温度的变化转变为电信号——三极管基极电流的变化。我们把这里的温度称为这个控制系统的输入量（或控制量），它的作用是控制整个控制系统的工作。把双金属感温器称为“传感器”，它的作用是将温度这种非电量变成电信号。因为电子电路组成的控制系统无法直接接受非电信号，必须通过传感器将它变成电信号之后才能送到控制系统中去。所以传感器是电子控制装置不可缺少的组成部分。第二部分是由 BG 组成的反相器。当它通过传感器得知箱内的温度低于 30°C 时，就要使继电器接点接通，以便让灯泡给箱内加热；当它得知箱内温度升到 30°C 时，又要立即使继电器接点断开，停止加热。在一般的控制系统中，这一部分称为控制器，它是实现控制作用的核心和关键。在简易电子控制装置中，这一部分还是整个系统的主体，因此把它称为“控制电路”部分。第三部分是继电器 J 和灯泡 ZD_1 、 ZD_2 ，通过它们的动作，执行

对箱体自动加热的任务。这一部分称为**执行机构（或驱动装置）**。控制系统的最终目的，都是要完成某种预定任务，对某些物理量进行控制，没有执行机构，这一任务也就不可能完成。因此执行机构是控制系统中和控制对象直接有联系的重要组成部分。

根据孵化箱温度控制的整个工作过程及它的组成情况，可以将控制系统用图1-2所示的方框图来表示。图中，控制对象

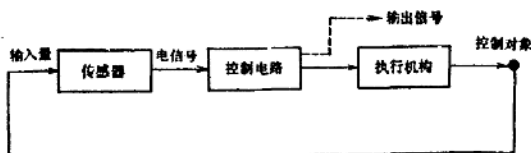


图 1-2 闭环控制系统

就是箱体内的温度，而这个温度同时也是控制系统的输入量。温度的变化通过传感器变成电信号，电信号经控制电路处理之后送到执行机构又去调整箱内的温度。很显然，系统的输出又被送回到输入端，再去控制整个系统。这在结构上就成为封闭的环路形式。通常把这一类控制系统叫做**闭环控制系统**。把输出量送回到输入端去的做法叫作**反馈**，所以，闭环控制系统也称**反馈控制系统**。

在方框图中，控制系统的输出端，还用虚线引出一个输出信号来，用它去控制其它电路或设备，例如状态显示电路。这个信号也可以从执行机构引出。

我们再看一个路灯自动开关的实例。对这个自动开关的要求是：当夜幕降临，天色变黑时，使路灯自动点亮；当黎明来到，天色变亮时，又能使路灯自动熄灭。图1-3所示的电子控制装置就具有这种功能。其中 D_1 是一只光电二极管，它的反

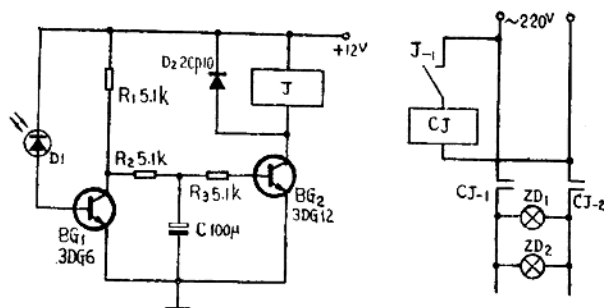


图 1-3 路灯自动开关

向电阻值受光线照射的影响。在无光照时，阻值较大，有光照时，阻值变小，光线愈强，阻值愈小。在白天， D_1 受到光线照射，阻值很小，三极管 BG_1 的基极电流较大，处于饱和状态，集电极电位近似为零，而三极管 BG_2 截止，继电器 J 释放。 J 的常开接点 J_1 切断交流接触器 CJ 的电源， CJ 释放，路灯 ZD_1 、 ZD_2 也就不会点亮。等到天色变黑， D_1 的反向电阻增大。待 BG_1 的基极电流变小到一定程度时， BG_1 截止，集电极电位提高，使 BG_2 导通，继电器 J 吸合，接点 J_1 闭合使接触器 CJ 吸合，接点 CJ_1 、 CJ_2 闭合，路灯 ZD_1 、 ZD_2 点亮。再到天亮时， D_1 的阻值从大变小，使 BG_1 重新饱和， BG_2 截止， J 、 CJ 释放，路灯又熄灭。电路中，电容 C 起延时作用，防止短时间的光照干扰而导致电路的误动。具体工作原理将在后面详细介绍。

这个控制系统的控制对象是灯光，输入量为自然光。光电二极管即为传感器，它将自然光的变化变成电阻值的变化，控制 BG_1 的工作。由 BG_1 、 BG_2 组成的两级反相器，包括延时电容 C ，属于控制电路部分。继电器 J 、交流接触器 CJ 以及路灯

ZD_1 、 ZD_2 组成执行机构。这个简易电子控制装置也由传感器、控制电路及执行机构三部分组成，这一点和图1-1的温度控制电路一样。然而，这两个控制系统有一个很大的差别，温度控制电路的控制对象和输入量同是孵化箱内的温度，而路灯自动开关的控制对象和输入量却是两种不同的光线。这两种光线之间没有直接的关系。控制对象不再影响或基本上不影响传感器的工作。也就是说，系统的输出对输入以及整个系统没有控制作用。这样的控制系统可以用图1-4所示的方框图来表示。

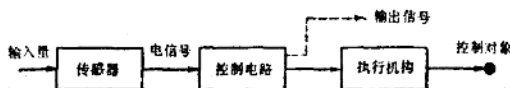


图 1-4 开环控制系统

在这个方框图中，没有反馈，不存在封闭的环路，因而称为**开环控制系统**或**无反馈控制系统**。系统中也可以从控制电路部分输出信号。

综上所述，简易电子控制装置从结构上可以分成闭环控制系统和开环控制系统两种类型。闭环控制系统的控制对象影响着系统的输入，第五章实用电路中介绍的水位、油位、料位控制电路，温度控制电路，跟踪电路，自动充气电路，都属于这一类型。它是控制系统中应用最多的一种。开环控制系统的控制对象与系统的输入无关。诸如感应开关，保护电路和某些监视电路就属于这种类型。需要指出，有一些电子电路，严格来说它不能算作控制系统，但由于其组成形式、工作情况和控制装置基本一样，本书中也将一并加以介绍。

简易电子控制装置，无论是闭环还是开环系统，它的基本组成是一样的，都具有传感器、控制电路、执行机构三个部

分。传感器的作用是将各种非电输入量，如光线、温度、湿度、浓度、速度、位移、流量、重量、压力、声音、电磁场等变为电信号。它实际上是一种能量的转换器件或机构，它的功能和生物的感觉器官十分相似。人体通过耳、鼻、眼、舌等感觉器官才能感知周围的状态和现象，控制系统则要通过传感器将环境状态变成电信号。现在，传感技术已经成为现代科学中的一个重要分支。从传感器得到的电信号，在大多数情况下都非常微弱，需要进行放大。图1-1、1-3中的反相器都起这个作用。只有经过放大之后，才能得到足够强的电信号去驱动执行机构。电信号的参数和形式很多，其参数可能是电压、电流，形式可能是交流信号、脉冲信号或直流信号。这些电信号不仅需要放大，经常还要进行整形、变换、延时等处理，这些工作则由控制电路来担任。控制电路的形式尽管很多，但实际上它们只是各种基本单元电路的不同组合而已。组合的方式按控制系统功能而定。这些单元电路涉及面很宽，有放大电路、触发电路、振荡电路、时间控制电路等等。执行机构是直接对控制对象进行具体的控制、调节的装置。它的工作是否正确、可靠，关系到整个控制系统的好坏。执行机构中常用的元、器件有继电器、晶体闸流管、电机、电表、显示器件、音响器件等。除此之外，还包括这些器件组成的执行电路。

第二章 常用传感器

在简易电子控制装置中，传感器是将各种输入物理量（非电量）变换成电量的器件或机构，它是获取电信号的关键部件。某些传感器不仅能够变换物理量，同时还具有摄取、传输和识别的功能。传感器的种类和形式很多。按能量转换的方式来分，常用的传感器有光——电转换、热——电转换、声——电转换、力——电转换、电磁场——电转换等几种；按获得的电信号形式来看，它们有电阻式、电容式、电感式、电压和电流式、自己发生电压式等几种；按信号变换的过程来分，又有直接变换型和间接变换型两类。直接变换型传感器能够将物理量直接变成电信号。图1-3中的光电二极管就属于这种。光照的有和无、强和弱都能引起它的反向电阻变化，从而获得相应的电信号。间接变换型传感器则是先将一种物理量的变化转换成另一种物理量的变化，然后再变成相应的电信号。图1-1中的双金属片感温器就属于此类。它先将温度的变化，变成金属几何形状的变化，再利用几何形状的变化实现接点之间电阻值的变化。

随着电子技术的发展，传感技术已经成为专门的研究课题。各种新颖的传感器件正在不断地被研制出来，尤其是半导体传感器件已经崭露头角。半导体传感器件（也称电子敏感元件）具有体积小、成本低、灵敏度高等优点，受到人们的普遍重视。

对传感器的基本要求是：反应灵敏、准确；工作可靠、稳

定；能量转换效率高；抗干扰能力强。在安装使用时，当然也要考虑它的体积、重量、成本、耗电等因素。

传感器在控制系统中的重要性是十分明显的。即使采用最先进的电子计算机来控制生产过程，如果没有良好的传感器，计算机也发挥不了作用。

这里，我们基本上按照能量转换的分类方法，分别介绍适用于简易电子控制装置的一些常用传感器件，包括它们的结构、特性、工作原理以及一些国产传感器件的类型。

第一节 光电传感器

光电传感器也称**光电器件**。它能够将光信号直接转换成电信号。早期的光电器件主要是冷阴极真空光电管和充气光电管。自从半导体技术发展以来，它们就逐渐被半导体光电器件（如光电池、光电二极管、光电三极管、光敏电阻）所取代。半导体光电器件的特点是：结构轻巧，便于调节，寿命长，适用范围广。

半导体光电器件是利用半导体材料的光电效应进行工作的。我们知道，半导体的导电特性受温度、光照、杂质等因素的影响，会在很大范围内变化。当它们受到光线照射时，半导体原子中价电子将脱离原来运动轨道而成为自由电子，同时出现一个空穴，即形成电子—空穴对。电子带负电，空穴带正电，它们都称为载流子，这个过程称为**光激发**。光照强度愈强，增加的载流子就愈多，半导体的导电特性就愈好，这就是**光电效应**。不同的光电器件，其结构及工作原理都不同。

一、光电池

光电池也称太阳能电池，它是利用光线直接感应出电动势的光电器件。在光电池中，又以硅光电池的光电转换效率最高。因此一般都采用这种光电池。硅光电池的结构类似一只半导体二极管，也由一个PN结组成，只是它的工作面积很大，以增大受光量。图2-1画出了硅光电池的符号及结构。当光线照射到

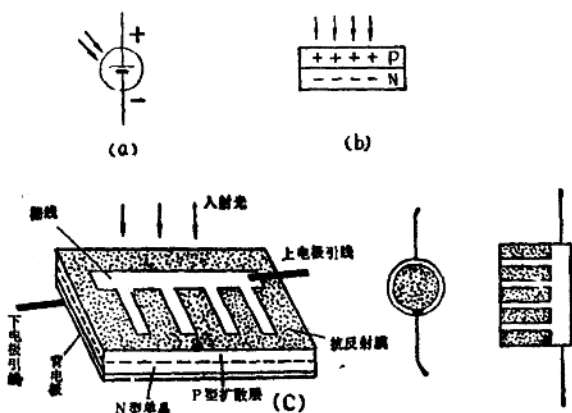


图 2-1 硅光电池(a)符号(b)结构示意图(c)实际结构图及外形

光电池半导体表面时，产生光激发，出现很多电子空穴对。它们在PN结内电场的作用下，带负电的电子向N区运动，带正电的空穴向P区运动，这样逐渐积累的结果，在P区和N区两端就产生电动势，如图(b)所示。如果在上电极和下电极之间接以负载，负载中就将电流流过。为了减少光线的反射，提高光电转换效率，在硅光电池表面涂有一层蓝色的一氧化硅抗

表 2-1

几种2CR系列硅光电池参数

型 号	开路电压 U (mV)	短路电流 I_{sc} (mA)	效率 η (%)	面积 S (mm ²)
	30°C, 入射光强100mW/cm ²			
2CR11	450~500	2~4	6~8	2.5×5
2CR21	450~500	4~8	6~8	5×5
2CR31	450~500	9~15	6~8	5×10
2CR41	450~500	18~30	6~8	10×10
2CR51	450~500	36~60	6~8	10×20

表 2-2

几种2DR系列硅光电池参数

型 号	开路电压 U_{oc} mV	短路电流 I_{sc} mA	面 积 S mm ²	备 注
	光强100mW/cm ² 温度30°C			
2DR2	>480	>1.8	2×5	2DR6-1 型 有胶木底板
2DR3	>480	>3	3.5×5	
2DR4	>480	>4	2×10	
2DR5	>480	>5	4×4	
2DR6	>480	>6	5×5	
2DR10	>500	>10	5×10	2DR10-1 型有保护装 置
2DR15	>500	>15	6×10	
2DR20	>500	>20	10×10	2DR15 有 聚光、保护 装置
2DR50	>500	>50	10×20	
2DR65	>500	31~55	圆形 ϕ 15	
2DR75	>500	50~95	圆形 ϕ 20	
2DR85	>500	85~145	圆形 ϕ 25	

反射膜。图(c)中, 和上电极引线相连的栅线是为了减小硅光电池的表面积, 提高输出功率而加的, 有的光电池没有。

国产硅光电池有2CR系列和2DR系列两类。2CR系列用N