

无线电爱好者丛书

实用无线电遥控

(修订本)

徐焯 徐立 编著



内 容 提 要

制作无线电遥控模型设备是无线电爱好者喜爱的活动之一。本书比较详尽地介绍了频分制遥控设备和时分制遥控设备各部分电路(发射电路、接收电路和其它单元电路)及执行机构的工作原理、元器件选择和组装调试方法,并给出了便于爱好者仿制的一些整机电路及应用实例,图文并茂,通俗实用。

本书可供广大无线电爱好者阅读,也可供少年宫等单位作为培训教材。

无线电爱好者丛书

实用无线电遥控(修订本)

Shiyong Wuxiandian Yaokong

徐 焯 徐 立 编著

责任编辑:姚子疆 高淑苓

*

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京崇文区夕照寺街14号

北京顺义兴华印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/32

印张:9.75

字数:222千字 插页:2 1997年7月第2版

印数:154 001—165 000册 1997年7月北京第8次印刷

ISBN7-115-06416-4/TN·1168

定价:12.00元

中国电子学会
《无线电爱好者丛书》编委会

主任：牛田佳

副主任：宁云鹤 李树岭

编委：刘宪坤 王明臣 刘 诚
孙中臣 安永成 郑凤翼
聂元铭 郑春迎 孙景琪
寇国华 蔡仁明 陈有卿
陈国华 徐士毅 于世均
王锡江 张兰芬 张国峰

执行编委：李树岭 刘宪坤 孙中臣

D1187/14

无线电爱好者丛书前言

众所周知,迅速发展着的无线电电子技术,是一门应用十分广泛的现代科学技术。它的发展水平和普及程度是现代化水平的重要标志。为了普及电子技术知识,培养更多的无线电爱好者,适应现代化建设的需要,中国电子学会和人民邮电出版社约请有关专家编写了这套《无线电爱好者丛书》。

本丛书从无线电爱好者的实际条件出发,按照理论联系实际的指导思想,深入细致地讲述各种无线电元器件和常用电子电路的原理;介绍各种家用电器、电子设备(如收音机、扩音机、录音机、电视机、录像机、电子计算机、计算器、复印机、电子相机、常用电子仪器仪表、电子钟表、电冰箱、空调器、洗衣机、吸尘器、电风扇、电热器具等)的工作原理、制作技术、使用和维修方法,为无线电爱好者提供所需的各种技术资料及有关工具书,使读者通过阅读本丛书和不断动手实践,能逐步掌握应用电子技术的基本技能。本丛书的读者对象是各行各业的广大无线电爱好者。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和无线电爱好者,对这套丛书的编辑出版工作提出宝贵意见,给予帮助。让我们共同努力,为普及无线电电子技术,为实现我国现代化做出贡献。

目 录

第一章 概述	1
第一节 神通广大的遥控技术——无线电遥控的应用.....	1
第二节 无人驾驶飞机的奥秘——无线电遥控的基本原理.....	3
第三节 频分制与时分制——无线电遥控设备的分类.....	9
第二章 发射电路	21
第一节 要求及电路组成	21
第二节 主振级	23
第三节 高频功率放大器	34
第四节 鞭状天线	46
第五节 调制电路	52
第六节 元器件选择及组装要点	62
第三章 接收电路	66
第一节 要求及电路组成	66
第二节 超再生接收电路	70
第三节 超外差接收电路	74
第四章 频分遥控设备主要单元电路及部件	87
第一节 音频振荡器	87
第二节 选频放大器	99
第三节 谐振继电器.....	106

第五章 时分遥控设备单元电路	111
第一节 分立元件单元电路.....	111
第二节 CMOS 集成电路的特点及使用注意事项	118
第三节 CMOS 门电路组成的单元电路	121
第四节 逻辑部件.....	128
第五节 同步电路.....	140
第六章 执行机构	147
第一节 执行机构的组成、要求及种类	147
第二节 主要部件.....	149
第三节 常用的执行机构.....	164
第七章 频分制遥控设备	170
第一节 单通道遥控设备.....	170
第二节 谐振继电器式十通道遥控设备.....	182
第八章 时分制遥控设备	193
第一节 40MHz 调频比例遥控设备	193
第二节 28MHz 比例遥控设备	221
第三节 CMOS 七路遥控设备	242
第四节 PRISM7 遥控设备	251
第九章 应用实例	262
第一节 遥控汽车模型.....	262
第二节 遥控航空模型.....	268
第三节 遥控起靶与倒靶.....	279
第四节 遥控游艺船.....	300

第一章 概 述

第一节 神通广大的遥控技术 ——无线电遥控的应用

你看过航模表演吗？模型飞机在跑道上加速滑跑，离开地面，飞向蓝天。只见它在平飞中突然垂直上升，升到一定高度又急转 180 度垂直向下俯冲；它时而翻斤斗，时而又有节奏地横滚……真象有个技艺高超的飞行员在驾驶它，使它作出许多准确优美的动作。当然，模型飞机上不会有飞行员，是地面的运动员通过无线电遥控方式“驾驶”它凌空翱翔的。

无线电爱好者们一定对无线电遥控很感兴趣。什么是无线电遥控呢？通俗地说，利用无线电传送控制信号，对物体或各种过程进行远距离的控制，就是无线电遥控。例如：通过无线电传送控制信号，操纵模型飞机作出各种动作，控制导弹飞向目标，对难以架设线路的高山微波站、输油管道等无人管理设备工作或生产过程的控制，都叫无线电遥控。

无线电遥控有着与无线电广播一样悠久的历史，但却只是在最近几十年才得到迅速发展，显示出它神通广大的作用。现在，在国防、工业、甚至在人们的生活中，都广泛应用着无线电遥控技术。

无线电遥控的出现，首先是应用在军事上。二次大战中，由于战争的需要，出现了无线电遥控的坦克、无人驾驶飞机和导弹。战后，随着计算机的应用和大规模集成电路的出现，不只无

人驾驶飞机、火箭、导弹、人造卫星、宇宙飞船等离不开无线电遥控，在军事训练中也广泛应用着无线电遥控设备。例如，利用遥控的靶机和靶船可以提高训练效率，在训练场地上对各种战术背景实行遥控，更使得训练演习富有真实感。由此可见，无线电遥控对于现代国防建设起着重要的作用。

在工业生产方面，无线电遥控技术也是大有用武之地的。炼油厂、发电厂等大型联合企业，工艺流程复杂，牵涉的范围又广，人工操作管理难以及时准确地掌握远处或设备内部的有关情况，容易产生误差和造成生产的不稳定。采用遥控和其他相应的控制装置后，设备可以按照预定的工作程序一环扣一环地准确运转，提高运转效率和产品质量。在化工厂、煤矿等一些有毒或某种危险的生产环节使用遥控设备，进行无人操纵，还可以起到改善劳动条件，保护工人健康的作用。由于采用遥控技术有上述的优越性，近年来在工业及国民经济的许多部门中，遥控技术应用越来越广泛了。例如：油田各油井的监控，输油管线的无人加压加温站，高山无人电台，无人微波中继站以及采煤机、大型吊车、天车，挖土机的无线电遥控等。

随着无线电遥控技术的发展，神通广大的遥控技术也日益深入到我们生活领域中来。由无线电遥控设备及其他控制设备组成的地铁机车自动驾驶设备，提高了车辆的运转效率，使你很快而且舒适地乘车到达目的地；煤气，自来水管线的自动检测和控制装置把煤气和自来水送到你房间中；用无线电遥控的开关控制电视机、收音机等家用电器，会使你的生活更为方便；无线电遥控的玩具为幼儿教育增添色彩，深受儿童喜爱……

无线电遥控技术的应用当然远不止上述一些例子。下面我们着重介绍一下无线电遥控技术在体育运动方面的应用——无线电遥控模型运动。

以制作无线电遥控飞机、舰船、汽车等模型为主要内容的无线电遥控模型运动吸引着广大的青少年,既丰富了他们的课余生活,又使他们获得学习无线电、舰船、飞机、汽车等方面知识的机会。

在晶体管出现以前,遥控模型的设备都是由电子管组装而成的,由于受到模型的容积及载重的限制,通常在模型上使用的是由三或四只电子管组成的超再生式接收机。这种接收机易受外界干扰而发生误控及失控事故,因此在普及与提高方面均受到限制。晶体管的问世给无线电遥控模型设备的发展创造了条件,60年代初就有了全部用晶体管组装的单通道遥控设备,其接收机仅有火柴盒大小,地面控制距离在200m左右。60年代中期又出现了多通道晶体管化遥控设备。这种设备对遥控模型运动的发展起到了较大的推动作用。随着集成电路的发展,尤其是低功耗集成电路的应用,70年代中期有了由集成电路组装的时分制遥控模型设备。其中,比例操纵设备是很具有代表性的设备。用比例操纵设备控制模型,可使模型的动作准确优美,深受遥控模型爱好者的欢迎。

第二节 无人驾驶飞机的奥秘 ——无线电遥控的基本原理

遥控技术为什么能这样神通广大呢?这就需要了解它的原理了。让我们通过无线电遥控模型飞机和无人驾驶飞机的飞行过程,看看无线电遥控是怎样实现的。

一、模型飞机的遥控过程

生活中随时会遇到这样的事情:在用收音机听广播时,如果声音太大,就要把音量关小些,反之就把音量开大些;在淋浴时

如果水太热,就要把热水开关关小些,反之就要开大。这些调节过程实质就是控制系统的控制过程。在这里,音量或水温是被控对象;耳朵或皮肤起到测量的作用,它们将测量的结果通知大脑;大脑相当于控制命令装置,它根据测量的结果发出控制命令;手则是执行大脑命令的执行机构。其控制过程可用图 1.1 表示。从图中可看出,构成一个控制系统,除被控目标外,还要有测量设备、控制装置及执行机构。控制系统的控制过程,就是不断消除被控目标实际状态与预定状态之间的偏差的过程。

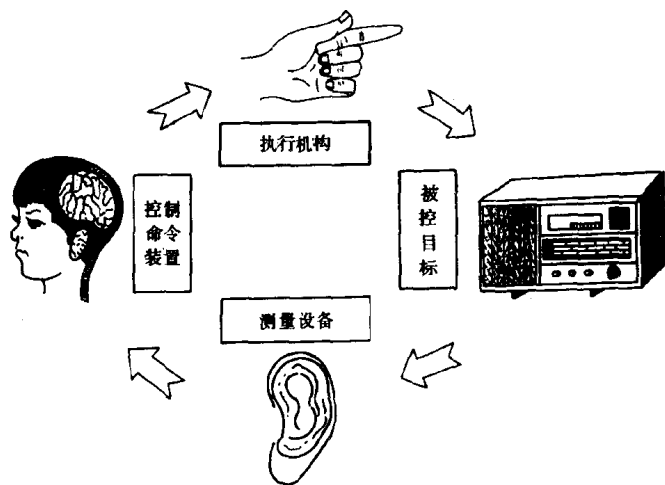


图 1.1 控制系统示意图

遥控模型飞机的过程与上述的控制过程是相同的。图 1.2 是遥控模型飞机的示意图。图中的模型飞机是被控目标。在模型飞机上安装有接收机与执行机构,并有产生拉力的发动机和控制飞行姿态的方向舵、升降舵等机构。在地面,运动员手持发射机对模型进行操纵。运动员的眼睛相当于测量设备。当发现模型飞机的飞行姿态发生偏差后,就通过发射机发出相应的控

制命令,经无线电波传送到接收机,由接收机将控制命令送到相应的执行机构。执行机构带动相应的舵面动作,修正模型飞机出现的偏差。例如:飞机偏高了,就发出“推杆”的命令,反之则发出“拉杆”的命令;飞机偏右了就发出“左舵”的命令,反之发出“右舵”的命令。

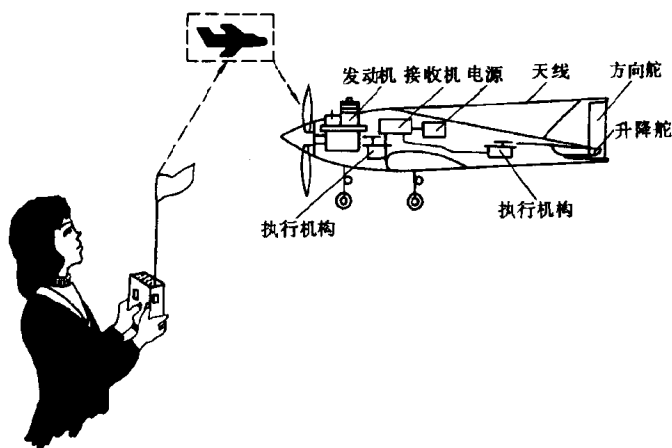


图 1.2 遥控模型飞机示意图

在这里,我们把发射机、接收机及执行机构统称为无线电遥控设备,把运动员通过遥控设备发出的控制命令叫控制指令或遥控指令。

二、无人驾驶飞机的奥秘

一架无线电遥控的模型飞机可以说是最简单的无人驾驶飞机。对真的无人驾驶飞机的遥控比模型飞机当然复杂得多,对无人驾驶飞机的无线电遥控是怎样实现的呢?

图 1.3 是无线电遥控无人驾驶飞机的示意图。为了执行打靶、侦察等任务,无人驾驶飞机可能飞到很远的地方,用眼睛就

观察不到它的飞行姿态和空中的位置了。因此,在无人驾驶飞机上除了有遥控设备外,还有无线电遥测设备。无线电遥测设备就是前面所说的控制系统的测量设备,只不过它是借助无线电信号对远方目标的参数及状态进行测量。安装在无人驾驶飞机上的遥测发射机把飞机的高度、速度、发动机转速、飞行姿态等参数通过发射天线不断发送出来,地面的遥测接收机及显示设备接收并显示这些参数。遥测设备就像“千里眼”一样,使人们“看”到飞行在远方天空上的飞机。

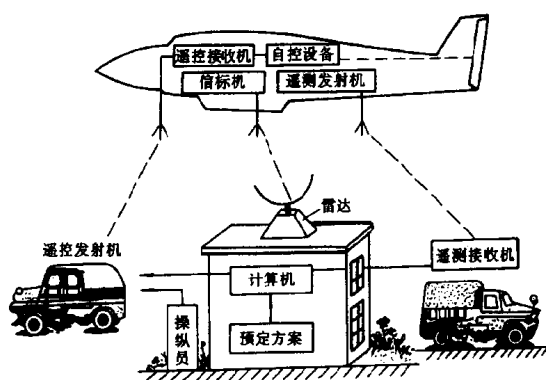


图 1.3 无人驾驶飞机遥控示意图

在无人驾驶飞机上还有自动控制设备。飞机在飞行时,除了可以通过无线电遥控设备控制舵面及其他机构外,还可以用自动控制设备自动驾驶飞行。自动驾驶飞行与遥控飞行的基本原理是一样的。安装在飞机上的各种传感器直接感受飞机飞行姿态的各种参数,并将其变为电信号,这些电信号通过运算放大器直接加到舵机等执行电路,对无人驾驶飞机的飞行姿态进行控制。

为了识别被控飞机,并确定飞机在空间的位置,在无人驾驶

飞机上还有应答机或信标机,在地面有跟踪雷达。地面控制站根据雷达及遥测设备提供的参数,通过计算机计算,对照预定的方案确定当前的控制方案,由操纵员或计算机通过遥控发射机向无人驾驶飞机发出控制指令。飞机上的遥控接收机收到控制指令后,把各种不同的指令区分开,加到自动控制设备中的转换电路或舵机等执行电路上,实现对舵面或其他调节机构的控制,使飞机执行预定的任务。

从上面介绍可知,无论是对模型飞机还是对无人驾驶飞机的无线电遥控,都是通过无线电遥控设备发出控制指令实现的。这种遥控方式称为无线电指令遥控。指令遥控是无线电遥控的一种方式,无线电遥控还有雷达制导等方式。因为控制指令是在了解被控目标的状态后才产生的,所以指令遥控与遥测总是结合在一起,是在遥测的基础上实施的。通常把遥控及遥测设备统称为“双遥”设备。前面介绍的在国防及工业中应用的遥控设备大多是双遥设备。对于各种模型的遥控,一般都在视线距离之内,操纵者用眼睛就能观察到模型的姿态和位置,所以没有专用的遥测设备。本书下面介绍的遥控设备,主要是应用于遥控各种模型,在视距范围内的无线电指令遥控设备。其中有些遥控设备也可用于工业生产及军事训练中,如对大型吊车、天车、挖土机和战术背景等的遥控。

三、无线电遥控设备的工作原理

图 1.4 是无线电遥控设备方框图,由发射机、接收机及执行机构三部分组成。发射机主要包括编码电路和发射电路。编码电路由操纵器(操纵开关或电位器等)控制,操纵者通过操纵器,使编码电路产生所需要的控制指令。这些控制指令是具有某些特征的、相互间易于区分的电信号,例如:用频率为 270Hz 的正

弦信号作为控制左舵的指令,用频率为 350Hz 的正弦信号作为控制右舵的指令,即不同频率的正弦信号代表不同的控制指令。除了可利用频率特征外,还可用正弦信号的幅度及相位特征、脉冲信号的幅度、宽度及相位特征以及码组特征等表示各种指令。

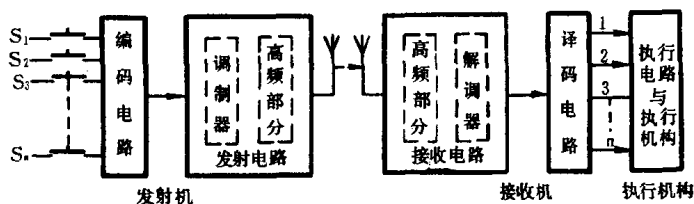


图 1.4 无线电遥控设备方框图

编码电路产生的指令信号都是频率较低的电信号,无法直接传送到遥控目标上去,还要将指令信号送到发射电路,使它载在高频信号(载波)上,才能由发射天线发送出去。就如同用火车、飞机等运载工具运送货物一样,指令信号相当于货物,载波相当于运载工具。我们把指令信号载到载波上去的过程叫调制,调制作用由发射电路的调制器完成。发射电路的主要作用是产生载波,并由调制器将指令信号调制在载波上,经天线将已调载波发送出去。

接收机由接收电路及译码电路组成。接收电路又包括高频部分及解调器部分。由接收天线送来的微弱信号经接收机高频部分的选择和放大后,送到解调器。就像火车、飞机等运载工具到站后,把货物卸下来的情况一样,解调器的作用是从载波上“卸”下指令信号。由于“卸”下来的各种指令信号是混杂在一起的,还要送到译码电路译码。译码电路的工作就像把卸下来的货物鉴别分类,再分别送到使用场地一样,它对各种指令信号进行鉴别,送到相应的执行放大电路。执行放大电路把指令信号放大

到具有一定的功率,用以驱动执行机构。执行机构将电能转变为机械动作,例如电机的转动、电磁铁的吸动等,带动被控的调节机构(例如舵面),从而实现对被控目标的控制。

第三节 频分制与时分制 ——无线电遥控设备的分类

无线电遥控设备的种类与分类方法很多。例如,以产生和区分指令信号的方法不同,可分为频分制与时分制两种类型的设备;按通道数目的不同,可分为单通道与多通道设备;以控制指令性质的不同,可分为开关型与比例型设备;以接收电路的程式不同,可分为超再生式、超外差式等类型。另外,还可以从操纵方式的不同、发射机调制方式的不同等方面分类。下面介绍几种主要的分类方法。

一、单通道与多通道

遥控一架模型飞机,要操纵它的方向舵、升降舵等几个舵面,需要好几个控制指令。这些指令信号在接收机的译码电路中区分出来,并送到相应执行放大电路。每个指令信号都有自己的“通道”(我们把通行指令信号的“道路”叫通道)。只有一个通道的无线电遥控设备叫单通道设备,有两个或两个以上通道的无线电遥控设备叫多通道设备。

图 1.5 是单通道设备方框图,从图中可以看出,单通道只有一个操纵器,通常只能控制一个执行机构,例如控制一个电磁铁的吸动或一个电机的转动。图 1.4 实际是多通道遥控设备方框图,有多个操纵器,能控制多个执行机构。

多通道设备还可以分为单路多通道和多路多通道两种类型。在同一时间内只能传送一个控制指令,不同指令只能一个接

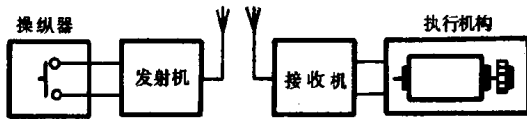


图 1.5 单通道设备方框图

一个地传送的多通道设备叫单路多通道设备；同一时间内能传送多个控制指令的多通道设备叫多路多通道设备。由于单路多通道设备在同一时间内只能传送一个控制指令，执行机构只能一个一个地动作。多路多通道设备可以在同一时间内传送多个控制指令，有几路则可同时发几个控制指令，使几个执行机构同时动作；这个道理可以用火车来比喻：如果只是一条铁路，各车次的火车只能一辆开出后再开出一辆；若有好几条铁路的话，就可从车站同时发出许多列火车了。很明显，多路多通道设备复杂一些，但给操纵带来方便，尤其是某些被控对象，需要几个执行机构同时配合动作，就必须用多路的遥控设备。

二、开关型与比例型

按控制指令性质的不同，遥控设备可分为开关型和比例型两种。开关型设备的操纵器是操纵开关，其控制指令的电信号只有两种状态，例如信号的有与无、频率的高与低、脉冲的宽与窄等。因此，被控的执行机构也只有两种状态。图 1.6 是开关型遥

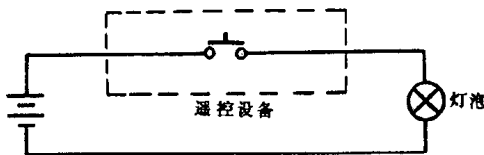


图 1.6 开关型遥控设备示意图

控设备示意图,图中的灯泡只有亮与不亮两种状态。

比例型遥控设备的操纵器通常是电位器,其控制指令的电信号是连续变化的(例如信号频率或脉冲宽度的连续变化),被控执行机构的状态也与操纵器的状态成某种比例地变化。如在图 1.7 所示的比例遥控设备示意图中,随着电阻器滑臂向右移动,被控的灯泡由暗逐渐变亮。由于比例遥控设备有这种特点,

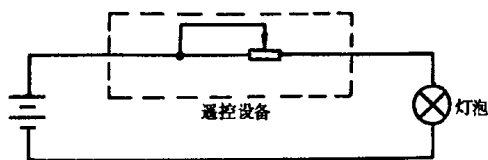


图 1.7 比例型遥控设备示意图

可以使被控模型动作准确优美。

三、频分制遥控设备

转动电视机频道开关旋钮,就可以收看到不同的节目。这是因为各电视台的频率不同,在电视机的频道开关内有选频电路,只能通过与其谐振的电视台信号,而把其他电视台的信号滤掉。频分制遥控设备区分通道的原理与电视机选台的原理是一样的。

1. 频分制单路遥控设备

图 1.8 是频分制单路遥控设备方框图。图中发射机的音频振荡器就是前面介绍的编码电路, S_1 、 S_2 ... S_n 是操纵开关, C_1 、 C_2 、... C_n 是容量互不相等的电容,通过操纵开关,可把任意一个电容接入振荡器的振荡回路。由于接入振荡器振荡回路中不同容量的电容,振荡器会产生相应的不同频率的电信号。因此,按动不同的操纵开关,就会产生代表各种控制指令的不同频率的