



高等职业教育“十一五”规划教材

高职高专电子信息类系列教材

高频电子技术

徐正惠 主 编



科学出版社

www.sciencep.com

高等职业教育“十一五”规划教材

高职高专电子信息类系列教材

高频电子技术

徐正惠 主 编

周文俊 刘希真 万 琰 余剑敏 副主编

王成安 主 审

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共分8章,前4章重点介绍高频电子技术的研究对象及高频电子技术应用系统的基本组成,第5~7章分别介绍高频电子技术在无线遥控、无线数据传输、无线声音信号传输等三大方面的应用,将重点放在相关的无线集成电路的应用,第8章介绍锁相环路的组成、工作原理及典型应用。本书以应用为导向,大幅度地增加了高频电子技术应用的内容。在分析单元电路时,将“结构、原理、特性和应用”作为教学重点,删减了理论分析的过程,降低了教学的难度。还安排了4个“阅读材料”供学生课外阅读,其内容以介绍高频电子技术在各个领域的应用为主,通过阅读,可以提高学生学习高频电子技术知识的兴趣。

本书共安排6个实训项目,内容以无线收发模块(可直接从电子市场购买)的应用为主,实训项目实用性强,安装调试难度较低。

本书可以作为高职高专院校通信技术、无线电技术、电子信息工程、应用电子技术等专业“高频电子技术(线路)”课程的教材,也可以供相关专业工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

高频电子技术/徐正惠主编. —北京:科学出版社,2008
(高等职业教育“十一五”规划教材·高职高专电子信息类系列教材)
ISBN 978-7-03-023117-8

I. 高… II. 徐… III. 高频-电子电路-高等学校:技术学校-教材
IV. TN710.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第152343号

责任编辑:孙露露/责任校对:柏连海

责任印制:吕春珉/封面设计:东方人华平面设计部

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年11月第一版 开本:787×1092 1/16

2008年11月第一次印刷 印张:21 1/2

印数:1—3 000 字数:494 000

定价:30.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135763-8212

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

本书根据高职高专培养目标的要求,结合高频电子技术的最新发展编写而成,适合通信技术、无线电技术、电子信息工程技术、应用电子技术、电子测量技术和仪器及计算机类各相关专业使用,也可供从事高频电子产品开发、生产和管理的工程技术人员参考。本书具有以下特点。

1. 以应用为导向对课程的性质作出准确的定位

高频电子技术在工程上有着十分广泛的直接应用,例如各种遥控玩具、遥控汽车门锁、遥控门铃、遥控飞机等无线遥控技术;无线抄表、射频卡技术,安保系统、网络工程、气象、环保工程中大量使用的无线数据传输技术;广播、电视、无线通信等声音和图像无线传输技术等。因此,“高频电子技术(线路)”不仅是一门通信技术、应用电子技术等专业的专业基础课程,同时又是一门有着直接应用的独立技术课程。根据这个思路,本书突出了技术应用的特点,在组织相关内容时既注意高频电子基本理论和常用单元电路的介绍和分析,为通信原理等后续课程作理论准备,又注意传授高频电子技术在线遥控、无线数据传输、无线声音信号传输等方面的应用,努力培养学生高频电子技术的应用能力。

2. 重点讲授各单元电路的“结构、原理、特性和应用”,精简理论推导

高频电子线路的分析涉及较多的数学推导,多年的教学实践表明,课程结束之后,许多学生并不能掌握这些分析和推导的方法,也正是这个原因,使“高频电子技术(线路)”课程成为高职高专教育的“难点课程”。另一方面,从后续课程和高频电子技术实际应用的要求来看,需要掌握的是理论分析的结论,而不是理论分析的方法。特别是各种高频电子技术相关的集成电路广泛应用以后,技术应用人员需要掌握的是这些集成电路的特性和应用,而不是内部电路的分析方法。因此,本书在讲授各个典型的单元电路时略去了详细的数学推导,而将重点放在电路的“结构、原理、特性和应用”的介绍,这样做,既符合高职高专生源的实际,也能满足工程技术教育的需要。

3. 较大幅度地增加了集成收发电路芯片和模块的内容

工程上,各种无线接收和发射集成电路芯片,调制解调器集成电路,编码和解码集成电路,无线接收和发射电路模块等已被广泛使用,由于其价格低廉,性能优良,已逐渐取代分立元器件组成无线接收、发射装置。但现有高频电子技术(线路)教材几乎都不涉及上述集成电路的结构、特性和应用,这将影响学生高频电子技术实际应用能力的提高。因此,本书增加了较多的无线集成电路和模块的内容,在讲授高频电子技术的应用时,也将重点放在各种无线集成电路和模块的应用。

4. 将无线收发集成电路的应用作为实训课程的重点

高职高专院校“高频电子技术”课程的总学时一般安排在 80 学时左右,其中实训课程 16 学时左右,因此实验实训教学一般并不独立设课。为此,本书将理论和实训教材统一编入一本书中。

以往的高频电路实验实训大都用实验箱来完成,实训的内容则以验证为主。由于高频电路对于元器件布局及安装工艺的要求较高,一些实用的电路很难通过实验箱来实现,实训课程的教学效果很不理想。针对这一情况,本书将实训的内容转向无线集成电路的应用,尽量使用从电子市场上购买的无线模块作为实训器材。这样做,既降低了实训的难度,又更接近高频电子技术的实际应用。

5. 增加了“阅读材料”

除了“学习要求”和“思考与练习”以外,还增加了“阅读材料”供学生课外阅读。这些材料都是高频电子技术在各个领域的应用。通过这些材料的阅读,可以扩大学生的知识面,培养学生学习高频电子技术的兴趣。

全书共分 8 章,第 1 章介绍高频电子技术的研究对象、无线电波传播特性和频段划分,引入无线收发系统的概念;第 2 章介绍无线信号发射电路的组成,正弦振荡电路、高频功率放大电路、天线等单元电路的组成、工作原理和特性,简单介绍集成无线发射电路;第 3 章介绍各种调制和解调的原理,常用调制解调电路的组成和特性,典型调制解调电路的识读;第 4 章介绍再生式和超外差接收电路的组成和工作原理,介绍常用变频电路、小信号谐振放大电路、集中选频放大电路等常用单元电路的组成和工作原理,简介常用无线收发集成电路;第 5~7 章分别介绍高频电子技术在无线遥控、无线数据传输和声音信号传输中的应用;第 8 章介绍锁相环电路的组成、工作原理和典型应用。

本书由徐正惠任主编,由周文俊、刘希真、万琰、余剑敏任副主编,由王成安任主审。徐正惠编写第 3 章,并负责全书统稿和定稿;周文俊编写第 1 章,刘希真编写第 2 章,万琰编写第 4 章,崔新跃编写第 5 章,郑利君编写第 6 章,徐运武编写第 7 章,余剑敏编写第 8 章。

本书编写过程中得到温州大学城市学院电子计算机分院领导和老师的大力支持,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中必然会有缺点和错误,诚恳希望广大读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 无线遥控门铃电路剖析	1
1.1.1 遥控门铃的组成和功能	1
1.1.2 遥控门铃无线发射电路	3
1.1.3 遥控门铃无线接收电路	6
1.2 无线电波传播特性与频段的划分	7
1.2.1 无线电频段和波段的划分	7
1.2.2 无线电波的传播特性	9
1.2.3 无线电管理	12
1.3 高频电子技术研究对象和方法	16
1.3.1 无线通信与通信系统的组成	16
1.3.2 高频电子技术的研究对象和方法	17
1.3.3 高频电子技术的发展	18
1.3.4 高频电路的集成化和模块化	19
1.4 高频电子技术的应用	23
1.4.1 无线通信系统分类	23
1.4.2 高频电子技术的应用	24
实训 收发模块 F05E 和 J04P 组成的无线收发系统	26
思考与练习	31
阅读材料 业余无线电活动	31
第 2 章 无线信号发射电路	36
2.1 正弦波振荡电路	36
2.1.1 正弦波振荡电路的组成和主要特性指标	36
2.1.2 LC 正弦波振荡电路	40
2.1.3 石英晶体振荡电路	43
2.1.4 声表面波谐振器振荡电路	46
2.2 高频功率放大电路结构和工作原理	47
2.2.1 高频功率放大电路的分类	47
2.2.2 高频功率放大电路的主要技术指标	49
2.2.3 C 类谐振功率放大电路原理	51
2.3 滤波匹配网络和直流馈电	56
2.3.1 L 型滤波匹配网络	56
2.3.2 π 和 T 型滤波匹配网络	61
2.3.3 LC 谐振功率放大电路的直流馈电	62

2.4 实用高频功率放大电路识读	64
2.5 天线	66
2.5.1 天线的作用和收发互易性	66
2.5.2 天线辐射无线电波原理	66
2.5.3 天线的主要特性参数	71
2.5.4 常用天线简介	72
2.6 集成无线发射芯片	75
2.6.1 无线发射芯片 nRF902 的结构与工作原理	75
2.6.2 无线发射芯片的主要技术指标	79
2.6.3 无线发射芯片 nRF902 的应用	80
2.6.4 常用无线发射芯片简介	81
实训 无线通信中的编码和解码	82
思考与练习	89
第3章 调制与解调	91
3.1 调制与解调概述	91
3.1.1 调制解调方式分类	91
3.1.2 各种调制方式的波形	93
3.1.3 调制的主要性能指标	97
3.2 幅度调制与解调原理	98
3.2.1 幅度调制的解析分析法	98
3.2.2 幅度调制的频谱图分析法	99
3.2.3 抑制载波的双边带调幅和单边带调幅	101
3.2.4 调幅信号的产生方法	103
3.2.5 调幅信号解调原理	106
3.3 角度调制与解调原理	109
3.3.1 单音频信号的频率调制	109
3.3.2 基带信号为任意函数时的频率调制	112
3.3.3 调频信号的产生	112
3.3.4 调频信号解调原理	114
3.3.5 相位调制概述	115
3.4 数字信号的调制与解调	115
3.4.1 数字信号调制方法分类	115
3.4.2 多进制和数字基带信号的数学表达式	117
3.4.3 数字信号调制	120
3.4.4 数字信号解调	123
3.4.5 三种数字信号调制解调方法比较	126
3.5 调制和解调电路识读	126
3.5.1 调制解调方法分类	126
3.5.2 无线收发芯片中的调制解调电路	128
3.5.3 集成乘法器调制解调电路识读	129
3.5.4 分立元器件组成的调制电路识读	130

3.5.5 分立元器件组成的解调电路识读	133
实训 无线编码通信	136
思考与练习	139
阅读材料 短波通信的复兴	140
第4章 无线信号接收电路	145
4.1 无线信号接收电路的功能及分类	145
4.1.1 无线信号接收电路的功能	145
4.1.2 无线信号接收电路的主要技术指标	146
4.1.3 无线信号接收电路的分类	147
4.2 超外差接收电路	153
4.2.1 超外差接收电路框图	153
4.2.2 外接天线与输入调谐电路的连接	154
4.2.3 变频电路	156
4.2.4 中频放大电路	160
4.2.5 AGC 和 AFC 电路	166
4.3 超外差式接收电路识读	168
4.3.1 中波段超外差式调幅收音机电路	168
4.3.2 调频广播收音机的高频头电路	170
4.3.3 点频超外差式接收电路	173
4.4 无线收发芯片和模块	175
4.4.1 无线收发芯片的主要特性	175
4.4.2 无线收发芯片按用途分类	178
4.4.3 无线收发模块	184
实训 直接放大式中波调幅收音机	188
思考与练习	189
第5章 高频电子技术在遥控电路中的应用	191
5.1 玩具汽车无线遥控电路剖析	191
5.1.1 玩具汽车无线遥控电路剖析	191
5.1.2 一般无线遥控装置的电路组成	194
5.2 无线遥控电路的分类	196
5.2.1 遥控电路中通路和通道的概念	196
5.2.2 无线遥控电路的分类	196
5.3 固定编码芯片组成的遥控电路	201
5.3.1 无地址码型遥控电路的缺点	201
5.3.2 常用固定编解码芯片简介	201
5.3.3 高性能遥控门铃	203
5.3.4 抗干扰无线遥控玩具汽车	205
5.3.5 八路家庭照明无线控制	206
5.3.6 64 路无线病房呼叫系统	209
5.4 学习型编解码芯片组成的遥控电路	210

5.4.1 学习型编解码芯片简介	211
5.4.2 编码学习的电路和操作步骤	213
5.4.3 由 eV1527 和 TDH6300 组成的卷帘门遥控电路	215
5.5 滚动码芯片组成的遥控电路	218
5.5.1 滚动码编解码芯片简介	218
5.5.2 滚动码发生原理和接收器学习步骤	220
5.5.3 滚动码编解码芯片组成的遥控电路识读	223
实训 学习型编解码芯片组成的遥控电路	226
思考与练习	229
阅读材料 遥控传感器和无线传感器网络	229
第 6 章 高频电子技术在数据传输中的应用	234
6.1 无线数据传输概述	234
6.1.1 远程和近程无线数据传输	234
6.1.2 无线数据传输系统的组成和分类	235
6.1.3 单片机串行口通信方式简介	238
6.1.4 单片机与 PC 机的接口	240
6.2 普通无线收发芯片组成的数据传输系统识读	243
6.2.1 系统硬件	243
6.2.2 系统软件	248
6.3 智能型无线收发芯片组成的数据传输系统识读	251
6.3.1 智能型无线收发芯片 nRF9E5 简介	251
6.3.2 智能型无线收发芯片组成的数据传输系统	254
6.4 无线收发模块组成的数据传输系统识读	259
6.4.1 无线收发模块 PTR2000 组成的数据传输系统	260
6.4.2 无线收发模块 PTR8000 组成的数据传输系统	266
思考与练习	271
阅读材料 射频识别技术	272
第 7 章 高频电子技术在声音信号传输中的应用	277
7.1 收音机集成电路	277
7.1.1 收音机集成电路概述	277
7.1.2 CXA1600 组成的调幅收音机电路	279
7.1.3 TDA7088T 组成的单声道调频收音机	285
7.1.4 TDA7088T 组成的立体声调频收音机	287
7.2 无线话筒系统概述	291
7.2.1 无线话筒系统的组成和分类	291
7.2.2 无线话筒所使用的频段	293
7.2.3 改善无线话筒性能的几项关键技术	294
7.3 分立元器件组成的无线话筒	297
7.3.1 无线话筒组成和分类	297
7.3.2 LC 振荡电路组成的无线话筒	297

7.3.3 晶振稳频的无线话筒	299
7.4 调频发射芯片组成的无线话筒	301
7.4.1 调频发射芯片 MC2833 组成的无线话筒	301
7.4.2 调频发射芯片 BA1404 组成的无线话筒	304
7.5 无线耳机	307
7.5.1 无线耳机系统的分类和组成	307
7.5.2 感应式无线耳机系统识读	310
7.5.3 调频式无线耳机	312
7.5.4 手机用无线耳机系统	315
实训 感应式无线耳机	318
思考与练习	321
第8章 锁相环技术及其在高频电路中的应用	322
8.1 锁相环路的组成与原理	322
8.1.1 锁相环路的基本组成	322
8.1.2 锁相环路各单元电路的功能	324
8.1.3 锁相环路的工作原理	325
8.2 锁相环典型应用简介	327
8.2.1 频率调制与解调	327
8.2.2 倍频器	328
8.2.3 频率合成器	328
8.3 锁相环应用电路识读	329
8.3.1 锁相环芯片 CD4046 简介	329
8.3.2 CD4046 组成的解调电路	332
8.3.3 CD4046 组成的高精度频率源	333
思考与练习	334

第 1 章

绪 论



学习要求

掌握无线通信和无线收发系统的组成和基本功能；掌握无线电波传播的五种模式和波（频）段的划分；掌握高频电子技术的研究对象，了解我国广播、电视、卫星电视和移动通信的无线电频率分配；了解我国无线电管理的主要内容；了解无线收发模块 F04E、J04P 的主要特性，学会用它们组成无线收发系统实现脉冲信号的无线传输。

1.1 无线遥控门铃电路剖析

1.1.1 遥控门铃的组成和功能

图 1.1 所示的是一种常用的无线遥控门铃的外形图，其中图（a）是安装在室外的部分，我们称其为室外机；图（b）是安装于室内的部分，称其为室内机。图 1.2 是遥控门铃印制电路板，图（a）是室外机的印制板电路，图（b）是室内机的印制板电路。

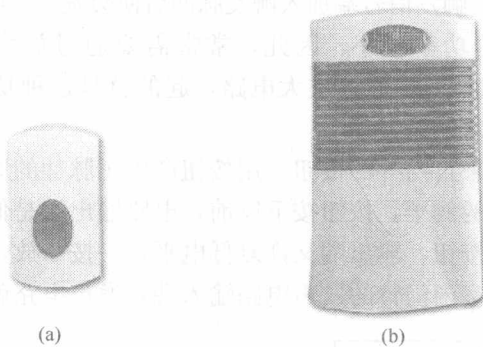


图 1.1 无线遥控门铃外形

如图 1.3 所示，室外机由按钮 K_1 和无线发射电路组成，室内机由无线接收电路和发声电路组成。在室外按一下按钮 K_1 ，这一指令通过无线发射电路以无线电波的形式向外发射，室内的无线接收电路接收到这一无线电信号后，对检测到的信号进行放大，并从中检出按钮发出的指令，用该指令驱动门铃发声电路，门铃即发出“叮咚”声，这就是遥控门铃的基本功能。下面分析遥控门铃的这一功能是如何实现的。

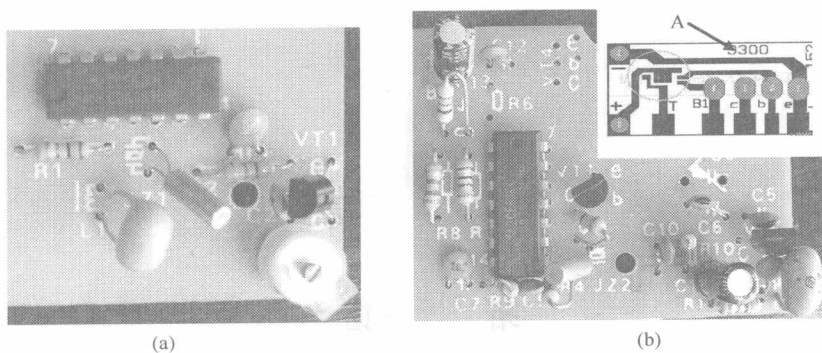


图 1.2 遥控门铃印制电路板

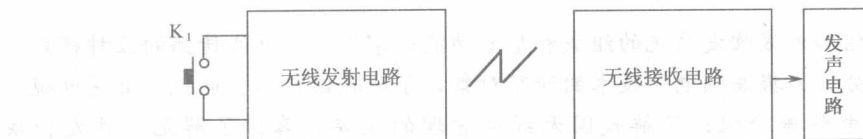


图 1.3 遥控门铃电路组成

首先讨论发声电路，图 1.2 (b) 中标有符号“A”的是室内门铃的发声电路。这部分电路由音乐芯片和喇叭组成，如图 1.4 所示。音乐芯片品种很多，一般都有 4 根对外的引脚：正电源脚、接地脚（即电源负极）、触发信号输入脚和输出脚。音乐芯片的功能是，只要在触发信号端输入一正脉冲触发信号，芯片输出端就自动输出事先录制在芯片内的乐曲信号。将这一乐曲信号加到发声元件喇叭上，即可发出优美的音乐声。不同的音乐芯片，其内部录制各不相同的乐曲信号，因此可以发出各种不同的乐曲信号。上述门铃使用的是“叮咚”音乐芯片，在触发信号端加入触发脉冲后便会发出“叮咚”声。

音乐芯片输出信号的功率较小，因此，常常需要通过放大电路进行功率放大。图 1.4 中三极管 VT_1 被接成共集电极放大电路，起的就是这种功率放大作用，信号从基极输入，负载喇叭接在发射极。

遥控门铃的触发信号来自门外的按钮。用按钮产生正脉冲的原理很简单，图 1.5 所示就是一种产生脉冲信号的例子。按钮按下以前，电路输出端是低电平，按下按钮，输出端上升为高电平，松开按钮，输出端又恢复低电平，一按一放，输出端就输出一正脉冲。将这一脉冲信号加到室内门铃的发声电路输入端，发声电路就能发出“叮咚”声。

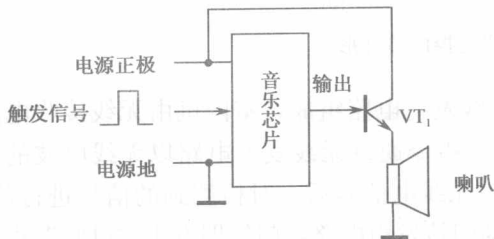


图 1.4 遥控门铃发声电路

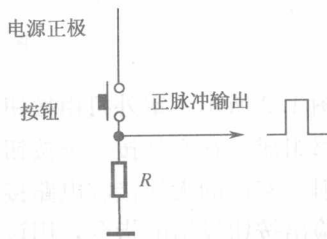


图 1.5 按钮产生正脉冲

问题是在无导线连接的情况下,门外按钮产生的正脉冲如何穿墙而过传输到门内驱动发声电路发声呢?这就是遥控门铃需要解决的核心问题。

1.1.2 遥控门铃无线发射电路

能穿墙而过,从门外传入门内,最理想的便是无线电波,遥控门铃电路也正是利用无线电波这一性质来实现遥控指令的无线传输的。为了说明按钮所发出的指令如何通过无线电波实现无线传输,需要详细讨论发射和接收电路的组成和功能。我们首先讨论无线发射电路。无线发射电路由正弦波振荡电路、调制电路和发射天线组成,如图 1.6 所示,下面分别讨论各部分电路的作用。

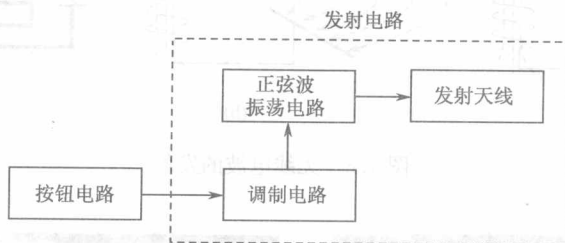


图 1.6 无线发射电路组成

1. 振荡电路和天线

为了向外发射无线电波,首先需要有一个振荡电路来产生正弦振荡,图 1.6 中的正弦波振荡电路即起这种作用。与模拟电子技术中所讨论的振荡电路相比较,这里所涉及的正弦波振荡电路有以下两个特点。

(1) 振荡频率比较高

高频电子技术中,为了提高向外发射无线电波的效率,电路的振荡频率都选得比较高,一般要在几百千赫兹至几百兆赫兹之间。常用的振荡电路有 RC 振荡电路、LC 振荡电路和晶体振荡电路等。RC 振荡所产生的振荡频率较低,因此,高频电子技术中一般都选用 LC 振荡电路或晶体振荡电路。上述门铃电路所使用的振荡电路如图 1.7 所示,即为 LC 振荡电路,振荡的频率决定于由电感 L_1 和电容 C_1 组成的谐振电路的谐振频率,约 250MHz。

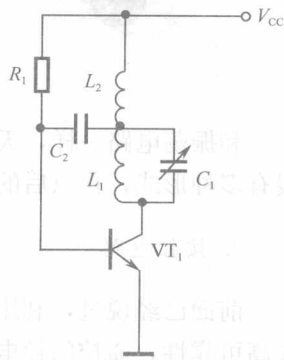


图 1.7 LC 正弦波振荡电路

(2) 振荡形成的电磁波需要向外发射

低频电路中,振荡电路产生的正弦波信号通过电感或电容耦合传输到负载上去,不希望电磁振荡的能量向外辐射,因此所使用的电容器被制成密闭型的,两极板之间的距离比极板的尺寸(即极板的长宽)要小得多,以便振荡电场形成的能量集中于极板之间;电感被绕制成螺线管状,以便电磁能量集中于螺线管内,如图 1.8 (a) 所示。发射电路中的情况正好相反,我们希望正弦振荡形成的电磁能量尽可能多地向外传播,传播得越远越好,以便实现信号的无线传输。为此,可以采取多

种办法,例如将电容器两极板之间的距离拉大,如图 1.8 (b) 所示,电磁波就容易发射出去;也可以将电感制成图 1.8 (c) 所示的形状,电磁波也容易发射出去。遥控门铃印制电路板如图 1.9 所示,由图可以看出,振荡电路中的电感 L_1 即被印制成图 1.8 (c) 所示的形状,和电容 C_1 组成 LC 谐振电路,既起着选频的作用,同时又起向外发射无线电信号的作用,这样的部件,称其为“天线”。电路中的电容 C_1 是可变电容,调节其电容量,可对所发射的无线电波的频率进行微调。

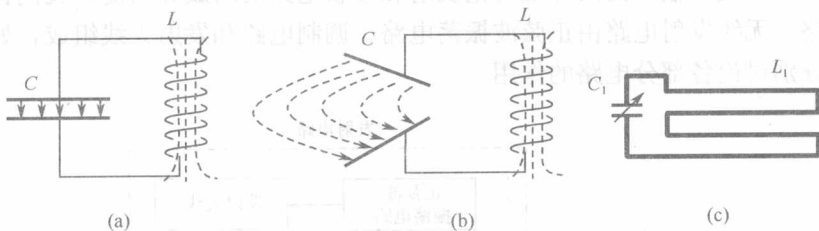


图 1.8 无线电波的发射

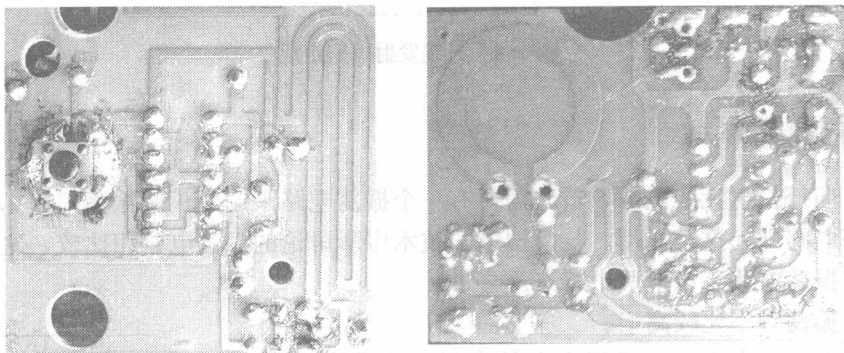


图 1.9 遥控门铃印制电路板

和振荡电路一样,天线也是无线发射电路必备的组成部分。在高频电子技术中,天线有多种形式,在以后的章节中,我们将专门讨论天线的各种结构和特性。

2. 按钮电路

前面已经说过,利用图 1.5 所示的简单电路就可以形成控制门铃发声的指令。为了提高可靠性,遥控门铃电路实际采用的是下面的方案。

用按钮控制一脉冲信号发生电路,按下按钮,输出一串正脉冲,而不是一个正脉冲,具体电路如图 1.10 所示。图中 CD4069 为 6 反相器电路,其中两个与电阻 R_1 、晶体 JZ_1 组成方波发生器电路,另外 4 个相互并联组成反相器电路(图中只画出两个), JZ_1 选用电子表用晶体,频率为 32.768kHz。按下按钮 K_1 ,接通 CD4069 的电源, A_1 端即输出一系列方波信号,按住按钮不放, A_1 端即连续输出方波,一按一放, A_1 输出一串方波,该方波经 4 个反相器电路,输出端得到的 U_o 仍为一串方波,只不过功率被

放大了(4个反相器并联的目的就是为了放大功率)。

用一串方波取代一个方波显然能提高门铃操作的可靠性。

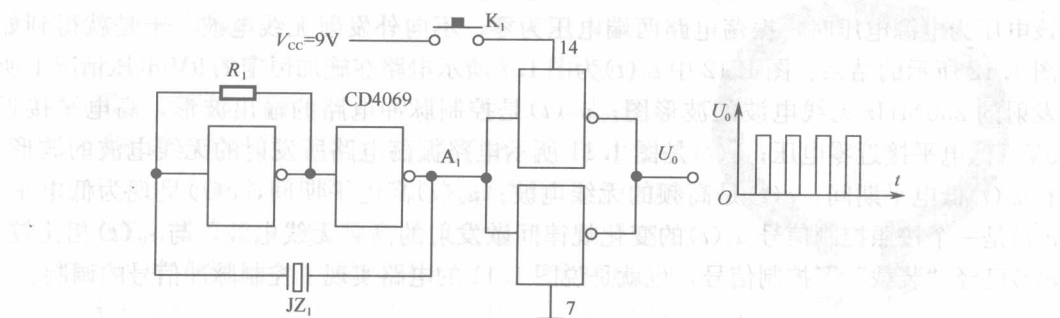


图 1.10 控制脉冲发生电路

3. 调制电路

现在的问题是如何将这一串脉冲发射出去。直接以无线电波的形式进行发送是行不通的，原因是 32.768kHz 的频率太低。从理论上说，低频的电磁波也能向外传播，但传播的距离实在太短，实际上是无法实现的。为此，必须将这一低频的控制信号装载到高频的无线电波上（例如本例中的 250MHz）发射出去。室内的门铃电路接收这一高频信号后，从中检出所装载的控制信号，这样，就能有效地实现控制信号的无线传输。

高频电子技术中，待加载的控制信号称为调制信号（也称基带信号），用来装载控制信号的高频无线电信号称为载波信号，将调制信号“加载”到载波信号上去的过程称为调制。将基带信号调制到载波上去的方法很多，遥控门铃电路调制的办法如下。

前面已经说过，图 1.7 所示的振荡电路能发射 250MHz 的正弦无线电波，现在将振荡电路三极管 VT_1 的发射极改接到控制脉冲发生电路的输出端，如图 1.11 所示，我们考察振荡电路的工作状况发生怎么样的变化。

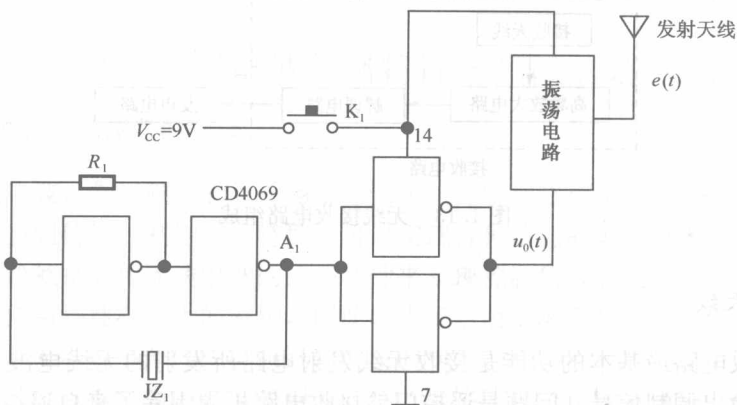


图 1.11 控制脉冲信号调制电路

按下按钮 K_1 ，电源接通，控制脉冲发生电路即输出方波，其高电平接近电源电压，

低电平接近于零, 因此输出电压 $u_0(t)$ (见图 1.11) 不断在电源电压和零之间变化。当该电压为零时, 加在振荡电路两端的电压为电源电压, 振荡电路发射高频无线电波; 当该电压为电源电压时, 振荡电路两端电压为零, 不向外发射无线电波, 于是就得到如图 1.12 所示的结果。图 1.12 中 $e_0(t)$ 为图 1.7 所示电路在施加恒定的 9V 电压情况下所发射的 250MHz 无线电波的波形图; $u_0(t)$ 是控制脉冲电路的输出波形, 高电平接近 9V, 低电平接近零电压; $e(t)$ 是图 1.11 所示电路振荡电路所发射的无线电波的波形。在 $u_0(t)$ 低电平期间, $e(t)$ 是高频的无线电波; $u_0(t)$ 高电平期间, $e(t)$ 呈现为低电平。 $e(t)$ 是一个按照控制信号 $u_0(t)$ 的变化规律间歇发射的高频无线电波, 与 $e_0(t)$ 相比较, $e(t)$ 已经“装载”了控制信号, 也就是说图 1.11 的电路实现了控制脉冲信号的调制。

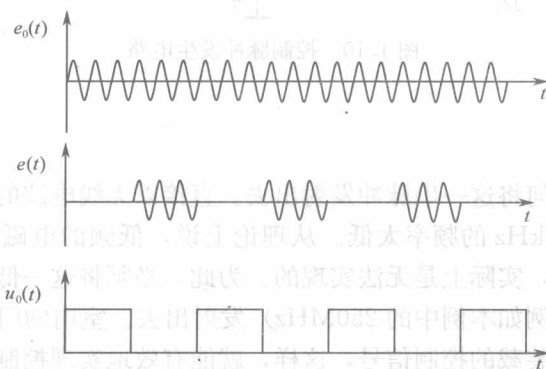


图 1.12 控制信号调制示意图

1.1.3 遥控门铃无线接收电路

无线接收电路由接收天线、高频放大电路和解调电路组成, 解调输出的信号用来控制遥控门铃发声电路发声, 如图 1.13 所示。

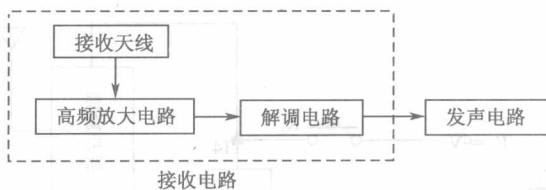


图 1.13 无线接收电路组成

1. 接收天线

无线接收电路最基本的功能是接收无线发射电路所发射的无线电波, 对其进行放大, 并从中检出调制信号。问题是遥控门铃接收电路板周围除了来自遥控门铃无线发射电路的有用信号以外, 还存在大量无关的电波, 例如广播电台的电波、电视信号电波、移动通信电波、周围电器工作时难免发出的电磁波等。各种干扰无线电波和有用信号混杂在一起, 为了有效地放大有用信号, 首先需要从混杂的信号中取出有用的无线信号,

接收天线就是起这种作用的重要部件。

遥控门铃电路的接收天线被印制在电路板上,如图 1.9 所示接收板的左上角部分,是一个直径 2cm 的开口圆环,圆环开口部分并联电容 C_2 ,如图 1.14 所示。

由图 1.9 可知,接收天线也是一个 LC 谐振电路,因此就具有选频的特性。将它放到存在各种无线电波的环境中时,只有频率与 LC 电路谐振频率相同(相近)的无线电波才能在电路中建立起较大的电压。如果调节图 1.8 (c) 中发射天线中的可调电容 C_1 ,使发射无线电波的频率和接收天线的谐振频率相等,则只有遥控门铃发射电路所发射的无线电波才能在天线电路中形成较大的电压,于是就完成了选频的任务。

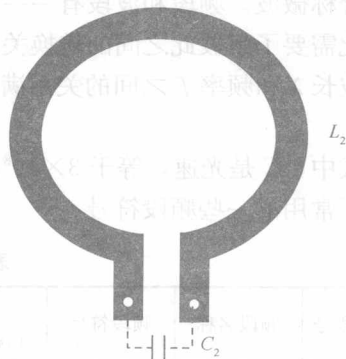


图 1.14 接收天线结构

2. 高频放大电路

接收天线中所形成的无线信号是很微弱的,因此需要进行放大。常用高频信号放大的方案和电路很多,我们将在以后的章节中仔细讨论。

3. 解调电路

解调电路的作用是从接收到的无线电信号中检出控制信号(即调制信号或基带信号)。和低频放大电路类似,根据调制方式的不同,解调电路也有许多种形式,各种解调电路的结构、原理和特性也将在以后的章节中讨论。

通过遥控门铃电路的剖析,可以看出实现门铃的遥控,核心是如何实现控制信号的无线传输,即通过什么途径、以什么为载体将门铃按钮的信号从一个地方(门外)以无线的方式传输到另一个地方(门内),从而触发门铃发声电路发声。遥控门铃控制信号的传输是依靠无线电波的传播来实现的,因此需要研究无线电波的传播特性。

1.2 无线电波传播特性与频段的划分

1.2.1 无线电频段和波段的划分

所谓无线电波,是指频率在几个赫兹至 3000 吉赫兹之间的电磁波,也称赫兹波。无线电波能在空间传播,利用这一特性,可以实现各种信息的远距离无线传输。前面所讨论的遥控门铃就是利用无线电波的这一特性来实现控制信号的无线传输。不同波长的无线电波,其传播特性有很大的差别,因此,为了全面了解无线电波在信息无线传输中的广泛应用,首先需要了解无线电频段和波段的划分。

无线电波既可以按频率的高低来划分,也可以按波长的长短来划分,按频率高低划分的称为频段,按波长划分的称为波段。按频率划分,无线电波分为极低频、超低频、特低频、甚低频、低频、中频、高频、甚高频、特高频、超高频、极高频和至高频等 12 个频段;按波长划分,分为极长波、超长波、特长波、甚长波、长波、中波、短波、