

电路识图与应用快捷入门丛书



孙余凯 吴鸣山 项绮明 等编著

典型无线电发射及接收

电路识图与应用

快捷入门

- ◆ 典型无线电发射及接收电路的识图与应用
- ◆ 典型无线电收音电路和话筒及对讲电路的识图与应用
- ◆ 典型红外线遥控和微波报警发射及接收电路的识图与应用



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电路识图与应用快捷入门丛书

典型无线电发射及接收 电路识图与应用快捷入门

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以讲解典型无线电发射及接收电路的基础知识为切入点,介绍了无线电发射及接收电路识图与应用快捷入门的基础知识及无线电发射与接收中常用单元电路、收音电路、无线话筒与对讲电路,以及无线红外线遥控和无线电波发射及接收电路的识图与应用。通过对电子产品中应用的典型电路的结构、工作原理及电路功能的详细讲解,使读者快捷掌握无线电发射及接收电路的识图技巧,并能在实践中灵活应用。各章后附有习题供读者练习,以加深对章节内容的理解。

本书分类明确、结构合理、通俗易懂,既可作为中等电子职业学校及相关电子技术学科的教材,也可作为电子产品开发及生产技术人员和广大电子爱好者作为自学参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

典型无线电发射及接收电路识图与应用快捷入门 / 孙余凯等编著. —北京:电子工业出版社,2010.9
(电路识图与应用快捷入门丛书)

ISBN 978-7-121-11728-2

I. ①典… II. ①孙… III. ①无线电发射机—电路图—识图法②无线电接收机—电路图—识图法
IV. ①TN839②TN859

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第169777号

策划编辑: 谭佩香

责任编辑: 鄂卫华

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.5 字数: 450千字

印 次: 2010年9月第1次印刷

定 价: 36.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前言

F O R E W O R D

目前,无线电发射及接收电路在电子技术中的应用越来越广泛,各类典型无线电发射及接收电路的结构十分繁杂且功能很多,很全。因而,本书采用对比归纳的方法,将由不同典型无线电发射及接收电路组成的相同功能的典型单元电路归纳起来介绍给读者。在此基础上,重点讲解了各种典型无线电发射及接收实用电路识图与应用,使读者全面了解相同功能但不同类型电路的特点,并能对典型无线电发射及接收电路进行定性的分析、估测,为灵活应用与识图打下基础。其目的是为了抛砖引玉,教给读者识图的方法与技巧,开拓读者的应用思路,使读者熟悉应用的方法,进而能多方位、多领域地应用无线电发射及接收电路,设计制作出功能更新颖、自动化程度更高的应用产品来。

本书以应用为目的设置内容,以典型无线电发射及接收电路识图与应用为基础,并在此基础上着重介绍典型无线电发射及接收电路的各种应用方法,也适当地介绍一些复杂的组合专用电路。讲解这些通用典型无线电发射及接收电路的结构、识图指导和工作原理时,以应用为目的,以使读者掌握它们的功能、特性及应用方法。

本书以初学者为对象设置内容,知识点的讲解全部以项目实例形式体现。最大特点是起点低,从基础知识入手,以讲解识图与应用为基点,逐步深入地介绍无线电发射及接收电路典型应用方法,其目的是由浅入深,进而熟能生巧地去应用典型无线电发射及接收电路,熟练读懂更加复杂的无线电发射及接收的各种单元应用电路,为读者应用这些电路提供了实用范例。

本书以解决问题为重点,突出应用,将知识内容巧妙地融入到对电路识图与应用的讲解中。

本书共分7章,包括典型无线电发射及接收电路识图与应用快捷入门的基础知识、无线电发射及接收中常用单元电路、收音电路、无线话筒与对讲电路,以及无线红外线遥控和无线电波发射及接收电路的识图与应用。各章后附有习题供读者练习,以加深对章节内容的了解,书后给出了部分习题答案供参考。

本书的另一特点是浅显通俗、图文并茂、取材新颖、资料丰富、实用性强。

本书主要由孙余凯、吴鸣山、项绮明统稿编著，参加本书编写的人员还有项宏宇、王华君、项天任、薛广英、孙余平、陈帆、常乃英、刘普玉、丁秀梅、夏立柱、刘忠德、周志平等。

本书在编写过程中，参考了大量的国外、国内有关电子技术方面的期刊、书籍及资料，在这里谨向作者致谢。限于作者水平有限，书中存在的不足之处，诚请专家和读者批评指正。

编著者

2010年7月

目 录

第 1 章 典型无线电发射及接收电路快捷入门的基础知识	1
1.1 无线电广播的发送	1
1.2 无线电广播的接收	6
1.3 无线电信号的调制	7
1.4 无线电发射与接收电路常用元器件	10
1.4.1 电阻类元件	10
1.4.2 电容类元件	15
1.4.3 电感线圈	23
1.4.4 变压器	27
1.4.5 半导体二极管	29
1.4.6 稳压二极管	31
1.4.7 发光二极管	32
1.4.8 红外线发光二极管	33
1.4.9 红外线光敏接收二极管	34
1.4.10 半导体三极管	34
1.4.11 场效应晶体管	38
1.4.12 闸流晶体管	42
1.4.13 集成电路引脚识别方法	44
1.4.14 数字门集成电路电路图形符号	45
1.4.15 压电式蜂鸣器	45
1.4.16 传声器	46
1.4.17 扬声器	47
1.4.18 耳机	48
1.4.19 电磁继电器	48
1.4.20 固态继电器	50
1.5 无线发射与接收电路识图要领	52
习题一	53
第 2 章 典型无线电发射及接收常用单元电路的识图与应用快捷入门	57
2.1 放大类应用电路与识图	57
2.1.1 晶体管放大应用电路	57
2.1.2 场效应管放大应用电路	58

2.1.3	元器件耦合式放大应用电路	59
2.1.4	OTL 功率放大电路	61
2.1.5	由集成运算放大器构成的反相交流放大应用电路与识图	64
2.1.6	由集成运算放大器构成的同相交流放大应用电路与识图	65
2.1.7	由集成运算放大器构成的差分放大应用电路与识图	66
2.1.8	功率放大集成电路 LM386N 应用电路与识图	67
2.1.9	功率放大集成电路 TDA2822 应用电路与识图	69
2.2	振荡器类应用电路与识图	70
2.2.1	RC 移相振荡器应用电路与识图	70
2.2.2	文氏电桥 RC 振荡器应用电路与识图	71
2.2.3	变压器反馈 LC 振荡器应用电路与识图	72
2.2.4	电感三点式振荡器应用电路与识图	74
2.2.5	电容三点式振荡器应用电路与识图	75
2.2.6	改进型电容三点式振荡器应用电路与识图	75
2.2.7	并联型晶体振荡器应用电路与识图	76
2.2.8	串联型晶体振荡器应用电路与识图	76
2.2.9	运算放大器在文氏桥式振荡器电路中的应用与识图	77
2.2.10	运算放大器在 RC 相移式正弦波振荡器电路中的应用与识图	77
2.3	多谐振荡应用电路与识图	78
2.3.1	集-基耦合无稳态振荡基本应用电路与识图	78
2.3.2	改进后的集-基耦合无稳态振荡应用电路与识图	79
2.3.3	射极耦合振荡应用电路与识图	79
2.3.4	互补式振荡应用电路与识图	80
2.3.5	单结管振荡应用电路与识图	80
2.3.6	集成电路与非门式多谐振荡器应用电路与识图	81
2.3.7	集成电路非门式多谐振荡器应用电路与识图	82
2.3.8	集成电路或非门式多谐振荡器应用电路与识图	82
2.3.9	集成电路 RC 环形振荡应用电路与识图	82
2.3.10	时基集成电路无稳态应用电路与识图	83
2.3.11	时基电路集成电路压控振荡器应用电路与识图	83
2.4	调制及解调类应用电路与识图	84
2.4.1	基本调幅应用电路与识图	84
2.4.2	基本检波应用电路与识图	85
2.4.3	基本调频应用电路与识图	86
2.4.4	基本鉴频应用电路与识图	87
2.5	双稳态触发应用电路与识图	88
2.5.1	集-基耦合双稳态触发应用电路	88
2.5.2	集成电路触发器应用电路与识图	89
2.6	单稳态触发器应用电路与识图	92

2.6.1	分立元器件集-基耦合单稳态触发器应用电路与识图	92
2.6.2	集成电路与非门单稳态应用电路与识图	92
2.6.3	集成电路或非门单稳态应用电路识图	93
习题二		94
第 3 章 典型无线电收音电路的识图与应用快捷入门		97
3.1	无线电收音电路识图与应用快捷入门的基础知识	97
3.1.1	分立元器件无线电收音电路原理方框图	97
3.1.2	集成电路无线电收音电路原理	98
3.2	调幅 (AM) 无线电收音电路的识图与应用	98
3.2.1	6 管分立元器件在 AM 收音电路中的应用与识图	98
3.2.2	D7642 集成电路在 AM 收音电路中的应用与识图	100
3.2.3	D7642 和 CC4011B 集成电路在 AM 收音电路中的应用与识图	102
3.2.4	LM386 集成电路在 AM 收音电路中的应用与识图	103
3.2.5	ZN416 集成电路在 AM 收音电路中的应用与识图	103
3.2.6	D7642T 集成电路在助听及 AM 收音两功能电路中的应用与识图	104
3.2.7	TA7641BP 集成电路在 AM 收音机电路中的应用与识图	106
3.2.8	ZN414Z 集成电路在太阳能电池式收音电路中的应用与识图	108
3.3	调频 (FM) 无线电收音电路的识图与应用	110
3.3.1	J01 调频接收模块在 FM 收音电路中的应用与识图	110
3.3.2	J01 调频接收模块在电视伴音收音电路中的应用与识图	111
3.3.3	TA8164 集成电路在 FM 收音电路中的应用与识图	112
3.3.4	TDA7088T 集成电路在电调谐式 FM 收音电路中的应用与识图	113
3.3.5	TDA7010T 集成电路在 FM 收音电路中的应用与识图	116
3.3.6	TDA7020T 集成电路在立体声收音电路中的应用与识图	118
3.3.7	TDA7088T 集成电路在电调谐 FM 立体声收音电路中的应用与识图	119
3.4	调幅及调频无线电收音电路的识图与应用	121
3.4.1	D7642 集成电路在调幅及调频低电压收音电路中的应用与识图	121
3.4.2	TDA7021T 集成电路在电调谐 AM/FM 收音电路中的应用与识图	123
3.4.3	TDA7010T 集成电路在 AM/FM 收音机电路中的应用与识图	124
3.5	其他无线电收音电路的识图与应用	125
习题三		126
第 4 章 典型无线话筒及对讲电路识图与应用快捷入门		129
4.1	无线话筒及对讲电路的识图与应用的基础知识	129
4.2	分立元器件无线话筒电路的识图与应用	130
4.2.1	单晶体管在调幅无线话筒电路中的应用与识图	130
4.2.2	两只晶体管在调频无线话筒电路中的应用与识图	130
4.2.3	由两只晶体管构成的低电压 FM 无线话筒应用电路与识图	131

4.2.4	由两只晶体管构成的高保真无线话筒应用电路与识图	132
4.2.5	三只晶体管在调频无线话筒电路中的应用与识图	133
4.2.6	两只晶体管和两只场效应管在调频无线话筒电路中的应用与识图	134
4.2.7	四只晶体管在远距离无线话筒电路中的应用与识图	135
4.3	集成电路无线话筒电路的识图与应用	136
4.3.1	NJM2035D 集成电路在 FM 立体声无线话筒电路中的应用与识图	136
4.3.2	LM386 集成电路在 AM 无线话筒电路中的应用与识图	138
4.3.3	BA1404 和 TA7330 集成电路在调频话筒电路中的应用与识图	139
4.3.4	LM386 集成电路在无线话筒电路中的应用与识图	141
4.3.5	全集成电路在无线话筒电路中的应用与识图	142
4.3.6	μ PC741C 集成电路在无线话筒电路中的应用与识图	142
4.3.7	μ PC1651 集成电路在变声无线话筒电路中的应用与识图	143
4.3.8	BA1404 和 TDA2822 集成电路在无线话筒电路中的应用与识图	145
4.3.9	TB505 集成电路在微型无线话筒电路中的应用与识图	147
4.3.10	LM324N 集成电路在高灵敏度探听电路中的应用与识图	148
4.4	无线对讲机电路的识图与应用	149
4.4.1	五只晶体管在对讲机电路中的应用与识图	149
4.4.2	LM386 集成电路在多功能对讲机电路中的应用与识图	151
4.4.3	TA7792 集成电路在无线对讲机电路中的应用与识图	153
4.4.4	LM389 集成电路在无线对讲机电路中的应用与识图	155
4.4.5	LM386 集成电路在无线对讲电路中的应用与识图	157
4.4.6	LM386 集成电路在测向机电路中的应用与识图	157
习题四		159

第 5 章 典型无线电发射及接收实用电路识图与应用快捷入门 161

5.1	无线电发射电路识图与应用	161
5.1.1	MOSFET 场效应管在 FM、AM 发射电路中的应用与识图	161
5.1.2	LM386 集成电路在电话选频扩音及发射电路中的应用与识图	163
5.1.3	TA7368P 集成电路在 AM 发射电路中的应用与识图	164
5.1.4	VD5026 集成电路在 600 m 无线遥控发射电路中的应用与识图	165
5.1.5	YL5026 集成电路在袖珍式家用探盗发射电路中的应用与识图	166
5.1.6	ACM1330E 集成电路在汽车遥控中央门锁发射电路中的应用与识图	169
5.1.7	TH150 集成电路在滚动式无线遥控发射电路中的应用与识图	170
5.1.8	C304 集成电路在发射电路中的应用与识图	171
5.1.9	CC4017B 集成电路在双音多频无线发射电路中的应用与识图	172
5.1.10	CD4093 集成电路在水箱水位检测遥控发射电路中的应用与识图	175
5.1.11	CI87 集成电路在 999 路无线电呼叫发射电路中的应用与识图	176
5.1.12	CC4069B 集成电路在双音电子门铃电路中的应用与识图	179
5.1.13	CD4069 集成电路在无线电发射电路中的应用与识图	180

5.1.14	CD4514 集成电路在水箱水位检测电路中的应用与识图	181
5.1.15	TC4069 集成电路在无线电遥控发射电路中的应用与识图	183
5.2	无线电接收电路识图与应用	184
5.2.1	CC4513B 集成电路在多路无线电报警接收电路中的应用与识图	184
5.2.2	CD4514B 集成电路在滚动式无线电遥控接收电路中的应用与识图	185
5.2.3	CD4069 集成电路在无线电接收机电路中的应用与识图	188
5.2.4	CC4069B 集成电路在遗物报警接收电路中的应用与识图	190
5.2.5	CD4013 集成电路在水箱水位检测遥控接收电路中的应用与识图	191
5.2.6	CC4017B 集成电路在双音多频无线电接收电路中的应用与识图	193
5.2.7	TDA7010T 集成电路在 999 路呼叫分机接收电路中的应用与识图	194
5.2.8	CC4067B 集成电路在水箱水位解码接收电路中的应用与识图	195
5.2.9	LM386 集成电路在小孩起床遥控唤醒接收电路中的应用与识图	197
5.2.10	VD5027 集成电路在 600 m 无线电遥控接收电路中的应用与识图	199
5.2.11	YL5027 集成电路在袖珍式家用探盗接收电路中的应用与识图	200
5.2.12	ACM1550D 集成电路在汽车门锁遥控接收电路中的应用与识图	201
	习题五	202

第 6 章 典型红外线遥控发射及接收电路识图与应用快捷入门 205

6.1	红外线遥控发射及接收电路识图与应用的基础知识	205
6.1.1	红外线遥控编码电路	205
6.1.2	红外线遥控解码电路	207
6.2	红外线遥控发射及接收实用电路识图与应用	209
6.2.1	CX20106 集成电路在冲水控制电路中的应用与识图	209
6.2.2	NE555 集成电路在音量红外线发射电路中的应用与识图	213
6.2.3	μ PC1373 集成电路在红外线遥控电动机正反转电路中的应用与识图	215
6.2.4	LC2190 等集成电路在调速电风扇遥控电路中的应用与识图	217
6.2.5	SZ9148 集成电路在通用红外线遥控发射电路中的应用与识图	220
6.2.6	BA5104 集成电路在红外线遥控密码锁发射电路中的应用与识图	222
6.2.7	LM566 集成电路在音频红外线发射电路中的应用与识图	224
6.2.8	74AS00 集成电路在红外线遥控发射电路中的应用与识图	225
6.2.9	CC4013 集成电路在红外线遥控开关灯接收电路中的应用与识图	226
6.2.10	CC40106B 集成电路在遥控电子音量接收电路中的应用与识图	227
6.2.11	BA5302 集成电路在遥控客厅顶棚电器接收电路中的应用与识图	228
6.2.12	HG504 在红外线发射及接收控制电动机电路中的应用与识图	230
6.2.13	SG555 集成电路在汽车防撞红外线报警电路中的应用与识图	231
6.2.14	CD4022 集成电路在八通道红外线译码接收电路中的应用与识图	232
6.2.15	CD4022 集成电路在八通道红外线遥控编码发射电路中的应用与识图	233
6.2.16	CD40193 集成电路在红外线遥控电位器接收电路中的应用与识图	234
6.2.17	74HC00 集成电路在红外线遥控发射电路中的应用与识图	235

6.2.18	CC4060B 集成电路在红外线遥控发射电路中的应用与识图	236
6.2.19	NE555 集成电路在红外线遥控发射电路中的应用与识图	237
6.2.20	CC4011B 集成电路在红外线遥控发射电路中的应用与识图	237
6.2.21	三晶体管在话筒红外线遥控发射电路中的应用与识图	238
6.2.22	LM3886 集成电路在红外线遥控耳机接收电路中的应用与识图	239
6.2.23	单晶体管在红外线发射电路中的应用与识图	240
习题六		241

第 7 章 典型无线电波发射及接收电路快捷入门 243

7.1	无线超声波发射及接收电路识图与应用	243
7.1.1	CC4069 集成电路在测量超声波发射及接收电路中的应用与识图	243
7.1.2	B1 和 B2 在车后防撞超声波发射及接收电路中的应用与识图	246
7.1.3	UCM—R40 在超声波遥控接收多路开关电路中的应用与识图	247
7.1.4	UCM—T40 在超声波遥控发射电路中的应用与识图	249
7.1.5	CD4017BE 集成电路在遥控电风扇接收电路中的应用与识图	249
7.1.6	NE555 集成电路在超声波发射 15 W 电子驱虫电路中的应用与识图	251
7.1.7	CD4013 集成电路在超声波发射害虫驱逐电路中的应用与识图	254
7.1.8	三只晶体管在超声波遥控发射电路中的应用与识图	255
7.2	无线电微波发射及接收电路识图与应用	256
7.2.1	BFA90 晶体管在微波发射及接收电路中的应用与识图	256
7.2.2	KX5010 集成电路在水箱水位微波发射电路中的应用与识图	257
7.2.3	RD627 集成电路在微波发射及接收报警电路中的应用与识图	259
7.2.4	TWH9248 集成电路在微波发射及接收报警电路中的应用与识图	261
7.2.5	两只晶体管在微波发射及接收探测报警电路中的应用与识图	263
7.2.6	RD627 集成电路在微波发射及接收显示电路中的应用与识图	266
7.2.7	F03 集成电路在触摸式微波发射电路中的应用与识图	267
7.2.8	J02 集成电路在微波多路接收电路中的应用与识图	269
7.3	无线电防盗报警发射及接收实用电路识图与应用	270
7.3.1	TC4017 集成电路在无线电报警发射电路中的应用与识图	270
7.3.2	DQ50 晶体管在汽车防盗发射电路中的应用与识图	272
7.3.3	TWH630 集成电路在车棚防盗报警发射电路中的应用与识图	273
7.3.4	TWH631 集成电路在车棚防盗报警接收电路中的应用与识图	274
7.3.5	CC4013B 集成电路在遥控防盗报警电路中的应用与识图	275
7.3.6	SM9100 集成电路在大功率报警器发射电路中的应用与识图	278
习题七		279

附录 A 习题答案 282

参考文献 285

第 1 章 典型无线电发射及接收电路快捷入门的基础知识

所谓无线电发射及接收电路是指采用无线的方式传送信息、控制指令等的一种工作方式。能完成发射与接收功能的电路，称为无线电发射与接收电路。

无线电发射与接收电路的类型较多，如无线电广播的发射与接收、红外线遥控的发射与接收、超声波的发射与接收、无线电编码发射与接收等都属于无线电发射与接收工作方式，它们的工作方式十分相似，都是由无线电发射电路发出信号（如无线电广播的发射器发出广播的电信号、红外线遥控的发射器发出的红外线光波信号、超声波的发射器发出的超声波信号等），由接收电路将接收到由发射器发射出的信号经处理后转换为电信号，再经相应的电路作进一步处理以后供使用。该信号应用于不同的发射与接收系统时，有不同的作用。例如：在无线电广播的发射与接收系统时，可以推动扬声器发出声音；在红外线遥控发射与接收系统时，可以作为控制指令，驱动相应的负载工作。

为便于说明，下面以无线电广播的发射与接收电路为例，来介绍无线电发射与接收电路的基础知识。

1.1 无线电广播的发送

无线电广播的发送是指无线电广播电台发射出的信号，通过空间传送，使千家万户的收音机接收到后，驱动扬声器发出声音。

1. 声音及其传播

声音是由振动的物体产生的。例如，人们在说话的时候，声带的颤动就会使周围的空气被迫产生压缩和稀疏的振动，并在空气中以 340 m/s 的速度向四周传播，这就是声波。当声波传入耳内时，耳膜随之振动，这种振动由听觉神经传入大脑后，人便有了声音的感觉。

声音的音调有高低，音调的高低是由声源振动的频率决定的，声源振动的频率越高，音调就越高。声源振动的频率是指声源每秒钟振动的次数，其单位为赫兹，字母代号为 Hz 。人耳能听到的声音频率约在 $20\text{ Hz}\sim 20\text{ kHz}$ （千赫兹）范围内。一般将该频率范围称为“音频”。

由于声波是机械振动波，随着传播距离的增加，声波强度就会迅速衰减。一个人无论怎样大声高喊，他的声音也不可能传播得很远。因此，靠声波直接进行传播，是无法把声音传播到很远的地方。

由此可见，广播电台是不能采用声波来传播各种广播节目的。这不仅是因为声波不能传播得很远，而且因为几个电台同时播音会出现“串台”现象，使人分辨不清。

2. 有线广播

为了将声音传播得很远，人们求助于电子技术。最初采用有线传播的方式来对声音进行传送。其传播的方法是先用电-电传感器（话筒，也称为麦克风）将声音转变为与其频率

相同的音频电信号，再通过放大器进行放大后，由导线将电信号传送到较远的地方。如图 1-1 所示。这样，在接收端采用电-声转换器（扬声器或耳机等）就可以把电信号又还原成声音放出。

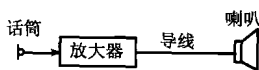


图 1-1 有线广播传播示意图

上述传播声音的方式虽然能将声音传播到较远的地方，但由于声音转变成音频电信号（也就是音频电流）只能在导线中传输，故使用十分不方便。

3. 无线电波

无线电波和声波有着本质的区别，无线电波是电磁振荡的产物，而声波是机械振动的结果。

(1) 电磁波

在中学的物理课中，我们已经介绍过一些电磁现象。例如：一根通有电流的导线周围会产生磁场；放置在变化的磁场中的闭环导线内会产生感生电流。理论与实验可以证明，如果导线中流过的电流是大小、方向不变的直流电时，它周围会产生恒定不变的磁场；如果导线中流过的电流是大小、方向不断变化的交流电时，在它的周围就会产生伴随电流变化而变化的磁场，而且变化的磁场又在周围空间产生变化的电场，变化的电场又会激起变化的磁场……，这种相互联系、不可分割的电场与磁场，像水波一样向外传播，从而就形成了电磁波。

电磁波是一种人眼看不见、传播不需要通过导线的一种特殊电波，在传播过程中也不需要其他任何媒介。其传播的速度和光速基本相同，约为 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

电磁波的频率范围十分宽，根据频率范围的不同，它分为无线电波、红外线、可见光、紫外线和 X 射线等。无线电波的频率范围通常从几十千赫兹到几十万兆赫兹。赫兹（Hz）、千赫兹（kHz）与兆赫兹（MHz）之间的关系如下：

$$1 \text{ MHz} = 10^3 \text{ kHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

电磁波的波长、频率与波速之间有以下对应关系：

$$\lambda = C / f$$

由于 $T = 1/f$ ，代入上式可得：

$$\lambda = C / f = C \cdot T$$

式中 λ ——电磁波的波长；

C ——电磁波的波速；

f ——电磁波的频率；

T ——电磁波的周期。

如果 C 的单位为 m/s ， f 的单位为 Hz ，则 λ 的单位为 m 。例如，中央人民广播电台第一套节目的频率为 639 kHz ，则其波长即为：



$$\lambda = C/f = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \div 639 \times 10^3 \text{ Hz} = 469 \text{ m}$$

(2) 无线电波的划分

无线电波是一种电磁波，占有的波长包括从几百微米至几千米之间很宽的波段范围。根据传播的特征和产生、放大等技术的差异，通常将无线电波划分为不同的波段（或称频段）。习惯上，对波长较短的无线电波常以波长称呼，如3厘米波段、8毫米波段等；对波长较长的无线电波以频率称呼较为方便，如465千赫、2.3兆赫等。表1-1列出了无线电波波段的划分及其主要应用场合。

表 1-1 无线电波波段的划分及主要应用场合

波段名称		波长范围	频段名称	频率范围	主要用途
超长波		10000~1000000 m	甚低频 VLF	30~3 kHz	水下通信（例如潜艇之间通信）
长波		1000~10000 m	低频 LF	300~30 kHz	电报
中波		200~1000 m	中频 MF	1500~300 kHz	调幅无线电广播
短波		50~200 m	中、高频 IF	6000~1500 kHz	电报、业余通信、调幅无线电广播
		10~50 m	高频 HF	30~6 MHz	电报、业余通信、调幅无线电广播
超短波	米波	1~10 m	甚高频 VHF	300~30 MHz	电视、导航、业余通信、调频无线电广播
	分米波	10~100 cm	特高频 UHF	3000~300 MHz	电视、导航、雷达等
微波	厘米波	1~10 cm	超高频 SHF	30~3 GHz	电视、导航、雷达、卫星通信等
	毫米波	1~10 mm	极高频 EHF	300~30 GHz	雷达、通信、遥感、射电天文等
	亚毫米波	1 mm 以下	—	300 GHz 以上	雷达、通信、遥感、射电天文等

4. 无线电波的传播方式

无线电波和光波一样，它也有直射、绕射、反射、折射几种基本传播方式。按传播的途径，无线电波又可分为地波和天空波两大类，地波又有地面波和空间波之分。其传播方式示意图如图1-2所示。

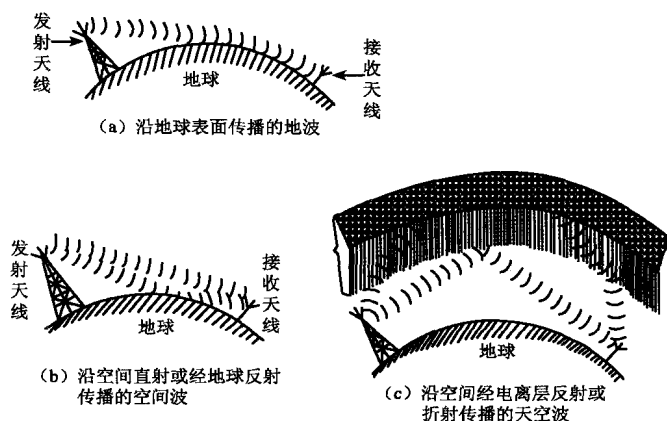


图 1-2 无线电波的传播方式示意图

(1) 地面波

所谓地面波是指凭借绕射现象沿着地表面传播的电磁波，就称为地面波。如图1-2(a)所示。

(2) 空间波

所谓空间波是指直接由发射端传播至接收端或从地表面反射到达接收端的电磁波，就称为空间波。如图 1-2 (b) 所示。

(3) 天空波

所谓天空波是指向天空辐射，利用电离层的折射或反射而返回地面的电磁波就称为天空波，简称天波。如图 1-2 (c) 所示。

另外，利用人造卫星、人造电离层、天体星球、流星余迹等反射、散射现象也可以实现通信。

5. 无线电波各波段传播特点

由以上介绍已经知道，无线电波分为各种波段，各个波段电磁波的传播特点与主要应用简介如下。

(1) 长波的传播

长波与中波在电离层中会反射。长波传播的特点是稳定可靠，但在白天从电离层折返后，能量大大减弱，故白天的长波通信主要靠地面波，距离一般不超过 2500~3000 公里。长波波段主要用作发射标准时间信号和远距离的无线电报。

在水面下，无线电波的频率愈低，则传播的损耗愈小，所以，超长波适宜作水下通信，例如潜艇的通信联络。

(2) 中波的传播

中波的传播特性与长波相似，白天传播距离不远，晚上，电离层弱，中波可借助天空波大大增加传播距离。中波波段主要用于近距离无线电广播，也适用于海上通信、无线电导航与飞机通信等。

(3) 短波传播

短波沿地面传播时衰减很快，传播距离很短，但借助太空波可以传送到地球表面各处。短波传播中常出现接收强度时起时落的不稳现象，这是由于短波经电离层一次或多次反射后沿不同路径到达同一接收点引起的相互干扰，或是由于电离层高度的起落变化之故。短波波段主要应用于无线电广播、远距离无线电话、无线电报、无线电传真及海上通信和人造卫星通信等方面。

(4) 超短波传播

超短波在电离层中反射小，遇上障碍物不易绕射，需要采用较高的发射天线和接收天线，且两者彼此对准以集中波束，在直线视距范围内以空间波形式传播来实现通信。发射超短波的天线尺寸不大，有利于集中电磁波的能量作定向发射，节省发射功率。此外，超短波传播通信还具有干扰小、保密性强、多路通信容量大等优点。不足的是传播距离仅达数十公里，远距离通信需采用中继站接力方式。超短波主要应用于电视、调频广播、多路通信、雷达和导航等方面。

6. 无线电广播的特点

在上面介绍的有线传播方式中，声音由话筒转变为音频电流后，该电流流过导线时产生的电磁波，如将该电磁波发射出去能不能实现无线电广播呢？显然，这是行不通的，究其原因主要有以下两点。



(1) 天线尺寸的限制

因为交变的电流必须通过天线才能向外辐射较大能量的电磁波，而天线的长度必须与电磁波的波长相适应。一般声音信号的频率约为 $20 \sim 20000 \text{ Hz}$ ，其波长范围为 $15 \times 10^3 \sim 16 \times 10^6 \text{ m}$ ，要制造与此尺寸相当的天线是很困难的。

(2) 无法进行选台

如果各个电台都将音频信号的电磁波辐射到空间中，则由于各个电台的电信号都占有相同的频段，相互混合在一起使接收者无法按需要来进行选台。

无线电波则不存在上述问题，由于它的频率高，所以天线尺寸小，可以有效地辐射电磁波，将它传播到很远的地方；又由于它的频率范围很宽，所以每个电台可以分别选用不同的频率段，而不会出现“串台”现象。但是，由于无线电波人耳听不见，因而，这样的无线电波发射出去也是没有用的。

人们根据音频信号和无线电波的不同特点，采用了将音频信号“载”到高频无线电波上去的方法，正如人虽然单靠两条腿走不远，而登上飞机就可以迅速飞往远方一样。无线电波正是采用这种方法把声音传播到远方的。

7. 无线电广播系统的工作过程

无线电广播是通过电台的发射机与接收机来实现的，无线电广播的发射与接收工作原理可以用图 1-3 所示的方框图来表示。其工作过程简述如下。

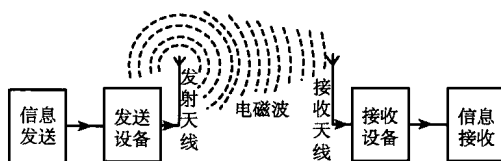


图 1-3 无线电广播的发射与接收工作原理方框图

无线电广播所传送的信息是语言或音乐，即频率约几十赫至数十千赫范围的声振动。发送端通过声电转换装置，将声振动信息转换成音频电信号，并将其“寄载”到高频电振荡信号中，然后再由天线辐射出去。将音频信号“寄载”到高频振荡的过程称为调制，经过调制以后的高频振荡称为“已调信号”。

在接收端，接收天线将接收到的信号传送给接收设备，经接收设备处理后送后续电路做进一步的处理供使用。在接收端把“寄载”到高频振荡中的音频信号分裂出来的过程称为解调。解调后得到的即为发射端的音频信号。

无线电广播发射系统的工作过程可以用图 1-4 所示的方框图来表示。其工作过程简述如下：

① 把需要播出的声音经声-电传感器（一般为话筒）变换后产生相应的音频电信号，该信号经音频放大器放大后加至调制器。

② 与此同时，为了进行调制，发射机中需设置一个频率很稳定的高频振荡器（常用晶体振荡器）产生高频等幅振荡。若频率不够高，再插入倍频器。高频等幅振荡器产生的高频等幅振荡信号也送入调制器中。

③ 在调制器中，调制器将音频信号“寄载”到高频振荡信号上，经高频放大器放大以后，由天线发射出去。

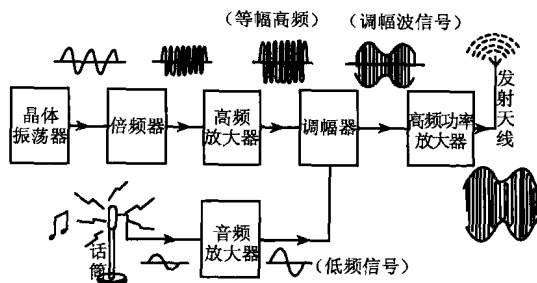


图 1-4 无线电广播发射系统的工作过程方框图

通常将调制器的“寄载”过程叫调制；加到调制器的高频信号叫载波，它的频率叫载频；调制后的信号叫已调信号；如果调制方式是调幅，则已调信号叫调幅波；如果调制的方式是调频，则已调信号叫调频波。

1.2 无线电广播的接收

无线电广播的接收原理可以用图 1-5 所示的方框图来表示。天线中感应出许多电台的各种高频信号，通过调谐电路选出所需电台的已调信号，经检波器从已调信号中检出音频信号，再经放大后推动扬声器变换成声音。

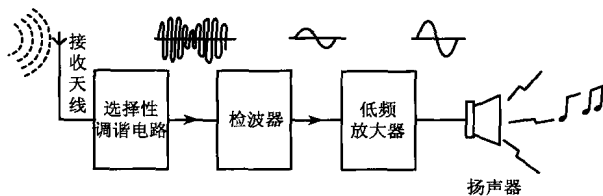


图 1-5 无线电广播接收原理方框图

无线电接收的工作过程正好与发射过程相反，它的任务就是把空间传来的电磁波接收下来，并将其还原成原来的信号。其基本工作过程可以分为以下 3 步。

1. 选择需要的电台

接收空间中电磁波的工作是由接收机的天线来完成的。由于广播电台很多，在同一时间内，接收机天线接收到的将不仅是我们需要收听的电台信号，同时也包含若干个来自不同电台的、具有不同载频的无线电信号。这些广播电台之所以采用各种不同的载频，其目的是使人们按照电台频率的不同，选择出所需要的节目。因此，必须在接收天线之后，设置一个选台装置，该电路的作用是将所要接收的无线电信号选出来，将其他不需要的信号滤除，以防产生干扰。

2. 对选择的信号进行解调

选择出来的某个电台的高频调幅波是不能直接去推动扬声器或耳机的，还必须将音频信号从运载它的载波信号上卸下来，就如同飞机将乘客运到目的地后，人从飞机中走下来一样。这一过程就是调制的逆过程，叫做解调。一般将从高频调幅波中取出音频信号的过