



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

电工电子实训教程

董景波 主编



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

电工电子实训教程

董景波 主编

北 京

冶金工业出版社

2016

内 容 提 要

本书内容包括电子类实训和电工类实训两部分实训项目。电子类实训介绍了收音机、智能循迹小车、数字电子钟、声光控开关、调压（调光、调速）开关、调频对讲机、USB 花仙子音箱等 7 个实训项目；电工类实训介绍了家用灯光照明、室内电路的设计与安装、电机控制等 3 个实训项目。附录中介绍了各实训项目中涉及的基础理论知识和实际操作技能。

本书可作为高校电子技术、通信技术、计算机应用技术、机电一体化、机械及自动化等相关专业电工电子技术课程的实训教材，也可以作为成人教育和相关工程技术人员的实用参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子实训教程/董景波主编. —北京：冶金工业出版社，2016.4

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7201-6

I. ①电… II. ①董… III. ①电工技术—高等学校—教材 ②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 044408 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcb@cnmp.com.cn

责任编辑 张耀辉 宋 良 美术编辑 吕欣童 版式设计 彭子赫

责任校对 禹 蕊 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7201-6

冶金工业出版社出版发行；各地新华书店经销；固安华明印业有限公司印刷

2016 年 4 月第 1 版，2016 年 4 月第 1 次印刷

148mm×210mm；4.75 印张；140 千字；141 页

18.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

（本书如有印装质量问题，本社营销中心负责退换）

前 言

本书为高校非电专业的本科生教材，结合编者多年指导电工电子实训积累的经验以及现有的实验设备编写而成。本书以能力培养为本，以培养技能应用型人才为目的。根据高等教育的培养目标和能力要求，在保证必要的基本技能训练的基础上，以项目引领的形式对基础理论知识予以验证，以不同层次要求促进学生的求知欲和探索欲，提高学生通过实践解决问题的能力。

本书的特点为：以实训项目为导向，训练内容具备实用性，突出学生实践能力的培养；训练项目选用典型方案，训练设备选取通用型，具备较好的普适性；教材内容覆盖电工与电子技术基本知识点与能力点，组织形式灵活，各项目可按实际教学独立开课，也可配合电工技术和电子技术的课程教学开设实验；项目中涉及的所有理论知识均在附录中体现，拓展了知识面，也可供成人教育和相关工程技术人员作为实用参考书使用。

本书内容分为电子类实训和电工类实训两个模块，电子类实训部分介绍了收音机、智能小车等7个实训项目，电工类实训部分介绍了家用灯光照明、电机控制等3个实训项目。本书由董景波担任主编，负责教材的体系设计及统编工作，并编写附录1~附录5；电子类实训项目部分由高闯编

写；电工类实训项目部分由蔡昌友编写；附录6、附录7由徐少川编写。

鉴于编者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请批评指正。

编 者

2016年1月

目 录

第 1 篇 电子类实训项目	1
项目 1 收音机	1
1.1 工作原理	1
1.2 元件清单	4
1.3 安装及焊接注意的问题及技巧	5
1.4 调试方法	6
项目 2 智能循迹小车	10
2.1 工作原理	10
2.2 元件清单	12
2.3 安装及焊接注意的问题及技巧	13
2.4 调试方法	14
项目 3 数字电子钟	15
3.1 工作原理	15
3.2 元件清单	17
3.3 安装及焊接注意的问题及技巧	18
3.4 调试方法	18
项目 4 声光控开关	20
4.1 工作原理	20
4.2 元件清单	22
4.3 安装及焊接注意的问题及技巧	23
4.4 调试方法	24
项目 5 调压（调光、调速）开关	26
5.1 工作原理	26
5.2 元件清单	26
5.3 安装及焊接注意的问题及技巧	27

5.4 调试方法	27
项目6 调频对讲机	29
6.1 工作原理	29
6.2 元件清单	30
6.3 安装及焊接注意的问题和技巧	32
6.4 调试方法	33
项目7 USB 花仙子音箱	34
7.1 工作原理	34
7.2 元件清单	36
7.3 安装及焊接	36
7.4 调试方法	38
第2篇 电工类实训项目	39
项目8 家用照明电路	39
8.1 两地控制白炽灯电路	39
8.2 白炽灯的声光控开关电路 (选做)	41
项目9 室内电路的设计与安装	44
9.1 设计内容及目的	44
9.2 要求	44
9.3 设计要求	45
9.4 实验器材	47
9.5 项目步骤	48
9.6 注意事项	48
项目10 三相异步电动机的启停控制电路	49
10.1 三相异步电动机自锁启停控制电路	49
10.2 三相异步电动机Y/ Δ 启停控制电路	52
10.3 三相异步电动机的正反转启停控制电路	55
附录	59
附录1 元器件综合知识	59
1.1 电阻器	59

1.1.1 电阻器的作用	59
1.1.2 电阻器的分类	59
1.2 电容器	60
1.2.1 电容器的作用及分类	60
1.2.2 电容主要特性参数	61
1.2.3 电容器选择常用的几个参数	61
1.3 电感器	62
1.3.1 电感器的作用	62
1.3.2 电感器的分类	62
1.3.3 电感器的主要参数	63
1.4 二极管	63
1.4.1 二极管的作用及分类	63
1.4.2 二极管的主要参数	65
1.5 三极管	65
1.5.1 三极管的作用	65
1.5.2 三极管的分类	66
1.5.3 三极管的主要参数	66
附录2 数字万用表的使用	67
2.1 万用表测电阻	67
2.2 万用表测电压	68
2.2.1 直流电压的测量	68
2.2.2 交流电压的测量	69
2.3 万用表测电流	69
2.3.1 直流电流的测量	69
2.3.2 交流电流的测量	70
2.4 万用表测电容	71
2.5 万用表测二极管	71
2.6 万用表测三极管	72
2.7 数字万用表使用注意事项	73
附录3 焊接技术	75
3.1 焊接常用工具	75

3.1.1	焊接工具	75
3.1.2	装接工具	77
3.2	焊接材料	78
3.2.1	焊料	78
3.2.2	焊剂	79
3.3	焊接技术	79
3.3.1	镀锡与元器件工艺成型	79
3.3.2	手工焊接技术	80
3.4	焊点合格标准	82
3.5	焊接的基本原则	82
3.6	拆焊	83
附录4	调试工艺	84
4.1	检查电路连线	84
4.2	调试用的仪器	84
4.3	调试方法	85
4.4	常用的检查方法	85
4.5	故障分析与排除	87
附录5	实习安全	88
5.1	安全用电	88
5.1.1	安全用电原则	88
5.1.2	安全操作规程	88
5.2	防止触电事故	90
5.2.1	触电的类型	90
5.2.2	防止触电的安全措施	91
5.3	触电事故的急救	94
附录6	室内综合电气配线与安装	95
6.1	室内配线的技术要求	95
6.1.1	照明线路的组成	95
6.1.2	室内配线的技术要求	97
6.1.3	一般家庭电气配线的要求	98
6.2	室内配线的安装要求与步骤	99

6.2.1 室内配线的安装要求	99
6.2.2 室内配线的安装步骤	100
6.2.3 室内配线时应注意的事项	101
6.3 导线的选择与连接	103
6.3.1 导线的选择	103
6.3.2 导线的连接	106
6.3.3 导线线头与接线柱的直接连接	113
6.4 低压断路器及其安装	115
6.4.1 家用断路器	115
6.4.2 剩余电流断路器	116
6.5 开关与插座的安装	118
6.5.1 开关的类型与选择	118
6.5.2 普通开关的安装	121
6.5.3 插座的类型	122
6.5.4 插座的布置与选择	123
6.5.5 插座的安装	125
附录7 常用控制电器和保护电器	129
7.1 自动空气断路器	129
7.2 按钮	131
7.3 接触器	133
7.4 热继电器	136
7.5 中间继电器	138
参考文献	141

第 1 篇 电子类实训项目

项目 1 收音机

1.1 工作原理

收音机是把广播电台发射的无线电波中的音频信号提取出来并加以放大,然后通过扬声器还原出声音。如图 1-1 所示,天线(磁棒具有聚集电磁波磁场的能力,而天线线圈是绕在磁棒上的)接收到的许多广播电台的高频信号,通过输入回路(为并联谐振回路,具有选频作用)选出其中所需要的电台信号送入变频级的基极;同时,由本机振荡器产生高频等幅波信号,它的频率高于被选电台载波 465kHz,送至变频级的发射极;两者通过晶体管 be 结的非线性变换,将高频调幅波变换成载波为 465kHz 的中频调幅波信号。在这个变换过程中,被改变的只是已调幅波载波的频率,而调幅波的振幅的变化规律(调制信号即声音)并未改变。变换后的中频信号通过变频级集电极接的 LC 并联回路选出载波为 465kHz 的中频调幅信号,送到中频放大器,放大然后再送入检波器进行幅度检波,从而还原出音频

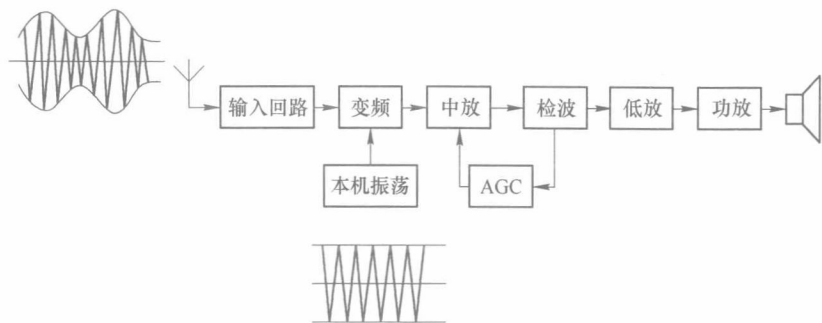


图 1-1 超外差收音机的工作方框图

信号；最后通过低频电压放大和功率放大，再去推动扬声器，还原出声音。超外差式收音机是目前较普及的收音机类型，其工作原理如图 1-2 所示。表 1-1 为集成电路各功能引脚说明。

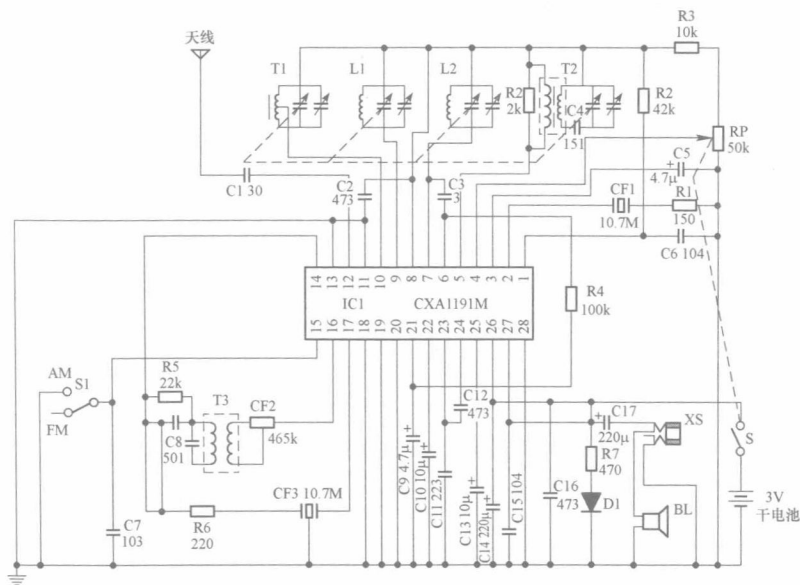


图 1-2 AM/FM 集成电路收音机原理图

表 1-1 集成电路各功能引脚说明

引脚	符号	功能	引脚	符号	功能
1	MUTE	静音	8	OUT	基准源输出
2	DISC	FM 移相	9	RF	FM RF 调谐
3	NF	反馈	10	IN	AM 射频输入
4	CON	音量控制	11	NC	空脚
5	OSC	调幅本振	12	IN	FM 射频输入
6	AFC	自动频率控制	13	GND	高频地
7	OSC	调频本振	14	OUT	中频输出
15	FM/AM SW	FM/AM 选择	22	AFC/AGC	AFC/AGC 控制
16	IN	AM 中频输入	23	OUT	检波输出
17	IN	FM 中频输出	24	IN	功放输入
18	NC	空脚	25	C	纹波滤波
19	METER	调谐指示	26	Vcc	电源
20	GND	中频地	27	OUT	功放输出
21	AFC/AGC	AFC/AGC 控制	28	GND	功放地

(1) 输入回路。

从天线接收进来的高频信号首先进入输入调谐回路。输入回路的任务是：1) 通过天线收集电磁波，使之变为高频电流；2) 选择信号。在众多的信号中，只有载波频率与输入调谐回路相同的信号才能进入收音机。

(2) 变频和本机振荡级。

从输入回路送来的调幅信号和本机振荡器产生的等幅信号一起送到变频级，经过变频级产生一个新的频率，这一新的频率恰好是输入信号频率和本振信号频率的差值，称为差频。例如，输入信号的频率是 535kHz，本振频率是 1000kHz，那么它们的差频就是 $1000 - 535 = 465\text{kHz}$ ；当输入信号频率为 1605kHz 时，本机振荡频率也跟着升高，变成 2070kHz。也就是说，在超外差式收音机中，本机振荡的频率始终要比输入信号的频率高一个 465kHz。这个在变频过程中新产生的差频比原来输入信号的频率要低，比音频却要高得多，因此我们把它称做中频。不论原来输入信号的频率是多少，经过变频以后都变成一个固定的中频，然后再送到中频放大器继续放大。这是超外差式收音机的一个重要特点。

(3) 中频放大级。由于中频信号的频率固定不变而且比高频略低（我国规定调幅收音机的中频为 465kHz），所以它比高频信号更容易调谐和放大。通常，中放级包括 1~2 级放大及 2~3 级调谐回路。可以说，超外差式收音机的灵敏度和选择性在很大程度上取决于中放级性。

(4) 检波与 AGC 电路。

经过中放后，中频信号进入检波级，检波级也要完成两个任务：一是在尽可能减小失真的前提下把中频调幅信号还原成音频；二是将检波后的直流分量送回到中放级，控制中放级的增益（即放大量），使该级不致发生削波失真。通常称检波级为自动增益控制电路，简称 AGC 电路。

(5) 低频前置放大级，也称电压放大级。

从检波级输出的音频信号很小，只有几毫伏至几十毫伏。电压放大的任务就是将它放大几十至几百倍。

(6) 功率放大级。

电压放大级的输出虽然可以达到几伏,但是它的带负载能力还很差。这是因为它的内阻比较大,只能输出不到1mA的电流,所以还要再经过功率放大才能推动扬声器还原成声音。袖珍收音机的输出功率约在50~100mW。

1.2 元件清单

元件清单见表1-2。

表1-2 元件清单

序号	名称	规格	数量	序号	名称	规格	数量
01	集成电路 IC	CXA1691	1	22	电解电容 C5	4.7 μ	1
02	发光二极管 D1	红色	1	23	瓷片电容 C6	104	1
03	振荡线圈 T2	红色	1	24	瓷片电容 C7	103	1
04	中频变压器 T3	黄色	1	25	瓷片电容 C8	501	1
05	磁棒及线圈 T1	4×8×80mm	1	26	电解电容 C9	4.7 μ	1
06	滤波器 CF1	10.7M	1	27	电解电容 C10	10 μ	1
07	滤波器 CF2	465		28	瓷片电容 C11	223	1
08	滤波器 CF3	10.7M	1	29	电解电容 C12	473	1
09	空心电感 L2	3.5T	1	30	电解电容 C13	10 μ	1
10	空心电感 L3	4.5T	1	31	电解电容 C14	220 μ	1
11	扬声器 BL		1	32	瓷片电容 C15	104	1
12	电位器 RP	50k Ω	1	33	瓷片电容 C16	473	1
13	电阻 R1	100k Ω	1	34	电解电容 C17	220 μ	1
14	电阻 R2	42k Ω	1	35	四联电容		1
15	电阻 R3	22k Ω	1	36	波段开关		1
16	电阻 R4	10k Ω	1	37	印制电路板		1
17	电阻 R5	150k Ω	1	38	机壳上盖		1
18	瓷片电容 C1	30p	1	39	机壳下盖		1
19	瓷片电容 C2	473	1	40	螺丝		1
20	瓷片电容 C3	3	1	41	天线		1
21	瓷片电容 C4	151	1				

1.3 安装及焊接注意的问题及技巧

安装时,请先装低矮或耐热的元件(如电阻,使用方法见附录1.1),然后再装大一点的元件(如中周、变压器),最后装怕热的元件(如三极管,使用方法见附录1.5)。焊接时两手各持烙铁、焊锡,从两侧先后依次各以 45° 角接近所焊元器件管脚与焊盘铜箔交点处。待融化的焊锡均匀覆盖焊盘和元件管脚后,撤出焊锡并将烙铁头沿管脚向上撤出。待焊点冷却凝固后,剪掉多余的管脚引线,如图1-3所示(手工焊接技术详细方法见附录3.3.2)。

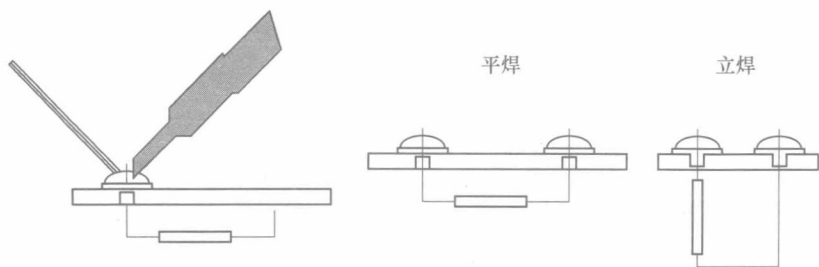


图1-3 焊接示意图

焊接时的注意点:

- ①元件视情况立式焊装或卧式焊装均可;
- ②有字元件的有字一面要尽量朝同一方向;
- ③连接导线要先镀锡再焊接,剥线裸露部位不要高于1mm;
- ④焊接所用时间尽量短,焊好后不要拨弄元件,以免焊盘脱落;
- ⑤焊点应大小均匀,表面光亮,无毛刺无虚焊;
- ⑥元件管脚应露出焊点外0.2~1mm;
- ⑦焊接过程中,一定要注意焊接面的清洁。

总之,装配焊接过程中应当特别细心,不可有虚焊、错焊、漏焊等现象发生(焊接标准和原则见附录3.4和附录3.5)。初学者比较容易发生的错误有:

- ①电阻色环认错。色环中红、棕、橙容易混淆,在不能确定时,请用万用表检测其阻值(方法见附录2.1)。

②将电解电容器和发光二极管等有极性的元件焊反。电解电容器长脚为正极，短脚为负极，其外壳圆周上也标有“-”号，说明靠近“-”号的那根引线是负极。发光二极管的长脚为正极，短脚为负极，将管体透过光线来看，电极小那根引线是正极，另一根引线是负极。

③中周、振荡线圈弄混。振荡线圈 T2 的磁帽为红色，T3 是第一中周磁帽为白色，T4 是第二中周磁帽为黑色，它们之间千万不要弄混。

④输入变压器 T5 装反。T5 的塑料骨架上有凸点的一边为初级，印刷板上也有圆点作为标记，将它们一一对应即可。

⑤磁性线圈的线头未上锡就焊接。

图 1-4 为印制电路板。

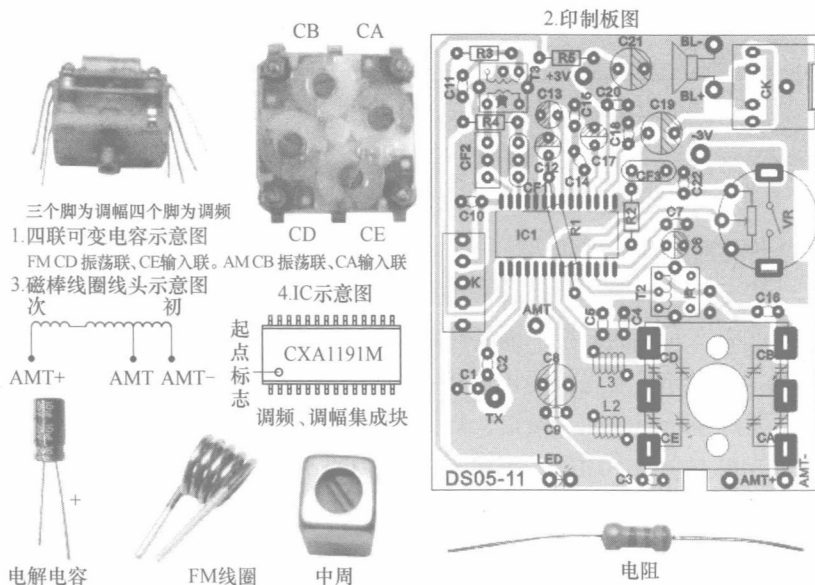


图 1-4 印制电路板

1.4 调试方法

收音机的调试主要包括基本调试（外观检查和静态电路测试）、

中周调整、中频频率调整和统调。

(1) 收音机的基本调试：首先，按直观检查的方法对整机进行外观检查。外观检查有如下内容：焊接质量检查、电池夹弹簧检查、频率刻度指示检查、旋钮检查、耳机插座检查、机内异物检查等。结构调整主要是检查印制电路板各部件的固定是否牢靠，有无松动，各接插件间接触是否良好，机械转动部分是否灵活。其次，对电路电流进行测量。将电位器开关关掉，装上电池用万用表的 50mV 挡来测量，表笔跨接在电位器开关的两端（黑色表笔接电池负极，红色表笔接开关的另一端）若电流指示小于 10mV，则说明可以通电。将电位器开关打开（音量旋至最小即测量静态电流），用万用表分别依次测量电位器的四个电流缺口，若被测量电流的数字在规定的参考值的左右，即可用电烙铁将四个缺口依次连通，再把音量开到最大，调双连拨盘即可收到电台。

在安装电路板时，注意把喇叭及电池引线埋比较隐蔽的地方，并且不要影响调谐拨盘的旋转并避开螺丝桩子，电路板挪位后再上螺丝固定。测量不在规定范围的电流值时，要仔细检查三极管的极性有没有装错，中周是不是装错位置以及有否虚焊等，若测量出哪一级电流不正常，则说明那一级的电流存在问题。

(2) 中周调整：由于和中周变压器并联的电容器的容量总存在误差，机内的布线也存在着不同的分布电容，这些都会引起中周变压器的失谐，所以要进行调整。但由于中周在出厂时厂家就已经调好，在这里就不需要再来调整中周了。如果出厂时没有调整好中周，则可以按以下方法进行中周调整：把高频信号发生器调到 465kHz 上，双连电容逆时针旋到头，然后调 T2（红色）、T3（黄色）两个中周，反复调几次，达到收音机喇叭声音最响为止。

(3) 中频频率调整：收音机中波段频率范围一般规定在 535 ~ 1605kHz。它是通过双连电容从容量最大到容量最小来实现这种连续调谐的。为了满足上述的要求，必须调整频率范围。若出厂前厂家也已经调整好，在这也不需要再调整了。

(4) 统调：统调就是通过调试收音机的输入回路、本机振荡频率、中放回路的中频频率校正，从而达到在接收的频率范围内，机子