

国家示范院校工学结合系列教材

GUOJIA SHIFAN YUANXIAO GONGXUE JIEHE XILIE JIAOCAI

# 电子产品 设计与制作

DIANZI CHANPIN SHEJI YU ZHIZUO

高同辉 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

合系列教材

# 电子产品设计与制作

主 编 高同辉

副 主 编 黄 靛 杨海涛

参 编 堵会晓

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本书以实用电子产品为载体设计了6个项目。每个项目包含电路设计、电路板制作与组装、整机装配与调试三个任务,主要以电子产品的设计要求,系统硬件设计,单元电路设计,PCB图设计,印制电路板制作、组装、调试等电子产品开发的整个工艺流程为主线,组织教材内容。通过本书的学习以及亲身实践,同学们一定能够掌握电子产品设计的一般步骤和方法。

本书可作为中、高等职业院校的教学用书或供电子设计爱好者自学使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子产品设计与制作/高同辉主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2013.8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1976 - 3

I. ①电… II. ①高… III. ①电子工业—产品—设计—高等职业教育—教材②电子工业—产品—生产工艺—高等职业教育—教材 IV. ①TN602②TN605

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第187208号

书 名 电子产品设计与制作  
主 编 高同辉  
责任编辑 张岩 何戈  
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司  
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)  
营销热线 (0516)83885307 83884995  
出版服务 (0516)83885767 83884920  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
印 刷 《中国平煤神马报》社有限公司印刷厂  
开 本 787×1092 1/16 印张 12 字数 295 千字  
版次印次 2013年8月第1版 2013年8月第1次印刷  
定 价 18.80元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

## 前 言

作者从事电子产品工艺和电子 CAD 这两门课的教学多年,原有电子产品工艺教材内容只是泛泛讲解有关元件的识别与检测、电工工具的使用、电子产品调试与维修方法等,这些内容不但系统性差,更重要的是缺乏工程实践性的教学载体,不能让学生在校期间就掌握工程实践的技能。同时教学组织缺乏让学生主动思考与解决问题的机会,缺乏对学生团队协作与合作能力的培养。

通过近些年的教学发现,没有适合高职电类专业教学的电子产品设计与制作教材,即使有也是原有电子产品工艺教材内容的翻版,没有按照以电子产品开发流程为载体的项目化教学内容的教材,也就更加不会将来自企业一线的电子产品作为教学内容了。

随着高等职业教育教学改革进一步深化,任务驱动、项目教学等教学方法得到广泛应用。与之相适应的结合生产一线的产品或工艺的工学结合教材也该孕育而生了。

鉴于以上原因,开发出工学结合的电子产品设计类教材就显得更加迫切了。本书依据“任务驱动、项目教学”的思想,以实用电子产品为载体组织教学内容,将电子产品设计制作工艺过程与相关知识和技能有机结合,使学生在亲身实践中掌握电子产品开发的流程、工艺和技能。

本工学结合教材设计的整体思路是,在进行市场调研和企业专家论证后,根据毕业生对应的工作岗位所需知识与技能,确定课程的典型工作任务;根据典型工作任务确定本课程对应的具体任务;针对具体任务,考虑学生的可持续发展,选取教材内容或载体,组织序化教材目录,设计项目任务,进行教材编写。

作为项目真实过程中的工作任务往往非常复杂,学生难以一下子完成,因此,将项目拆分为若干适于过程导向教学的“学习性工作任务”。每个项目分为三个任务。每个任务的内容结构为任务布置、相关知识、相关技能、工作计划表、任务实施、思考与习题六个部分,其中每个项目结束时有学生考评环节。

本书的六个项目基本上按照通孔安装电子产品、混合安装电子产品、表面贴装电子产品的顺序编排内容,同时,也考虑了传统电子产品设计到智能电子

产品设计的过程。

教学建议：

1. 学生成立学习小组,以团队方式开展互助式学习。
2. 按照电子产品设计的工艺流程组织教学,先进行理论知识的补充,然后教师示范操作,学生以小组为单位,互助讨论学习和实践,最后总结汇报学习成果。
3. 教师搭建好学习的舞台,以学生为中心开展教学,教师只是一个导演的角色。
4. 考核结果以过程考核为主,包括学生的项目作品、团队学习成果汇报、学生个人学习效果等方面。

本书由平顶山工业职业技术学院高同辉担任主编,由黄靓、杨海涛(平顶山市万方电气有限公司)担任副主编。项目一、项目二由黄靓编写,项目三由堵会晓编写,项目四、项目五、项目六由高同辉编写,杨海涛对全书进行了统稿和修改。

由于编者水平有限,书中不免有错误或者不妥之处,恳请读者批评指正。作者邮箱:gaothaaa@163.com。

编者

2012年12月

# 目 录

项目一 双声道 BTL 功放设计与制作 .....	1
任务一 双声道 BTL 功放电路板设计 .....	1
任务二 双声道 BTL 功放电路板制作与组装 .....	12
任务三 双声道 BTL 功放整机装配与调试 .....	22
学生考评 .....	25
项目二 SMT 调频收音机设计与制作 .....	29
任务一 SMT 调频收音机电路板设计 .....	29
任务二 SMT 调频收音机电路板制作与组装 .....	40
任务三 SMT 调频收音机整机装配与调试 .....	57
学生考评 .....	62
项目三 局部通风机自动切换控制器设计与制作 .....	66
任务一 KJD11-36 型局部通风机自动切换控制器电路板设计 .....	66
任务二 KJD11-36 型局部通风机自动切换控制器电路板制作与组装 .....	82
任务三 KJD11-36 型局部通风机自动切换控制器整机装配与调试 .....	90
学生考评 .....	96
项目四 超声波测距仪设计与制作 .....	101
任务一 超声波测距仪电路板设计 .....	101
任务二 超声波测距仪电路板制作与组装 .....	109
任务三 超声波测距仪电路软硬件调试 .....	112
学生考评 .....	121
项目五 通信电缆防盗报警系统设计与制作 .....	125
任务一 通信电缆防盗报警系统电路板设计 .....	125
任务二 通信电缆防盗报警系统电路板制作与组装 .....	137

任务三 通信电缆防盗报警系统软硬件调试·····	141
学生考评·····	148
<b>项目六 家用电器耗电仪设计与制作·····</b>	<b>152</b>
任务一 家用电器耗电仪电路板设计·····	152
任务二 家用电器耗电仪电路板制作与组装·····	169
任务三 家用电器耗电仪软硬件调试·····	170
学生考评·····	179
<b>参考文献·····</b>	<b>183</b>

# 项目一 双声道 BTL 功放设计与制作

## 任务一 双声道 BTL 功放电路板设计



### 任务布置

- (1) 运用已有的模拟电子、集成电路知识,按要求设计双声道 BTL 功放。
- (2) 分析双声道 BTL 功放的工作原理和元件参数。
- (3) 列出元件清单,询价,购买元器件。
- (4) 利用 Altium Designer 软件绘制双声道 BTL 功放的原理图。
- (5) 利用万用表对元件的性能进行检测。
- (6) 根据元件实物绘制元件封装库。
- (7) 利用 Altium Designer 软件绘制双声道 BTL 功放印制电路板 PCB 图。



### 相关知识

功率放大器简称“功放”,又俗称“扩音机”,它的作用就是把来自音源或前级放大器的弱信号放大,推动音箱发声。功放是家庭中常用的一种家电,本项目要求学生设计一款额定输出功率为 10~20 W 的低失真集成电路功率放大器。

#### 一、OCL 功放工作原理

OCL 是英文“Output Condensert Less”的缩写,称为无输出电容功放电路。

(1) OCL 功放的电路结构如图 1-1-1 所示。该电路采用双电源供电方式,省去了输出耦合电容。

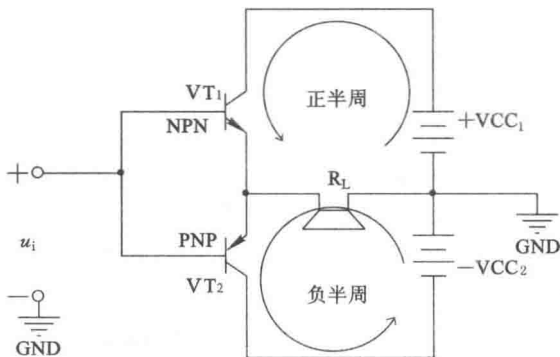


图 1-1-1 OCL 功放电路结构

(2) OCL 功放电路的工作原理说明如下:

① 在输入信号正半周时,  $VT_1$  导通, 电流自  $+VCC_1$  经  $VT_1$ , 经过负载电阻  $R_L$  到地构成回路, 在  $R_L$  上产生正半周的输出电压。



② 在输入信号的负半周时,  $VT_2$  导通, 电流自  $-VCC_2$  通过  $VT_2$  和  $R_L$  构成回路, 在  $R_L$  上产生负半周的输出电压。

(3) OCL 电路具有以下几个特点:

- ① 采用双电源供电方式, 输出端直流电位为零。
- ② 由于没有输出电容, 低频特性很好。
- ③ 扬声器一端接地, 一端直接与放大器输出端连接, 因此必须设置保护电路。
- ④ 具有恒压输出特性, 允许选择  $4\ \Omega$ ,  $8\ \Omega$  或  $16\ \Omega$  的负载。
- ⑤ 最大输出电压振幅为正负电源值, 额定输出功率约为  $V_{cc}^2/(2R_L)$ 。

## 二、BTL 功放工作原理

BTL 是英文“Balanced Transformer Less”的缩写, 称为平衡式无输出变压器。BTL 功放电路又称桥接推挽功放电路。

(1) BTL 功放电路的结构如图 1-1-2 所示。电路由两组对称的 OTL 或 OCL 电路组成。扬声器接在两组 OTL 或 OCL 电路输出端之间, 即扬声器两端都不接地。

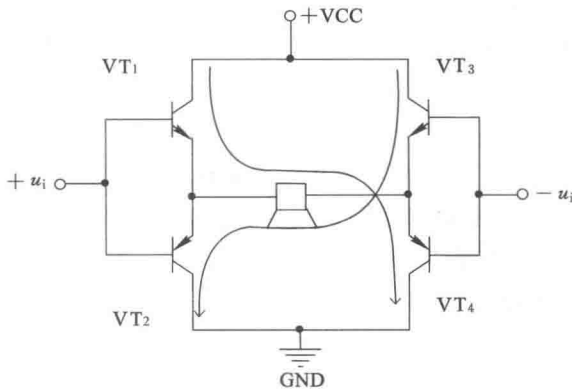


图 1-1-2 BTL 功放电路结构

(2) BTL 功放电路工作原理说明如下:

- ①  $VT_1$  和  $VT_2$  是一组 OCL 电路的输出级,  $VT_3$  和  $VT_4$  是另一组 OCL 电路的输出级。
- ② 两组功放的两个输入信号的大小相等、方向相反。
- ③ 输入信号  $+u_i$  为正半周,  $-u_i$  为负半周时,  $VT_1$ 、 $VT_4$  导通,  $VT_2$ 、 $VT_3$  截止, 此时负载上的电流通路为从左到右。
- ④ 输入信号  $-u_i$  为正半周,  $+u_i$  为负半周时,  $VT_1$ 、 $VT_4$  截止,  $VT_2$ 、 $VT_3$  导通, 此时负载上的电流通路为从右到左。

(3) BTL 功放电路的特点有以下几点:

- ① 可采用单电源供电, 两个输出端直流电位相等, 无直流电流通过扬声器。
- ② 与 OTL、OCL 功放电路相比, 在相同电源电压、相同负载情况下, BTL 功放电路输出电压可增大 1 倍, 输出功率可增大 4 倍, 这意味着在电源电压较低时, BTL 功放电路也可获得较大的输出功率。
- ③ 但是一个 BTL 功放电路要有 2 组功放对, 且扬声器没有接地端, 给检修工作带来

不便。



## 相关技能

### 一、双声道 BTL 功放电路原理图设计

根据设计课题的要求,音频功率放大器主要由电源电路、前置放大电路、音量控制电路、功率放大电路等 4 部分构成,构成框图见图 1-1-3 所示。

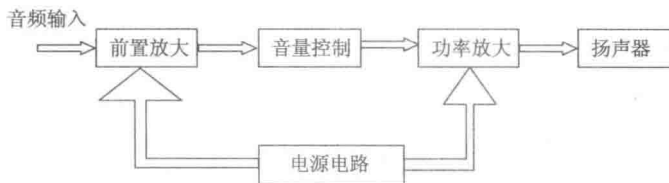


图 1-1-3 双声道 BTL 功放电路设计框图

#### 1. 双声道 BTL 功放单元电路设计

##### (1) 电源电路

直流电源电路由降压变压器、全波整流电路、滤波电路和稳压电路构成。由于本项目中我们选择 TDA2030 作为功放管,其直流供电电压为 6~18 V,因此为了产生 ±14 V 的直流电源,我们选择 100 W 的环型电源变压器,输出双 12 V 交流电,负载为 8 Ω 的扬声器。其中整流电路如图 1-1-4 所示。

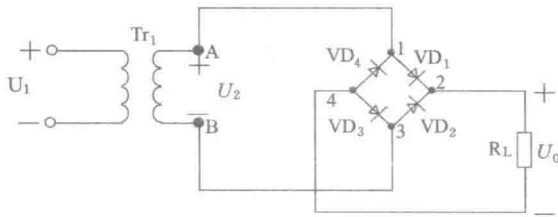


图 1-1-4 整流电路

在  $U_1$  正半周内,变压器  $Tr_1$  次级 A 点电位高于 B 点电位,二极管  $VD_1$ 、 $VD_3$  导通,电流自上而下流过  $R_L$ ;  $U_1$  负半周内,变压器  $Tr_1$  次级 A 点电位低于 B 点电位,二极管  $VD_2$ 、 $VD_4$  导通,电流自上而下流过  $R_L$ 。于是  $R_L$  两端产生单方向全波脉动直流电压  $U_0$ 。

负载和整流二极管上的电压和电流分别为:

$$\text{负载电压 } U_0 = 0.9U_2 = 10.8 \text{ V}。$$

$$\text{负载电流 } I_0 = \frac{U_0}{R_L} = \frac{0.9U_2}{R_L}。$$

$$\text{二极管的平均电流 } I_D = \frac{1}{2}I_0 = 0.65 \text{ A}。$$

$$\text{二极管承受反向峰值电压 } U_{\text{DRM}} = \sqrt{2}U_2 = 26.8 \text{ V}。$$

其中:  $U_0$  为输出直流电压,  $U_2$  为变压器次级电压有效值。

电容滤波电路中,需要的电容的容量为:

$$C = (3 \sim 5) \frac{T}{2R} \approx 375 \sim 625 \mu\text{F}$$

其中,  $T$  表示交流电网的周期。

实际电容容量考虑到滤波的效果, 各项参数留出一定的余量, 容量选择为  $2\ 200 \mu\text{F}$  或  $3\ 300 \mu\text{F}$ , 耐压值选择为  $25\ \text{V}$ , 整流桥耐压值选择为  $25\ \text{V}$ , 额定电流选择为  $3\ \text{A}$ 。双声道 BTL 功放中电源电路如图 1-1-5 所示。

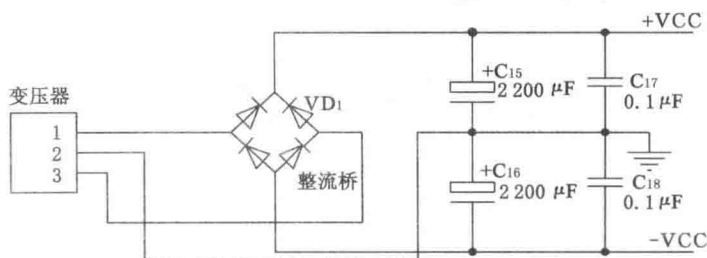


图 1-1-5 电源电路

此电源输出直流电压为  $\pm 14\ \text{V}$ , 采用双电源给 TDA2030 供电, 其中  $C_{17}$  和  $C_{18}$  可以滤出高频杂波, 使获得的直流电压更稳定。

## (2) 前置放大电路

音频功率放大器的作用是将音频信号进行放大, 然后输送到驱动扬声器。由于输入的音源信号的电压差别很大, 从零点几毫伏到几百毫伏变化, 而一般功率放大器的输入灵敏度是一定的, 如果这些不同的音源信号直接输入到功率放大器, 则对于幅值过低的输入信号, 功率放大器输出功率不足, 不能充分发挥功放的作用; 对于幅值过高的输入信号, 功率放大器的输出信号将严重过载失真, 这样将失去音频放大的意义。所以一个实用的音频功率放大系统必须设置前置放大器, 以便使放大器适应不同的输入信号, 或放大, 或衰减, 或进行阻抗变换, 使其与功率放大器的输入灵敏度相匹配。

前置放大器的主要功能, 一是使话筒的输出阻抗与前置放大器的输入阻抗相匹配; 二是使前置放大器的输出电压幅度与功率放大器的输入灵敏度相匹配。由于话筒输出信号非常微弱, 所以前置放大器输入级的噪声对整个放大器的信噪比影响很大, 前置放大器的输入级首先应采用低噪声电路。我们在选用集成运算放大器构成前置放大器时, 一定要选择低噪声、低漂移的集成运算放大器。

根据音频信号的特点, 前置放大器选择为 NE5532 集成运算放大器构成的电压放大器。NE5532 集成运算放大器是一种双运放、高性能、低噪声的运算放大器, 其性能指标如下:

- 小信号带宽:  $10\ \text{MHz}$ 。
- 输出驱动能力:  $600\ \Omega, 10\ \text{V}$ 。
- 输入噪声电压:  $5\ \text{nV/Hz}$  (典型值)。
- DC 电压增益:  $50\ 000$ 。
- AC 电压增益:  $10\ \text{kHz}$  时  $2\ 200$ 。
- 电源带宽:  $140\ \text{kHz}$ 。

- 转换速率:  $9 \text{ V}/\mu\text{s}$ 。
- 电源电压范围:  $\pm 3 \sim \pm 20 \text{ V}$ 。

前置放大器为左、右声道各提供一级同向比例运算放大器(电压串联负反馈电路)进行电压放大,电路如图 1-1-6 所示。放大电路具有输入阻抗高的特点,电压放大倍数为:  $A_u = 1 + \frac{R_{23}}{R_{24}} = 1 + \frac{47}{10} = 5.7$ , 电容  $C_{27}$ 、 $C_{28}$  是去耦电容,消除高频杂波。前置放大器的下限频率由电容  $C_{19}$  和电阻  $R_{22}$  决定。

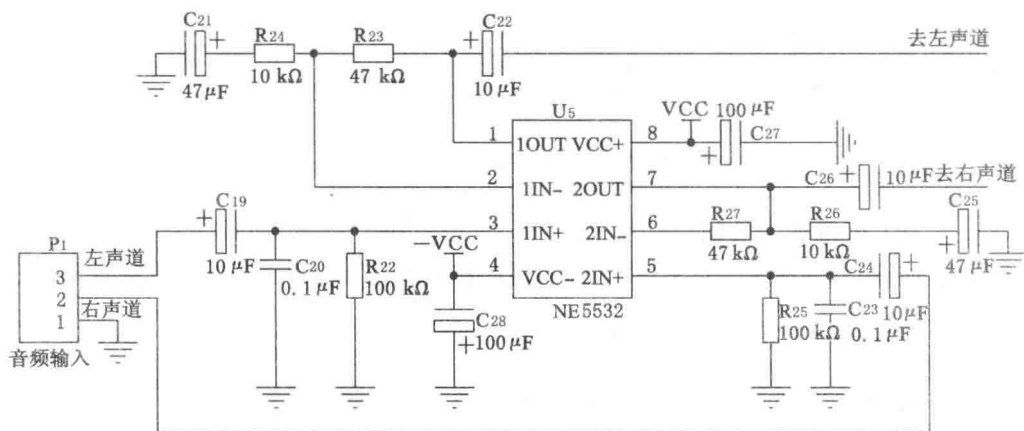


图 1-1-6 前置放大电路

### (3) 功率放大电路

采用集成功放设计功率放大器不仅设计简单、工作稳定,而且组装、调试方便,成本低廉,所以本设计选用集成功放。目前常用的集成功放型号非常多,本设计选取 SGS 公司生产的 TDA2030/2030A 集成功放,该器件具有输出功率大、谐波失真小、内部设有过热保护、外围电路简单的特点。

TDA2030/2030A 的外引线如图 1-1-7 所示。1 脚为同相输入端,2 脚为反相输入端,4 脚为输出端,3 脚接负电源,5 脚接正电源。电路特点是引脚和外接元件少。其主要性能指标为:电源电压范围为  $6 \sim 18 \text{ V}$ ;静态电流小于  $60 \mu\text{A}$ ;频响为  $10 \text{ Hz} \sim 140 \text{ kHz}$ ;谐波失真小于 0.5;在  $V_{cc} = \pm 14 \text{ V}$ ,  $R_L = 4 \Omega$  时,输出功率为  $14 \text{ W}$ ,在  $8 \Omega$  负载上的输出功率为  $9 \text{ W}$ 。

由 TDA2030/2030A 构成的 OCL 功率放大器电路如图 1-1-8 所示。该电路由 TDA2030 组成负反馈电路,其交流电压放大倍数  $A_u = 1 + \frac{R_1}{R_2} = 1 + \frac{22}{0.68} \approx 33$ 。二极管  $VD_1$ 、 $VD_2$  起保护作用,一是限制输入信号过大,二是防止电源极性接反。 $R_4$ 、 $C_2$  组成输出相移校正网络,使负载接近纯电阻。电容  $C_1$  是输入耦合电容,其大小决定了功率放大器的下限频率。电容  $C_3$ 、 $C_5$  是低频旁路电容,电容  $C_4$ 、 $C_5$  是高频旁路电容。电位器  $R_p$  是音量调节电位器。

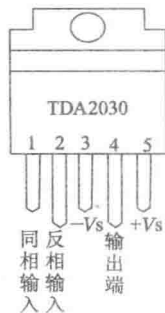


图 1-1-7 TDA2030 管脚图

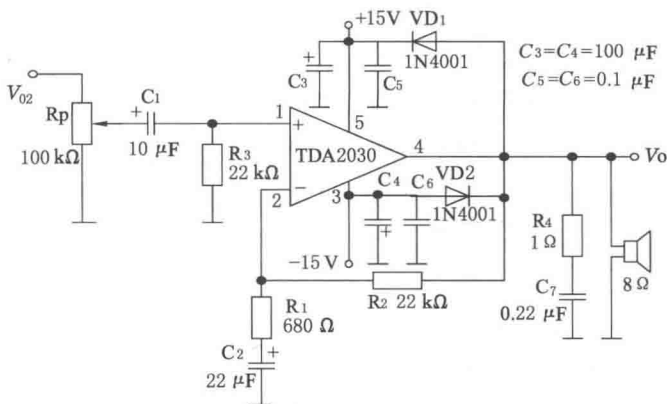


图 1-1-8 TDA2030 组成的 OCL 功率放大器电路

本设计为了获得更大的输出功率,采用两个 TDA2030 构成 BTL 功率放大器,其中右声道的电路如图 1-1-9 所示。 $U_1$  (TDA2030) 为同相比运算放大器,输入音频信号通过交流耦合电容  $C_3$  反馈入同相输入端 1 脚,交流闭环增益为  $A_{u1} = 1 + \frac{R_4}{R_9} = 1 + \frac{22}{0.68} \approx 33$ 。

$R_4$  同时又使电路构成直流全闭环组态,确保电路直流工作点稳定。 $U_2$  (TAD2030) 为反相比运算放大器,它的输入信号是由  $U_1$  输出端的  $U_{O1}$  经  $R_{10}$ 、 $R_{19}$  分压器衰减后取得的,并经电容  $C_9$  后反馈给反相输入端 2 脚,它的交流闭环增益  $A_{u2} = -\frac{R_{15}}{R_{19} // R_{10}} \approx -\frac{R_{15}}{R_{19}} \approx -\frac{22}{0.68} \approx -32$ 。由  $R_{15} = R_{10}$ , 所以  $U_1$  与  $U_2$  的两个输出信号  $U_{O1}$  和  $U_{O2}$  应该是幅度相等、相位相反的,即:

$$U_{O1} \approx U_i \cdot R_4 / R_9, U_{O2} \approx -U_{O1} \cdot R_{15} / R_{19}$$

由于  $R_4 = R_{15}$ ,  $R_9 = R_{19}$ , 所以  $U_{O2} = -U_{O1}$ 。因此在扬声器上得到的交流电压应为:

$$U_O = U_{O1} - (-U_{O2}) = 2U_{O1} = 2U_{O2}$$

扬声器得到的功率按下式计算:  $P_{Om} = \frac{U_O^2}{R} = \frac{U_{O1}^2}{R} = 4P_O$ 。

BTL 功放电路能把单路功放的输出功率 ( $P_O$ ) 扩展 4 倍,但实际上却受到集成电路本身功耗和最大输出电流的限制。

#### (4) 音量控制电路

本音频控制电路采用简单的音频电位器控制,主要通过改变输入音频功放的电压,从而改变输出声音的大小。

### 2. 双声道 BTL 功放电路整体原理图设计

利用 Altium Designer 软件绘制的完整双声道 BTL 功放电路原理图见图 1-1-10,元件清单见表 1-1-1。原理图设计要求如下:

- 根据电路图的大小设置好图纸尺寸,一般不需要标题栏。
- 原理图应该美观,元件分布合理,接口、端子等一般放置在图的边缘。
- 元件的编号、参数、网络标号、端口名称等要认真输入,不要搞错。
- 注意连接元件管脚的“导线”应接在脚的端部,网络编号的位置要准确,电源端口的名称不要搞错,元件封装的输入要满足 PCB 设计时的要求。

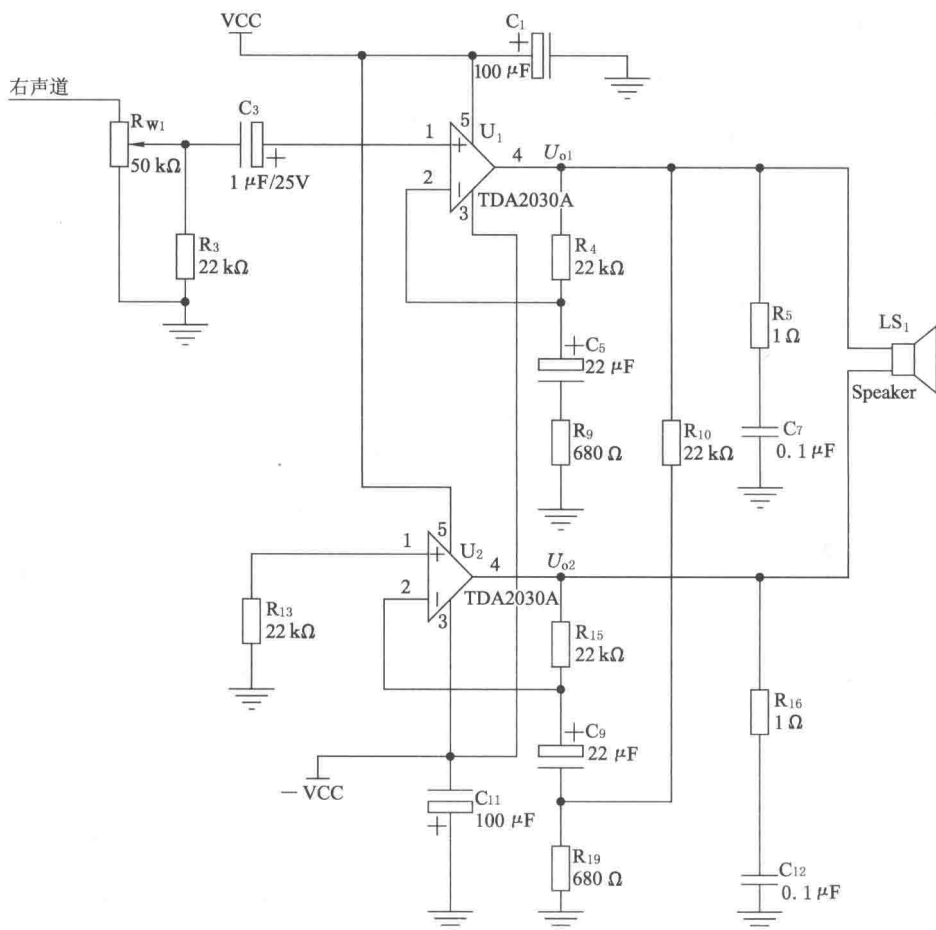


图 1-1-9 BTL 功率放大器右声道电路

• 注意晶体管元件的电路符号上的管脚名称应该和封装的管脚名称相符,否则在 PCB 中引脚上将无连接线。

• 绘制的原理图元件,图样应该尽可能按照标准绘制,大小要合适,注意管脚电气接点应该在栅格交叉点上。

## 二、双声道 BTL 功放 PCB 图设计

### 1. 整流桥检测

在整流全桥上,均标注有“+”、“-”、“~”符号(其中“+”为整流后输出电压的正极,“-”为输出电压的负极,“~”为交流电压输入端),很容易确定出各电极。

用万用表欧姆挡的“ $\times 1 \text{ k}$ ”挡检测时,通过分别测量“+”极与两个“~”极、“~”极与两个“-”极之间各整流二极管的正、反向电阻值(与普通二极管的测量方法相同)是否正常,即可判断该全桥是否已损坏。若测得全桥内某只二极管的正、反向电阻值均 0 或均为无穷大,则可判断该二极管已被击穿或开路。

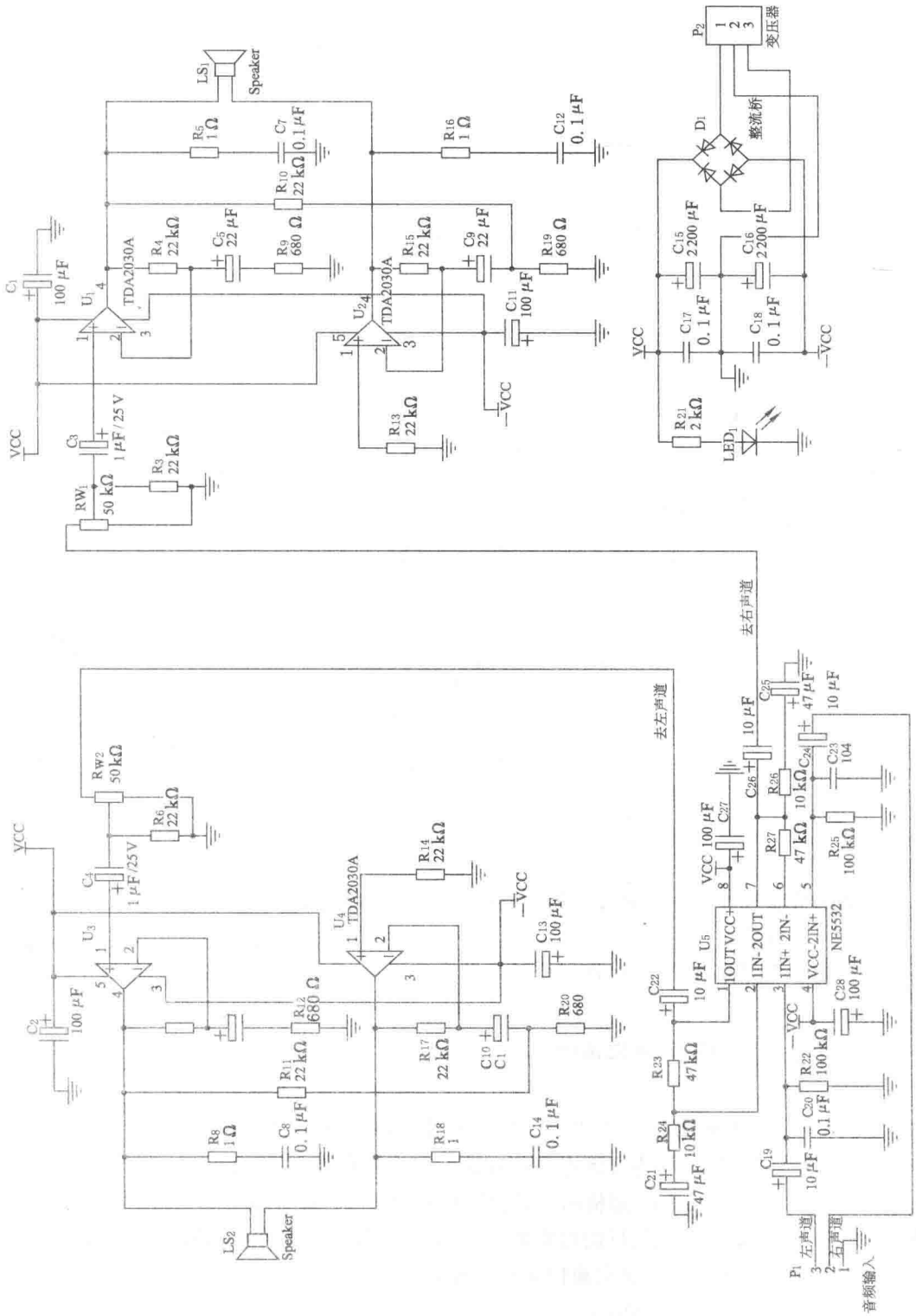


图 1-1-10 双声道 BTL 功放电路原理图

表 1-1-1 双声道 BTL 功放元件清单

类别	序号	规格	型号/封装	数量
电阻	R <sub>5</sub> 、R <sub>8</sub> 、R <sub>16</sub> 、R <sub>18</sub>	1 Ω	1/4 W	4
	R <sub>3</sub> 、R <sub>4</sub> 、R <sub>6</sub> 、R <sub>7</sub> 、R <sub>10</sub> 、R <sub>11</sub> 、R <sub>13</sub> 、R <sub>14</sub> 、R <sub>15</sub> 、R <sub>17</sub>	22 kΩ		10
	R <sub>9</sub> 、R <sub>12</sub> 、R <sub>19</sub> 、R <sub>20</sub>	680 Ω		4
	R <sub>22</sub> 、R <sub>25</sub>	100 kΩ		2
	R <sub>23</sub> 、R <sub>27</sub>	47 kΩ		2
	R <sub>24</sub> 、R <sub>26</sub>	10 kΩ		2
	R <sub>21</sub>	2 kΩ		1
电位器	R <sub>W1</sub> 、R <sub>W2</sub>	50 kΩ		2
电容	C <sub>7</sub> 、C <sub>8</sub> 、C <sub>12</sub> 、C <sub>14</sub> 、C <sub>17</sub> 、C <sub>18</sub> 、C <sub>20</sub> 、C <sub>23</sub>	0.1 μF	瓷片电容	8
	C <sub>19</sub> 、C <sub>22</sub> 、C <sub>24</sub> 、C <sub>26</sub>	10 μF	电解 电容 (25 V)	4
	C <sub>3</sub> 、C <sub>4</sub>	1 μF		4
	C <sub>15</sub> 、C <sub>16</sub>	2 200 μF		2
	C <sub>5</sub> 、C <sub>6</sub> 、C <sub>9</sub> 、C <sub>10</sub>	22 μF		4
	C <sub>21</sub> 、C <sub>25</sub>	47 μF		2
集成电路	U <sub>1</sub> 、U <sub>2</sub> 、U <sub>3</sub> 、U <sub>4</sub>	TDA2030	SIP5	4
	U <sub>5</sub>	NE5532	DIP8	1
	D <sub>1</sub>	6 A/25 V	整流桥	1
其他	P <sub>1</sub>	音频输入插孔		1
	P <sub>2</sub>	变压器进线端子		1
	LS <sub>1</sub> 、LS <sub>2</sub>	扬声器接线端子		2

## 2. 双声道 BTL 功放 PCB 图设计

### (1) 绘制元件的封装要求

- 根据元件实物绘制元件封装,一般元件焊盘内径设为 0.8 mm,外径设为 2 mm。
- TDA2030 外的散热片和元件的封装画在一起。
- 变压器、扬声器外置,分别用 3 口和 2 口接线端子代替。

### (2) 双声道 BTL 功放电路布局要求

- 在保证电气性能的前提下,元器件应排列整齐、美观,分布均匀,疏密恰当。
- 按信号流程布局的原则进行布局。将 PCB 分成若干块,按照电路的信号流程,每个单元以电路的核心元件为中心,围绕它来进行布局。一般以集成电路等作为核心元器件,其他元器件围绕在它周围。元器件的布局应便于信号流通,使信号尽可能保持一致的方向。本电路布局时要考虑左右声道的对称性。

• 特殊元器件应按照优先布局的原则。对于可能由电、磁、热、机械等因素引起干扰或对整机性能和布局有重大影响的特殊元器件,在设计印制板的版面、决定整机电路布局的时候,应该根据电气原理,首先决定它们的位置,然后再安排其他元器件。本电路布局时,功放集成块要加散热片,放在电路板边缘,并且对称分布。



• 操控性元器件应按照定位布局的原则。与操作、控制、接口相关的元器件只能安装在规定的位置。如各种调节电位器、可变电容器、红外接收器、各种输入/输出端子等,只能安装在电路板的边缘,以便于伸出或靠近机壳。本电路布局时要将电位器、接线端子放在电路板边缘位置。

• 防止电磁干扰。输入和输出信号应尽量远离。放置集成电路电源端的滤波电容时,应先经过电容,再给器件提供电源电压,以提高器件的抗干扰能力。

### (3) 双声道 BTL 功放电路布线要求

• 在满足电气和机械性能的基础上,布线应该整齐、美观。同一个单元电路的走线应尽量放置在一起,尽量不用或少用跳线,尽量不用长导线。

• 焊盘的大小和形状以及焊盘通孔的孔径要与焊接元器件相适应,还要考虑焊点通过电流的大小。

• 印制导线的宽度主要由铜箔与绝缘基板之间的黏附强度和流过导线的电流强度来决定。应尽量采用较宽的导线,特别是对于电源线、地线及大电流的信号线,更要适当加宽。本设计中信号线宽大于 1 mm,电源线宽 2 mm,地线采用大面积铜箔。

• 印制导线的间距应当考虑导线之间的绝缘电阻和击穿电压在最坏的工作条件下的要求。根据印制导线长短、间距大小,绝缘电阻和耐压应按比例增加。本设计中印制导线的间距大于 2 mm。

• 布线时不能有急剧的拐弯和尖角,拐角不能小于  $90^\circ$ ,否则会引起印制导线剥离或翘起。最佳的拐弯形式是平缓地过渡,即拐角的内角和外角最好都是圆弧。

• 导线通过两个焊盘之间而不与它们连通时,应该与它们保持均等的间距;同样,多条导线之间的距离也应当均匀,一般保持间距相等。

• 覆铜制作出需要的字符,如 PCB 编号、设计日期、设计单位等文字和其他图形符号,其原则是不要影响到 PCB 正常的布线。

• 所有地线不要构成环形结构,以避免发生自激现象。

双声道 BTL 功放电路 PCB 布线图见图 1-1-11,三维视图见图 1-1-12。

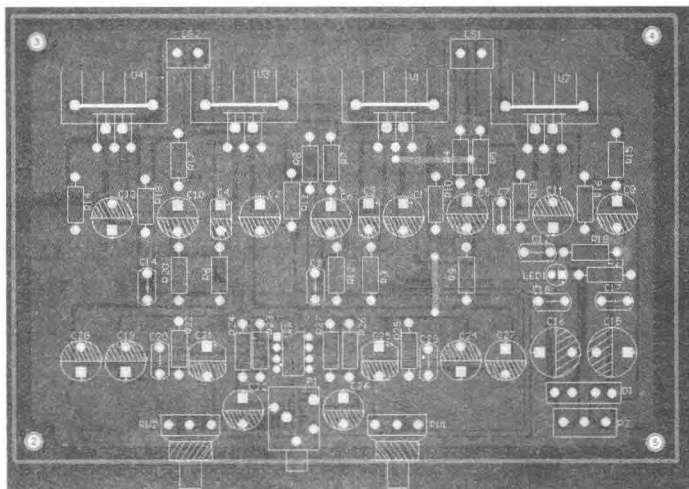


图 1-1-11 双声道 BTL 功放电路 PCB 布线图