

电子创新 设计与制作实训

(上册)

- 浙江省职业技能教学研究所 组织编写
- 田文雅 刘子坚 主编

职业技能培训丛

电子创新 设计与制作实训

(上册)

浙江省职业技能教学研究所 组织编写

田文雅 刘子坚 主编

图书在版编目(CIP)数据

电子创新设计与制作实训.上册/田文雅,刘子坚主编;浙江省职业技能教学研究所组织编写. —杭州:浙江科学技术出版社,2015.3

(职业技能培训丛书)

ISBN 978-7-5341-6540-5

I. ①电… II. ①田… ②刘… ③浙… III. ①电子电路—电路设计—技术培训—教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 047629 号

丛 书 名 职业技能培训丛书
书 名 电子创新设计与制作实训(上册)
组织编写 浙江省职业技能教学研究所
主 编 田文雅 刘子坚

出版发行 浙江科学技术出版社
杭州市体育场路 347 号 邮政编码: 310006
办公室电话: 0571-85176593
销售部电话: 0571-85176040
网 址: www.zkpress.com
E-mail: zkpress@zkpress.com

排 版 杭州大漠照排印刷有限公司
印 刷 浙江新华印刷技术有限公司
经 销 全国各地新华书店

开 本	787×1092 1/16	印 张	12.75
字 数	260 000		
版 次	2015 年 3 月第 1 版		2015 年 3 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5341-6540-5	定 价	36.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现倒装、缺页等印装质量问题,本社销售部负责调换)

责任编辑	张祝娟	责任校对	张 宁
封面设计	孙 菁	责任印务	崔文红

职业技能培训丛书编辑指导委员会

主 任 吴顺江

副主任 傅 玮 蔡国春 郭 敏 宓小峰

龚和艳 仇贻泓

委 员 (按姓氏笔画排序)

王丁路 王如考 王伯安 朱旭峰 巫惠林

吴 钧 吴招明 吴善印 沈国通 陈进达

陈国妹 陈树庆 邵全卯 林雅莲 项 薇

洪在有 虞秀军 鲍国荣

职业技能培训丛书编辑工作组

组 长 巫惠林 王丽慧

成 员 (按姓氏笔画排序)

王仁学 方家友 朱 静 余党军 余晓春

蒋文华 程叶军 潘家晓

本册编写小组

主 编 田文雅 刘子坚

副主编 王 芳 徐向军 季 力 李天真 郭志俊

左希庆

编著者 王 芳 徐向军 季 力 李天真 左希庆

刘子坚 田文雅 郭志俊 范 焯

前 言

职业技能培训是提高劳动者技能水平和就业创业能力的主要途径。大力加强职业技能培训工作,建立健全面向全体劳动者的职业技能培训制度,是实施扩大就业的发展战略,解决就业总量矛盾和结构性矛盾,促进就业和稳定就业的根本措施;是贯彻落实人才强国战略,加快技能人才队伍建设,建设人力资源强国的重要任务;是加快经济发展方式转变,促进产业结构调整,提高企业自主创新能力和核心竞争力的必然要求;也是推进城乡统筹发展,加快工业化和城镇化进程的有效手段。为认真贯彻落实全国、全省人才工作会议精神和《国务院关于加强职业培训促进就业的意见》、《浙江省中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》,切实加快培养适应我省经济转型升级、产业结构优化要求的高技能人才,带动技能劳动者队伍素质整体提升,浙江省人力资源和社会保障厅规划开展了职业技能培训系列教材建设,由浙江省职业技能教学研究所负责组织编写工作。该系列教材第五批共15册,主要包括龙泉青瓷、东阳木雕花卉卷、东阳木雕综合卷、泰顺石雕、家政服务与管理、汽车保险与理赔实务、物流设备应用与管理、PCB制图与制版实训、电子创新设计与制作实训(上、下册)等地方产业、新兴产业以及特色产业方面的技能培训教材。本系列教材针对职业技能培训的目的要求,突出技能特点,便于各地开展农村劳动力转移技能培训、农村预备劳动力培训等就业和创业培训,以及企业职工、企业生产管理人员技能素质提升培训。本系列教材也可以作为技工院校、职业院校培养技能人才的教学用书。

电子信息产业技术含量高、渗透性强、覆盖面广、产业关联度高、带动作用

强,应用于各行各业,是很多区域经济的支柱性产业,贯穿于整个经济命脉,已经成为世界第一大产业,电子信息产业的发展以及电子信息技术对制造业和服务业的渗透更是被视为国际竞争力的标志,产业的巨大规模需要大量的生产、管理、销售、服务第一线实用型技术人才,而培养实用型人才正是职业学校的任务和使命。

电子信息产业的技术性都很强,需要从业人员具备足够的应用能力和动手能力,实训教学是培养应用能力和动手能力的重要教学环节,要保证实训教学效果,必须精选实训内容、科学设计实训项目、采取合理的实训手段,使实训教学更贴近实际工作岗位,即实训教材对于提高实训教学质量至关重要。

本书遵循电子产品从“设计制作→生产管理→检验检测→销售”这一主线,明晰典型工作任务,依据从业人员的职业成长规律和认知规律,将典型工作任务所要求的技能点从低到高归纳为基本技能、核心能力和创新能力三个不同的层次。

本书采用项目化教学形式,每一项目选用典型的电子产品为载体,通过两到三个层次展现出来,由最基本的技能训练开始,到较复杂的典型电子电路或电子产品的综合训练,循序渐进,培养学生完成典型工作任务完整工作过程所需要的职业核心能力和职业综合素质。本书充分反映了近几年职业教育的教学改革成果,对引领电子信息类专业的建设及人才培养质量的提升,具有积极作用。

电子创新设计与制作实训(上册)一书,共分为六个项目。本书以电子创新设计、全国大学生电子设计竞赛为主线,介绍了现代电子线路、系统设计与制作的方法。本书可作为学生电子设计竞赛的培训教材,可作为各类电子制作、课程设计、毕业设计等的教学参考书,也可作为电子工程技术人员进行电子系统设计的参考书。

本书由田文雅、刘子坚担任主编,由王芳、徐向军、季力、李天真、郭志俊、左希庆担任副主编。其中,项目一由王芳编写;项目二由徐向军编写;项目三由季力编写;项目四由李天真与左希庆编写;项目五由刘子坚和田文雅编写;项目六由郭志俊和范烨编写。

本书还得到了鲍铁虎、鲍小南、倪勇、叶忠杰、沈海娟、杨柳、娄美明等老师的支持和帮助,在此表示衷心的感谢!

由于编写水平有限,书中难免存在不妥之处。敬请广大读者多提宝贵意见,使我们不断改进和完善。

浙江省职业技能教学研究所

2013 年 8 月

目 录

项目一 低频功率放大器设计与制作训练	1
任务一 基本技能训练 低频功率放大器方案论证	2
一、相关知识 低频功率放大基础	2
二、技能训练 低频功率放大器方案论证	8
三、评价标准	10
四、讨论与小结	10
任务二 应用技能训练 低频功率放大器实现与调试	11
一、相关知识 集成功率放大器	11
二、技能训练 低频功率放大器的设计与调试	13
三、评价标准	17
四、讨论与小结	18
任务三 扩展技能训练 D类功率放大器的设计	18
一、相关知识 D类功率放大器	18
二、技能训练 D类功率放大器的设计与调试	19
三、评价标准	22
四、讨论与小结	22
项目二 数控直流稳压电源设计与制作训练	24
任务一 基本技能训练 数控直流稳压电源方案论证	25
一、相关知识 稳压电源基础	25
二、技能训练 数控直流稳压电源的方案论证	40
三、评价标准	43

四、讨论与小结	43
任务二 应用技能训练 数控直流稳压电源的实现与调试	44
一、相关知识 A/D、D/A 及 Multisim 等仿真软件	44
二、技能训练 数控直流稳压电源的设计与调试	52
三、评价标准	58
四、讨论与小结	59
任务三 扩展技能训练 基于单片机的数控直流稳压电源的设计	59
一、相关知识 单片机最小系统、STC12C5A60S2 芯片介绍	59
二、技能训练 基于单片机的数控直流稳压电源设计与调试	64
三、评价标准	66
四、讨论与小结	66
项目三 数据采集与传输系统设计及制作训练	68
任务一 基本技能训练 数据采集与传输系统方案论证	70
一、相关知识 数据采集与传输基础	70
二、技能训练 数据采集与传输系统方案论证	77
三、评价标准	79
四、讨论与小结	80
任务二 应用技能训练 调制解调模块的实现与调试	81
一、相关知识 调制解调的原理	81
二、技能训练 PSK 调制方式的实现	88
三、评价标准	93
四、讨论与小结	93
任务三 扩展技能训练 噪声模拟器的设计	94
一、相关知识 噪声模拟实现的原理	94
二、技能训练 噪声模拟器的设计与调试	97
三、评价标准	98
四、讨论与小结	98
项目四 模拟路灯控制系统设计与制作训练	101
任务一 基本技能训练 LED 灯控制系统方案论证	103

一、相关知识	LED 发光特性及恒流源驱动	103
二、技能训练	LED 恒流源驱动电路设计	114
三、评价标准	.....	117
四、讨论与小结	.....	117
任务二	应用技能训练 模拟路灯控制系统的设计	118
一、相关知识	光电传感器	118
二、技能训练	模拟路灯控制系统的设计	120
三、评价标准	.....	125
四、讨论与小结	.....	125
任务三	扩展技能训练 十字路口交通灯控制系统设计	126
一、相关知识	交通灯控制原理	126
二、技能训练	十字路口交通灯控制系统设计	128
三、评价标准	.....	130
四、讨论与小结	.....	130
项目五	液体点滴速度监控装置设计与制作训练	132
任务一	基本技能训练 液体点滴速度监控装置方案论证	134
一、相关知识	液体点滴速度监控基础知识	134
二、技能训练	液体点滴速度监控装置方案论证	140
三、评价标准	.....	142
四、讨论与小结	.....	143
任务二	应用技能训练 液体点滴速度监控装置实现与调试	144
一、相关知识	液体点滴速度监控装置基础	144
二、技能训练	液体点滴速度监控装置的设计与调试	148
三、评价标准	.....	153
四、讨论与小结	.....	154
任务三	扩展技能训练 液体点滴速度监控装置的通信总线系统设计	155
一、相关知识	通信总线技术基础	155
二、技能训练	监控装置的总线系统设计与实现	158
三、评价标准	.....	160
四、讨论与小结	.....	161

项目六 光伏并网发电模拟装置设计与制作训练	163
任务一 基本技能训练 光伏并网发电模拟装置方案论证	165
一、相关知识 光伏并网发电基础	165
二、技能训练 光伏并网发电设计方案论证	171
三、评价标准	173
四、讨论与小结	173
任务二 应用技能训练 光伏并网发电的实现与调试	174
一、相关知识 光伏并网发电系统框架	174
二、技能训练 光伏并网发电的设计与调试	182
三、评价标准	185
四、讨论与小结	186
任务三 扩展技能训练 相位跟踪功能设计	187
一、相关知识 相位跟踪功能实现原理	187
二、技能训练 相位跟踪功能的设计与调试	188
三、评价标准	190
四、讨论与小结	190
参考文献	192

项目一 低频功率放大器设计与制作训练

项目引入

功率放大器,简称“功放”。多数情况下主机的额定输出功率不能胜任带动整个音响系统的工作任务,因此需要在主机和播放设备之间安装功率放大器。它在整个音响系统中起到桥梁作用,目前广泛应用在会议厅、影剧院、体育馆等场所中。功率放大器的种类繁多,如A类、B类、AB类、D类放大器等。本项目介绍一种低频功率放大器,通过本项目的训练,我们将学会采用分立元件放大器或集成功率放大器完成低频功率放大器的设计与制作。

本项目综合1995年全国大学生电子设计竞赛(A题)“实用低频功率放大器设计”和2009年全国大学生电子设计竞赛(G题)“低频功率放大器”的要求设计出一个新的低频功率放大器。类似的题目在第五届(D题)“高效率音频功率放大器”竞赛中也有出现。此类设计只能采用开关方式实现低频功率放大。

项目目标

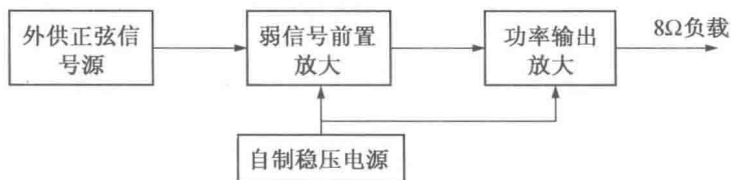
技能目标	相关知识
1. 能根据设计要求完成方案选择 2. 能完成硬件电路的设计与制作 3. 能熟练运用仪器仪表完成各参数的测试	1. 低频功率放大器的工作原理 2. 低频功率放大器的技术参数

项目实施条件

序号	名称	型号与规格	数量
1	函数信号发生器	TFG1005 DDS	1
2	万用表	Fluke 15B	1
3	双踪示波器	Tektronix TDS1012	1
4	多媒体教学环境		

项目要求

设计并制作具有弱信号放大能力的低频功率放大器,其系统框图如下图所示:



1. 基本要求

- (1) 当正弦信号输入电压幅度为 $5\sim 100\text{mV}$ 时,在 8Ω 负载电阻 R_L (一端接地) 上的输出功率 $P_O \geq 5\text{W}$ 。
- (2) 通频带 B_w 为 $50\text{Hz}\sim 10\text{kHz}$ 。
- (3) 输入电阻 R_i 为 600Ω 。
- (4) 整机效率 $\geq 55\%$ 。
- (5) 自制稳压电源。

2. 发挥部分

- (1) 低频功率放大器的通频带 B_w 扩展为 $20\text{Hz}\sim 20\text{kHz}$ 。
- (2) 在 P_O 下和 B_w 内的非线性失真系数 $\leq 2\%$ 。
- (3) 在 P_O 下和 B_w 内尽可能减小输入电压幅度。
- (4) 输出噪声电压幅度 $V_{ON} \leq 5\text{mV}$ 。
- (5) 其他。

任务一 基本技能训练 低频功率放大器

方案论证

一、相关知识 低频功率放大基础

对于整个低频功率放大器的设计,功率放大部分是其核心部件。在进行低频功率放大之前,首先了解低频功率放大器的特点与类型。

(一) 特点及分类

低频功率放大器利用三极管或场效应管将直流电源功率转换为按输入信号变化

的电流信号,经过电流及电压的不断放大即完成功率放大。

1. 特点

(1) 低频功率放大器的主要任务是向负载提供一定程度的不失真的输出功率,因此其输出电压和电流的幅度必须足够大。

(2) 低频功率放大器在输出功率的同时,三极管或场效应管的管耗较大,所以在设计时要考虑管耗问题。

(3) 由于要求输出信号的幅度足够大,使三极管或场效应管工作在饱和区与截止区的边沿,因此输出信号存在一定程度的失真。

鉴于以上特点,我们在设计低频功率放大器时,首先应该考虑输出功率大、失真小、效率高,然后考虑它的极限参数、散热功能等。

2. 分类

低频功率放大器根据放大信号不同分为模拟放大器(A类、B类和AB类放大器)和数字放大器(D类放大器)。

(1) A类放大器。A类放大器的主要特点:放大器的静态工作点 Q 设置在放大区的中间,晶体管在输入信号的整个周期内都处于导通状态。放大器可单管工作,也可以推挽工作。优点是放大器工作在特性曲线的线性范围内,所以瞬态失真、交越失真较小,电路结构简单,调试方便。缺点是晶体管有较大的静态电流 I_{CQ} ,管耗 P_C 大,电路能量转换效率较低,输出功率 P_O 的理论最大值仅为25%,且有较大的非线性失真。由于效率比较低,低频功率放大器设计基本不再使用。

(2) B类放大器。B类放大器的主要特点:放大器的静态工作点 Q 在截止区,没有信号输入时,输出端基本不消耗功率。在输入信号 V_i 的正半周期内,其中一管子导通,输出正半周正弦波; V_i 处于负半周期时,另一管子导通,所以此类放大器工作时必须用两管推挽。优点是能量转换效率较高,理论上可达到78.5%。缺点是放大器有一段工作非线性区域内,故交越失真较大,即当信号处于晶体管的死区电压之间时,两管都无法导通。因此,B类放大器也逐渐被摒弃。

(3) AB类放大器。AB类放大器的主要特点:放大器的静态工作点 Q 设置在放大区但接近截止区,即晶体管处于微导通状态。导通时间稍大于半周期,必须用两管推挽工作。优点是可以有效克服B类放大器的交越失真,并且能量转换效率也较高,在功率放大器设计中用得较多。

(4) D类放大器。D类放大器又称数字功率放大器或开关放大器。它利用脉宽调制技术,把模拟音频信号的幅度调制为一系列矩形脉冲的宽度,再通过功率输出管进行放大,最后经过LC低通滤波器输出音频信号。优点是效率非常高,理论上可以达到100%,实际电路效率一般在80%~90%之间;体积小,失真小,频响好,故在音频功率放大器设计中用得较多。

(二) 主要技术指标

1. 输出功率

输出功率指低频功率放大器输出给负载的功率。

(1) 额定功率：指一定的谐波范围内低频功率放大器长期工作所能输出的最大功率。

(2) 最大输出功率：指低频功率放大器不考虑失真大小时所能输出的最大功率。

(3) 音乐输出功率：指低频功率放大器工作于音乐信号时的输出功率，即输出失真度不超出规定范围下，低频功率放大器对音乐信号的瞬间最大输出功率。它可以用来评价功放的动态听音效果。

(4) 峰值音乐输出功率：指低频功率放大器不考虑失真度时可输出的最大音乐输出功率，是低频功率放大器的另一个动态指标。

上述四个输出功率指标中，额定功率最小，最大输出功率其次，峰值音乐输出功率最大，通常峰值音乐输出功率是额定功率的 5~8 倍。

2. 频率响应

频率响应是指低频功率放大器对音频信号各频率分量的放大能力。

3. 失真

失真是指重放音频信号时波形发生变化的现象。波形失真类型有总谐波失真、瞬态失真、互调失真等。其中总谐波失真越小越好，目前好的低频功率放大器此失真已能控制到 0.02%。

4. 信噪比

信噪比指正常声音信号大小与噪声信号大小之比值，一般用分贝数来表示信噪比大小。

5. 动态范围

动态范围是指低频功率放大器不失真放大时的最小信号电平与最大信号电平的比值，一般用 dB 来表示两信号的电平之差。

除了上述特性，低频功率放大器还需要考虑转换率、阻尼因子、输出阻抗等特性。

(三) 低频功率放大器的组成

低频功率放大器基本组成如图 1-1 所示。

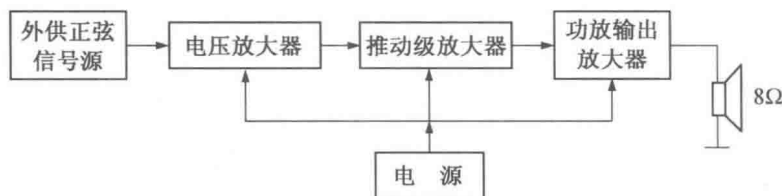


图 1-1 低频功率放大器组成

低频功率放大器实质上是一个多级放大器，主要由前面的电压放大级、中间的推动级和最后的功放输出级组成，各部分单元电路的作用如下：

1. 电压放大器

电压放大器电路部分根据主机对输出功率要求的不同，由一级或多级电路组成，目的是对输入信号进行电压放大，达到推动级放大器所需的电压信号。

2. 推动级放大器

推动级放大器主要用来推动最后的功放输出放大器,它同步放大电压、电流信号,工作在大信号放大状态,故推动级放大器的静态电流比较大。

3. 功放输出放大器

功放输出放大器是整个低频功率放大器的最后一级,也是其最核心的部分。它主要用来放大电路的电流信号,通过电压放大器、推动级放大器的电压放大和功放输出放大器的电流放大后达到对信号功率放大的目的。

(四) 功率放大电路分析

功率放大电路是低频功率放大器的核心,大致可以分为采用分立元件构成的功放和采用专用的功放集成芯片两种。

1. 分立元件构成的功放

采用分立元件构成的功率放大电路一般由输入级、驱动级和输出级三部分组成。输入级一般采用双管差动放大器来提高整个电路工作的稳定性;驱动级可以采用专门集成芯片或分立的带有负反馈功能的甲乙类推挽放大电路,目的是提高线性放大倍数及降低波形失真;输出级采用直接耦合形式的 OCL 电路或 OTL 电路来保证电路的低频响应特性。采用分立元件构成的低频功率放大器的优点是其放大倍数容易掌控、失真度小、音质纯,但是元器件甚多,电路复杂,调试难度非常大。图 1-2 所示为典型的分立元件构成的 OCL 功率放大电路。

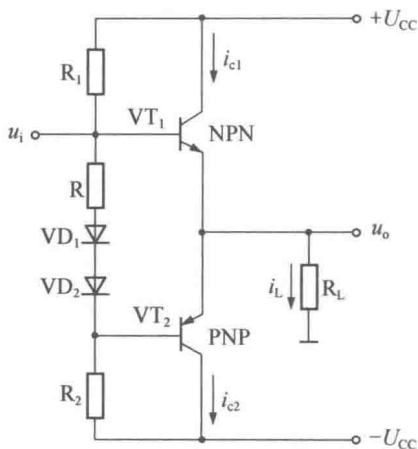


图 1-2 OCL 功率放大电路

由于 A 类功放效率低, B 类功放存在交越失真, 因此出现了图 1-2 所示的 AB 类双电源互补对称(OCL)功率放大器, 此电路在 VT_1 和 VT_2 基极之间加偏置电压, 使两个三极管都工作在微导通状态, 从而消除交越失真。OCL 电路具有良好的对称性, 效率较高, 故其放大性能好, 实际应用较广。

输出功率和效率的估算:

(1) 输出功率 P_O 。在输入正弦信号作用下, 忽略电路失真时, 在输出端获得的电压和电流均为正弦信号, 由功率的定义得:

$$P_O = I_O U_O = \frac{1}{2} I_{Om} U_{Om} = \frac{1}{2} \frac{U_{Om}^2}{R_L} \quad (1-1)$$

由此可见, 输出电压 U_{Om} 越大, 输出功率 P_O 就越高。当三极管进入临界饱和区时, 输出电压得到最大值 $U_{Om} = U_{CC} - U_{CES} \approx U_{CC}$ (忽略 U_{CES})。

由公式 1-1 可得电路最大不失真输出功率为:

$$P_{Om} = \frac{1}{2R_L}(U_{CC} - U_{CES})^2 \approx \frac{1}{2} \frac{U_{CC}^2}{R_L} \quad (1-2)$$

(2) 直流电源提供的功率 P_D 。电路工作时,两个直流电源各提供半周期的电流,所以每个电源提供的平均电流为:

$$I_{DC} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi I_{Om} \sin(\omega t) d(\omega t) \approx \frac{I_{Om}}{\pi} = \frac{U_{Om}}{\pi R_L} \quad (1-3)$$

则两个直流电源提供的功率为:

$$P_o = I_o U_o = \frac{1}{2} I_{Om} U_{Om} = \frac{1}{2} \frac{U_{Om}^2}{R_L}$$

$$P_D = 2I_{DC}U_{CC} = \frac{2}{\pi R_L} U_{Om} U_{CC} \quad (1-4)$$

输出最大功率时,电源提供的功率也为最大,即

$$P_{Dm} = \frac{2}{\pi} \frac{U_{CC}^2}{R_L} \quad (1-5)$$

(3) 效率 η 。

$$\eta = \frac{P_{Om}}{P_{Dm}} \times 100\% = \frac{\pi}{4} \times 100\% \approx 78.5\% \quad (1-6)$$

(4) 管耗 P_C 。直流电源提供的功率 P_D 与输出功率 P_o 之差,即三极管损耗的功率 P_C 。

$$P_C = P_D - P_o = \frac{2}{\pi R_L} U_{Om} U_{CC} - \frac{1}{2} \frac{U_{Om}^2}{R_L} \quad (1-7)$$

通过计算得到:

$$P_{Cm} \approx 0.4P_{Om} \quad (\text{当 } U_{Om} = \frac{2}{\pi} U_{CC} \text{ 时}) \quad (1-8)$$

则每个三极管上消耗的最大功率为

$$P_{Cm1} = P_{Cm2} = \frac{1}{2} P_{Cm} \approx 0.2P_{Om} \quad (1-9)$$

图 1-3 所示为 OTL 功率放大电路。此电路为单电源 AB 类互补对称功率放大器。一般由分立元件构成的低频功率放大器由多级放大电路构成,功率放大输出级的输入信号由前几级放大器的输出信号得到,而它们一般都是单电源供电,在前后级连接过程中万一单电源电路和双电源电路连接错误,将烧毁整个放大电路。OTL 电路刚好能解决此问题,而且此电路频响宽、稳定性好、便于集成、应用较好,但是存在交越失真。

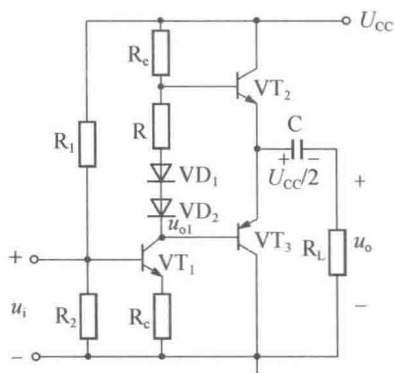


图 1-3 OTL 功率放大电路