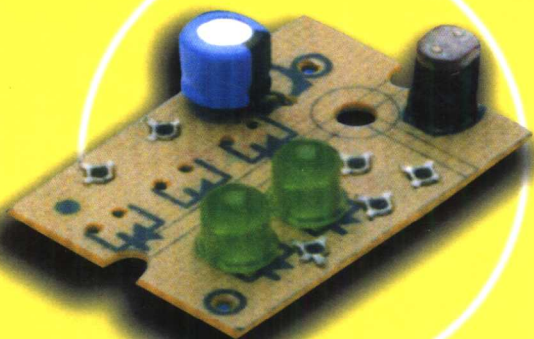


家电学校丛书

家用电器单元电路 识图与故障分析

胡 斌 编著



JIAYONGDIANQI DANYUANDIANLU
SHITU YU GUZHANGFENXI

25.07



机械工业出版社
China Machine Press



家电学校丛书

家用电器单元电路识图 与故障分析

胡 斌 编著



机械工业出版社

本书是“家电学校丛书”之一，主要介绍了音频功率放大器和扬声器电路；负反馈放大器电路；RC、LC 谐振电路和振荡器电路；集成电路；稳态电路；电路故障和其他小家电控制电路工作原理等各种电路的详细分析。本书各种电路齐全，通俗易懂，是广大无线电爱好者和初学者掌握电子电路的好帮手。

本书可作为无线电爱好者和初学者，以及家电维修人员等参考用书

图书在版编目 (CIP) 数据

家用电器单元电路识图与故障分析/胡斌编著. —北京: 机械工业出版社, 2002.8
(家电学校丛书)
ISBN 7-111-10481-1

I. 家… II. 胡… III. ①日用电气器具-电路图
②日用电气器具-故障诊断 IV. TM925.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 042085 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 牛新国 版式设计: 霍永明 责任校对: 张莉娟
封面设计: 陈 沛 责任印制: 闫 焱
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2002 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷
890mm×1240mm A5·7.875 印张·233 千字
0 001—4 000 册
定价: 16.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527
封面无防伪标均为盗版

“家电维修丛书”编辑委员会

主 任：张 宝

副主任：宋贵林

委 员（按姓氏笔画为序）：

牛新国	乔东明	刘 合	宋贵林	张 宝
张庆双	李佩禹	杨 燕	周中华	胡 斌
徐德胜	黄湛新			

丛 书 序

跨入新世纪，随着我国科学技术的迅速发展和人民生活水平的不断提高，各种家用电器（包括电子和电器设备）已经大量地进入了千家万户。为适应我国家用电子产品行业迅速发展的需要，使具有初中以上文化程度的初学者自学家电维修技术、快速掌握家电维修操作技能，提高家电维修部门和广大专业、业余维修人员的素质，并满足中等职业学校电子专业教学的需要，我们结合多年的实际维修经验和在中等职业学校家电维修专业的教学实践，编写了这套丛书。

本套丛书包括：《家用电器维修基础知识》、《家用电器单元电路识图与故障分析》、《电子元器件的选用与检测》、《家用电器检测与维修技术》、《收音机、录音机原理与维修》、《黑白电视机原理与维修》、《彩色电视机原理与维修》、《电冰箱、电冰柜原理与维修》、《空调器原理与维修》等。

本套丛书从电路的基础概念入手，介绍了各种电子元器件及各种单元电路，并从最典型的收音机开始，运用通俗的语言和适当的图形阐明了各种主要家电的原理以及维修技巧。本套丛书力求做到从维修实际出发，内容完整、新颖、通俗、具体、实用，资料翔实，尽量不介绍与维修无关的纯理论内容和电路；在介绍修理方法时，着眼于培养维修人员独立分析排除故障的能力，告诉读者如何从故障现象入手，用万用表等简单的仪表进行测量，逐步缩小故障范围，最后排除故障，从而使具有初中文化程度的读者自学就能读懂学会，稍加训练即可掌握基本维修操作技能，达到实用速成的目的。本套丛书适合城乡广大维修人员、初学者、业余爱好者阅读，也可以作为各类职业学校、家电维修培训班的教材。

我们衷心希望广大读者对这套丛书提出宝贵的意见和建议。

“家电维修丛书”编辑委员会

前 言

掌握家电维修技术包括三个方面的能力,其一是电路原理分析能力,其二是修理理论水平,第三是动手操作技能。在这三方面中,难度最大的是电路分析能力。这是因为电子电路的变化繁杂,涉及面很广。

一个复杂的整机电路是由若干个系统电路组成,而系统电路则是由若干个单元电路构成的,本书介绍了电子电路中使用频率最高的放大器、振荡器、集成电路、稳态电路等大类数十种单元电路,是单元电路分析的总汇。

在对每个单元电路的讲解中,针对初学者的读图基础比较欠缺,在写作方法上采用简单句说明复杂问题,避开繁杂的计算公式,以读图为中心,通过直流电路分析、交流电路分析、信号传输分析、元器件作用分析、电路故障分析等,多层面、多角度地讲述这些单元电路的工作原理和读图方法、记忆技巧。

第一章讲解了6种音频功率放大器和3种扬声器电路;第二章讲述了4种标准的负反馈放大器和5种消振电路;第三章分析了5种RC、LC电路和7种振荡器电路;第四章解说了4种标准的差分放大器和5种类型集成电路,以及集成电路引脚外电路读图方法、技巧;第五章讲解了3种类型的稳态电路;第六章对数十种单元电路进行了详细的电路故障分析,为故障检修打下扎实的理论基础;第七章给出了20种家用小电器控制电路。

本书主要适合无线电爱好者、初学者,适合广大的电子产业工人,各类家电维修学校和电子类职高的学员作为家电维修技术入门读物。

希望读者通过本书的学习,能够掌握电路分析的方法,提高电路分析的能力。

由于本人业务水平所限,书中错误、缺点难免,欢迎广大读者指正。

作者



目 录

丛书序

前言

第一章 音频功率放大器和扬声器电路	1
第一节 音频功率放大器电路分析	1
一、概述	1
二、甲类、乙类和甲乙类放大器	3
三、变压器耦合甲类功率放大器电路分析	6
四、变压器耦合推挽功率放大器电路分析	9
五、OTL 功率放大器电路分析	13
六、OCL 功率放大器电路分析	25
七、BTL 功率放大器电路分析	29
第二节 扬声器电路分析	33
一、二分频电路分析	34
二、变异的二分频扬声器电路分析	36
三、三分频扬声器电路分析	37
第二章 负反馈放大器电路	39
第一节 负反馈和正反馈概念	39
一、反馈电路的框图和种类	39
二、正反馈和负反馈	39
三、负反馈电路的种类和作用	40
四、负反馈电路分析方法	42
第二节 四种负反馈放大器电路分析	44
一、电压并联负反馈放大器电路分析	44
二、电压串联负反馈放大器电路分析	47
三、电流并联负反馈放大器电路分析	48
四、电流串联负反馈放大器电路分析	50
五、负反馈电路分析说明	52
第三节 负反馈改善放大器性能机理	53

一、负反馈电路对改善放大器性能的贡献	53
二、改善放大器性能机理	53
第四节 负反馈放大器消振电路分析	56
一、自激产生条件	56
二、消振电路种类	56
三、滞后式消振电路分析	57
四、超前-滞后式消振电路分析	58
五、超前式消振电路分析	58
六、负载阻抗补偿电路分析	59
七、电路分析说明	60
第三章 RC、LC 谐振电路和振荡器电路	61
第一节 RC 电路、LC 电路、RL 电路分析	61
一、RC 电路	61
二、RC 移相电路分析	67
三、积分电路和微分电路	70
四、LC 谐振电路分析	75
五、RL 移相电路分析	87
第二节 正弦波振荡器电路分析	88
一、电路组成和电路分析方法	89
二、RC 移相式正弦波振荡器电路分析	91
三、采用 RC 选频电路的正弦波振荡器电路分析	93
四、变压器耦合正弦波振荡器电路分析	96
五、电感三点式正弦波振荡器电路分析	99
六、电容三点式正弦振荡器电路分析	101
七、差动式振荡器电路分析	103
八、双管推挽式振荡器电路分析	105
第四章 集成电路	108
第一节 集成电路简介	108
一、电路符号和种类	108
二、内部结构和特点	110
三、主要参数和优缺点	110
第二节 集成电路基本引脚电路分析	111
一、输入和输出引脚外电路分析	112
二、电源引脚和接地引脚外电路分析	113

三、电路分析说明	115
第三节 集成电路内电路的元器件和单元电路	116
一、内电路基本元器件	116
二、恒压源电路分析	117
三、恒流源电路分析	121
四、直流电平移位电路分析	123
第四节 差分放大器、运算放大器电路分析	126
一、差分放大器电路的特点和分析方法	127
二、双端输入、双端输出式差分放大器电路分析	128
三、双端输入、单端输出式差分放大器电路分析	133
四、单端输入、单端输出式差分放大器电路分析	134
五、单端输入、双端输出式差分放大器电路分析	137
六、带恒流源差分放大器电路分析	138
七、具有零点校正的差分放大器电路分析	139
八、多级差分放大器电路分析	141
九、达林顿复合管差分放大器电路分析	142
十、双差分电路分析	143
十一、运算放大器电路分析	144
第五节 实用集成电路分析	148
一、音频前置放大器集成电路分析	148
二、单声道集成电路 OTL 音频功率放大器电路分析	150
三、双声道集成电路 OTL 音频功率放大器电路分析	156
四、集成电路 OCL 音频功率放大器电路分析	158
五、集成电路 BTL 音频功率放大器电路分析	159
第五章 稳态电路	165
第一节 双稳态电路分析	165
一、集-基耦合双稳态电路分析	165
二、发射极耦合双稳态电路分析	168
三、电路分析说明	170
第二节 单稳态电路分析	171
一、集-基耦合单稳态电路分析	171
二、发射极耦合单稳态电路分析	174
三、电路分析说明	176
第三节 无稳态电路分析	177

一、电路分析	177
二、电路分析说明	178
第六章 电路故障分析	180
第一节 纯电阻、电容、电感电路故障分析	180
一、纯电阻电路故障分析	180
二、可变电阻器和电位器电路故障分析	183
三、电容电路故障分析	184
四、电感和变压器电路故障分析	187
第二节 二极管和三极管电路故障分析	189
一、二极管电路故障分析	189
二、三极管电路故障分析	191
第三节 单级和多级放大器电路故障分析	193
一、单级放大器电路故障分析	193
二、多级放大器电路故障分析	196
第四节 音频功率放大器和扬声器电路故障分析	198
一、分立元器件 OTL 功放电路故障分析	198
二、分立元器件 OCL 功放电路故障分析	198
三、分立元器件 BTL 功放电路故障分析	199
四、单声道集成电路 OTL 功放电路故障分析	200
五、双声道集成电路 OTL 功放电路故障分析	201
六、集成电路 OCL 功放电路故障分析	202
七、集成电路 BTL 功放电路故障分析	202
八、扬声器电路故障分析	203
第五节 负反馈放大器和差分放大器电路故障分析	204
一、负反馈放大器和消振电路故障分析	204
二、差分放大器电路故障分析	206
第六节 RC、LC、振荡器电路故障分析	207
一、RC 电路故障分析	207
二、LC 谐振电路故障分析	208
第七节 电源电路故障分析	210
一、降压电路故障分析	210
二、滤波电路故障分析	210
第七章 其他小家电控制电路工作原理	212
第一节 电冰箱和家用空调器控制电路	212

一、专用元器件	212
二、家用电冰箱各种控制电路	221
三、家用空调器控制电路	224
第二节 电、排风扇控制电路	225
一、电风扇控制电路	225
二、排风扇自动开关电路	227
第三节 洗衣机控制电路	229
一、洗衣机专用元器件	229
二、三档洗涤控制电路	230
三、脱水电动机控制电路	231
四、套缸洗衣机电动机控制电路	231
第四节 电炊具控制电路	232
一、家用微波炉控制电路	232
二、电磁灶控制电路	233
三、电饭锅控制电路	235
四、电煎锅和电烤炉控制电路	236
五、电咖啡壶控制电路	236
第五节 其他小家电器具控制电路	237
一、电热毯控制电路	237
二、电熨斗控制电路	238
三、电热水器控制电路	239
四、电吹风机控制电路	240
五、电子按摩器控制电路	240
六、电子点火器控制电路	241

第一章 音频功率放大器 和扬声器电路

音频功率放大器是用来对音频信号进行功率放大的电路。这是一种十分常用的放大器电路，在多种家用无线电设备（收音机、录音机、黑白电视机、彩色电视机和组合音响）的电路中，都使用这种放大器。在音响组合和扩音机的电路中，对音频功率放大器的要求更高。

音频功率放大器放大的是音频信号，在不同机器中，由于对输出信号功率等要求不同，所以采用了不同种类的音频功率放大器。

音频功率放大器对信号的功率放大是通过先放大信号的电压，再放大信号的电流，达到放大信号功率的目的。

在习惯上，音频功率放大器电路又称为低频信号功率放大器电路（简称功放）

第一节 音频功率放大器电路分析

一、概述

1. 电路结构框图 音频功率放大器电路结构框图，如图 1-1 所示。从图中可以看出，这种放大器是一个多级放大器电路，主要有最前面的电压放大级、中间的推动级和最后的功放输出级电路组成。音频功率放大器的负载是扬声器电路，功率放大器的输入信号来自音量调节电位器 RP_1 动片的输出信号。

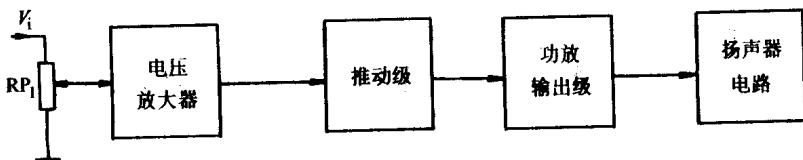


图 1-1 音频功率放大器电路框图

2. 各部分电路作用 对各部分放大器电路的具体作用说明如下:

1) 电压放大器用来对输入信号进行电压放大,以便使加到推动级的信号电压达到一定的程度。根据机器对音频输出功率要求的不同,电压放大器的级数可以不等,可以只有一级电压放大器电路,也可以是采用多级电压放大器电路。

2) 推动级是用来推动功放输出级的放大器,对信号电压和电流进行进一步放大,有的推动级还要完成输出两个大小相等、方向相反的推动信号。推动放大器电路也是一级电压放大器电路(当然同时也是具有电流放大作用的),它工作在大信号放大状态下。

3) 功放输出级是整个功率放大器的最后一级,用来对信号进行电流放大,电压放大和推动级的信号电压已进行了足够的电压放大,输出级电路再进行电流放大,以达到对信号功率放大的目的,这是因为输出信号功率等于输出信号电流与电压之积。

4) 在一些要求输出功率较大的功率放大器电路中,功放输出级分成两级,除输出级之外,在输出级前再加一级末前级,这一级电路的作用是进行电流放大,以便获得足够大的信号电流来激励功放输出级的功放输出管。

3. 功率放大器电路种类 功率放大器的划分主要由功放级电路形式来决定,常见的音频功率放大器主要有以下几种:

1) 变压器耦合甲类功率放大器,这种电路主要用于一些早期的半导体收音机和其他一些电子电器中。

2) 变压器耦合推挽功率放大器,这种电路主要用于一些输出功率较大的收音机中。

3) OTL(无输出变压器)功率放大器,这种电路是目前广泛应用的一种功放电路,在收音机、录音机、电视机等许多场合中都有应用。

4) OCL(无输出电容器)功率放大器,这种电路用于一些输出功率要求较大的场合,如扩音机和组合音响中。

5) BTL(无平衡变压器)功率放大器,这种电路主要用于一些要求输出功率比较大的场合下,还有用于一些低压供电的收音机中。

6) 矩阵式功率放大器,这种电路主要用于低电压供电情况下的收音机中,采用这种功率放大器之后,可以使低压供电的收音机左、右

声道输出较大的功率。

二、甲类、乙类和甲乙类放大器

1. 甲类放大器概念 根据三极管^①在放大信号时的信号工作状态和三极管静态电流大小划分, 放大器电路主要有甲类、乙类和甲乙类三种放大器电路, 此外还有超甲类等多种放大器电路。

甲类放大器就是给放大管加入合适的静态偏置电流, 这样用一只三极管同时放大信号的正、负半周。在功率放大器电路中, 功放输出级中的信号幅度已经很大, 如果仍然让一个信号的正、负半周同时用一只三极管来放大, 这种电路就称之为甲类放大器。

在功放输出级电路中, 甲类放大器的功放管静态工作电流设得比较大, 要设在放大区的中间, 以便给信号的正、负半周有相同的线性范围, 这样当信号幅度太大时(超出放大管的线性区域), 其信号的正半周进入三极管饱和区时将被削顶, 而信号的负半周进入截止区时也同样被削顶, 此时对信号正半周与负半周的削顶量是相同的。

甲类放大器电路的主要特点如下:

1) 信号的正、负半周用同一只三极管放大, 使放大器的输出功率受到了限制, 即一般情况下, 甲类放大器的输出功率不可能做得很大。

2) 功率三极管的静态工作电流比较大, 在没有输入信号时, 对直流电源的消耗比较大, 在采用电池供电时, 这一问题更加突出, 因为对电源(电池)的消耗较大。

3) 由于信号的正、负半周用一只三极管来放大, 信号的非线性失真很小, 声音的音质比较好, 这是甲类功率放大器的主要优点之一, 所以在一些音响组合中的功率放大器采用这种放大器作为功率放大器。

2. 乙类放大器概念 所谓乙类放大器就是不给三极管加静态偏置电流, 且用两只性能对称的三极管来分别放大信号的正半周和负半周, 在放大器的负载上将正、负半周信号合成一个完整周期的信号, 图 1-2 中就是没有考虑这种放大器非线性失真时的示意图。

电路中, VT_1 和 VT_2 管构成功率放大器输出级电路, 两只放大管基极没有静态工作电流。输入信号 V_{in} 加到 VT_1 管基极, 由于功放级的

① 全书三极管均为晶体管。

这一输入信号幅度已经足够地大，可以用信号本身来使 VT_1 管进入放大区。这一信号经 VT_1 管放大后加到负载 R_L 上，其信号电流方向如图中 I_1 所示，即从上而下流过 R_L ，在负载上得到半周信号 1。在 VT_1 管进入放大状态时， VT_2 管处于截止状态。

当正半周信号 1 过去之后，输入信号 V_{i2} 加到 VT_2 管基极， V_{i2} 使 VT_2 管进入放大区。由 VT_2 管放大这一半周信号， VT_2 管的输出电流方向如图中所示，从下而上地流过负载电阻 R_L ，如图中 I_2 所示，这样在负载电阻上得到负半周信号 2。在 VT_2 管进入放大状态时， VT_1 管处于截止状态。

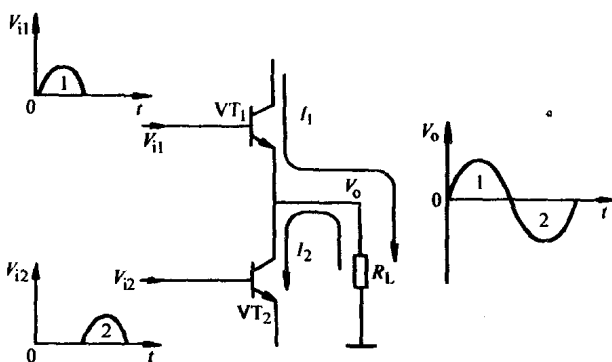


图 1-2 乙类放大器电路示意图

关于乙类放大器电路的主要特点说明如下：

1) 输入信号的正、负半周各用一只三极管放大，可以有效地提高放大器的输出功率，即乙类放大器的输出功率可以做得很大。

2) 在功放输出级，输入功放管的信号幅度已经很大，可以用输入信号自身电压使管子正向导通和处于放大状态。

3) 在没有输入信号时，三极管处于截止状态，不消耗直流电源，这样比较省电，这是这种放大器的主要优点之一。

4) 由于三极管工作在放大状态下，三极管又没有静态偏置电流，而是用输入信号本身去给三极管加正向偏置，这样在输入较小信号或大信号起始部分，信号落到了三极管的截止区，由于截止区是非线性的，将产生如图 1-3 所示的交越失真。

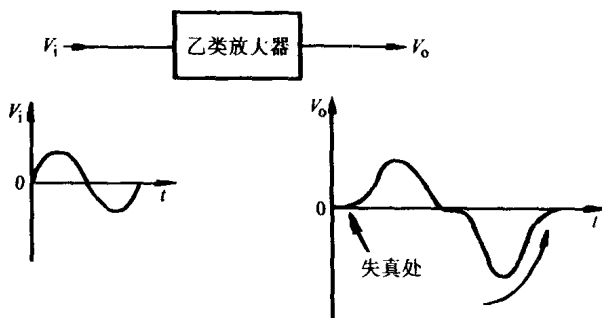


图 1-3 交越失真示意图

从乙类放大器输出信号波形中可以看出，其正、负半周信号在幅度较小时存在失真，放大器的这种失真称之为交越失真，这种失真是一种非线性失真，对声音的音质破坏比较严重，所以这种乙类放大器不能用于音频放大器电路中，只能用于一些对非线性失真没有要求的功率放大场合。

3. 甲乙类放大器概念 为了克服交越失真，必须使输入信号避开三极管的截止区，可以给三极管加入很小的静态偏置电流，以使输入信号“骑”在很小的静态偏置电流上，这样可以避开三极管的截止区，使输出信号不失真，如图 1-4 所示。

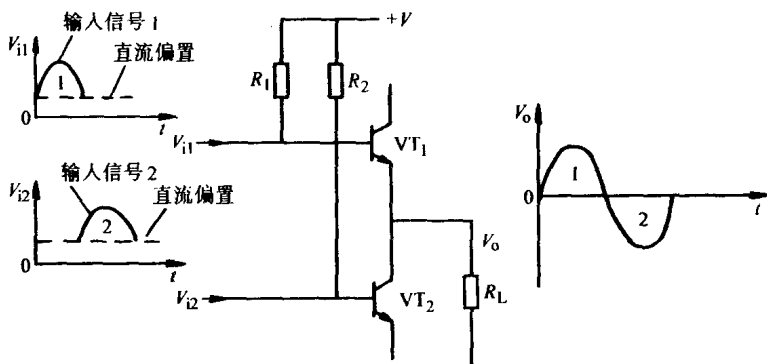


图 1-4 甲乙类放大器克服交越失真示意图

电路中， VT_1 和 VT_2 管构成功率放大器输出级电路，电阻 R_1 和 R_2 分别给 VT_1 和 VT_2 管提供很小的静态偏置电流，以克服两管的截

止区,使两管进入微导通状态,这样输入信号便能直接进入三极管的放大区。其输入信号 V_{i1} 和 V_{i2} 分别“骑”在一个直流偏置电流上,用这一很小的直流偏置电流克服三极管的截止区,使两个半周信号分别工作在 VT_1 和 VT_2 管的放大区,达到克服交越失真的目的。

关于甲乙类放大器电路的主要特点如下:

1) 这种放大器同乙类放大器电路一样,也是用两只三极管分别放大输入信号的正、负半周,但给两只三极管加入了很小的静态偏置电流,以使三极管刚刚进入放大区。

2) 由于给三极管所加的静态直流偏置电流很小,所以在没有输入信号时放大器对直流电源的消耗也比较小(比起甲类放大器要小得多),这样具有乙类放大器的省电优点,同时因加入的偏置电流克服了三极管的截止区,对信号不存在失真,又具有甲类放大器无非线性失真的优点。所以,甲乙类放大器具有甲类和乙类放大器的优点,同时克服了这两种放大器的缺点。正是由于甲乙类放大器无交越失真和省电的优点,广泛地应用于音频功率放大器电路。

3) 当这种放大器电路中的三极管静态直流偏置电流太小或没有时,就成了乙类放大器,将产生交越失真。如果这种放大器中的三极管静态偏置电流过大,就失去了省电的优点,同时也造成信号动态范围的减小。

三、变压器耦合甲类功率放大器电路分析

变压器耦合甲类功率放大器电路,如图 1-5 所示。电路中,VT 管构成功放输出级放大器电路,BL 是扬声器,作为功放输出级的负载。由于功放输出级与扬声器之间采用变压器 T_2 耦合,加上 VT 管工作在甲类放大状态,所以将这一电路称之为变压器耦合甲类功率放大器电路。电路中, T_1 是输入耦合变压

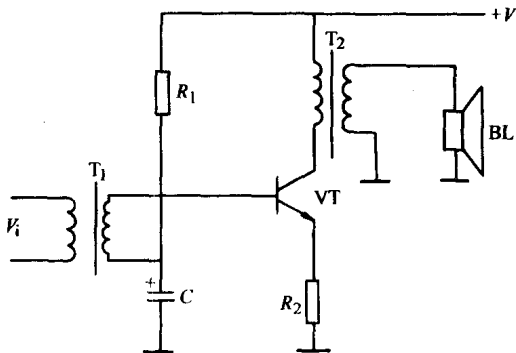


图 1-5 变压器耦合甲类功率放大器电路