

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: X2005222017

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

收费系统音频放大器的设计与应用

The Design and Application of Audio Amplifiers
in Charging System

张 莹

指 导 老 师 : 许惠英 教授

专 业 名 称 : 电子与通信工程

论 文 提 交 日 期 : 年 月

论 文 答 辩 日 期 : 年 月

学 位 授 予 日 期 : 年 月

答 辩 委 员 会 主 席 : _____

评 阅 人 : _____

年 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：_____

日期： 年 月 日

导师签名：_____

日期： 年 月 日

摘要

随着智能监控技术的广泛应用，人们对监控图像及对应声音效果的要求越来越高。然而实际拾音器采集到声音信号比较微弱，需要通过音频放大器进行放大才能被听到，本文主要阐述音频放大器的设计制作过程及在监听方面的应用。

高速公路及大桥收费监听系统，主要是为了实现对收费员进行监听。实际工作中，在每个收费亭内设置一台彩色定焦摄像机用来监视收费员操作，便于内部管理。通过音视频矩阵切换，将收费亭内摄像机图像在一台监视器上显示并伴有监听声音，在完善内部管理、防止票款流失等方面发挥了重要作用。

本文作者在现有系统结构的基础上，根据实际情况设计制作出音频放大器，并对系统进行改造，以解决监听声音过低，监听干扰等问题。

关键词：收费监控系统；音频放大器

Abstract

With the extensive application of intelligent monitoring technology, people monitor the images and corresponding sound effects have become increasingly demanding. Nevertheless, the actual pickup relatively weak acoustic signals collected by the need to zoom through the audio amplifier in order to be heard, this paper described the design of audio amplifiers production process and in monitoring the application.

Highway and Bridge toll monitoring system, mainly in order to realize the toll collectors eavesdropping. Practical work, set up a Kiosk in every fee fixed-focus color cameras used to monitor the fees and charges to operate the easy internal management. Through audio and video matrix switch, under which fees Kiosk monitor the camera images on a single monitor display, accompanied by sound, in perfecting internal management, to prevent the loss Ticket has played an important role.

Author of this article based on the structure of existing systems, according to the actual situation to produce audio amplifier design, and system reform to address the monitor sound is too low, monitor interference and other issues.

Key word: toll monitoring system ,audio frequency amplifier

目 录

第一部分 理论基础.....	1
第一章 音频放大器简介.....	1
一、音频放大器背景.....	1
二、音频放大器发展.....	1
三、音频放大器类别.....	5
四、各类放大器特点.....	7
五、功率放大器.....	9
第二部分 监听系统设计制作.....	14
第二章 系统结构.....	14
一、收费监控系统简述.....	14
二、系统各主要设备介绍.....	15
三、音频放大器设计背景.....	23
第三章 音频放大器设计原理.....	25
一、本设计方案.....	25
二、LM386 芯片原理.....	25
三、本设计原理分析.....	30
第四章 PCB 电路设计.....	32
一、制作并测试试验电路.....	32
二、PCB 电路板绘制经验.....	32
三、绘制 PCB 电路板.....	34
第五章 音频放大器制作.....	36
一、PCB 线路板制作.....	36
二、焊接线路板.....	36
三、音频接口及引出线.....	39
四、外箱设计.....	39
第六章 音频放大器调试.....	41
第七章 全文总结.....	50
一、本仪器特点.....	50
二、针对系统的改进.....	50
三、总结.....	52
致 谢.....	55

Contents

PART1	THEORY	1
Chapter1	Introduction of audio frequency amplifier	1
1、	Audio frequency amplifier Background.....	1
2、	The development of audio frequency amplifier	1
3、	Audio amplifier class.....	5
4、	The character of audio frequency amplifier	7
5、	Power Amplifier.....	9
PART2	MAKE EQUIPMENT	14
Chapter2	Structure of System	14
1、	Introduction of toll monitoring system	14
2、	Introduction of major equipments.....	15
3、	The reason of design audio frequency amplifier	23
Chapter3	The theory of design amplifier	24
1、	The project of this design	24
2、	The theory of LM386	24
3、	The theory of this design	29
Chapter4	PCB design.....	31
1、	Produce and test experimental circuit	31
2、	Experience of making PCB circuit	31
3、	Draw PCB circuit	33
Chapter5	Make audio frequency amplifier	35
1、	PCB circuit	35
2、	Solder componter in circuit	35
3、	Inerface and line	38
4、	Case design.....	38
Chapter6	Test audio frequency amplifier	40
Chapter7	Summary of this paper	49
1、	The characteristic of this equipment.....	49

2、Improvement for system.....	49
3、Summary	51
Acknowledgment	54

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第一部分 理论基础

第一章 音频放大器简介

一、音频放大器背景

音频放大器的目的是在产生声音的输出元件上重建输入的音频信号，信号音量和功率级都要理想——如实、有效且失真低。音频范围为约 20Hz~ 20kHz，因此放大器在此范围内必须有良好的频率响应(驱动频带受限的扬声器时要小一些，如低音喇叭或高音喇叭)。根据应用的不同，功率大小差异很大，从耳机的毫瓦级到 TV 或 PC 音频的数瓦，再到“迷你”家庭立体声和汽车音响的几十瓦，直到功率更大的家用和商用音响系统的数百瓦以上，大到能满足整个电影院或礼堂的声音要求。音频放大器的一种简单模拟实现方案是采用线性模式的晶体管，得到与输入电压成比例的输出电压。正向电压增益通常很高(至少 40dB)。如果反馈环包含正向增益，则整个环增益也很高。因为高环路增益能改善性能，即能抑制由正向路径的非线性引起的失真，而且通过提高电源抑制能力(PSR)来降低电源噪声，所以经常采用反馈。

二、音频放大器发展

音频放大器是一个技术已经相当成熟的领域，几十年来，人们为之付出了不懈的努力，无论从线路技术还是元器件方面，乃至思想认识上都取得了长足的进步。

(一) 电子管和晶体管

音频放大器已经有快要一个世纪的历史了，最早电子管放大器的第一个应用就是音频放大器。

电子管是一种在气密性封闭容器(一般为玻璃管)中产生电流传导，利用电场对真空中的电子流的作用以获得信号放大或振荡的电子器件。早期应用于电视机、收音机扩音机等电子产品中，近年来逐渐被晶体管和集成电路所取代，但目前在一些高保真音响器材中，仍然使用电子管作为音频功率放大器件。香港人称使用电子管功率放大器为“煲胆”。

最简单的电子管是二极管，它有两个极(阴极和阳极，有的灯丝还兼作阴极)，阴极有发射电子的作用，阳极有接收电子的作用，并有单向导电的特性，可用作

整流和检波。增加一个栅极就成了三极管，栅极能控制电流，栅极上很小的电流变化，能引起阳极很大的电流变化，所以，三极管有放大作用。当然还有多极管，它是在三极管内增加了一个或几个网栅（称为控制栅），主要是增加控制作用。

半导体技术的进步使晶体管放大器向前迈进了一大步。自从有了晶体管，人们就开始用它制造功率放大器。晶体管是一种半导体器件，晶体二极管有负极和正极（相当于电子二极管的阴极和阳极），作用与电子管三极管相同；晶体三极管有三个极：集电极、基极、发射极（分别对应于电子管的阳极、栅极和阴极），主要用于放大电路和开关电路。晶体管的体积已比电子管缩小了许许多多，当年用电子管做的有几间屋子大的计算机，用晶体管已缩小为几个机柜了。因为人类的听觉是各种感觉中的相当重要的一种，也是最基本的一种。为了满足它的需要，有关的音频放大器就要不断地加以改进。

晶体管是一种能抵消在恒流电路的晶体管中产生的噪声电压以提供极低的噪声系数的基极接地晶体管放大器，包括：晶体管对，其基极在高频上接地，集电极被耦合到信号输出端；高频变换器，包括被连接到信号输入端的初级绕组和由中心抽头等分的次级绕组；恒流电路，它被连接到次级绕组的中心抽头并使偏置电流流经晶体管对。在此情况下，通过次级绕组在晶体管中所产生的噪声电压被送到晶体管对的发射极；因而无噪声电压出现。

早期的放大器几乎全用锗管来制作，但由于锗管工艺上的一些原因，使得放大器中所用的晶体管，尤其是功放管性能指标不易做得很高，例如，共发射极截止频率 f 的典型值为 4kHz，大电流管的耐压值一般在 30V~40V 左右。这样，放大器的频率响应也就很狭窄，其 3dB 截止频率通常在 10kHz 左右，大大影响了音乐中高频信号的重现。再加上功放管的耐压、电流和功耗三个指标相互制约，制作较大功率的 OTL 或 OCL 放大器不易寻到三个指标都满足要求的管子，所以不得不采用变压器耦合输出。变压器的相移又使电路中加深度负反馈变得很困难，谐波失真得不到充分的抑制，因此这一时期的晶体管放大器音质是很差的。“还是胆机规声”，这种看法的确事出有因。

晶体管放大器与电子管放大器的比较：

1、工作特点电路结构

晶体管放大器是在低电压大电流下工作，功放级的工作电压在几十伏之内，而电流达几安或数十安。电路设计上多采用直耦式（OCL、BTL 等）无输出变压器电路，输出功率可以做得很大，可达数百瓦，各项电性能都做得很高。

电子管放大器是在高电压、低电流状态下工作。末极功放管的屏极电压可达到 400-500V 甚至上千伏，而流过电子管的电流仅几十毫安至几百毫安。输入动态范围大，转换速率快。

电子管放大器大多是采用分立元件、手工搭线、焊接，效率低，成本高。而晶体管放大器多是采用晶体管和集成电路相结合方式，广泛使用印刷电路板，效率高，焊接质量稳定，电性能指标高。

2、功率储备与抗过载能力

高保真放大器动态范围应做到 120dB，这样才能满足声响从轻微到高潮顶峰的需要，放大器输出不削波，因此放大器要有足够的功率储备量。如果音频电压的动态范围为 3: 1，因功率与电压平方成正比，所以其功率动态范围即为 9: 1。也就是说功率为 90W 的功放，要达到高保真放音只能开到 10W。因此，晶体管放大器需要有很大的功率储备，才不会出现过载失真，一旦过载，其失真几近成垂直线上升，严重时能损坏晶体管。电子管放大器抗过载能力远比晶体管放大器强。如发生过载，其音乐信号巅峰只是变得比正常波形滑，声音听不出有多大程度的变坏。而对晶体管放大器来说，此时将出现削波，音质明显变坏。

3、开环指标与瞬态特性

电子管功放的开环指标优于晶体管，不需加深度的负反馈，不加相位补偿电容也能稳定地工作，因而其动态指标优于晶体管功放。晶体管功放的开环增益量（未加负反馈前的增益量）往往很大，它的优良的电声指标，是依靠加了大量的负反馈来达到的，为了抑制寄生振荡，晶体管功放中又常常采用滞后补偿，这就带来了明显的瞬态互调畸变，严重地影响音质。

4、效率、寿命与成本

电子管放大器在重量、效率、寿命方面比晶体管放大器不占优势。电子管寿命较低，使用一两千小时后某些技术指标明显下降。而晶体管及集成电路寿命却要长得多。另外，电子管放大器耗电高，又常常工作在甲类状态，更降低了效率，但基不存在瞬态互调失真、开关失真及交越失真等有害音质的因素。在成

本方面，对同一档次的放大器，电子管功放一般明显高于晶体管功放。主要原因是电子管、输出变压器成本高，及电子管功放生产工艺不易自动化，生产效率低等。这在发达国家尤为明显。

5、放大器与扬声器的匹配

晶体管放大器的输出内阻往往比电子管功放小的多，它的阻尼系数 f_d 很大，可达到 100-200 以上，而电子管功放的 f_d 最大也不过为 10-20。因此功放类型不同，应搭配不同的扬声器。扬声器出厂时应标明 f_d ，以便人们选配。如果把适合电子管功放阻尼系数的扬声器接在晶体管放大器上，则扬声器的电阻尼过大，瞬态响应会变劣，音质明显下降。反之，适合高阻尼系数的扬声器接在电子管功率放大器上，则由于欠阻尼，音质也不会好。总之，阻尼系数一定要合适，即要求放大器与扬声器得到合理匹配。

6、音质

由于以上提到的以及未提到的种种原因，电子管功放音质明显优于晶体管功放。晶体管功放听起来高频、中高频有偏多感觉，低频感觉偏少，晶体管功放听起来声音较硬，特别是低频声不够柔和，而高频声又显得尖刺、发燥，听起来有时感到高频段存在着交越畸变。当频率增高而音量又很大时，这些现象就更加明显。但晶体管功放的动态大、速度快，特别适宜于表现动态大一些的音乐。至于表现枪炮和雷电声当然更优于电子管功放了。

(一) 集成放大电路

集成电路是把由晶体管、电阻、电容等等器件组成的电路做到一个模块内，称为集成块。随着科技的发展，集成块的体积越来越小，包含的电路越来越多。所以计算机又由几个机柜的大小，缩小成一个机箱或“笔记本”，甚至更小，而且，功能还扩大了许多许多。直到现在为止，它还在不断地更新、发展、前进。

进入 21 世纪以后，各种便携式的电子设备成为了电子设备的一种重要的发展趋势。从作为通信工具的手机，到作为娱乐设备的 MP3 播放器，已经成为差不多人人具备的便携式电子设备。陆续将要普及的还有便携式电视机，便携式 DVD 等等。所有这些便携式的电子设备的一个共同点，就是都有音频输出，也就是都需要有一个音频放大器；另一个特点就是它们都是电池供电的。都希望能够有较长的使用寿命。

高效率的音频放大器不只是在便携式的设备中需要,在大功率的电子设备中也需要。因为功率越大,效率也就越重要。而随着人们的居住条件的改善,高保真音响设备和更高档的家庭影院也逐渐开始兴起。在这些设备中,往往需要几十瓦甚至几百瓦的音频功率。这时,低失真、高效率的音频放大器就成为其中的关键部件。

三、音频放大器类别

长期以来,高品质音频放大器的工作类别,只限于A类(甲类)和AB类(甲乙类)。其原因在于过去只有电子管这样的器件,B类(乙类)电子管放大器产生的失真使它们甚至在公共广播用时都难于被人们所接受。所有的自称为高保真放大器均工作于推挽式的A类(甲类)。^[1]

随着半导体器件的出现和发展,放大器的设计得到了更多的自由。就放大器的类别而言,已不限于A类(甲类)和AB类(甲乙类),而出现了更多类别的放大器。为了使读者对此有所了解,这里仅就笔者所知的各种类别的放大器简介如下。不过需要指出,就目前来说用于音频功率放大器的工作类别,A类(甲类)、AB类(甲乙类)和B类(乙类)这三类放大器仍覆盖着半导体放大器的绝大多数。

1. A类(甲类)放大器

A类(甲类)放大器,是指电流连续地流过所有输出器件的一种放大器。这种放大器,由于避免了器件开关所产生的非线性,只要偏置和动态范围控制得当,仅从失真的角度来看,可认为它是一种良好的线性放大器。A类放大器在结构上,还有两类不同的工作方式。其中一类是将两个射极跟随器相联工作,其偏置电流要增加到在正常负载下有足够的电流流过,而不使任一器件截止。这一措施的最大优点是它不会突然地耗尽输出电流,如果负载阻抗低于标定值,放大器会短期出现截止现象,在失真上可能略有增加,但不致出现直感上的严重缺陷。另一类可称作为控制电流源型(VCCS),它本质上是一个单独的射极跟随器,并带有一个有源发射极负载,以达到合适的电流泄放。这一类作为输出级时,需要在开始设计之前就把所要驱动的阻抗是多低搞清楚。

2. B类(乙类)放大器

B类(乙类)放大器,是指器件导通时间为50%的一种工作类别。这类放大器可以说是最为流行的一种放大器,也许目前所生产的放大器有99%是属于这一类。由于大家比较熟悉,这里不作详细介绍。

3. AB类(甲乙类)放大器

AB类(甲乙类)放大器,实际上是A类(甲类)和B类(乙类)的结合,每个器件的导通时间在50—100%之间,依赖于偏置电流的大小和输出电平。该类放大器的偏置按B类(乙类)设计,然后增加偏置电流,使放大器进入AB类(甲乙类)。

AB类(甲乙类)放大器在输出低于某一电平时,两个输出器件皆导通,其状态工作于A类(甲类);当电平增高时,两个器件将完全截止,而另一个器件将供给更多的电流。这样在AB类(甲乙类)状态开始时,失真将会突然上升,其线性劣于A类(甲类)或B类(乙类)。不过笔者认为,它的正当使用在于它对A类(甲类)的补充,且当面向低负载阻抗时可继续较好地工作。

4. C类(丙类)放大器

C类(丙类)放大器,是指器件导通时间小于50%的工作类别。这类放大器,一般用于射频放大,很难找到用于音频放大的实例。

5. D类(丁类)放大器

这类放大器,其特点是断续地转换器件的开通,其频率超过音频,可控制信号的占空比以使它的平均值能代表音频信号的瞬时电平,这种情况被称为脉宽调制(PWM),其效率在理论上来说是很高的。但是,实际困难还是非常大的,因为200kHz的高功率方波是不是好的出发点尚不清楚;从失真的角度来看,为保证采样频率的有效性,必须将一个陡峭截止频率的低通滤波器插入放大器与扬声器之间,以消除绝大部分的射频成分,这至少需要4个电感(考虑立体声),成本自然不会低。此外,表现在频响方面,它只能对某一特定负载阻抗保证平坦的频率响应。

6. E类(戊类)放大器

这类放大器,是一个极端聪明的半导体技术应用,它在几乎所有工作时间内,通过的电压或电流是较小的,亦即功率耗散很低。遗憾的是,它仅用于射频技术,而不用于音频。

7. F类(己类)放大器

这类放大器，就笔者目前所知并不存在，似乎是需要补充的空缺。

8. G类(庚类)放大器

这类放大器，似乎与B类(乙类)或AB(甲乙类)的放大器有些类似。对于小的输出信号，它的供电电流来自低电压源；而对于‘大信号’，供电将转换到较高的电压源。这样，一定比B类(乙类)的效率更高。但是，这种改进似乎不能超越多路输出器件的成本以及使开关二极管在高频时转换干净利落的技术难点，以致使其使用不适合某些高功率的专业设备。此外，G类(庚类)放大器所产生的失真，大概要比相应的B类(乙类)更大，但也有资料显示，对转换细节进行精心设计，将会使其差别较小。

9. H类(辛类)放大器

这类放大器，也似乎与B类(乙类)相似，其特点在于动态地提升单供电压(不用转换到另一个电压源)，以提高效率，所采用的电路结构是自举电路。

10. S类放大器

S类放大器，是由桑德曼博士命名的一种放大器。这类放大器，采用一个A类(甲类)放大电路，其电流能力非常有限，加上B类(乙类)放大电路作后备，在连接上使负载呈现为一较高的电阻。Tech-nicsSE-1000所采用的方法与此极为相似。

四、各类放大器特点

1. D类放大器的优势：^[2]

D类放大器最初提出是在1958年，近年来日益受到欢迎。

消费类产品厂商正向D类放大器转移的主要原因在于其极高的效率，它产生的热量仅为线性放大器的一半。AB类放大器的效率大约是50%左右，而D类放大器的效率在80%以上，甚至还可以达到90%。

在效率、体积以及功率消耗方面，D类放大器具有明显的优势。而在广为诟病的音质方面，经过业界的努力，D类放大器的音质已与AB类放大器没有区别。而在价格上，单从图中看似乎AB类放大器较为便宜，但是从系统方面考虑，由于AB类放大器要输出较大功率必然要有更大的功耗，因而其散热片也是必不可少的。而D类放大器由于效率高、功耗小，因而可以省去散热片。另外，由于AB类放大器的功耗大，就需要更大体积的电源对其供电，这样也会使其开销增

加。可以说，从系统方面考虑，它们的开销相差不多。因而，D类放大器的优势是显而易见的。

对于传统的晶体管放大器，输出级包含多个晶体管，这些晶体管提供瞬时连续的输出电流。音响系统的很多可能的实现方案都包括A类、AB类和B类放大器。与D类放大器设计相比，甚至效率最高的线性输出级的功耗都很大，这一区别使D类放大器在很多应用中优点明显，这是因为功耗越小，产生的热量就越少，可节省电路板空间和成本，并可延长便携式系统的电池使用寿命。

2. 线性放大器、D类放大器及功耗

线性放大器输出级直接与扬声器相接(有时通过电容器)。如果输出级使用双极结晶体管(BJT)，则它们一般工作在线性模式，集电极-发射极电压大。输出级也可采用MOS管实现。

所有线性输出级都消耗功率，这是因为产生 V_{OUT} 的过程中不可避免地会至少在一个输出晶体管上产生非零 I_{DS} 和 V_{DS} 。功耗的大小与输出晶体管使用的偏置办法关系很大。

A类晶体管拓扑使用其中一个晶体管作为直流电流源，可提供扬声器需要的最大音频电流。使用A类放大器的输出级音质可能不错，但是功耗太大，这是因为流过输出级晶体管(此处我们并不需要)的直流偏置电流常比较大，没有流到扬声器(此处才是我们想要的)。

B类放大器的拓扑不用直流偏置电流，消耗的功率要小得多。以推挽式的方法单独控制其输出晶体管，使MH器件给扬声器提供正电流，ML器件吸收负电流。这样可降低输出级的功耗，只有信号电流流过晶体管。不过，B类放大器电路音质较差，这是因为输出电流过0时，存在非线性行为(交越失真)，晶体管在开/关状态间变化。

AB类放大器是A类和B类的混合，使用一定的直流偏置电流，但比纯A类设计小得多。很小的直流偏置电流足以避免交越失真，音质很好。功耗虽然在A类与B类限之间，但通常更接近B类。与B类电路控制相似，需要有一些控制，使AB类电路能供给或吸取大的输出电流。

不幸的是，即使设计优秀的AB类放大器功耗也很大，这是因为其半量程输出电压一般离正或负电源轨都远。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库