

电子技术类职业教育丛书

8

黑白彩色电视机 原理与电路解说

(下 册)

刘学达 王明臣 编



科学技术文献出版社

黑白彩色电视机原理与电路解说 (下册)

TN-51

中国电子学会普及工作部 组编
北京市职业教育研究会

电子技术类职业教育丛书之八

黑白彩色电视机原理与电路解说

(下 册)

刘学达 王明臣 编

科学技术文献出版社

1 9 8 6

电子技术类职业教育丛书之八
黑白彩色电视机原理与电路解说(下册)

刘学达 王明臣 编

科学技术文献出版社出版

一二〇一工厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

787×1092毫米 开本16 印张: 21.75 字数: 557千字

1986年12月北京第一版第一次印刷

印数: 1—35,000册

科技新书目: 126—49

统一书号: 15176·706 定价: 4.50元

电子技术类职业教育丛书编委会

主任委员：边 拱

副主任委员：邵绪朱 施绍祺

委 员：白玉贤 时雅卿

杨光起 于洪波

左万昌 余国森

张秀英 宁云鹤

宋广陵 张道远

刘学达

前 言

为适应我国职业技术教育迅速发展的迫切需要,使教育更好地为四化建设服务,中国电子学会普及工作部和北京市职业教育研究会共同组织编写出版这套《电子技术类职业教育丛书》。

丛书包括:无线电数学、无线电电工基础、模拟低频电子电路、模拟高频电子电路、数字电路基础、盒式收录机原理与电路解说、黑白彩色电视机原理与电路解说(上、下册)、微型计算机原理和应用、家用录象机原理与电路解说,共十册。

这套丛书是参照电子技术类职业教育的教学计划和大纲编写的。它包括了电子技术专业的基础课、技术基础课和专业课,具有较强的系统性,每册内容又具有一定的独立性。丛书可作为职业教育参考教材,也可供具有中等文化程度的电子技术爱好者自学时选用。

在编写丛书过程中,编者注意到理论与实践密切结合,用具体应用实例来加深对理论概念的理解;以简明分析问题的步骤和思路为线索突出物理概念,并有一定的理论分析以加深理解;在文字上力求深入浅出和通俗易懂。每章后面一般都有一定数量的习题,帮助读者巩固所学的内容。书后还附有习题解答或提示,以便于自我检查。

本套丛书部分内容曾作为中国电子学会举办的“全国电子技术自修班”教材使用过,充分听取了广大学员对本书的意见。对书中的遗误和不妥之处进行了必要的修改;对部分内容也作了适当的调整和增删。

中国电子学会普及工作部和北京市职业教育研究会的有关领导,对丛书的出版给予了大力支持,并直接组织指导了全套丛书的选题、编写、定稿和印刷出版等事宜;有关工作人员和编者也为全套丛书尽早与读者见面做出了很大的努力。尽管如此,在较短的时间里,组织出版这样一套职业教育系列丛书,我们还是第一次尝试。书中的错误与不当之处在所难免,尤其是这套丛书是否能满足职业技术教育的要求,更有待于广大读者通过学习实践提出宝贵意见,以便于在此基础上编出更适合我国职业教育的丛书。

最后,我们还应向为这套丛书及时出版而付出辛勤劳动的出版、印刷等部门以及所有参与此项工作的同志,表示衷心的感谢。

丛书编辑委员会

一九八六年四月 于北京

编 者 的 话

黑白、彩色电视机原理与电路解说共分上、下两册，上册介绍了电视传象的基本原理和晶体管黑白电视接收机的组成及其工作原理；下册介绍了集成电路电视机、彩色电视机的工作原理和集成电路彩色电视机的几个典型机芯的电路解说，书末还附有许多有价值的参考资料和数据，对检查、维修黑白和彩色电视机会很有帮助，供同志们参考。

根据电子技术类职业技术教育丛书编委会的要求，我们在编写过程中力求以定性为主，定量为辅，突出物理概念，讲清基本道理，尽量减少繁琐的数学推导，便于同志们自学。但是，由于我们水平有限，脱稿仓促，本书中难免有不妥和错误之处，希望同志们予以批评指正。

本书在编写过程中参考了国内外有关资料、已发行的书刊和院校的内部讲义，在此对同行们表示谢意！

关于集成电路彩色电视机的整机电路，请参阅电子工业出版社出版的《国产进口彩色电视机电路图集》第一、二、三、四集。

编 者

一九八六年七月于北京

目 录

第二编 集成电路电视接收机

第一章 模拟集成电路中的基本单元电路	(1)
1-1 集成单差分放大电路	(2)
1-2 集成恒流源电路	(8)
1-3 集成稳压电路	(13)
1-4 集成电路中的直流电平移位电路	(15)
1-5 集成输出级电路	(18)
1-6 集成单差分电路的增益控制	(20)
1-7 集成双差分电路	(23)
1-8 集成运算放大电路	(32)
第二章 电源及扫描系统集成电路	(41)
2-1 电源用集成电路KC582电路分析	(41)
2-2 行扫描用集成电路HA1166Z电路分析	(44)
2-3 场扫描用集成电路KC581C电路分析	(51)
2-4 行、场扫描用集成电路TA7609P电路分析	(57)
第三章 图象中放及伴音中放集成电路	(67)
3-1 图象中放用集成电路HA1144电路分析.....	(67)
3-2 图象中放用集成电路HA1167电路分析.....	(73)
3-3 图象中放用集成电路TA7607P及TA7611P电路分析.....	(81)
3-4 伴音集成电路KC583电路分析	(92)
3-5 伴音通道集成电路TA7176AP电路分析	(93)
第四章 集成电路电视机整机分析	(99)

第三编 彩色电视技术

第一章 荧光屏上彩色画面的形成	(100)
1-1 关于色度学的基本知识	(100)
1-2 如何用电信号来产生彩色图象	(114)
第二章 彩色显象管	(117)
2-1 荫罩式彩色显象管	(117)
2-2 单枪三束式彩色显象管	(121)
2-3 自会聚彩色显象管	(122)
第三章 彩色电视制式与编码	(130)

3-1 彩色电视制式的概念	(130)
3-2 兼容制彩色电视信号的频带压缩	(131)
3-3 色信号编码中的亮度信号与色差信号	(134)
3-4 NTSC制的编码	(137)
3-5 PAL制调制技术	(144)
第四章 彩色电视接收机的解码电路	(150)
4-1 彩色电视接收机的组成	(150)
4-2 标准PAL制解码方式	(151)

第四编 彩色电视机典型集成电路解说

第一章 NP8C机芯	(165)
1-1 图象处理集成块HA11215的电路工作原理	(165)
1-2 偏转集成块HA11235电路的工作原理	(168)
1-3 色度处理集成块TA7193的电路工作原理	(170)
1-4 伴音集成块HA1124的电路工作原理	(174)
第二章 M-11机芯	(176)
2-1 电源电路的工作原理	(176)
2-2 图象中频与同步检波集成块AN5132的工作原理	(179)
2-3 视频处理电路集成块AN5612的工作原理	(186)
2-4 彩色处理电路集成块AN5620X的工作原理	(194)
2-5 伴音电路集成块AN5250的工作原理	(203)
2-6 同步分离与行、场偏转集成块AN5435的工作原理	(207)
第三章 三洋彩色电视机83P机芯	(224)
3-1 开关稳压电源电路的工作原理	(224)
3-2 高频头工作原理	(228)
3-3 图象中频(IF)和伴音中频(SIF)电路的工作原理	(230)
3-4 伴音功放简介	(234)
3-5 视频、色度和同步扫描电路的工作原理	(234)
3-6 场输出电路的工作原理	(240)
3-7 行输出电路的工作原理	(244)
第四章 集成化电子选台电路	(248)
4-1 选台与保持电路的工作原理	(250)
4-2 频段开关选择电路的工作原理	(251)
4-3 自动频道设定装置(自动予置)的概要	(252)
第五章 彩色电视机调整和修理	(254)
5-1 调谐器和频道预选器	(255)
5-2 故障检修	(263)
附录1 我国的黑白电视制式标准	(265)

附录 2	我国彩色电视暂行制式试用技术标准.....	(266)
附录 3	一些国家电视频道的划分.....	(271)
附录 4	国产电视机一些常用晶体管主要特性.....	(273)
附录 5	部分国外电视机用晶体管特性及其代换.....	(279)
附录 6	部分国产黑白显象管主要性能.....	(290)
附录 7	部分快速启动黑白显象管主要特性.....	(292)
附录 8	部分彩色显象管主要特性.....	(294)
附录 9	国产电视机用10K型和10A型中频变压器和线圈	(298)
附录10	晶体管电视机用行输出变压器、偏转线圈技术条件.....	(299)
附录11	常用集成块逻辑方框图及内部电路.....	(306)

第二编 集成电路电视接收机

电视机的集成化是电子技术日新月异发展的必然趋势,只有集成化才能做到电视机的轻量、省电、优质、价廉和稳定可靠。

集成化就是用集成块电路替代电子设备中的分立元器件电路,使电路比较复杂黑白电视机、彩色电视机、录像机、摄像机等设备可由几块或几十块集成电路构成。比如黑白电视机电路早些年已经可以由五、六块集成电路构成。随着电子技术和生产技术的发展,集成度不断提高,电视机的结构从外部看去显得越来越简单。

集成电路也叫固体电路,常用IC(英文缩写词)表示,其成品部件通常也称为集成块。

集成电路按照工作特性和用途可分为数字集成和模拟集成两种。微处理机内使用的都是数字集成电路,它包括各种门电路和触发器等逻辑电路,都工作在开关脉冲状态。数字集成电路以外的集成电路均为模拟集成电路,这种集成电路比数字集成电路复杂,所以开发得较晚,但发展速度较快。它又可以分成两类:一类是线性模拟集成电路,如中频放大器、音频放大器等;另一类是非线性模拟集成电路,其输出和输入间呈非线性关系,如检波器、鉴频器和混频器等。在电视机中,除了选台等部分应用数字集成电路外,其余的信号处理部分都采用模拟集成电路。

根据完成功能的多少及其中所含元器件的数量,集成电路又分为小规模、中规模和大规模集成电路等几类。通常,元件数在200个以下的为小规模集成电路,200~1000个的为中规模集成电路,1000个以上的为大规模集成电路。电视机中的集成电路主要为中、小规模集成电路,近年正逐步向大规模集成电路发展。

集成电路中的元器件仅有四种:二极管、三极管、电阻器和电容器。目前,在集成电路中还不能制造电感。此外,在工作频率、耐压和大电流等方面,集成电路尚有一定量的技术参数值的限制。

第一章 模拟集成电路中的基本单元电路

目的和要求

电视机用的模拟集成电路虽然其内部电路看起来复杂,但不外乎是由一些基本单元电路组成的。本章主要分析模拟集成电路中常用的单差分放大电路、恒流源电路、恒压源电路、直流电平移位电路、增益控制电路、输出级电路及双差分电路等基础单元电路。

通过本章的学习,要求掌握以下内容:

- (1) 掌握差分放大电路的基本工作原理及电路特点。
- (2) 掌握恒流源电路、恒压源电路、直流电平移位电路以及它们和差分放大电路的组合电路。

(3) 掌握双差分电路的特点, 理解双差分电路的乘法特性, 学会分析双差分电路用作检波、鉴频等电路的特性。

(4) 学会分析集成运算放大器的基本电路, 了解负反馈和正反馈运算放大器的基本工作原理及其应用。

1-1 集成单差分放大电路

在模拟集成电路中, 各级之间都采用直接耦合。一般的放大器采用这种耦合方式后, 由于第一级工作点的缓慢变化会被逐级放大, 将使输出电压大大地偏离初始值, 而且增益越大, 偏离初始值越严重。在这种放大电路中, 我们把输入信号为零时输出电压偏离其初始值的现象称为零点漂移。直接耦合放大器的级数越多, 放大倍数越大, 输出端的漂移现象就越严重。

产生零点漂移的原因很多, 例如环境温度或晶体管工作中管子损耗等引起的结温度变化、电源电压的波动以及电阻之类元件参数的变化等都会引起放大器的零点漂移。其中, 以温度变化使晶体管参数随之变化所引起的漂移最为严重。

解决漂移和放大器增益间矛盾的最佳办法是采用差分放大电路。由后面的讲述可以知道, 差分放大电路具有对称的电路结构, 需要一对参数完全相同的晶体管。而在分立元件电路中, 挑选配对的晶体管是较为困难的, 因此, 差分放大电路只在一些要求高的分立元件直流放大器中使用。集成电路中, 是在同一微小的硅片上用完全相同的工艺制做出晶体管和电路所需要的电阻等元器件的, 参数的一致性非常好, 因而在集成电路中, 差分放大电路能充分发挥其优良性能, 成为集成电路电视机中最常用的基本单元电路。它不仅可做为放大器输入级或中间放大级, 又是构成模拟乘法器的基本电路。在视频和音频通道中, 用它能实现信号的放大、变换等多种功能。所以, 差分放大电路在集成电路电视机中得到了广泛应用。

一、共模输入时的差分放大电路

差分放大电路两个输入端的信号 U_{i1} 和 U_{i2} 大小相等、相位相同时, 称为共模输入, 其电路的基本形式如图2-1-1(a)所示。它由两个相同的单管放大电路构成, 其中 T_1 、 T_2 特性完全一致, 电路中元件参数也相同, 即 $R_{b1} = R_{b2}$, $R_{c1} = R_{c2}$ 。两管发射极所接的公共电阻 R_e 阻值一般较大。

差分放大电路之所以能抑制零点漂移, 主要是由于两管发射极所接的公共电阻 R_e 对漂移信号有很强的负反馈作用。

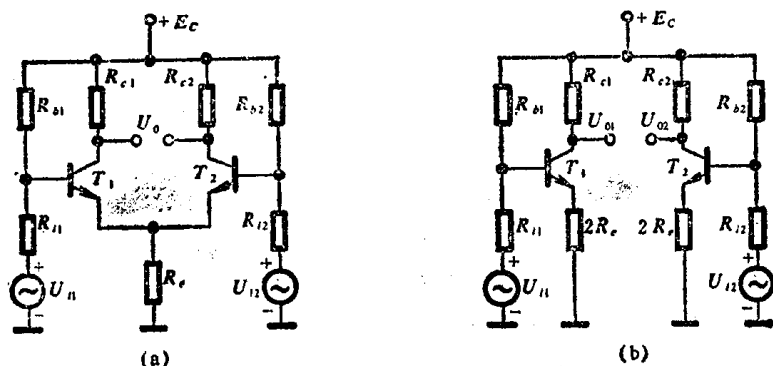


图2-1-1 共模输入时的差分放大电路

如果只考虑由于温度或电源电压的变化所引起的两管集电极电流同时变化,则在集成电路中,两个差分对管的集电极电流的变化必然是大小相等、方向相同,即 $\Delta I_{c1} = \Delta I_{c2} = \Delta I_c$;同样,两管发射极电流的变化也是大小相等、方向相同,即 $\Delta I_{e1} = \Delta I_{e2} = \Delta I_e$ 。因此,流过电阻 R_c 的电流总增量应为两管电流增量之和,即 $\Delta I_{R_c} = \Delta I_{c1} + \Delta I_{c2} = 2\Delta I_c$;在 R_c 上的电压增量 $\Delta U_c = 2\Delta I_c \cdot R_c$,所以 R_c 上的电压增量比单管时加大一倍。对于其中任一个单管来说,也可以看成发射极电阻为 $2R_c$,于是,共模输入的等效电路如图2-1-1(b)所示。很明显,由于 $2R_c$ 对零点漂移给出的负反馈作用很大,所以漂移量大为减小。具体地说,例如当温度升高而引起两管的穿透电流 $I_{c_{c01}}$ 、 $I_{c_{c02}}$ 同时增加,即 I_{c1} 、 I_{c2} 均增大时,两管发射极电流 I_{e1} 、 I_{e2} 也同时增加,高阻值的 R_c 上的电压增大。由于两管的基极偏置电压固定,导致加在两只管子 T_1 、 T_2 发射结上的电压 U_{be1} 、 U_{be2} 同时减小,因而 T_1 、 T_2 的基极电流 I_{b1} 、 I_{b2} 也同时减小,这样就限制了 I_{c1} 、 I_{c2} 的增加。由于 $\Delta U_c = 2\Delta I_c R_c$,而且 $\Delta I_e \approx \Delta I_c$,所以,在相同的负反馈电压增量的情况下, R_c 越大,两管集电极电流的漂移变化量越小,集电极电压的变化量也就越小,因而每管集电极电压的漂移极小。也就是当 R_c 很大时,它对漂移信号的负反馈作用很强;或者说,差分放大电路对漂移信号的放大倍数很小,从而达到了抑制零点漂移的目的。

我们也可以这样理解,把差分放大电路输出端的零点漂移电压想象为输入端有漂移电压输入造成的,这相当于在放大电路的两个输入端加有大小相等、相位相同的输入漂移信号电压,也就是前面所说的共模信号输入。由于 R_c 对共模信号的强负反馈作用,使差分放大电路对共模信号的放大倍数很小,从而达到了抑制共模信号的作用。

对于外来的干扰信号,就集成电路中的差分对管来说,也可以看作它们对地是相位相同、大小相等的共模信号,所以差分放大电路可以抑制外来的干扰。

下面假设差分放大电路工作于线性放大的偏置条件下, T_1 、 T_2 基极输入的是共模信号,而 U_{i1} 和 U_{i2} 大小相等,相位相同。 R_{i1} 和 R_{i2} 分别是两个信号源的内阻,且 $R_{i1} = R_{i2}$,于是,按图2-1-1(b), T_1 管的放大倍数可用共发射极 h 参数表示如下:

$$\begin{aligned} K_{U1} &= -\frac{U_{o1}}{U_{i1}} = -\frac{h_{fe} R_{c1}}{R_{i1} + r_{be} + (1 + h_{fe}) 2R_c} \\ &\approx -\frac{h_{fe} R_{c1}}{(1 + h_{fe}) 2R_c} \\ &\approx -\frac{R_{c1}}{2R_c} \\ &= -\frac{R_c}{2R_c} \end{aligned}$$

双端输出电压为:

$$U_o = U_{o1} - U_{o2} = -K_{U1} U_{i1} - (-K_{U2} U_{i2})$$

由于集成差分对管特性一致,

$$K_{U1} = K_{U2} = K_U, \text{ 且 } U_{i1} = U_{i2} = U_i$$

所以

$$U_o = -K_U U_i + K_U U_i = 0$$

也可以从集成差分对管 $R_{c1} = R_{c2} = R_c$ 得到

$$\begin{aligned} U_o &= U_{o1} - U_{o2} \\ &= -K_{U1} U_{i1} - (-K_{U2} U_{i2}) \end{aligned}$$

$$= -\frac{R_c U_i}{2R_c} + \frac{R_c U_i}{2R_c}$$

$$= 0$$

由前面的分析可知, 对于共模输入时的单端输出, 共模输出信号的大小取决于单管的集电极电阻 R_c 与发射极电阻 $2R_e$ 的比值。由于差分放大电路的 R_c 阻值较大, 所以单管对共模信号的放大倍数 K_U 总是远小于1, 而且 R_c 越大, 对共模信号的抑制能力越强。而对于共模输入时的双端输出而言, 理想上集成差分对管可以把共模信号完全抑制掉。实际上, 集成电路中差分放大电路的元器件也不可能绝对对称, 所以共模信号的输出只能说近似为零。但这充分说明, 差分放大电路对零点漂移和干扰信号等共模信号的抑制能力是极强的。那么, 差分放大电路对有用信号的放大作用怎样呢?

二、差模输入时的差分放大电路

图2-1-2中, 把有用信号加在差分放大电路输入端时, 输入交流信号用 U_{i1} 和 U_{i2} 表示。这两个输入信号对地是大小相等、相位相反的, 我们把它称为差模输入信号, 简称差模信号。

由于差分放大电路的结构形式是对称的, 元器件参数也相同, 所以当 $U_{i1} = -U_{i2}$ 时, 即当 U_{i1} 引起 T_1 管发射极电流增加一个 ΔI_{e1} 时, 则 U_{i2} 将引起 T_2 管发射极电流减少一个 ΔI_{e2} , 而且 $\Delta I_{e1} = -\Delta I_{e2}$ 。我们知道, 流过公共电阻 R_e 的电流增量 ΔI_{R_e} 是两管发射极电流增量之和, 即

$$\Delta I_{R_e} = \Delta I_{e1} + (-\Delta I_{e2}) = \Delta I_{e1} - \Delta I_{e2} = 0$$

所以 R_e 两端的电压增量 $\Delta U_e = \Delta I_{R_e} \cdot R_e = 0$ 。也就是说, 在差模信号的作用下, 一个管子的

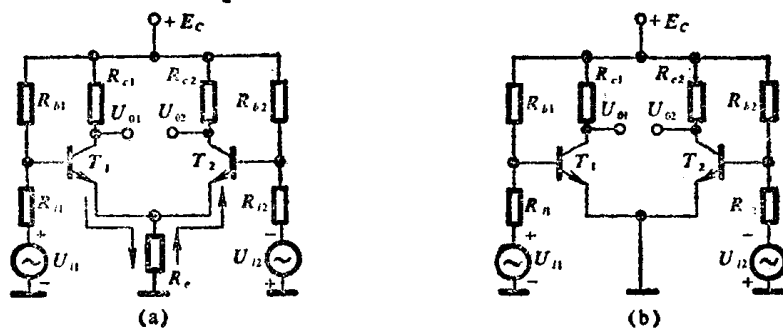


图2-1-2 差模输入时的差分放大电路

电流增大, 另一个管子的电流将等量地减小, 流过 R_e 的总电流不变, 发射极的电位也不变。所以 R_e 这个发射极公共电阻对于差模信号是没有负反馈作用的, 这是差分放大电路能够放大差模信号的关键。这样, 我们就可以把差模输入时的交流等效电路用图2-1-2(b)表示, 从交流等效这个角度认为 R_e 是短路的, T_1 、 T_2 发射极直接接地。

由图2-1-2(b)可知, 无反馈单管放大电路的放大倍数为:

$$K_{U1} = \frac{U_{o1}}{U_{i1}} = -\frac{h_{fe} R_c}{R_{i1} + r_{be}}$$

式中, $r_{be} = r_b + (1 + h_{fe}) r_{ce}$ 。如图中所示的双端输出时, 输出电压 $U_o = U_{o1} - U_{o2}$ 。由于 $U_{o1} =$

$-U_{o2}$, 所以, $U_o = 2U_{o1}$ 。总的输入电压(从 T_1 基极到 T_2 基极间的输入) $U_i = U_{i1} + (-U_{i2}) = U_{i1} + U_{i1} = 2U_{i1}$, 因而, 差分放大电路在双端输入、双端输出时的放大倍数为

$$\begin{aligned} K_u &= \frac{U_o}{U_i} = \frac{2U_{o1}}{2U_{i1}} = \frac{U_{o1}}{U_{i1}} \left(= \frac{U_{o2}}{U_{i2}} \right) \\ &= -\frac{h_{fe}R_{c1}}{R_{i1} + r_{be}} \approx -\frac{h_{fe}R_c}{r_{be}} \\ &\approx -\frac{h_{fe}R_c}{(1+h_{fe})r_e} \approx -\frac{R_c}{r_e} \end{aligned}$$

由此可见, 差分放大电路的电压放大倍数与单管共发射极放大电路的电压放大倍数相等。这种放大电路输出电压 U_o 与输入电压 $U_i = U_{i1} - U_{i2} = 2U_{i1}$ 成正比, 因而称为差分放大电路或差动放大电路。

三、共模抑制比(CMRR)

通过上面的分析可知, 差分放大电路对共模信号有抑制能力, 而对差模信号有放大能力, 为了衡量这种能力的强弱, 我们引入共模抑制比(CMRR)这个概念。

$$\text{共模抑制比(CMRR)} = \frac{\text{差模放大倍数}}{\text{共模放大倍数}} = \frac{-\frac{R_c}{r_e}}{-\frac{R_c}{2R_c}} = \frac{2R_c}{r_e}$$

共模抑制比越大, 差分放大电路性能越好。一般差分放大电路的共模抑制比相当高, 因为 R_c 对差模信号无负反馈作用, 而对共模信号有很强的负反馈作用。在双端输出应用时, 理想上共模抑制比为无穷大。

四、差分放大电路的四种组合形式

1. 差模双端输入, 双端输出

此种组合形式就是图2-1-2(a)所示的基本形式, 其电路工作情况和特性已如上述。

2. 差模双端输入, 单端输出

电路输入情况如图2-1-2(a), 但输出不是取自两管集电极, 而是由其中一管集电极对地输出, 即输出为 U_{o1} 或 U_{o2} 。这时输出幅度只有双端输出的一半, 即放大倍数

$$K_u = -\frac{h_{fe}R_c}{2r_{be}} \approx -\frac{R_c}{2r_e}$$

由于单端输出时不能利用同相信号的抵消作用, 只有 R_c 的负反馈作用, 所以共模抑制比将减小些。

3. 单端输入, 双端输出

如图2-1-3(a)所示, 信号从一管基极输入, 另一管基极通过电容交流接地。输入信号未加入时, 差分放大电路具有直流偏置, 电路处于静态, T_1 、 T_2 管特性一致, 电路完全对称。交流信号从 T_1 基极输入时, 因 T_2 基极交流接地, 输入信号 U_{i1} 在两管上的分配如图2-1-3(b)所示, 可以看作是 U_{i1} 加在 T_1 、 T_2 的两个串联的发射结上。又因为两管对称, 所以每管发射结上得到的输入电压均为 $\frac{1}{2}U_{i1}$, 而且加在 T_1 、 T_2 管发射结上的输入电压相位相反, 其中 T_1 管输入电压为 $+\frac{1}{2}U_{i1}$, T_2 管输入电压为 $-\frac{1}{2}U_{i1}$ 。 T_1 管集电极输出电压为

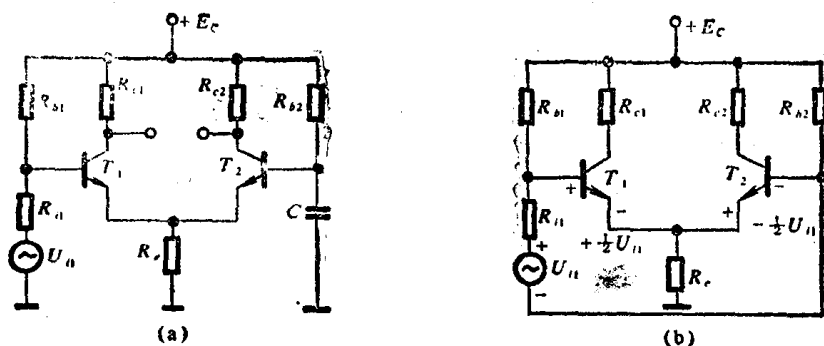


图2-1-3 单端输入、双端输出

$$U_{o1} = -K_{U1} \cdot \frac{1}{2} U_{i1} = -\frac{1}{2} K_{U1} U_{i1}$$

T_2 管集电极输出电压为

$$U_{o2} = -K_{U2} \left(-\frac{1}{2} U_{i1} \right) = \frac{1}{2} K_{U2} \cdot U_{i1}$$

所以 T_1 、 T_2 管集电极之间输出电压为

$$\begin{aligned} U_o &= U_{o1} - U_{o2} = -\frac{1}{2} K_{U1} \cdot U_{i1} - \frac{1}{2} K_{U1} \cdot U_{i1} \\ &= -K_{U1} U_{i1} \end{aligned}$$

即

$$K_{U1} = -\frac{U_o}{U_{i1}}$$

可见，单端输入、双端输出的电压放大倍数与差模双端输入时一样。此种组合实质上与第一种组合情况是一样的，需要注意的是这里的 U_{i1} 相当于那里的 $U_i [= U_{i1} + (-U_{i2})]$ 。

4. 单端输入、单端输出

电路输入情况如同图2-1-3(a)，但输出取自其中一管的集电极。如果信号从 T_1 管基极输入，从 T_1 管集电极输出，则电路为共射倒相放大电路；若从 T_2 管集电极输出，则电路为共集共基同相放大电路。其它情况都与差模双端输入、单端输出电路相同。

五、单差分放大电路的传输特性

上面我们分析了差分放大电路在小信号工作状态下的情况。在小信号状态及一定的直流偏置条件下，可以认为晶体管是个线性元件。但在电视机的集成电路中，差分放大电路不但

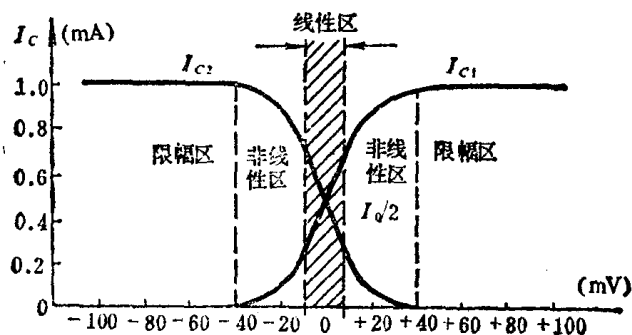


图2-1-4 差分放大电路的传输特性曲线

工作在小信号线性放大区，而且还可以工作在大信号的开关状态。因此有必要对输入电压大幅度变化时差分放大电路输出端集电极电流的变化作一分析。

我们还是以差模双端输入、双端输出的差分放大电路为例，当 $U_{i1}-U_{i2}$ 改变时，差分对管的集电极电流 I_{c1} 和 I_{c2} 随之变化的规律可用输入-输出特性即传输特性曲线来描述，如图2-1-4所示。图中虚线之间的区域即为线性工作区。横坐标表示两管发射结上的差模输入电压 $U_{i1}-U_{i2}$ 的大小，纵坐标表示集电极电流 I_{c1} 和 I_{c2} 的大小。从传输特性曲线可以得知下列重要特性。

(1) 当 $U_{i1}=U_{i2}$ ，即 $U_{i1}-U_{i2}=0$ 时，差分放大电路处于平衡状态。此时两管中集电极电流相等，即

$$I_{c1}=I_{c2}=\frac{\alpha I_c}{2}$$

如果用 I_o 表示 αI_c ，即 $I_o=\alpha I_c$ 。

则

$$I_{c1}=I_{c2}=\frac{I_o}{2}$$

(2) 当差模输入电压 $U_{i1}-U_{i2}$ 在 $\pm 26\text{mV}$ 范围内变化时，输出集电极电流和输入电压的变化成线性关系，这就是小信号线性工作区域。此时信号能无失真地进行放大。若输入电压 $U_{i1}-U_{i2}$ 超过 $\pm 26\text{mV}$ ，就会产生失真。

(3) 当差模输入电压 $U_{i1}-U_{i2}$ 超过 $\pm 52\text{mV}$ 时，集电极电流将基本不再变化。差模输入电压大到使 T_2 管截止时， $I_{c2}=0$ ，电流 I_o 全部流入 T_1 管， $I_{c1}=I_o$ 。差模输入电压使 T_1 管截止时， $I_{c1}=0$ ，电流 I_o 全部流入 T_2 管， $I_{c2}=I_o$ 。此时差分放大电路进入了开关工作状态。 $U_{i1}-U_{i2}$ 超过 $\pm 104\text{mV}$ 时，其超过部分将被削去。此时，差分放大器变成了一个性能优良的双向限幅器，亦即成为电流开关电路。集成电路电视机中的伴音中放限幅电路就是采用这种工作于此状态的差分放大电路。

六、差分放大电路的跨导和有效跨导

我们知道，电子管的跨导是指板极电流变化量与栅极电压变化量之比，而在差分放大电路中的跨导，定义为输出电流变化量 ΔI_c 与输入电压变化量 ΔU_i 之比，以 g_m 表示，其数学表示式为

$$g_m = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_i}$$

在上面讲过的传输特性曲线中， g_m 就是传输特性曲线上各处的斜率。由于两曲线的交点处有最大的斜率，即 g_m 在此处为最大，把这儿的跨导称为差分放大电路的有效跨导。由计算得知，

$$g_m = \frac{\alpha I_o \frac{Q}{KT} e^{-\frac{QU_i}{KT}}}{(1 + e^{-\frac{QU_i}{KT}})^2}$$

式子中的 Q 、 K 、 T 字母的意义如下：

Q ——电子的电荷量 1.6×10^{-19} 库仑

K ——玻尔兹曼常数 1.38×10^{-23} 焦耳/ $^{\circ}\text{K}$

T ——绝对温度

两曲线的交点处 $U_i = 0$ ，于是 $e^{\frac{QU_i}{KT}} = 1$

所以

$$g_m = \frac{Q\alpha I_0}{4KT} = \frac{\alpha I_0}{4 \frac{KT}{Q}}$$

因为在常温下 $\frac{KT}{Q} = 26\text{mV}$ ，另外 $\alpha I_0 \approx I_0$ ，

所以

$$g_m \approx \frac{I_0}{4 \times 26 \times 10^{-3}} = 10 I_0 \text{mV} \text{ (式中 } I_0 \text{ 单位为 mA)}$$

又因为

$$r_e = \frac{\frac{KT}{Q}}{I_c}, \text{ 交点处 } I_c = \frac{I_0}{2}$$

所以

$$r_e = \frac{KT}{Q} \bigg/ \frac{I_0}{2}$$

$$g_m = \frac{I_0}{4 \frac{KT}{Q}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\frac{I_0}{2}}{\frac{KT}{Q}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{r_e} = \frac{1}{2r_e}$$

以上是单端输出时的跨导，双端输出时的跨导增大一倍，即

$$g_m = 20 I_0 \text{ (mV)} = \frac{1}{r_e}$$

通过上面的讨论可知，在线性区域内，跨导 g_m 与 I_0 成正比而与 r_e 成反比。

1-2 集成恒流源电路

集成电路电视机中广泛应用差分电路。为了提高差分放大器的共模抑制比，一方面要使电路元件参数和晶体管特性尽可能对称，另一方面应尽量增大发射极电阻 R_e 。但 R_e 阻值增大后，不但增加了功率损耗，而且还要求提高供电电压。为了解决这个矛盾，需要利用交流电阻很大但直流电阻不太大的元件(或叫做恒流元件)，具体办法是利用内阻很大的恒流源来替

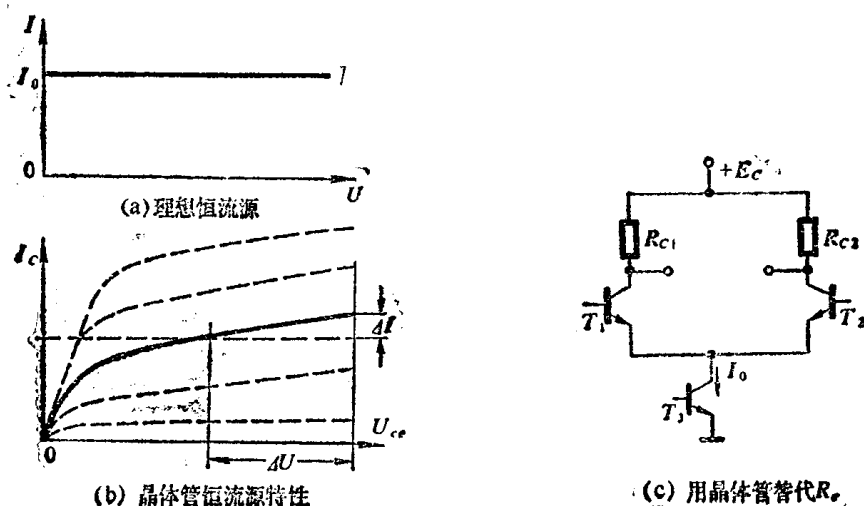


图2-1-5 恒流源