

晶体管音频与高频电路选编

《晶体管音频与高频电路选编》三结合编译小组编译

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

本书列举了许多实用的晶体管电路。它们大部分是在调幅或调频收音机、无线收报机、立体声收音机或扩音机、汽车收音机、磁带录音机、优质音频放大器等设备中的基础电路。除了对每一电路的工作原理作扼要说明外，还介绍了具体参数与一些调试数据。

晶体管音频与高频电路选编

《晶体管音频与高频电路选编》

三结合编译小组编译

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街 27 号

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

限 国 内 发 行

*

开本：787×1092 1/32 1977年9月第一版

印张：5 24/32 页数：92 1977年9月北京第一次印刷

字数：128千字 印数 1—67,000册

统一书号：15045·总 2160-无 629

定价：0.47元

编译者的话

遵循伟大领袖和导师毛主席关于“洋为中用”的教导，在湖南省电子研究所、长沙东方电工厂党组织的领导下，组织了一个由工人、技术人员、干部参加的三结合编译小组，编译了《晶体管音频与高频电路选编》一书。

本书原来名称是《晶体管音频和高频电路》(«Transistor audio and radio circuits»), 是英国马拉德电子公司中心应用实验室编写的一本实用电路手册。主要内容是介绍晶体管在调幅、调频接收机、收报机、立体声收音机、汽车收音机、磁录音机、优质音频放大器等设备中的一些基本电路。书中举了不少实例，对电路的基本工作原理、设计要领、调试方法和故障处理等亦作了一些扼要的分析与说明，并附有主要指标、数据、图表等，比较实用。当然，由于资本主义社会性质所决定，本书在介绍其产品的性能时不免有渲染之处，故我们要去其糟粕，取其精华，批判地吸取其中对我有用的东西。

在编译中，根据我们的理解，对原书中的一些明显错误作了订正，并删去了对我并无参考价值的烦琐部分。为了参考方便，在书后附有该书中所使用的晶体管参数表。由于我们水平有限，编译中一定存在不少缺点和错误，希读者批评指正，另外，在定稿时曾得到湖南大学电机系和湖南师范学院物理系的热情支持和帮助，在此表示感谢。

编译者

目 录

第一章 基本高频电路	1
高频放大器.....	1
混频器.....	2
自激振荡混频器(变频器).....	3
中频放大器.....	7
检波器.....	7
自动增益控制电路.....	9
偏置稳定性与温度的关系.....	10
第二章 基本音频电路	13
甲类放大.....	13
推挽放大.....	14
丁类放大.....	20
扬声器分频网络.....	21
输出功率额定值.....	22
散热器.....	23
第三章 无线电报、电唱机和便携式收音机	24
音频放大器.....	24
1 瓦音频放大器.....	24
3 瓦音频放大器.....	27
10 瓦音频放大器.....	29
3 瓦与 10 瓦放大器通用的前置放大器.....	31
3 瓦电唱机放大器.....	33
高频与中频级.....	38

调幅接收机	38
调幅/调频接收机	42
第四章 磁带录音机	51
4 瓦磁带录音机	51
磁带录音机前置放大器	56
立体声磁带录音机中的特殊电路	57
磁带录音机的自动增益控制电路	61
第五章 汽车收音机	69
音频放大器	69
5 瓦甲类放大器	69
6 瓦乙类放大器	71
高频与中频级	74
第六章 高质量音频放大器	79
10 瓦音频放大器	79
25 瓦音频放大器	82
10 瓦和 25 瓦放大器通用的前置放大器	85
高质量音频放大器的装配	91
高质量辅助电路	94
高质量辅助放大器	95
高质量辅助控制电路	107
第七章 高质量调频调谐器(调频头)	118
用硅平面晶体管的调频头	118
用场效应管的调频头	128
立体声译码器	135
第八章 测试设备	144
电压表	144
输出功率表	147

音频信号发生器	147
晶体管简易测试器	148
立体声平衡表	152
接地回路电流的防止	153
附录一 高频电路的偏置电路	155
附录二 几种实用图表	160

第一章 基本高频电路

图 1.1 是典型的调幅/调频无线电接收机高频级方框图。音频输出信号馈送给各种类型的音频放大器的问题，将在第二章里作较充分的讨论。本章只讨论在一般条件下，方框图中单个电路的一般工作原理，详尽的实用电路，将在以后的章节介绍。

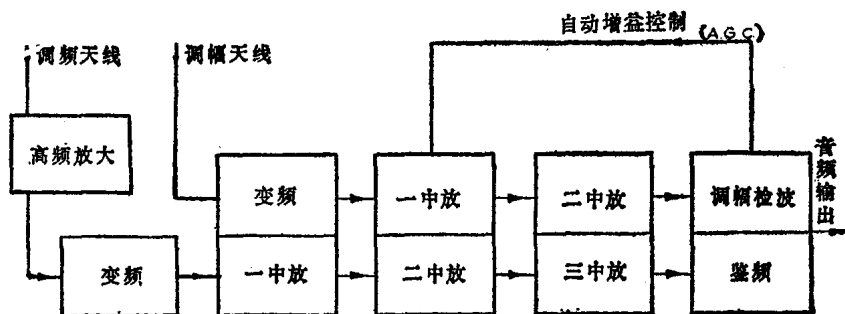


图 1.1 典型的调幅/调频接收机高频级方框图

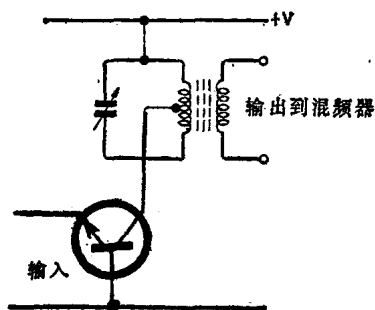


图 1.2 基本高频放大器电路

高频放大器

典型的高频放大器电路如图 1.2 所示。晶体管接成共基极方式工作，几乎可用到晶体管截止频率，增益也很高。集电极回路是调谐的，它与混频器用电感耦合。

混 频 器

混频器是利用外差原理，将天线的高频信号，变换为一个固定的中间频率的信号，送到中频放大器进行放大。一般调幅接收机的频率覆盖范围在长波段内从 160 千赫至 280 千赫；中波段从 535 千赫至 1605 千赫；短波从 3.9 兆赫至 22 兆赫。而调频载波频率覆盖范围从 85 兆赫至 108 兆赫。调幅中频一般为 465 千赫，调频中频为 10.7 兆赫。混频器的功能，就是把音频信号调幅或调频的不同频率的高频载波转变成一个固定的中频载波。

把不同频率的信号，注入非线性元件，例如，晶体管的发射结（即基极与发射极），便会产生“外差”作用。在无线电接收机中，一个注入信号是直接从天线，或者经过一高频放大器引入的，而另一个则是由接收机内的本机振荡器产生的。经混频后产生的复合波形如图 1.3 所示。在集电极上波形的频率，就是天线信号频率与本机振荡器频率之和频和差频。一般混频管集电极上的调谐回路设计于只能通过其差频，因此，具有一定的选择性。更进一步的选择性是从中频放大器获得的。混频器也能得到电压增益，但比标准的中频放大器的增益要低。

为使得天线输入信号频率与本机振荡器频率之间始终保持为一恒定差频，本机振荡频率必须与接收信号频率同时变化，这就是“跟踪”。例如，天线回路调谐在 1.5 兆赫，本机振荡必须调谐到 $1.5 + 0.465 = 1.965$ 兆赫，才能产生一个 465 千赫的中频。如果天线回路调谐到 1 兆赫，那么振荡器必须调谐到 1.465 兆赫。对调幅接收机来说，振荡器一般都是高于输入信号频率 465 千赫。这样，在长波段也能够接收频率低于 465 千赫的信号。而对于调频接收机，本机振荡器的频率既可以高于，

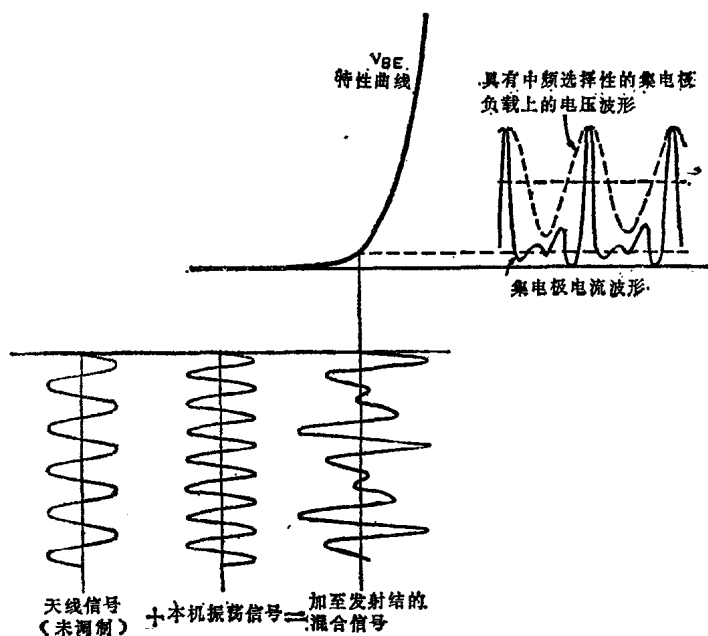


图 1.3 晶体管混频工作原理图

也可以低于天线输入信号频率 10.7 兆赫。

自激振荡混频器(变频器)

加到混频级的本机振荡信号，可以从一个单独作为振荡器的晶体管取得，也可以由一个同时作混频器和振荡器的晶体管取得，一般说来，采用后一种电路比较普遍。这种电路常称之为自激振荡混频器，又称之为变频器。

自激振荡混频器的基本电路如图 1.4 所示。对振荡器来说，因为天线调谐迴路的阻抗极小，所以，晶体管的基极等于接地。因此，振荡器的输入端是发射极，晶体管的集电极输出信号一部分经电感耦合反馈至发射极。振荡频率由振荡器调谐

迴路的谐振频率所决定。天线输入信号由天线调谐迴路选择后送到晶体管基极。天线输入信号、本机振荡器信号与晶体管的发射结串联，以便产生“外差”作用。输出的中频信号成分，经中频带通滤波器或是由集电极迴路中的中频变压器取出。

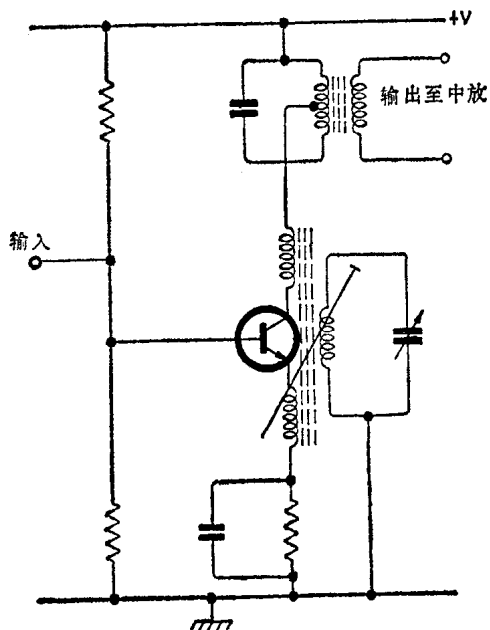


图 1.4 基本的自激励振荡混频器电路

调幅接收机常用的自激励振荡混频器电路如图 1.5 所示。图 1.5 所示电路中仅有一个波段。加进不同波段的天线回路与振荡线圈及槽路电容，能改变成多波段的电路。天线接收到的电台信号送到晶体管的基极，集电极振荡信号通过低阻抗的耦合线圈反馈到发射极。

为了容易起振，由分压偏置电路使晶体管工作在甲类状态。当振荡幅度增大，振荡信号在晶体管的发射结二极管间产

生整流作用，使得环路增益将随着每一反馈循环而减小，这样，便稳定了振荡的振幅，也使得发射极静态电流只稍有升高（在图 1.4 的电路中，电流从 250 微安上升到 300 微安左右）。

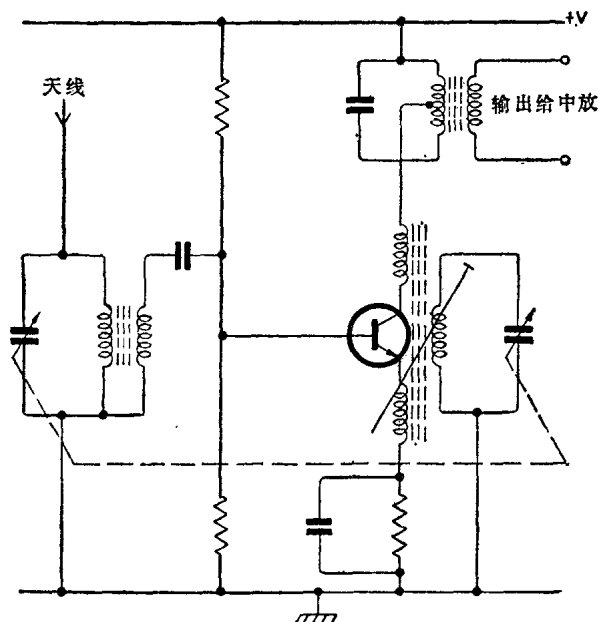


图 1.5 典型的自激振荡混频器电路

在振荡回路中使用一种专用的差容双连可变电容器，可不加垫整电容；而使用普通的等容双连可变电容器时，须加一个垫整电容器，才能保持天线回路与振荡回路始终为 465 千赫差频的正确跟踪。调谐电容的大小，必须能满足所要求的频率覆盖范围。

调谐电容的天线联与振荡联之间存在着寄生电容，因此，在这两者之间形成了一条不需要的反馈通路。为了避免这种反馈和由此而产生的寄生振荡，常在这两连之间放置屏蔽。振荡

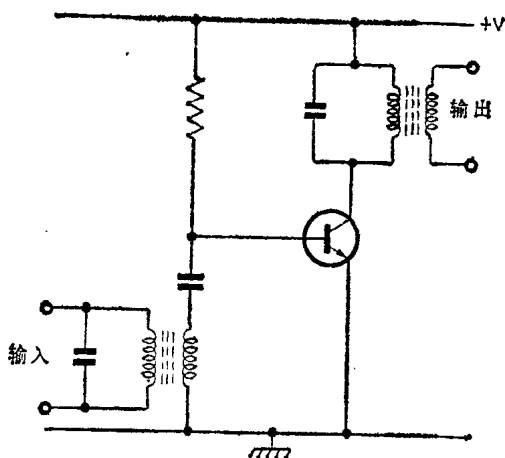


图 1.6 基本中频放大器电路

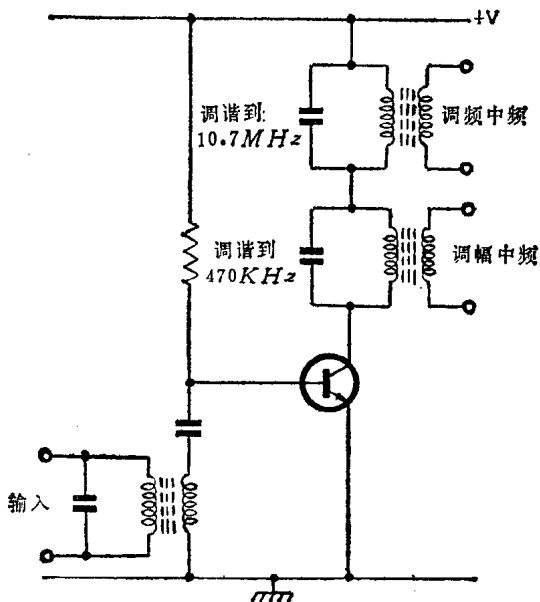


图 1.7 调幅/调频接收机基本中频级电路

与天线间的其他反馈，则来源于波段开关联线所形成的分布电容，因此，联线应尽可能的短。

中频放大器

中频放大器的基本电路如图 1.6 所示。输入与输出级的变压器均应调至中频频率。为了改善选择性和通频带，应仔细调整变压器的两个线圈。在调幅/调频接收机中，电源和中放级晶体管的集电极之间，放置了两个串联的中频变压器，一个调至 465 千赫，另一个调至 10.7 兆赫。联接方法如图 1.7 所示。在调幅/调频接收机中，调幅输出与调频输出信号必须隔开，以便使每一个输出信号能分别送给自己的检波器电路。

检 波 器

晶体管接收机的调幅检波器通常是一只以电位器作为负载的晶体二极管，如图 1.8 所示。音量控制电位器把检波信号送给接收机的音频级。通常在电位器上并联一个 10 千微微法电容器，用来旁路中频信号成份。

调频信号检波器，通常采用比例检波器，基本电路如图 1.9 所示。

两个相互耦合的谐振回路调整在中频中心频率 (10.7 兆赫)，当输入信号的频率变化时，谐振回路的相位关系也随之变化，因而，比例检

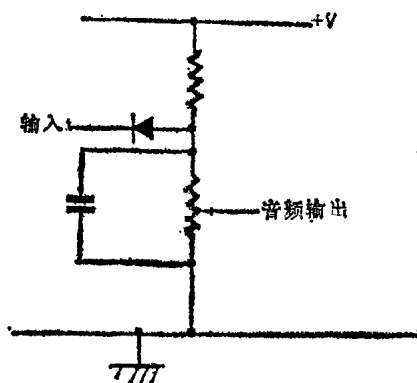


图 1.8 基本的调幅检波电路

波器的工作点视输入信号的相位变化而定。电路中的变压器有三个线圈，第一、二线圈均谐振在中频频率。第三线圈与第一线圈紧耦合，第三线圈上的信号电压与第二线圈上的信号电压串联，其相位关系如图 1.10、1.11 所示。图 1.10 表示在中频频率时，第二线圈每半个线圈上的电压 V_S 的相位，与第一线圈上电压 V_P 的相位差 90° ，送给检波二极管的电压 V_{D1} 与 V_{D2} 相等，所以没有音频信号输出。图 1.11 表示信号频率与谐振频率不同时的相位状况。频率偏移会改变第一线圈与第二线圈电压的相位关系，当信号频率高于或低于谐振频率时，注入

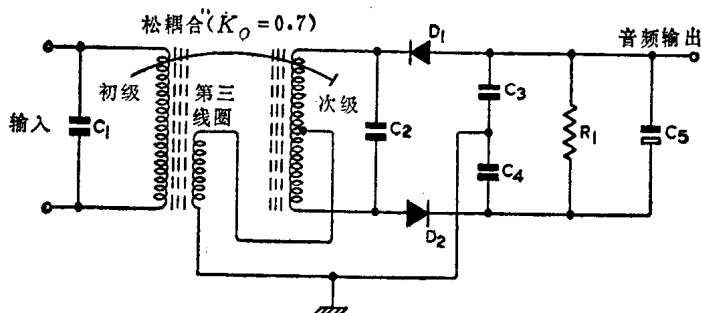


图 1.9 基本的比例检波器电路

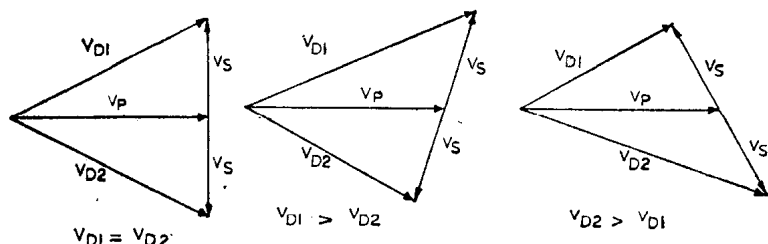


图 1.10 比例检波器的电压矢量图
(信号频率等于谐振频率时)

图 1.11 比例检波器的电压矢量图
(信号频率偏离谐振频率时)

第一与第二线圈组信号电压的相位相对变化, 导致 V_{D1} 与 V_{D2} 的振幅随频移的大小而变。又由于中频信号的频移是与音频信号相应的, 故信号经两个二极管检波后, 从 C_3 和 C_4 两端取得音频信号。 R_1 、 C_5 用以抑制不需要的调幅成份。

自动增益控制电路

只有当接收机高频与中频级的增益足够高, 才可以将微弱的信号放大到可用的信号。然而, 在调幅接收机中如果没有自动增益控制作用的话, 当接收机调谐到一个强电台信号时, 便会出现限幅现象。通常可从检波级获得与中频输出电压成比例变化的自动增益控制电压, 此电压与第一中放级晶体管的固定偏置电压串联(汽车收音机中与高放级晶体管串联), 从而改变了中放级的偏压, 因而达到控制其增益的目的。最简单的自动增益控制电路如图 1.12 所示。

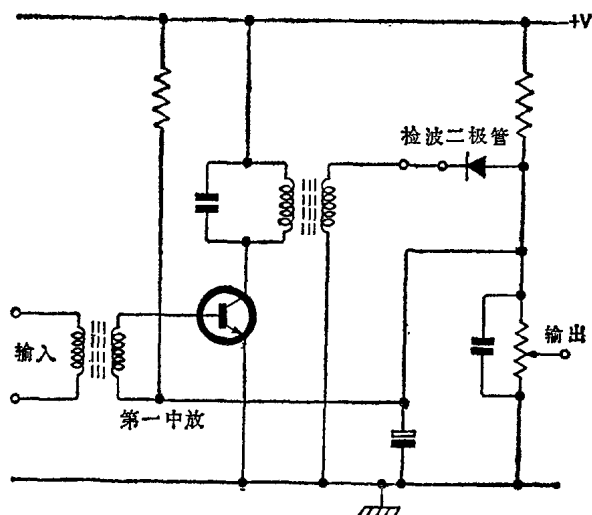


图 1.12 简单的自动增益控制电路

为了从自动增益控制电压中滤除音频与高频信号成份，第一中放晶体管基极分压器的退耦电容用得较大，一般用8微法的电解电容器。在第一中频变压器初级跨接一个阻尼二极管，能提高对强信号的自动增益控制性能。

在调频接收机中，调幅波形已被限幅，即使加进自动增益控制能够改变中频级的性能，但一般都认为在调频接收机中加自动增益控制电路是多余的。

偏置稳定性与温度的关系

在前面高频与中频电路的讨论中，没有涉及到偏置的要求。晶体管的工作电流是由加给它的偏置电压和电流来确定的，而基极、发射极与集电极电路中的电阻对偏置都有一定的影响。由于，硅管的高频性能极好，本书所介绍的高、中频级电路中均未采用锗管，因此，下面着重讨论一下硅管的偏置电路。

在理想情况下，不论其电源电压和温度变化如何，如果晶体管的直流电流放大系数(h_{FE})和基极——发射极电压(V_{BE})的变化范围一定，偏置电路应能保持管子的工作电流为一定值。为了避免电源变化的影响，必须使用一些附加元件以稳定工作点。如果采用的是一个良好的偏置电路，工作电流的变化率相对来说来不会比电源电压的变化率大。

不同的偏置电路只能满足不同程度的要求。图1.13所示的偏置电路，已广泛地用在锗管低电平的甲类放大器中。这种偏置电路，管子的直流电流放大系数对工作点电流的影响极小。若要减小电源电压变化对工作点的影响，则发射极电压必须远大于基极——发射极电压(V_{BE})。另一种偏置电路示如图1.14。这种电路仅用了一只基极偏置电阻，工作点的电流随

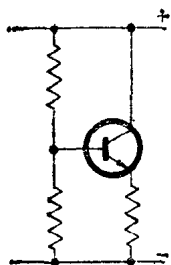


图 1.13 常用的
压型偏置电路

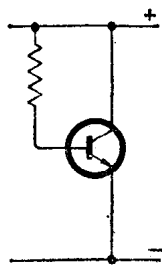


图 1.14 常用的偏
流型偏置电路

V_{BE} 变化很小,几乎可以忽略不计。然而,工作点电流的变化完全取决于 h_{FE} 。

硅管和锗管的不同特性影响偏置电路,主要是基极——发射极电压(V_{BE})和集电极——基极的反向漏电流(I_{CBO})。小电流时,硅管的基极——发射极电压 V_{BE} 为 0.6 至 0.7 伏,而锗管则为 0.1 至 0.2 伏。硅管和锗管的输入特性曲线如图 1.15 所示。这两种晶体管的起始偏压是不相等的。但是,当加至基极——发射极的电压大于起始电压后,基极电压与发射极电流相对变化,关系则基本上是相同的。对于图 1.13 所示的常用偏置电路来说, V_{BE} 的差别,导致硅晶体管射极电阻上的压降比锗晶体管的要大。故在电源电压变化时,为了保持工作点不过份变动,非采用一个稳定的偏压电源不可。

硅晶体管应用在无线电设备中,即使使用到可允许的最高温度时,其漏电流仍小到可忽略不计。因此,如只考虑温度变化的影响,则用高阻值的基极偏置电路取代用直流电流负反馈来稳定工作点的标准稳定电路,似乎是可能的。然而,当考虑到电源电压、偏压、放大系数诸因素的变化时,则似乎宜选用标准的稳定电路为好。