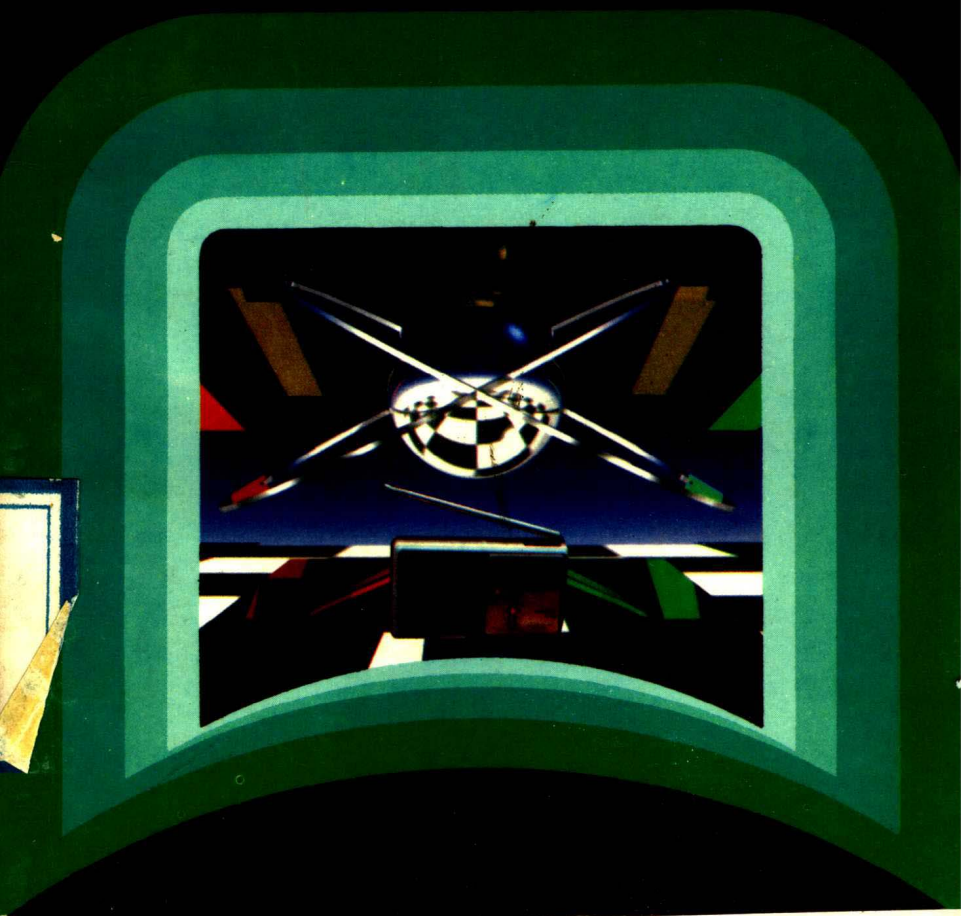


无线电爱好者丛书

实验超外差式中短波收音机

沈长生 王铁生 编著



无线电爱好者丛书

实验超外差式中短波收音机

沈长生 王铁生 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是《无线电爱好者丛书》中“实验收音机”系列书的第三本。主要介绍了各种中短波超外差式收音机的实验、制作与调试。首先介绍了超外差式收音机中的偏置电路和本机振荡电路的基本知识；接着介绍了变压器推挽输出、OTL输出、低电压供电、两波段等超外差式收音机试验制作方法和耳塞式超外差式收音机的实验特点，以及目前社会上较流行的几种集成电路收音机的实验。同时介绍了有关实验中必备的小仪器、外差收音机故障排除、统调原理和调试方法。

本书特别适合业余无线电爱好者自学无线电技术使用，也可供中小学无线电小组作为实验教材。

无线电爱好者丛书

实验超外差式中短波收音机

Shi yan chao wai cha shi zhong duan bo shou yin ji

沈长生 王铁生 编著

责任编辑 赵九流 孙中臣

*

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街27号

北京朝阳展望印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本：787×1092 1/32 1991年8月 第 一 版
印张：6 ²⁴/₃₂ 页数：108 1991年8月 北京第1次印刷
字数：153 千字 印数：1—8 000 册

ISBN 7-115-04543-7/TN·474

定价：3.70元

丛 书 前 言

电子科学技术是一门发展迅速、应用广泛的现代科学技术。电子技术水准是现代化的重要标志。为了尽快地普及电子科学技术知识，中国电子学会和出版部门约请有关专家、学者组成编委会，组织编写三套有不同特点的、较系统的普及丛书。

本丛书是《无线电爱好者丛书》，由人民邮电出版社出版。其余两套是《电子应用技术丛书》，由科学普及出版社出版；《电子学基础知识丛书》，由科学出版社出版。

本丛书密切结合实际讲述各种无线电元器件和常用电子电路的原理及应用；介绍各种家用电子设备（如收音机、扩音机、录音机、电视机、小型电子计算器及常用测试仪器等）的原理、制作、使用和修理；提供无线电爱好者所需的资料、手册等。每本书介绍一项实用无线电技术。使读者可以通过自己动手逐步掌握电子技术的一些基本知识。本丛书的读者对象是广大青少年和各行各业的无线电爱好者。

我们希望广大电子科学技术工作者和无线电爱好者，对这丛书的编辑出版提出意见，给以帮助，以便共同努力，为普及电子科学技术知识，为实现我国四个现代化作出贡献。

前 言

随着科学技术的不断发展，无线电技术在我国社会主义建设中所起的作用也越来越显著。很多业余自学成材的无线电技术人员，正在各个工作岗位上发挥着积极的作用。

自学无线电技术主要包括模拟电子技术和脉冲、数字电路两大部分。纵观绝大多数自学成才者，大都是从模拟电子技术入门的，本书介绍的实验超外差式收音机就属于模拟电子技术。

由于本书是以实验为主的，所以特别适合业余无线电爱好者自学时参考。

本书实验包括：偏置电路、振荡电路、变压器和 OTL 功率输出超外差式收音机、低电压电源超外差式收音机、两波段超外差式收音机、耳塞式超外差式收音机、集成电路超外差式收音机等。

本书还介绍了几种在做超外差式收音机实验时必备的自制小仪器。

本书最后介绍了超外差式收音机典型故障的基本检修及用高频信号发生器调试超外差式收音机的方法。

无线电爱好者如果能按本书介绍的几种典型超外差式收音机认真地实验，不仅能在无线电制作技能技巧方面得到提高，而且对模拟电子技术基础知识将会有更深刻的理解。

由于作者水平有限，对书中错漏之处，欢迎广大读者批评指正。

编著者

1990年6月

目 录

第一章 超外差式收音机基本知识

第一节 概述	1
第二节 偏置电路的实验	6
第三节 本机振荡电路的实验	13
第四节 超外差式收音机电路的组成	18

第二章 超外差式收音机的实验

第一节 最简单的超外差式六管收音机	27
第二节 典型的超外差式六管收音机	38
第三节 1.5 伏电源的超外差式收音机	51
第四节 OTL 输出超外差式收音机	60
第五节 两波段超外差式收音机	67
第六节 参考电路	77

第三章 用耳塞机收听的超外差式收音机

第一节 三管超外差式耳塞收音机	86
第二节 怎样绘制印刷电路板	93
第三节 四管超外差式耳塞收音机	97
第四节 高质量短波耳塞收音机	101
第五节 参考电路	105

第四章 集成电路收音机

第一节 用一块集成电路作低频放大的收音机	109
第二节 用两块集成电路的超外差式收音机	114
第三节 单片集成电路超外差式收音机	121
第四节 中短波集成电路超外差式收音机	126

第五节	参考电路	133
第五章	自制简易无线电测试仪	
第一节	在万用表上加装信号源	141
第二节	高低频信号发生器	144
第三节	集成电路电容测量仪	148
第四节	检查元件的收音机	153
第六章	超外差式收音机的检查与检验方法	
第一节	如何检查超外差式收音机的故障	162
第二节	收音机具体故障分析	170
第三节	超外差式收音机的性能指标	180
第四节	超外差式收音机的统调原理	183
第五节	如何用高频信号发生器校验超外 差式收音机	187
附 录		
一、	收音机常用晶体管	190
二、	收音机常用集成电路	194
三、	电阻、电容标志的识别方法	194
四、	磁性天线和不同双连配合的圈数值	199
五、	振荡线圈和中频变压器	199
六、	中波广播电台频率表	206

第一章 超外差式收音机基本知识

第一节 概 述

自从无线电广播发明以来，收音机的组成主要经历了三种方式，即检波式收音机、直接放大式收音机、超外差式收音机。

图 1.1 为简单检波式收音机的方框图，接收到的无线电信号经过调谐选择后直接送到检波器，然后经过放大器（也可不用）送到耳机或扬声器发声。由于这种简单收音机接收到的信号非常微弱，没有经过放大就送到了检波级，所以整机灵敏度不会很高。为了克服简单收音机的缺点，往往把接收进来的无线电信号先进行放大，然后再送到检波电路去检波。这样检波后的音频信号就较强，再经过音频放大，扬声器里放出的声音就较强了。这种在检波以前一直不改变无线电波频率的收音

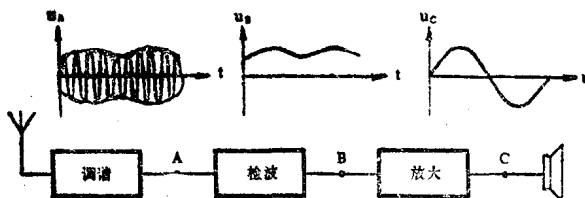


图 1.1 检波式收音机方框图

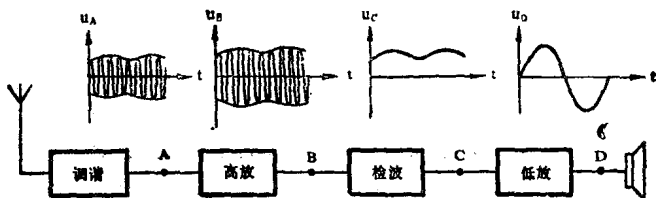


图 1.2 直接放大式收音机方框图

机，称为“直接放大式收音机”，其方框图见图 1.2。

直接放大式收音机虽然在收音音量上有所增强，但是它也存在着以下的缺点：① 由于高频放大级直接放大的是接收进来的无线电信号，所以在接收无线电波的高频段（我国标准规定，中波最高频率为 1605 千赫）和低频段（我国标准规定中波最低频率为 525 千赫）时，高频放大器的放大倍数不均匀（一般来说，频率越高放大倍数越小），尤其是在多波段（即有中波又有短波）的收音机，这个矛盾更加突出。② 如果接收的是远地的高频无线电信号，要想增加灵敏度就必须增加高频放大的级数，由此带来高频放大级之间统一调谐的困难。又由于接收的高频信号频率高，所以放大器的增益不仅做不高，而且容易产生自激。③ 直接放大式收音机的选择性是由高频放大器各调谐回路的性能参数决定的。要想提高选择性，就要增加高频调谐回路，而要达到多个高频调谐回路统一调谐在一个频率上是困难的，并且多级调谐回路也很难得到理想的通频带。但如果高频放大级只用一个调谐回路，选择性也不会好。因此，直接放大式收音机选择性比较差，而且高频信号的频率越高选择性就越差。这也是直放式收音机很难在短波段提高选择性的原因。

如果我们能把收音机接收来的高频无线电信号，都变成固

定的中频无线电信号，然后将中频信号进行放大，再经过检波和音频放大，送到扬声器发出声音，就能克服直接放大式收音机存在的缺点。因为中频频率较变换前低，而且是固定不变的，所以任何电台的信号都能得到较大而且相等的放大量。另外，由于外来高频信号必须经过变频级的“差频”，才能进入到下一级中频放大级，而且差频出的中频信号还要经过中频谐振回路，进一步选择，所以选择性大大提高。这些就是超外差式收音机所具有的基本特点。

典型的超外差式收音机方框图如图 1.3 所示。

超外差式收音机的简单工作原理是这样的：从天线接收到的无线电信号通过输入调谐电路（波形为 A 点）与收音机本身产生的一个高频振荡信号（波形为 A' 点，其频率较外来高频信号高一个固定中频，我国收音机的中频频率为 465 千赫）一起送入非线性元件组成的变频级内进行“混合”（即混频），混频结果在变频级负载回路（选频回路）中得到一个新频率的信号即中频信号（波形为 B 点），这就是“外差作用”。

由图 1.3 可见，外来高频调幅信号经过变频后，只是变换了载波的频率，加在它上面的音频信号并没有被改变（即包络不变），仍然调制在新的中频信号上，如图中 B、C 处的波形。由于中频信号（465 千赫）人耳是听不到的，所以中频信号放大后要经过检波级，才能检出 E 点所示的音频信号。音频信号再被送到低频放大级放大，并最后推动扬声器发出声音。

为了获得较好的选择性和灵敏度，先将高频信号变成固定的中频信号，再对其进行放大，这种使收音质量大大提高的接收方式，这就是“超外差式”。

概括起来，超外差式收音机有如下几个优点：① 由于变频后为固定中频，频率比较低，所以容易得到比较大的放大量，

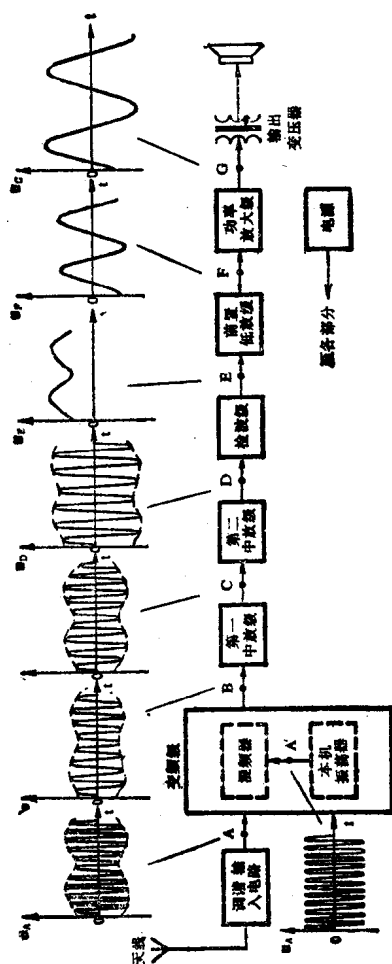


图 1.3 超外差式收音机方框图

因此收音机的灵敏度可以做得很高。② 由于外来高频信号都变成了一种固定的中频，这样就容易解决不同频率信号放大不均匀的问题，可以很方便地实现多波段接收。③ 由于采用“差频”方式接收，外来信号必须与本机振荡信号相差为预定的差频（即中频 465 千赫）才能进入后级电路，另外中频放大调谐回路又是一个具有良好矩形系数的滤波器，所以混进的干扰信号被抑制，从而提高了选择性。

但是超外差式电路也有不足之处，由于差频的作用会产生“镜频干扰”（也叫镜像干扰）：假定有甲、乙两个电台，当我们接收甲电台时，甲电台的中频（465 千赫）是由本机振荡频率与甲电台的差频（本机振荡频率减甲电台频率）产生的。如果乙电台频率正好比此时的本机振荡频率高一个中频（465 千赫），那么乙电台就会对甲电台产生干扰，这种干扰称为镜频干扰。例如：甲台为 640 千赫，乙台为 1570 千赫，这时两电台之差等于中频（465 千赫）的两倍，此时就会形成镜频干扰。克服镜频干扰主要方法是提高输入回路的选择性或增加高放级。另外，超外差式收音机还存在着中频干扰问题为克服中频干扰，有的收音机在输入调谐回路中设置有中频陷波器。

超外差式收音机的实验成功与否，关键在两个方面，一是各级晶体管的偏置电路；另一是本机振荡电路。我们从上面介绍的超外差式收音机方框图可以看出：超外差式收音机除变频和中放电路以外，低频放大电路和直接放大式收音机的低频放大电路相同。而中放电路本身就是一个固定频率的放大器，与我们已经熟悉的低频放大器没有多大差别，只有变频电路是超外差式收音机和直接放大式收音机差别较大的地方。所以我们在进行超外差式收音机实验时，只要能把各级晶体管静态工作点（即各级偏置电路）调整好，再把本机振荡器（变频级中的主

要部分)调整好,就能基本上保证实验的成功。下面我们先对晶体管收音机中用到的偏置电路进行一下分析,以便更好地掌握它。

第二节 偏置电路的实验

一、直流偏置电路的重要性

三极管的直流偏置,是保障三极管正常工作的必要条件。不设直流偏置就会出现图 1.4 所示的情况。其中,图 (b) 为一个没有加直流偏置的共发射极放大电路。若在其 b、e 极间加一个周期变化的正弦电压 u_i , 则在 u_i 的正半周, 由于基极对发射极而言是正极性, 此时发射结为正向偏置, 有基极电流 i_b 产生, 如图 1.4 (a) 所示。于是, 集电极产生电流 i_c , 如图 1.4 (c) 所示。而在 u_i 负半周, 由于基极对发射极而言是负极性, 所以无基极电流产生, 因而也无集电极电流。显然, 输出信号 (集电极电流) 与输入信号波形不一致了, 也就是产生了失真。如果在输入信号 u_i 上再叠加上一个发射结的正向电

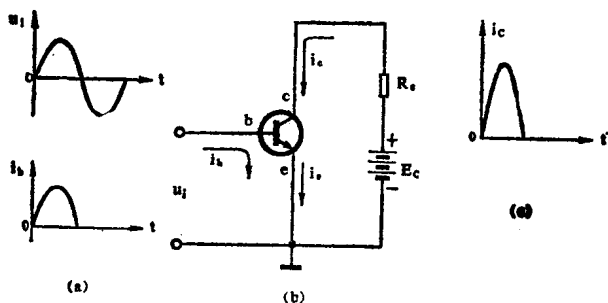


图 1.4 未加偏置的放大器

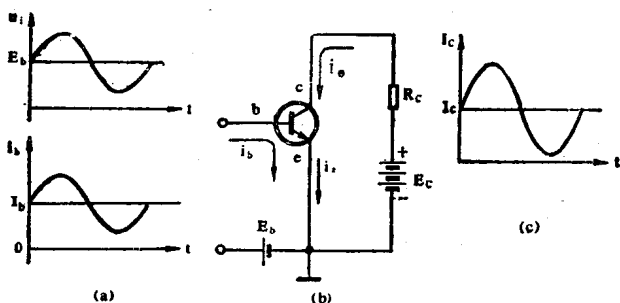


图 1.5 加有偏置的放大器

压 E_b ，如图 1.5 (b) 所示。这样，电路中就产生了直流偏压下的直流电流 I_b 和 I_c 。只要使 E_b 值比输入电压 u_i 的幅值大些，保证基极电位对发射极来说总是正值，那么在 u_i 的正负半周内，都会有叠加在直流 I_b 上的变化基流 i_b 产生。在 u_i 的正半周，由于基极在原来正的 E_b 基础上向更正的方向发展， i_b 也就在 I_b 的基础上增加；反之 I_b 在原来的基础上减小，如图 1.5 (a) 所示。由于基极电流对集电极电流有控制作用，集电极电流将随着基极电流变化而变化，如图 1.5 (c) 所示。从输入和输出的波形来看，几乎看不出什么失真。由此可见，三极管工作时的直流偏置是十分重要的。

直流偏置电路就是通过不同的方式，给三极管建立一个合适的直流（静态）工作点。管子的工作电流和电压一般是指 I_{b0} 、 I_{c0} 和 U_{ce0} ，其中 I_{b0} 起主要作用，一般都是通过控制 I_{b0} 来确定工作点。但是，三极管是一种对温度敏感的器件，温度的变化会导致 I_{c0} 的变化，引起工作点的偏移，因而仍然存在着工作点偏移使放大信号失真的可能性。所以，对一个三极管

电路，不仅存在着建立合适工作点的问题，而且还存在着如何稳定工作点的问题。根据不同的情况，可采用不同形式的偏置电路。

二、固定偏置电路的实验

固定偏置电路是偏置电路中最简单的一种，其电路如图 1.6 所示。

我们用一个实验板对这个电路进行实验，实验板如图 1.7 所示。

用三只分别为 680 欧、10 千欧、470 千欧的 1 瓦小型电位

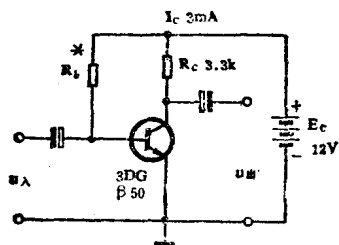


图 1.6 固定偏置电路原理图

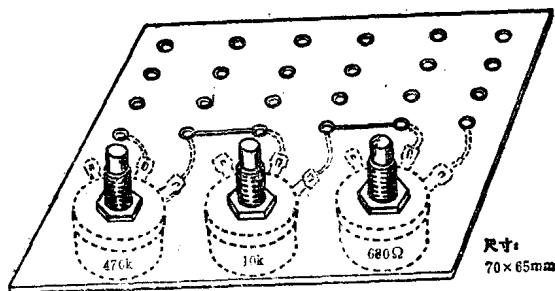


图 1.7 实验板结构

器，按图1.7串联好，同时在实验板上铆上24个铆钉。再按图1.6把元器件焊在实验板上。

实验时E.应选高一些，如12伏， R_c 应选大一些，如3.3千欧，集电极电流调在3毫安。

我们用烧热的电烙铁靠近晶体管（离晶体管2毫米左右）半分钟，看晶体管集电极电流的变化情况。可以看到，受热后集电极电流由3毫安逐渐上升到3.6毫安左右。为什么晶体管受热后集电极电流会上升呢？因为在固定偏置电路中，当基极电阻 R_b 的数值确定以后，基极电流 I_b 也就固定不变了*。但是当周围环境温度变化时，三极管的输出特性曲线就会发生移动，如图1.8所示。这时 I_b 虽是固定的，但 I_c 将会随温度升高而升高，会引起晶体管放大倍数的提高，并有可能引起输出

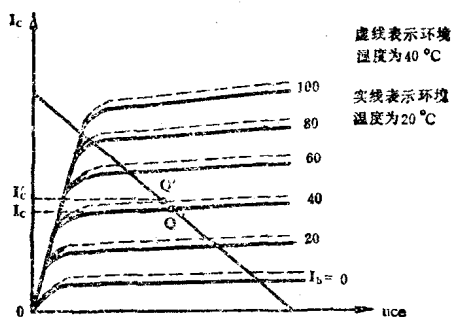


图 1.8 温度变化对晶体管特性曲线的影响。

波形的失真，当温度升得太高时，晶体管还有可能损坏。所以，固定偏置电路只有在环境温度变化不大和电路要求不高的收音

* 严格地说，由于发射结的结电压，并不是固定不变的，它也会随着温度的不同而有些变化，故虽然 $R_b \cdot E_c$ 不变，但 I_b 也有些变化，但其量较小，一般可忽略不计。

机中才使用。

三、电压负反馈偏置电路

如把图1.6改成图1.9，把 R_b 一端改接至C极重做上述实验。先调 R_b 使集电极电流 I_c 为3毫安，再按上述实验中的方法，用电烙铁靠近晶体管半分钟，同时观察集电极电流，会发现其数值仍在3毫安。可见，电压负反馈电路具有稳定工作点的作用，其原理是：当温度升高时，引起晶体管集电极电流 I_c 增加，这样流过 R_c 的电流也增加， R_c 上的电压降也就增加。因为集电极电压 $U_c = E_c - U_{Rc}$ ，所以在 I_c 增大时， U_{Rc} 也增加，使 U_c 减小。又因为基极电流 $I_b = \frac{U_c - U_b}{R_b} \approx \frac{U_c}{R_b}$

(U_0 为 0.7 比 U_0 的数值小很多), 所以 U_0 下降时 I_0 也减小, 结果又促使集电极电流 I_0 相应减小, 维持到原来的数值。这个变化过程可用下式表示:

环境温度 $\uparrow \rightarrow I_c \uparrow \rightarrow I_{c0} R_c \uparrow \rightarrow U_c \downarrow$ —
 $I_c \downarrow \leftarrow I_b \downarrow \leftarrow$ —

我们从上式可以看出：电压负反馈偏置电路起稳定作用的关键在于 R_c 上的压降， R_c 越大其负反馈作用就越强，所以这

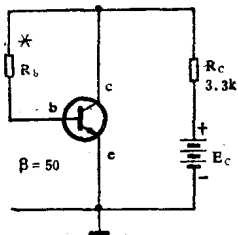


图 1.9 电压负反馈偏置电路原理图

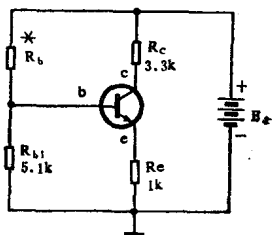


图 1.10 分压式电流负反馈偏置电路原理图