

无线电通信设备

接 收 部 分

下 册

无线电通信设备编写组

西北电讯工程学院

1976

下 册 目 录

第六章 接收机自动控制电路	1
§ 1 自动增益控制 (简称 AGC)	1
一、AGC 的作用	1
二、AGC 电路的组成及原理	1
三、控制增益的方法	3
四、受控级选择原则	8
五、时常数的选择	9
六、AGC 的计算	11
§ 2 自动频率控制 (简称 AFC)	12
一、AFC 的基本原理	12
二、AFC 在接收机中的应用	13
三、环路控制能力	17
四、同步与捕捉	18
五、实际线路举例	19
六、脉冲式 AFC 系统	19
§ 3 自动调谐 (简称 ATC)	22
一、变容管调谐的组成及原理	23
二、设计考虑	23
三、电调谐方案举例	26
第七章 接收机的干扰	31
§ 1 干扰的一般介绍	31
一、工业干扰	32
二、天电干扰	32
三、宇宙干扰	33
§ 2 电台干扰	33
一、干扰的几种类型	34
二、交调、互调与阻塞干扰的分析	37
三、交调、互调的指标及测试方法	42
四、强干扰阻塞及阻塞指标的测试	44
五、倒易混频的分析与测试	47
六、抑制电台干扰的一般方法	49
§ 3 脉冲干扰	55
一、脉冲干扰的频谱	56
二、脉冲干扰通过谐振放大器	58

三、抑制脉冲干扰的方法	61
第八章 接收机的起伏噪声	66
§1 概述	66
§2 起伏噪声的性质及计量方法	67
一、数学期望——起伏噪声的平均值	69
二、方差——起伏噪声的均方值	70
三、相关函数和功率谱密度	70
§3 起伏噪声的来源及表示方法	72
一、电阻热噪声	72
二、晶体管噪声	75
三、天线噪声	78
§4 起伏噪声通过线性系统	78
§5 起伏噪声通过解调器	81
一、单频噪声对信号的影响	82
二、起伏噪声通过包络检波器	84
三、起伏噪声通过频率解调器	85
四、起伏噪声通过单边带解调器	91
§6 噪声系数	92
一、噪声系数定义	92
二、噪声系数的额定参数表示式	93
三、无源网络噪声系数	94
四、晶体管噪声系数	96
五、多级噪声系数	98
六、等效噪声温度	100
七、噪声系数与灵敏度的关系	100
八、噪声系数的测量	102
§7 降低噪声系数的措施及静噪电路	102
一、降低噪声系数的措施	103
二、静噪电路	103
第九章 解调器(I)	106
§1 锁相环路(PLL)的基本理论	107
一、锁相环路的组成	107
二、环路工作过程	109
三、基本特性与应用	111
四、基本数学关系	114
五、环路同步带、捕捉带与噪声门限	120
§2 锁相鉴频器	124

一、锁相解调原理	124
二、输出信噪比	126
三、噪声门限	128
§ 3 调频负回授 (FMFB) 鉴频器	131
一、调频负回授环路的组成	131
二、鉴频原理	132
三、环路噪声分析	135
四、鉴频门限	138
§ 4 同步检波	143
一、基本原理	142
二、同步检波的方法	144
三、同步检波的优点	149
第十章 无线电报的接收	151
§ 1 概述	151
§ 2 电报信号的接收	154
一、振幅报的接收	155
二、移频报的接收	160
三、移相电报的接收	168
§ 3 电报信号抗干扰性能	174
一、起伏干扰对误码率的影响	174
二、FSK 系统中正弦干扰的作用	179
三、FSK 系统中脉冲干扰的作用	181
四、乘性干扰引起误码的原因	184
§ 4 提高传输速率、降低误码率的途径	190
第十一章 整机设计与测试	192
§ 1 现代短波接收机主要技术指标	192
§ 2 接收机方案设计	194
一、混频次数选择	194
二、中频频率的选择	197
三、高频头方案选择	198
四、增益分配	199
五、选择性分配	200
六、通频带确定	201
七、灵敏度计算	202
八、AGC 电路概算	202
§ 3 几种方案介绍	202
一、短波调幅接收机	202

二、超短波调频接收机	203
三、单边带接收机	205
§ 4 接收机整机主要性能测试	210
一、灵敏度	211
二、中频抗拒比	212
三、镜像抗拒比	212
四、选择性曲线	212
五、自动增益控制特性	213
六、音频频率响应	213
§ 5 线性集成电路在接收机中的应用	214
一、高频放大器与中频放大器	215
二、混频与解调	217

第六章 接收机自动控制电路

接收机的工作条件往往是很复杂的，它所接收的信号参数（如强度、频率等）经常会发生变化，它周围存在各种各样的干扰，我们希望接收机能适应各种不同的情况保持正常接收，对于那些预知的或有规则的变化，可用人工调整的方法来适应情况的变化，但对一切快速的和不规则的变化，必须有一些自动控制电路来达到自适应的目的，各种自适应系统在现代通信设备中已有很大发展，运用极广，本章仅介绍其中三种最基本的自动控制电路：自动增益控制（AGC），自动频率控制（AFC）和自动调谐（ATC）。

自动控制电路不是接收机的主通道部分，但在接收机中起着重要作用。其中以 AGC 最为重要，尽管接收机大小和繁简不同，几乎都用 AGC 电路，为了实现高质量 AGC 特性，有的电路复杂程度甚至可与主干电路相比。AFC 电路在调频接收机中应用较多，用以稳定接收机中频，此外经常与锁相环路联合作稳频、解调用，AFC 是一种基本的自动控制电路，目前正在向数字化方向发展，使控制性能有了很大提高。自动调谐尚未进入广泛运用阶段，还有不少问题有待解决，这里只作简单介绍。

§ 1 自动增益控制（简称AGC）

一、AGC 的作用

接收机接收来自不同电台的信号，由于各电台的功率大小不一，以及通信距离远近有别等原因，所接收的信号强度随各种条件的改变有很大差别，其变化范围可由几微伏到几百毫伏。接收机在接收微弱信号时所需的增益，在接收强信号时，不仅显得多余，而且非常有害，会使某些级过载而产生阻塞现象，造成信号失真，灵敏度选择性等指标降低。

另一方面即使接收机固定接收某一信号，因为无线电波传播条件的不稳定（如电离层形成的衰落）以及通信距离变化（如行进中通信）等原因，信号强度也会忽大忽小，使接收机工作不正常。

我们希望在接收微弱信号时，接收机有很大的增益，而在接收强信号时，接收机增益减小。对信号强度的极慢变化，可用人工增益控制来调整，但对于信号强度较快的和不规则的变化，人工控制是无法适应的，必须采用自动增益控制。

因此，自动增益控制的作用是：使接收机增益自动适应信号强度的变化，当输入信号强度在很宽范围内变化时，能保持接收机输出基本稳定，并保护接收机各级不因强信号而过载，通常要求输入信号电压变化 80~100 分贝时，输出电压的变化不超过 5-15 分贝。

二、AGC 电路的组成及原理

1. 简式 AGC

为实现自动增益控制，首先必须获得一个随外来信号强度变化的电流或电压作为控制信号，然后用这个控制信号去设法改变接收机的增益。

在解调器一章中已知，检波器输出电压中的直流分量代表了信号载波的强弱，所以只要

在检波器之后接一个截止频率很低的滤波器，通常就用 RC 滤波器，把低频滤去，取出直流即可作为 AGC 控制电压。

图 6-1 是最简单的 AGC 方框图，解调器进行信号解调，AGC 检波器检出载波强弱，作为控制电压 U_c 去控制接收机的增益，为了简单，解调器和 AGC 检波器亦可合用。当输入信号小时，检波器输出直流电压小，控制电压 $|U_c|$ 小，接收机增益较高，当信号增大时， $|U_c|$ 随之增大，使接收机增益下降，从而使输出保持比较平稳，达到了自动增益控制的目的。

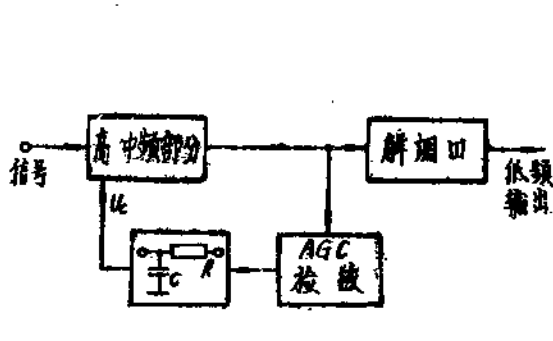


图 6-1 AGC 原理方框图

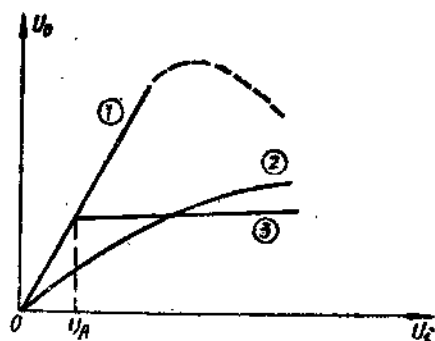


图 6-2 自动增益控制特性曲线

接收机未受控时，增益为一常数，输入输出成正比，如图 6-2 中曲线①所示（当信号过强时，超过管子线性范围，曲线会下降，如图中虚线）。用上述 AGC 电路时，只要有输入信号，就立即产生控制电压，起控制作用，这种电路称作简式 AGC，它的控制特性如图 6-2 中曲线②所示，主要缺点是在信号很小时，增益亦下降，这样对接收机接收微弱信号不利，会导致小信号时信噪比降低，影响接收质量。我们希望在信号大过一定值以后，才开始起控制作用，即所谓的延迟式 AGC。

2. 延迟式 AGC

延迟式的控制特性如图 6-2 中曲线③所示，在信号 $U_i < U_A$ 之前，电路没有控制作用，增益为常数， U_o 与 U_i 成正比变化。一旦输入信号达到 U_A 值以后，控制电路立即起作用，使增益随着输入信号反比变化，总的使输出 U_o 变化很小，控制特性比较平坦。

图 6-3 是一个延迟式 AGC 方框图，AGC 电路由受控部分和控制部分组成，受控部分

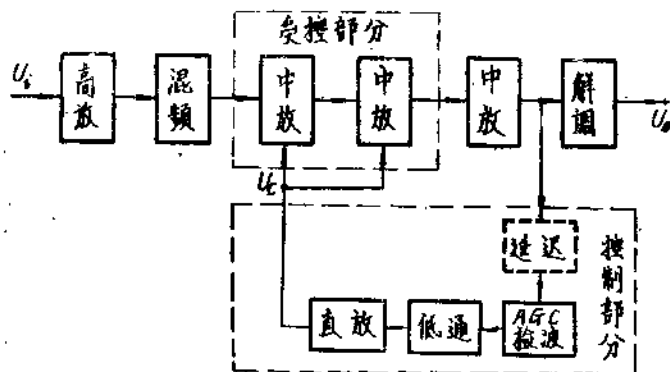


图 6-3 延迟式 AGC 方框图

包括几级，如何确定，应由具体情况而定，后面将会讲到。控制部分通常包括延迟电路，AGC检波器，低通滤波器和直流放大器（或使用AGC中频放大器）。在通信接收机中为了保证电路性能良好，信号检波器和AGC检波器往往是分开的。此外在晶体管接收机中，受控级需要有一定控制功率，或较大的控制电压，直接由检波器产生的控制电压不能满足要求，所以要外加直流放大器，或者在AGC检波之前外加专为AGC用的中频放大器。至于延迟电路，可以设在控制部分的任何部位，只要使 $U_i < U_A$ 时，控制电压 $U_c = 0$ 即可。

实现延迟的方法很多，为了更具体的了解其工作原理，下面列举两种电路。

图6-4是一种延迟式AGC控制电路，图中两只二极管2AP16构成倍压检波，检波负载是 $C_2 R_1$ ，稳压管2CW1起延迟作用，当 R_1 上直流电压大于7V时，2CW1导通，则有电压加到受控级，若接收机输入信号小于起控值 U_A 时，相应AGC检波器的输出直流电压小于7V，稳压管不导通，没有控制电压输出，这样就达到了延迟的目的。

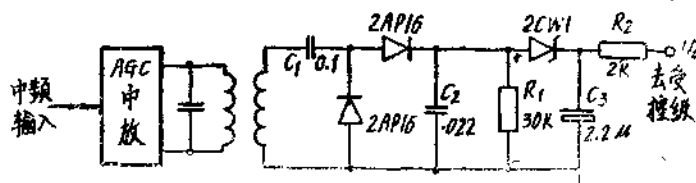


图6-4 延迟式AGC控制电路

图6-5是另一种延迟式AGC控制电路，图中 $D_1 D_2$ 组成倍压检波，当小信号输入时，电容 C_1 上的电压小，BG1管导通，其集电极（A点）电压低，使BG2截止，无控制电压输出，信号增大到某一定值， C_1 上负电压增大，使BG1趋于截止，其集电极电压升高，使BG2导通，有控制电压输出，同样实现了延迟作用。信号越强，A点电位越高，使控制电压加大。其中BG1主要起延迟放大作用，BG2为一跟随器，以供给受控级所需的功率，并起缓冲隔离作用。

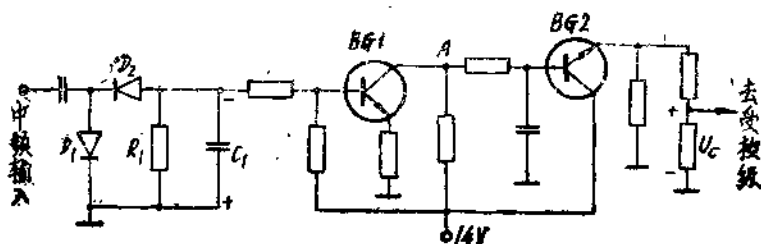


图6-5 延迟式AGC控制电路

三、控制增益的方法

AGC电路要使接收机增益随控制电压改变，而接收机的增益与各级增益以及级间耦合等有关，各级增益又与管子工作状态，负载阻抗等有关，所以控制增益的方法花样繁多，归纳起来有以下几种。

1. 改变管子工作点

放大器增益与晶体管正向传输导纳 y_{fe} 成正比, 即 $K_{vo} = |y_{fe}| R_L$, 改变工作点可使 y_{fe} 变化, 也就能使增益随之改变, 改变工作状态又有两种途径。

(1) 改变发射极电流

图 6-6(a) 是控制发射极电流的电路, 控制电压 U_c 加在受控级基极上, 且为负电压, 当输入信号电压 U_i 增大时, 若控制电压 U_c 绝对值增大, 使管子正向偏置减小, 发射极电流随之减小, 使增益降低。因 $|U_c|$ 增加时, 发射极电流 I_e 下降, 故这种方法又称反向增益控制。由图 6-6(b) 可见, 控制前后工作点由 Q 移至 Q' , 向截止区移动。

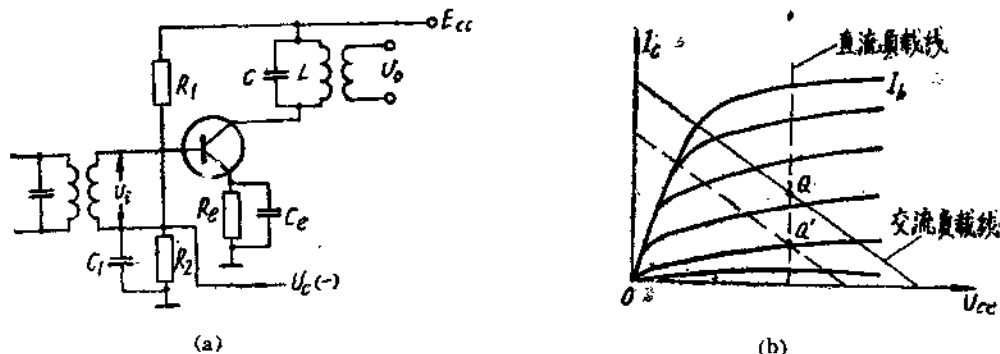


图 6-6 改变发射极电流

(2) 改变集电极电压

图 6-7(a) 是控制集电极电压的原理图, 控制电压亦加至受控级基极上, 但极性与上面的方法相反, 是正电压, 此外电路上的主要区别是集电极上串了一个大电阻 ($2 \sim 10 K\Omega$)。当输入电压 U_i 增大时, 让控制电压 U_c 亦加大, 使正向偏置增加, 集电极电流 I_c 增加, 电阻 R 上的压降增大, 从而使集电极电压 U_{ce} 下降, 最后使输出电压 U_o 变化很少, 即输入电压 U_i 大时增益下降。由图 6-7(b) 可见, 控制前后工作点由 Q 点移至 Q' , 这时工作点向饱和区移动。因控制电压 U_c 增大时, 发射极电流 I_e 也增大, 故又称正向增益控制。

两种方法相比, 正向 AGC 电路的缺点是需要较大的增益控制功率, 集电极损耗大, 输入

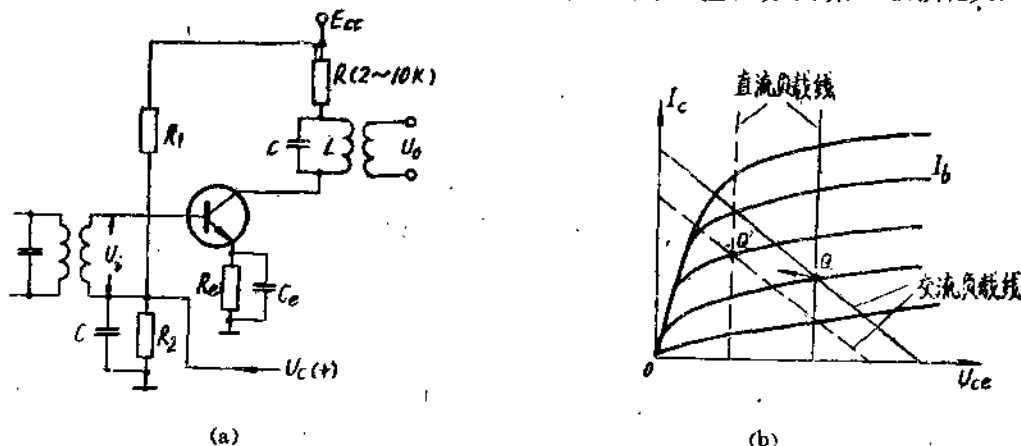


图 6-7 改变集电极电压

阻抗变化大，其优点是大信号输入时向饱和方向移动，非线性程度稍好，对减小非线性干扰有利。

以上所述控制电压由基极加入，同样，也可由发射极加入，但控制电压极性必须与基极加入时相反。因发射极加入时，所需控制功率较大，故用得较少。

(3) 控制能力

图 6-8 是 3AG50 的正向传输导纳 $|y_{fe}|$ 随发射极电流 I_E 的变化曲线，若 I_E 在 0.2 到 5mA 之间变化，则 $|y_{fe}|$ 约在 10mS 到 120mS 之间变化，放大器增益近似为 $K_{v0} = |y_{fe}| R_L$ ，所以增益可变化 12 倍即 21.6 分贝。若考虑到工作状态的变化引起管子输入输出阻抗的变化等因素，所能控制的增益范围会有所减小。不同的管子，正向传输导纳的变化率不同，控制能力也有所不同，通常可认为一级所能达到的控制能力为 15-25db。

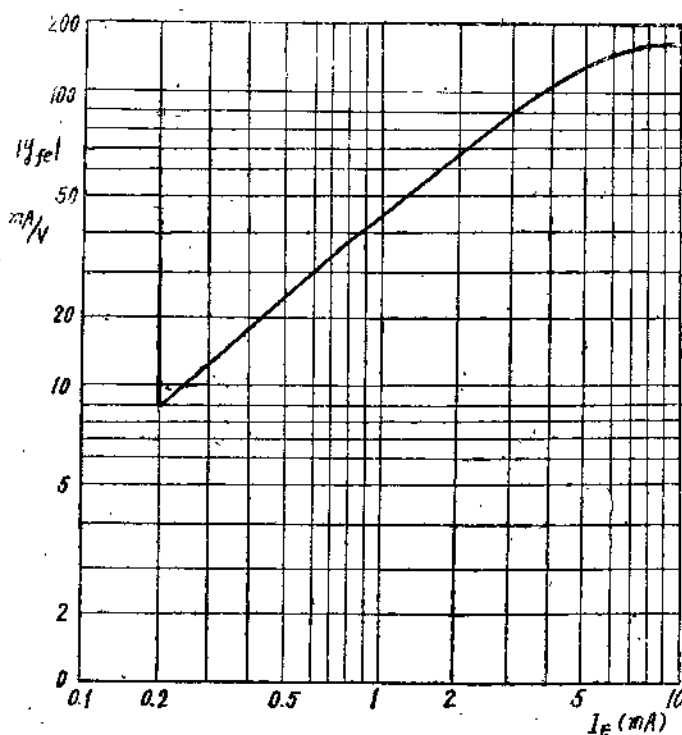


图 6-8 3AG50 的 $|y_{fe}|$ 曲线

(4) 改变工作点存在的问题

改变工作点可以控制增益，但“我们必须学会全面地看问题，不但要看到事物的正面，也要看到它的反面。在一定的条件下，坏的东西可以引出好的结果，好的东西可以引出坏的结果。”由于工作点的变化又带来了新的矛盾。首先工作点变化，可能工作到非线性严重的区域，因而造成非线性的失真和干扰，减小了信号的动态范围，因此在设计时应加注意，控制范围不能过宽。其次，工作点变化时，管子输入输出导纳都会发生变化，会使受控制级谐振曲线产生偏离以及通带宽度发生变化，从而影响整机指标。通常可用以下方法弥补：管子

与回路的接入系数适当减小，以减小输入输出导纳对回路影响；或用二极管结电容的变化来补偿输入输出导纳的变化；或使受控级带宽适当加宽，使失谐影响减小。总的来说改变工作点的方法缺点较多，在一般收音机中运用较多，目前在通信接收机中已逐渐少见了。

2. 改变放大器负载电阻

放大器增益与负载电阻成正比，所以可通过非线性电阻来改变负载大小，以实现增益控制，图 6-9 就是用二极管作为非线性电阻来控制增益的电路，在受控级负载两端并联一个二极管，它的工作点受增益控制电压 U_c 控制，当输入信号很弱时，让 $|U_c|$ 很小，二极管截止，不起分流作用，受控级增益高，当输入信号增强时， $|U_c|$ 加大，二极管正向导通，使总的负载电阻下降，受控级增益降低，达到了增益控制的目的。

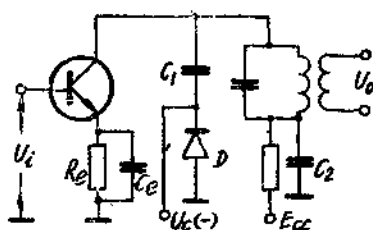


图 6-9 改变放大器负载

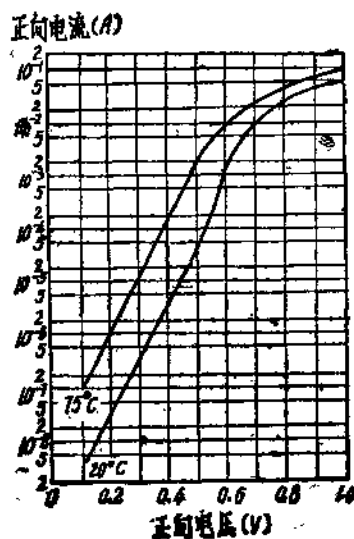


图 6-10 2CK1-6 特性曲线

若控制电压为正极性，只需将二极管反接即可。这种方法由于二极管等效阻抗的变化，也会引起回路失谐和通带的变化。

下面简单计算一下这种方法的控制能力。如用 2CK1-6 作为分流元件，其电流电压曲线可由手册查得如图 6-10，如控制电压由 $0.1\text{V} \sim 0.5\text{V}$ ，并考虑管子结温度为 75°C ，可由曲线分别求出 0.1V 和 0.5V 时相应的二极管电导（曲线斜率）。

$$g_D(0.1\text{V}) = \frac{\Delta I}{\Delta U} \doteq 9\mu\text{S}$$

$$g_D(0.5\text{V}) \doteq 25\text{mS}$$

若受控三极管的 $y_{fe} = 50\text{mS}$ ，回路电导 $g_0 = 0.1\text{mS}$ ，管子输出电导 $g_{oe} = 500\mu\text{S}$ ，下级三极管输入电导 $g_i = 2\text{mS}$ ，则

$$U_c = 0.1\text{V 时}$$

$$K_0 = \frac{y_{fe}}{g_0 + g_i + g_{oe} + g_D} \doteq 20$$

$$U_c = 0.5\text{V 时 } K_0' \approx 2$$

因此控制倍数 $\frac{K}{K_0'} = 10$, 即20db。

3. 电子衰减器

利用电子衰减器, 同样可实现增益控制, 图6-11是一种最简单的电子衰减器电路, 二极管作为非线性电阻 R_D , 与电阻 R 组成分压器,

$$\frac{U_o}{U_i} = \frac{R_D}{R + R_D}$$

二极管受 U_c 控制, 输入信号小时, 若 $|U_c|$ 亦小, 二极管截止, 分压系数大。输入信号增大时, $|U_c|$ 加大, 使二极管导通, 分压系数减小, 使输出电压变化不大。这种方法对频率特性影响小, 且不改变放大器工作状态, 动态范围不会因之减小, 是常见的一种方法。

实际应用中电路形式很多, 下面举一实际线路。图6-12是用二极管2CK19作衰减器的延迟式自动增益控制实际线路, 图中二极管 D_1 、 D_2 、 D_3 组成T形衰减器, 所有电阻都是为了使二极管得到适当的工作电压, C_1 、 C_2 是耦合电容, 其他电容与扼流圈起滤波和馈电作用, D_4 、 D_5 、 D_6 三个二极管串接, 为保持A点有固定电位约2V, 避免在控制过程中由于受控二极管阻抗的变化, 而使A点电位跟着变化, 导致控制作用的减弱。

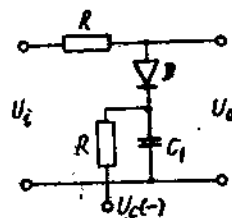


图 6-11 电子衰减器电路

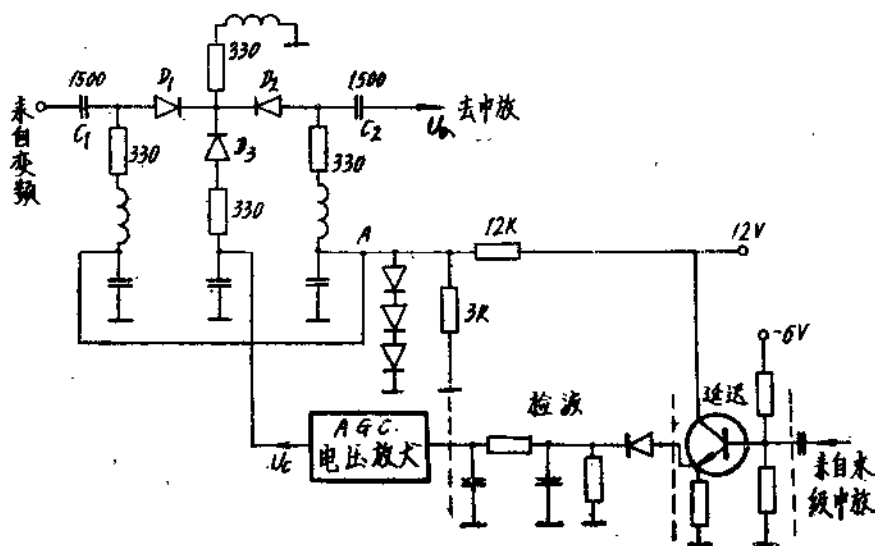


图 6-12 二极管衰减器线路

当接收机输入信号很小时, 延迟电路的作用使控制电压 $U_c = 0$, 此时 D_3 截止, D_1 、 D_2 导通呈低阻抗, 信号只经过很小的衰减加至中放, 当输入信号大于某一数值时, 延迟电路开始工作, 其输出在检波后得到与信号强度成正比的直流电压, 此时 AGC 电压放大器有输出, 增益控制开始起作用, 二极管 D_3 由截止变为导通, 随着 U_c 的增大, D_3 的导通电阻不断减小, D_1 、 D_2 的情况恰好相反, 电阻不断增加, 因此输入信号越大, 衰减器呈现的衰减越大, 达到自

动增益控制的目的。在衰减器输入 U_i 维持 160mv 情况下, 改变控制电压 U_c , 测得衰减器衰减特性如下表:

控制电压 U_c (v)	0	1	2	4	7
衰减倍数	1.6	2	130	320	800
衰减分贝数 (db)	4	6	42	50	58

说明此电路控制倍数可达 500 倍 (54db)。

这种受控电路有两个缺点, 一是不受控时也有插入衰减, 使总增益降低, 二是受控时衰减网络的输入阻抗会发生变化, 影响级间联接情况, 均有待进一步改进, 如已有人提出用受恒流源控制的双 T 网络作衰减器, 可解决输入输出阻抗不变的问题。

改变两级之间耦合强弱的具体电路名目繁多, 如用变容二极管代替级间耦合电容, 通过电容的变化即可改变级间的耦合等方法, 不再一一叙述。

4. 改变负反馈强度

“在生产斗争和科学实验范围内, 人类总是不断发展的, 自然界也总是不断发展的, 永远不会停止在一个水平上”。随着对接收机要求的提高, 增益控制的电路亦日趋完善, 为了避免增益控制电路带来的副作用, 逐渐找到了一些更好的方法, 改变负反馈强度就是其中一种。图 6-13 是这种方法的原理电路, 图中 BG1 为受控放大器, BG2 为控制放大器, R_1 为发射极公用电阻, 控制电压 U_c 为零时, 如发射极电压为 1.6 伏, BG2 基极电压为 1.3 伏, 则 BG2 截止, 当控制电压增大时, 使 BG2 导通, 同时信号也经过电容 C_1 、 C_2 耦合到 BG2 基极进行放大, 并在 R_1 上产生交流压降, 这电压对 BG1 而言即为负反馈电压, 因而使 BG1 增益下降, 达到控制的目的, 其控制能力可达 40db 左右, 并且对受控管直流工作状态影响较小, 对回路影响亦小, 是一种较好的方法。

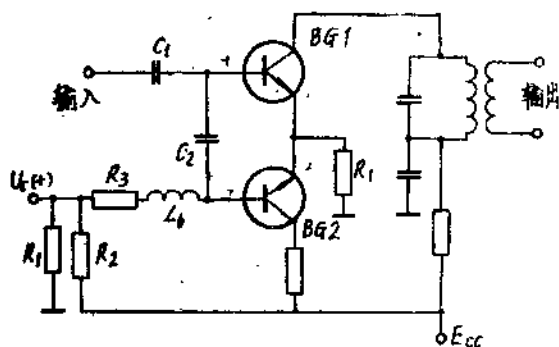


图 6-13 改变负反馈强度

四、受控级选择原则

接收机级数很多, 通常总是根据对 AGC 性能的要求控制其中几级, 究竟控制那些级呢, 应考虑以下几方面

(1) 保证各级都不过载, 即不进入饱和截止区。

(2) 由于增益控制造成的非线性失真要小;

(3) 不因为增益控制使信噪比下降。

要做到各级都不过载以及非线性小,受控级应尽量靠前,当信号尚未放得很大时,就加以控制。但从降低信噪比考虑,受控级又应靠后为好,说明以上几点要求是存在矛盾的,需妥善处理。常见的是控制中放前几级,必要时再控制高放部分。

此外还可采用分段控制法,当信号较小时,只控制中放部分,以保证各级不会过载,信噪比亦不至下降,当信号较大时,再增加控制级数,使控制能力加强。如某三次变频接收机输入在 $0-60\text{dB}\mu\text{V}$ (以 $1\mu\text{V}$ 为基准的 dB 数) 以内,控制第二中放, $60\text{dB}\mu\text{V}$ 以上,一中放开始受控,总的达到输入 $0-100\text{dB}\mu\text{V}$ 的变化范围,音频输出变化小于 5dB 。

五、时常数的选择

AGC 的目的是适应信号强度 (即载波大小) 的变化,以进行增益调节,而不希望对信号的调制带来什么影响,完成这任务主要靠正确选择控制电路中低通滤波器的时常数。“马克思、恩格斯、列宁、斯大林教导我们认真地研究情况,从客观的真实的情况出发,而不是从主观的愿望出发;”由于信号的形式不同,从这一实际情况出发,电路的时常数也应有所不同,现分述如下:

收调幅信号时:若 RC 时常数太小,会产生反调制,如图 6-14(a) 为输入调幅信号,当载波大小无变化时,控制电压应当为常数 A ,如图 14(b) 中直线 ①,若 RC 时常数过小,音频不能全部滤除,与直流一起送到受控级,这时控制电压成为图 14(b) 中曲线 ②,这控制电压在 t_1 时使增益减小, t_2 时使增益加大,这样信号的调制受到了额外的负反馈作用,即产生了反调制,将使调幅度减小,输出音频电压下降,以致影响接收机灵敏度,同时因调制频率不同,反调制程度就不同,又会造成频率失真。

当然 RC 时常数也不能太大,否则控制电压变化速度跟不上载波的变化,起不到应有的控制作用。通常收调幅信号时 $RC = 20\text{ms} \sim 200\text{ms}$,即截止频率约 $8\text{Hz} \sim 0.8\text{Hz}$ 。

收等幅报时:等幅报信号是断续的码元,如 AGC 控制电路的 RC 时常数太小,

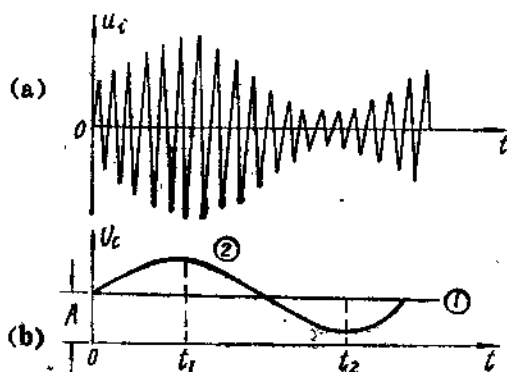


图 4-14 反调制作用

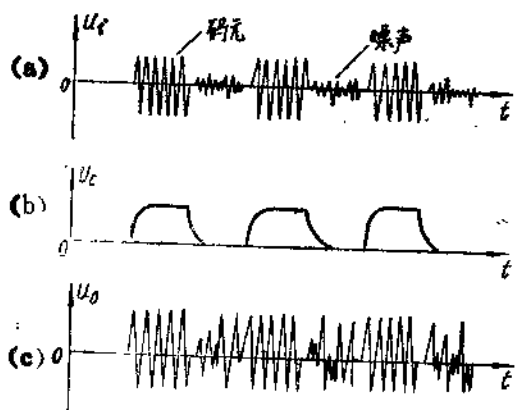


图 6-15 RC 太大引起错码

容易产生错码。如图 6-15(a) 所示, 码元间隙中总会有噪声存在, 若 RC 时常数太小, 两个码元间隙之间, 控制电压已恢复到零 (图 15(b)), 使码元间隙时增益很大, 从而把噪声放得很大, 如图 15(c), 以致产生错码, 所以收等幅报时, 时常数应稍大, 一般 $RC = 0.1 \sim 1$ 秒, 以保持码元间隙时控制电压下降很少。

收单边带话: 前面所讲的 AGC 系统, 其控制电压是随输入信号的载波大小变化, 这对于调幅制来说是完全适当的。但在单边带通信中, 载波是被抑制的, 因而只能从边带中提取 AGC 控制电压。而单边带信号的特点是: 对方发话时, 发射机有输出, 不发话时, 就没有输出, 在对方讲话的间隙之中接收机也没有输入信号, 因此对单边带接收机的 AGC 电路提出了一些特殊要求。情况与收报时相类似, 但要求更高一些。

(1) AGC 电压建立要快, 否则将产生图 6-16(b) 所示的包络前沿上升现象, 为了简单, 图中所画信号为单音调制的边带信号。因在讲话开始时, 由于控制电压来不及建立, 接收机

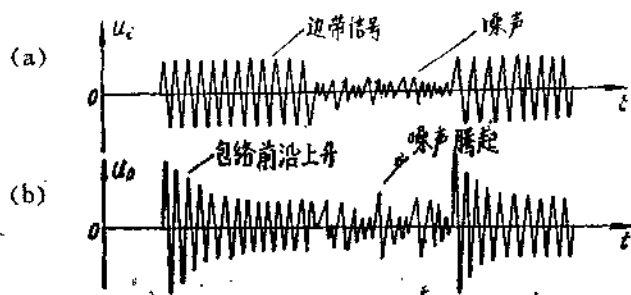


图 6-16 RC 时常数不适当的情况

增益来不及作相应调整, 仍处于高增益状态, 信号会被放大得过大, 出现前沿上升, 造成信号失真, 因此要求 AGC 控制电路中充电时常数要小, 使控制电压能很快建立起来, 一般可取 1~10 毫秒。收报中这样现象也存在, 但因收报时波形失真不是主要问题, 可不考虑。

(2) AGC 电压放电要慢, 否则会出现噪声腾起现象。在话音间隙中, 与电报信号情况相同, 虽没有信号, 但存在噪声, 若控制电压在话音间隔内不能维持一定时间而迅速消失, 将使增益突然上升, 噪声放得很大, 形成噪声腾起, 以致降低接收的输出信噪比。因此要求控制电路放电要慢, 可取 $RC = 0.2 \sim 0.5$ 秒。

采用了快充一慢放的时常数之后, 前沿上升和噪声腾起现象基本可以克服。图 6-17 是一种快充慢放的电路, 图中因直流放大器有较强负反馈, 输入电阻较大, 可忽略不计, 所以充电时常数近似为 $R_1 C = 0.01$ 秒, 放电时常数近似为 $R_2 C = 0.2$ 秒。

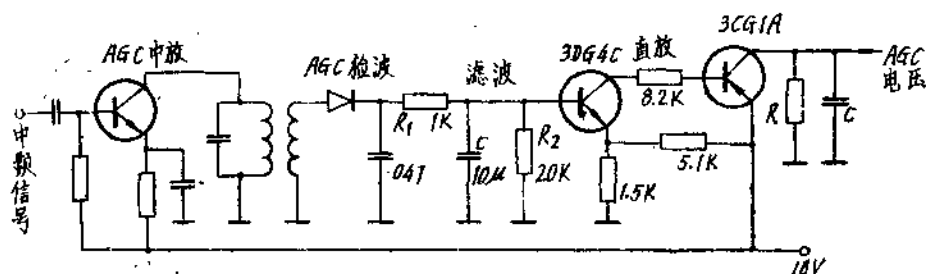


图 6-17 快充慢放的 AGC 控制电路

在要求更高的情况下,对单边带接收机 AGC 电路时常数还有进一步的要求,就是当确认信号结束后,AGC 电路恢复要快,使接收机迅速回到不受控制状态,准备接收新的信号,因此必须能分清讲话的间隙和讲话的结束,以便区别对待,在电路中需增加一个控制网络,如以 1 秒作为界限,1 秒以内没有收到信号就认为是讲话间歇,则电路按“慢放”工作,1 秒以上的信号消失认为是讲话结束,则控制网络在 1 秒以后即产生一个控制电压使放电时常数加快,以便让控制电压很快消失。完成这一任务的电路很多,不再具体讨论。

六、AGC 的计算

AGC 计算的任务主要是根据所提要求,确定受控的级数以及控制电路的放大倍数等等。

通常已知条件有:输入信号变化倍数 a ; 允许输出电压变化倍数 b ; 输入信号所需考虑的最小值 U_{imin} (即起控点); 以及与其相应的中放输出电压 U_{min} (即已知最大增益)。

1. 总增益及其变化倍数

最小输入信号对应着最大增益,所以

$$K_{max} = \frac{U_{0max}}{U_{imin}} \quad (6-1)$$

最小增益对应输入信号最大时的增益

$$\begin{aligned} K_{min} &= \frac{U_{0max}}{U_{imax}} = \frac{U_{0min} \cdot b}{U_{imin} \cdot a} \\ &= K_{max} \frac{b}{a} \end{aligned} \quad (6-2)$$

则增益变化倍数应为

$$\frac{K_{max}}{K_{min}} = \frac{a}{b} \quad (6-3)$$

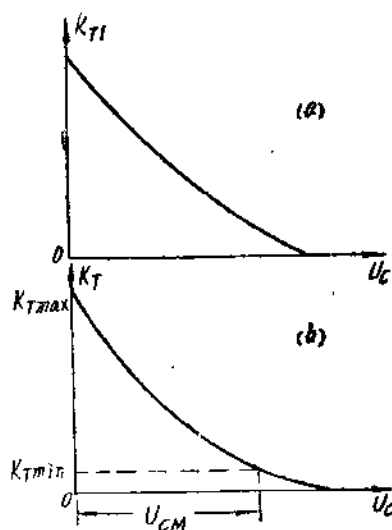


图 6-18 受控级控制特性

2. 最大控制电压 U_{CM} 的确定

为了得到 $\frac{a}{b}$ 这么大的增益变化,应有多大控制电压呢?这必需从控制特性入手,如一级受控级的控制特性如图 6-18(a),此特性可通过计算或实测得到。若初步确定控制 n 级,总的控制特性应为各级特性曲线相乘(或由测试求得),如图 6-18(b),由曲线变得 $U_c = 0$ 时,受控级的最大增益为 K_{Tmax} ,根据增益变化范围,可求出受控级最小增益应为

$$K_{Tmin} = K_{Tmax} \frac{b}{a}$$

即可由曲线查得相应于 K_{Tmin} 的控制电压 U_{CM} ,说明只有 U_{CM} 这么大的控制电压,才能使总增益变化 $\frac{a}{b}$ 。

3. 控制电路的程式及参数确定

若采用延迟放大式 AGC, 如图 6-3 方框图, 并在 AGC 检波器上加延迟电压 E_z , 如图 6-19, 并取 $E_z = U_{0\min}$, 那么当输入信号大于 $U_{i\min}$ 时, 控制电路即有电压输出, 并开始起控, 起控以后控制电压应为

$$U_c = K_d K_A (U_0 - E_z) \quad (6-6)$$

其中 K_d 为 AGC 检波器传输系数, 可估计为 0.5-0.8; K_A 为直流放大器增益, 是待定值; U_0 为中频放大器输出的载波振幅。由此相应于最大输出时的控制电压为

$$U_{cM} = K_d K_A (U_{0\max} - E_z) \quad (6-5)$$

U_{cM} 已根据增益变化的要求求出, 所以直流放大器增益应为

$$K_A = \frac{U_{cM}}{K_d (U_{0\max} - E_z)} \quad (6-6)$$

若计算所得结果有不合理或不易实现的情况, 则说明存在问题, 毛主席教导我们“把第一个阶段得到的认识放到社会实践中去, 看这些理论、政策、计划、办法等等是否能得到预期的成功。一般的说来, 成功了的就是正确的, 失败了的就是错误的, 特别是人类对自然界的斗争是如此。”这时可重新确定受控级数等参数, 另行计算。

有时为了更粗略的估算, 还可采用以下的方法进行, 如要求输入变化 $a = 100\text{db}$ 时输出变化 $b < 10\text{db}$, 则总的 AGC 控制能力为 90db , 若估计每级的控制能力为 25db , 那么需控制的级数

$$n = \frac{90}{25} = 3.6$$

取 4 级受控级即可, 是否能达到指标要求, 尚需通过实测调整。

§ 2 自动频率控制 (简称 AFC)

一、AFC 的基本原理

AFC 是一种用于稳定频率的系统, 利用频率负反馈的原理达到稳频的目的, 因为是频率负反馈, 与电压负反馈相比, 有其特殊性, 毛主席教导我们: “关于矛盾的特殊问题应当着重地加以研究。”下面我们就重点分析其特殊性。

AFC 最基本的组成如图 6-20, 它由频率鉴别器、滤波器和压控振荡器三部分组成, 频



图 6-20 AFC 基本组成