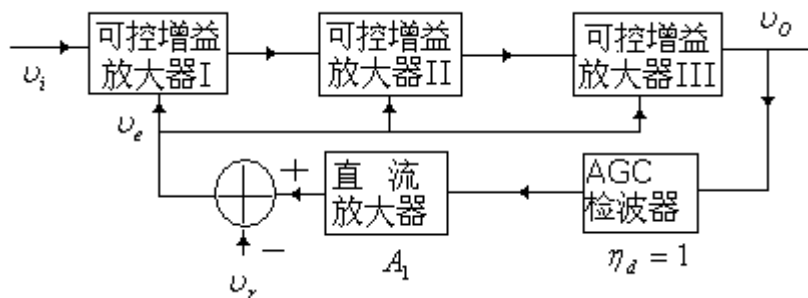


## 第9章习题解答

【9-5】题图 P9-5 所示为接收机 AGC 电路的组成方框图，已知  $\eta_d=1$ ，三级可控增益放大器的增益控制特性相同，每级均为： $A(v_e) = \frac{20}{1+2v_e}$

当可控增益放大器输入电压振幅  $(V_{im})_{\min}=125\mu\text{V}$  时，输出电压振幅  $(V_{om})_{\min}=1\text{V}$ 。若当  $(V_{im})_{\max}/(V_{im})_{\min}=2000$  时，要求  $(V_{om})_{\max}/(V_{om})_{\min}\leq 3$ ，试求直流放大器的增益  $A_1$  及基准电压  $v_r$  的最小允许值。



题图 P9-5

解：三级放大器级联，这时的放大器的电压增益为：

$$A = A_I A_{II} A_{III} = \frac{8000}{(1+2v_e)^3}$$

$$v_e = (\eta_d v_o A_1 - v_r)$$

$$v_o = \frac{8000v_i}{[1+2(\eta_d v_o A_1 - v_r)]^3} \Rightarrow \frac{8000}{[1+2(\eta_d A_1 - v_r)]^3} = \frac{v_o}{v_i} = \frac{1}{125 \times 10^{-6}} = 8000 \Rightarrow$$

$$[1+2(\eta_d A_1 - v_r)]^3 = 1 \Rightarrow 1+2(A_1 - v_r) = 1 \Rightarrow A_1 = v_r$$

$$v_o = \frac{8000v_i}{[1+2(\eta_d v_o A_1 - v_r)]^3} \Rightarrow \frac{v_{o\max}}{v_{o\min}} = \frac{v_{i\max}/v_{i\min}}{\left[\frac{1+2(v_{o\max} A_1 - v_r)}{1+2(v_{o\min} A_1 - v_r)}\right]^3} \leq 3 \Rightarrow$$

$$\left[\frac{1+2(v_{o\max} A_1 - v_r)}{1+2(v_{o\min} A_1 - v_r)}\right]^3 \geq \frac{2000}{3} \Rightarrow \frac{1+2(v_{o\max} - 1)v_r}{1+2(v_{o\min} - 1)v_r} \geq \frac{10\sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{3}}$$

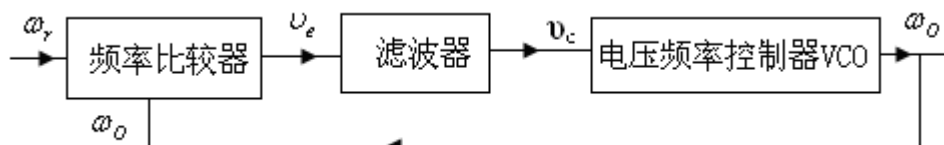
$$1+2(v_{o\max} - 1)v_r \geq \frac{10\sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{3}} [1+2(v_{o\min} - 1)v_r] \Rightarrow$$

$$[2(v_{o\max} - 1) - \frac{20\sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{3}}(v_{o\min} - 1)]v_r \geq \frac{10\sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{3}} - 1 \Rightarrow \quad \text{输出电压的最小值为 } 1\text{V 代入}$$

$$v_r \geq \frac{2(v_{o\max} - 1) - \frac{20\sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{3}}(v_{o\min} - 1)}{\frac{10\sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{3}} - 1} = \frac{2 \times 2}{\frac{10\sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{3}} - 1} = 0.517$$

**【9-6】** AFC 的组成包括哪几部分，其工作原理是什么？

**解：** AFC 电路的组成框图如图所示，它包括频率比较器，滤波器和电压频率控制器等。其基本工作过程是将电压频率控制器中反馈的频率与参考频率进行比较并将其转换为误差电压，误差信号正比于参考频率与输出频率之差，控制对象是输出频率。因此，分析 AFC 电路应着眼于频率。其三个组成部分的工作原理为：



### 1、频率比较器

加到频率比较器的信号，一是参考信号，一是反馈信号，它的输出电压  $v_e$  与上述的两个信号的频率差有关，而与这两个信号的幅度无关，同样地，称比较器输出的电压信号  $v_e$  为误差信号。

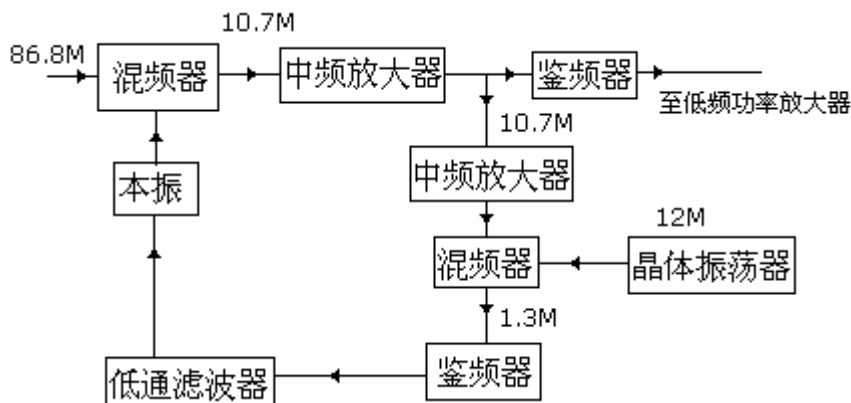
### 2、电压频率控制电路

电压频率控制电路又称为电压控制振荡器，是自动频率控制电路的重要组成部分。电压频率控制电路的作用是在控制信号  $v_c$  的作用下，使输出信号的频率随着控制电压的变化而变化。

### 3、滤波器

这是一个低通滤波器。根据频率比较器的原理，误差信号  $v_e$  的大小与极性反映了  $\omega_r - \omega_o$  的大小与极性，而  $v_e$  的频率则反映了频率差  $\omega_r - \omega_o$  随时间变化的快慢。因此，滤波器的作用是限制反馈环路中流通的频率差的变化频率，只允许频率差较慢的变化信号通过实施反馈控制，而滤除频率差较快的变化信号使之不产生反馈控制作用。

**【9-8】** 某调频通信接收机的 AFC 系统如题图 9-8 所示。试说明它的组成原理，与一般调频接收机 AFC 系统相比有什么区别？有什么优点？若将低通滤波器省去是否可正常工作？能否将低通滤波器的元件合并到其他元件中去？



题图 9-8

**解：** 这是一个采用自动频率微调电路的调频接收机的组成方框图。它与通常的调频接收机相比，增加了一个中频放大器、混频器、鉴频器、低通滤波器和一个晶体振荡器等组成部分；同时将本机振荡器改为压控振荡器。图中，中频放大器的输出中频信号除送到鉴频器获得所需解调信号外，还送到混频器进行鉴频，将偏离于额定中频的频率与标准频率 12M 的误差频率经过鉴频后变换为误差电压，而后将该电压通过窄带低通滤波器作用到 VCO 上，控制 VCO 的振荡角频率，产生一个本振信号，使偏离于额定中频的频率误差减小。这样，当环路锁定时，接收机的输入调频信号的载波频率和 VCO 振荡的本振频率之差接近于额定中频。因此，

采用自动频率微调电路后，中频放大器的带宽小、同时使用中频与参考频率混频，将混频器的输出的信号频率经过鉴频器转换为控制电压，增大了鉴频的频率范围，有利于提高接收机的灵敏度和选择性。

若将低通滤波器省去，鉴频器输出的高频信号可能影响本振 VCO 的输出频率，可能使输出的本振频率不稳定，使接收机无法工作，可以将低通滤波器合到鉴频器中。