

怎样看电视机电路图

赵忠卫 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

随着人民物质文化生活水平的提高,电视机的品种日益增多。电视机修理人员除必须掌握修理技术外,还应进一步掌握对电视机电路的读图方法,以便举一反三。

本书主要介绍识别电视机电路图的方法,内容包括直流等效电路分析法、交流等效电路分析法、电路的时间常数分析法、电路的频率特性分析法、电路的动态分析法、整机电路识读方法等。可供电视机修理员和比较熟练的无线电爱好者阅读。

怎样看电视机电路图

赵 忠 卫 编著

责任编辑:胡关霞

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

*

开本 787×1092 1/32 1983年11月第一版

印张 6 16/32 页数 104 1983年11月北京第一次印刷

字数 147千字 插页 1 印数: 1—290,000册

统一书号: 15045·总2771 96252

定价: 0.58元

目 录

引言	1
第一章 直流等效电路分析法	3
一、直流等效电路的绘制方法	3
二、直流等效电路的分析与计算	4
1. 简单偏置电路	6
2. 电流负反馈简单偏置电路	9
3. 电压负反馈偏置电路	14
4. 电压电流复合负反馈偏置电路	15
5. 电流负反馈分压偏置电路	15
6. 复合反馈分压偏置电路	18
三、直流等效电路分析法的应用举例	19
1. 金星牌 C 49-312 彩色电视 Y' 放大电路分析	19
2. 索尼(sony)-122 CH 电视机图象中放通道分析	28
3. 友谊 JD 16 电视机场放大电路分析	31
第二章 交流等效电路分析法	37
一、交流等效电路的绘制方法	37
二、交流等效电路分析法的应用举例	42
1. 电视机中频放大器分析	42
2. 日立 CTP-216 高频头本振电路分析	44
第三章 电路的时间常数分析法	51
一、电路时间常数的概念	51
1. 无信号源的单电容多回路电路	54
2. 无信号源的单电感多回路电路	55

3. 具有恒压源的单电容多回路电路	55
4. 具有恒压源的单电感多回路电路	56
5. 具有恒流源的单电容多回路电路	57
6. 具有恒流源的单电感多回路电路	57
二、信号通过单时间常数电路时的情况	58
1. 信号通过微分电路	58
2. 信号通过耦合电路	60
3. 信号通过积分电路	61
三、信号通过双时间常数电路时的情况	62
1. 信号通过双时间常数 RC 积分电路	62
2. 信号通过峰值检波电路	65
3. 信号通过箝位电路	66
第四章 电路的频率特性分析法	70
一、由 L 、 C 组成的二端网络的频率特性分析方法	70
1. 单元件电抗二端网络	70
2. 双元件电抗二端网络	71
3. 多元件电抗二端网络	76
4. 二端电抗网络应用举例	76
二、由 R 、 C 、 L 组成的四端网络的频率特性分析方法	83
1. 滤波器概述	84
2. K 式滤波器的分析	87
3. m 式滤波器的分析	93
4. 频率吸收回路分析	95
5. 四端网络的图解分析方法	105
三、阻容耦合放大器的频率特性分析方法	110
四、选频放大器电路的频率特性分析方法	114
1. 单调谐选频放大器的分析	115
2. 双调谐选频放大器的分析	119
五、直流耦合放大器的频率特性分析方法	124

引 言

能否正确识读和分析电路是电视机修理技术人员能否迅速排除故障的关键。识读和分析电路的快慢也反映了一个修理员基础知识、专业知识掌握的程度。一般来说,掌握的基础知识、专业知识的面越广、程度越深,则识读电路的速度就越快,对电路各部分工作原理的分析就越透,对各元件作用的判别也准确,也就能很快找到故障所在。

虽然识读电路的快慢与一个人所掌握的知识面及专业知识的程度有关,但如果能掌握一些识读电路的方法和技巧,对分析电路是有帮助的。

识读电视机电路图的基本过程,可以归纳成如下四句话:

原理心中藏,
方框贯全图;
图中疑难处,
“等效”才清楚。

所谓“原理心中藏”,就是说要学习和掌握被分析系统的基本工作原理,以便在分析各个具体电路时应用。

所谓“方框贯全图”,就是把所要分析的原理图,按照其中各部分电路的功能画出方框图。这对电路图来说是进行了一次简化,而对被分析系统的认识来说却是一次深化。它对我们弄清原理图中各级之间的相互联系以及信号在电路中的来龙去脉是非常有益的。

看不懂某部分电路图,不外乎两种情况:一种是对该电路

在该处的作用不清楚。也就是说，不知道该电路的输入、输出信号的状况。如果知道了它的输入、输出信号，就容易推断出该电路的作用了。例如一旦知道其输入、输出信号的形状一样，只是幅度不同，那么这电路不是放大电路就是衰减电路；如果输入是正弦波，而输出应是梯形波，则该电路一定是波形整形、限幅电路……。

画出整机的方框图后，就不难判断出各级电路的输入、输出信号的种类了。

另一种情况是已知该电路在整机中的作用，但不知道该电路是怎样起这一作用的。这原因多是由于对基本电路不很熟悉，或具体电路中附加元件较多，电路某些方面有点“变形”所致。遇到这种情况时，最好的办法是将电路简化，并画出其交流及直流等效电路，然后再来分析。

经常用来分析电路的方法不外下列几种：

- (1) 直流等效电路分析法；
- (2) 交流等效电路分析法；
- (3) 电路的动态分析法；
- (4) 电路的频率特性分析法；
- (5) 电路的时间常数分析法。

当然，上述几种方法的运用，还必须建立在熟悉晶体管基本电路（例如放大电路、振荡电路、开关电路、波形变换电路……）的基础之上。

第一章 直流等效电路分析法

所谓直流等效电路分析法，就是对被分析电路的直流系统进行单独分析的一种方法。在进行这种分析的时候，完全不考虑电路对输入信号的处理功能。只考虑电路在加接电源以后，由电源电压直接引起的电路中静态直流电流、电压以及它们之间的相互关系。

采用直流等效电路分析法所要达到的目的有以下五个：

- (1) 了解被分析电路的直流系统。
- (2) 知道晶体管静态工作点，掌握其静态工作状态和偏置性质。
- (3) 弄清级与级之间的耦合方式。
- (4) 计算某些关键点的静态工作电压。
- (5) 分析电路中有关元件，特别是电阻、二极管等在电路中的作用。

达到了上述五个目的以后，就为电路的动态分析打下了基础。

一、直流等效电路的绘制方法

分析电路直流系统的具体方法是绘制直流等效电路。绘制时可按以下四个原则进行。

- (1) 电容器一律看作开路。因为电容器对直流来说，其阻抗为无穷大。

(2) 能忽略直流电阻的电感一律看作短路；不能忽略电阻成分的电感等效成电阻。

(3) 取降压退耦后的电压作为等效电路的供电电压。

(4) 把反偏状态的二极管看成开路。

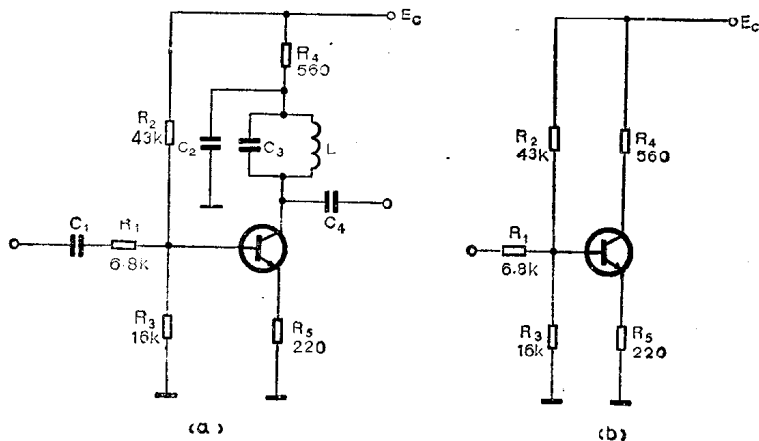


图 1-1 LC 选频放大器

例如图 1-1 (a) 是 LC 选频放大器的实际电路。根据上述四个绘制直流等效电路的原则，把 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 看作开路，把 L 看成短路，则电路就变成了如图 1-1 (b) 所示那样。这就是图 (a) 的直流等效电路。

二、直流等效电路的分析与计算

电路的直流系统与晶体管的直流偏置有着直接的联系，因此在分析电路的直流系统时，应把重点放在晶体管的偏置电路上。

晶体管静态时的偏置性质、工作状态以及电路属性大致可

归纳成表 1-1 所示。

表 1-1 晶体管偏置与电路性质的大致关系

偏置性质	静态时工作状态	电 路 性 质
无 偏 置	乙 类	多数为脉冲处理电路
反 偏 置	丙 类	脉冲或直流处理电路
正向偏置	甲类、甲乙类	多数属放大电路，少数属脉冲处理电路

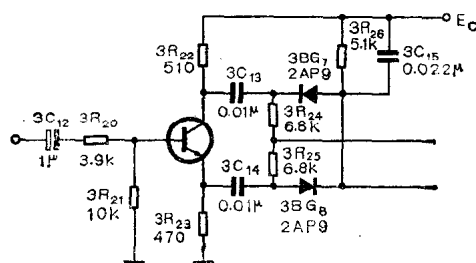


图 1-2 无偏置电路

无偏置就是在静态时晶体管基极不加直流电压的晶体管电路，如图 1-2 所示。由于静态时晶体管不加直流偏置电压，其基极回路中就无电流产生，因此在静态时晶体管是截止的，其它电极的回路中也就不会有电流产生。对于这种电路，静态时不必作什么计算。

所谓反偏置，就是静态时晶体管 $b-e$ 间加有反向偏置电压（对 PNP 管来说基极为正压，对 NPN 管来说基极是负压）的晶体管电路。图 1-3 就是这种电路。这里由于 $3R_{12}$ 、 $3R_{10}$ 的分压，在 $3R_{10}$ 上有一压降，它使 $3BG_3$ 的基极为正，发射极为负。就是说，静态时晶体管 $b-e$ 的 PN 结处于反偏，因此晶体管处于截止状态，其基极回路无电流，其它电极回路中也无

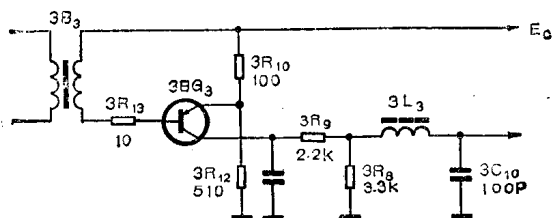


图 1-3 反偏置电路

电流产生。在这种电路中，所要研讨的是晶体管的反偏程度，以了解动态时晶体管在多大输入信号时才能从截止变为导通。

在图 1-3 中可以看出，只要求出发射极电压 U_e ，就可知道晶体管 $3BG_3$ 的反偏大小。已知 E_c 为正 12 伏，

$$U_e = \frac{3R_{12}}{3R_{12} + 3R_{10}} \cdot E_c = \frac{510}{510 + 100} \times 12 = 10.03 \approx 10 \text{ V}$$

由于 $3BG_3$ 反偏，基极无电流，在 $3R_{13}$ 及 $3B_3$ 上无直流压降，因此基极电压等于电源电压 E_c 为正 12 伏。根据求得的发射极电压可知， $3BG_3$ 的 $b-e$ PN 结反偏为 $12 - 10 = 2$ 伏。如果 $3BG_3$ 为硅管，那么输入信号只有大于 2.7 伏以后， $3BG_3$ 才能从截止变成导通而进入动态。如果 $3BG_3$ 为锗管，则输入信号必须大于 2.2 伏。

正向偏置，就是指在静态时晶体管基极与发射极间加有使发射结为正偏的直流电压。由于各种电路所担负的使命不相同，因此对晶体管所施加的正向偏置的程度也不相同。在电视机电路中，晶体管偏置型式有很多种。下面分别介绍采用不同偏置型式的电路静态工作点的计算方法。

1. 简单偏置电路

简单偏置的基本型式如图 1-4 所示。图 1-5(a) 所示电路

就是一种简单偏置的实际电路。这个电路的直流等效电路如图 1-5(b) 所示。

对于图 1-4 所示的简单偏置电路，当集电极电源电压 E_c 、集电极负载电阻 R_c 、基极电阻 R_{b1} 、晶体管的 β 被确定以后，放大器的静态工作点完全可以通过简单计算来求得。

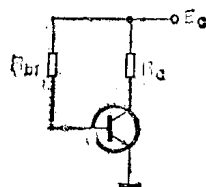


图 1-4 简单偏置的基本型式

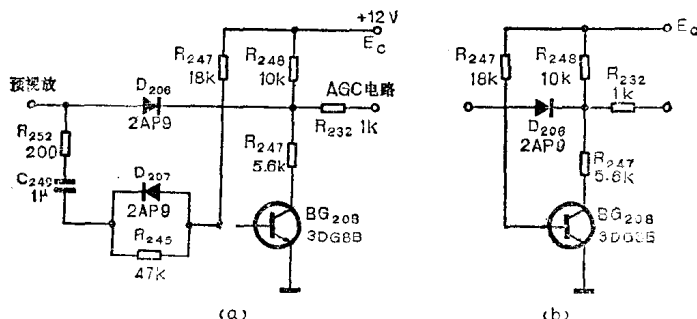


图 1-5 简单偏置的实际电路 (飞跃 9D54 抑噪电路)

晶体管的静态工作点由静态基极电流 I_{b0} 、集电极电流 I_{c0} 、集电极电压 U_{c0} 、发射极电压 U_{e0} 决定。由于简单偏置电路的晶体管发射极没有接直流负反馈电阻，因此 $U_{e0} = 0$ 。留下的 I_{b0} 、 I_{c0} 、 U_{c0} 可由下面一组公式求得：

$$I_{b0} = \frac{E_c - U_{be0}}{R_{b1}} \quad (1-1)$$

式中： U_{be0} 为晶体管 $b-e$ 导通时的结降压，硅管为 0.7 伏左右，锗管为 0.2 伏左右。

$$I_{c0} = \beta I_{b0} \quad (1-2)$$

$$U_{c0} = E_c - I_{c0} \cdot R_c \quad (1-3)$$

为了知道静态时晶体管处在什么状态，在具体计算 I_{b0} 、 I_{c0} 、 U_{c0} 以前，应先求出该晶体管电路可能发生的最大或晶体管饱和时的集电极电流 I'_{cm} 。

$$I'_{cm} = \frac{E_c - U_{ces}}{R_c} \quad (1-4)$$

式中： U_{ces} 为晶体管 $c-e$ 饱和压降，可从晶体管手册中查得。

求出该晶体管饱和时的集电极电流 I'_{cm} 后，再求 I_{b0} 、 I_{c0} 、 U_{c0} 这三个参数。如果被分析的电路是采用电阻作集电极负载的，只要取其中的 I_{c0} 与 I'_{cm} 作比较，便可知道静态时晶体管的工作状态。对比结果，不外乎有下面几种情况：

(1) $I_{c0} < \frac{1}{10} I'_{cm}$ ：说明晶体管处于微微导通状态。对于采用电阻作集电极负载的电路来说，静态工作状态属甲乙类。

(2) $I_{c0} \approx \frac{1}{2} I'_{cm}$ ：说明晶体管处于良好导通状态，静态工作状态属甲类。

(3) $I_{c0} \approx I'_{cm}$ ：说明晶体管处于饱和导通状态。

(4) $I_{c0} > I'_{cm}$ ：说明晶体管处于深度饱和导通状态。必须注意，这里的 I_{c0} 是根据 I_{b0} 计算获得的。但晶体管进入饱和导通后， $I_{c0} = \beta I_{b0}$ 就不再成立，因此实际上 I_{c0} 是不会大于 I'_{cm} 的。这里只是利用 I_{b0} 与 β 的乘积结果来定性地说明确管的工作状态。

图 1-5 所示电路的晶体管采用 3DG8B 蓝点硅管，故 β 值约为 100。根据其电路中元件参数，求得 I'_{cm} 、 I_{b0} 、 U_{c0} 如下：

$$\begin{aligned} I'_{cm} &= \frac{E_c - U_{ces}}{R_c} = \frac{12 - 0.3}{10 \times 10^3 + 5.6 \times 10^3} = \frac{11.7}{15.6 \times 10^3} \\ &= 0.75 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$I_{b0} = \frac{E_c - U_{be0}}{R_{b1}} = \frac{12 - 0.7}{18 \times 10^3} = \frac{11.3}{18 \times 10^3} \approx 0.63 \text{ mA}$$

$$I_{c0} = \beta \cdot I_{b0} = 100 \times 0.63 \times 10^{-3} = 63 \text{ mA}$$

从计算结果中可以看到： $I_{c0} \gg I'_{cm}$ 。这说明图 1-5 电路静态时其晶体管处于深度饱和状态。

对于采用 LC 回路作集电极负载的电路，由于电感 L 的直流电阻通常小到可以被忽略，因此利用式 (1-4) 求得的饱和集电极电流 I'_{cm} 就很大，这样就不能采用 I_{c0} 与 I'_{cm} 相比来确定晶体管静态时的工作状态。不过在电视机中采用 LC 回路作集电极负载的电路属选频放大电路，而选频放大电路的直流工作点通常大都选择在交流负载线（交流动态范围）的中点，因此其工作状态绝大多数是甲类。

2. 电流负反馈简单偏置电路

电流负反馈简单偏置电路的典型型式如图 1-6 所示。其静态时工作点的求解公式如下：

$$I_{c0} = \frac{E_c - U_{be}}{\frac{R_b}{\beta} + R_e} \quad (1-5)$$

$$U_{c0} = E_c - I_{c0} R_c \quad (1-6)$$

$$I_{b0} = \frac{I_{c0}}{\beta} \quad (1-7)$$

$$U_{e0} \approx I_{c0} R_e \quad (1-8)$$

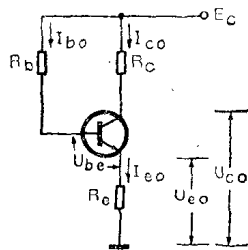


图 1-6 电流负反馈简单偏置电路

通过上述这组公式求得晶体管有关电流电压的静态参数以后，如何判断晶体管的静态工作状态呢？对于采用电阻作集电极负载的电路，其方法仍然是先求出在晶体管饱和导通情况下，电路的最大集电极电流 I'_{cm} ，然后将 I_{c0} 与它对比。小信

号情况下，对于采用 LC 回路作集电极负载的电路，无特殊情况时都可看成甲类。

图 1-7(a) 为金星 C47-112 机的 (G-Y) 色差放大器实际

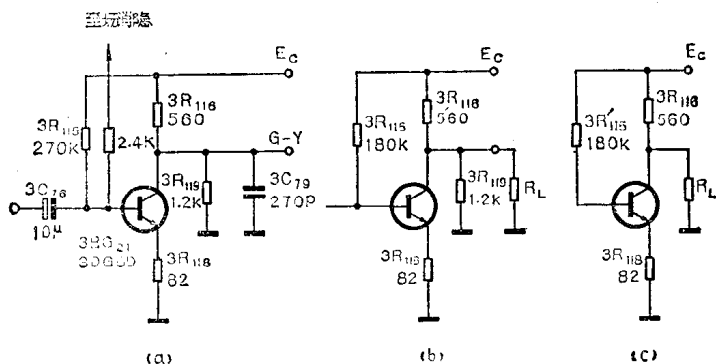


图 1-7 金星 C47-112 (G-Y) 放大器

电路。这就是一个典型的电流负反馈简单偏置电路，其直流等效电路如图 1-7(b) 所示，图中 R_L 为下一级晶体管电路的输入电阻（因为是直接耦合，故必须计入）。如设 R_L 为 10 千欧，则图 1-7(b) 可以简化成如图 (c)，图中 R_L' 为 R_{119} 与 R_L 并联后的等效电阻，其阻值为：

$$R_L' = \frac{R_L \cdot R_{119}}{R_L + R_{119}} = \frac{10 \times 10^3 + 1.2 \times 10^3}{10 \times 10^3 + 1.2 \times 10^3} = \frac{12 \times 10^6}{11.2 \times 10^3} \\ = 1.07 \times 10^3 \Omega = 1.07 \text{ k}\Omega$$

根据图 1-7(c) 便可计算它的静态工作点。

静态集电极电流：

$$I_{c0} = \frac{E_c - U_{be0}}{\frac{R_{b1}}{\beta} + R_e} = \frac{E_c - U_{be0}}{\frac{R'_{115}}{\beta} + R_{118}}$$

$$= \frac{12 - 0.7}{\frac{180 \times 10^3}{100} + 82} = \frac{11.3}{1800 + 82}$$

$$\approx 6 \text{ mA}$$

流过 R'_L 中的电流 I' 为

$$\begin{aligned} I' &= \frac{E_c - I_c R_c}{R'_L + R_c} = \frac{E_c - I_c R_{116}}{R'_L + R_{116}} \\ &= \frac{12 - 6 \times 10^{-3} \times 560}{1.07 \times 10^3 + 560} = \frac{12 - 3.36}{1630} \end{aligned}$$

$$\approx 5.3 \text{ mA}$$

流过 R_{116} 的总电流:

$$I = I_c + I' = 6 + 5.3 = 11.3 \text{ mA}$$

静态集电极电压:

$$\begin{aligned} U_{c0} &= E_c - I \cdot R_c = 12 - 11.3 \times 10^{-3} \times 560 \\ &= 12 - 6.33 = 5.67 \text{ V} \end{aligned}$$

静态发射极电压:

$$\begin{aligned} U_{e0} &= (I_{c0} + I_{b0}) \cdot R_e \approx I_{c0} \cdot R_e \\ &= 6 \times 10^{-3} \times 82 = 0.49 \text{ V} \end{aligned}$$

电路饱和时的集电极电流 I'_{cm} 为

$$I'_{cm} \approx \frac{E_c}{R_e + R_c} = \frac{E_c}{R_{118} + R_{116}} = \frac{12}{82 + 560}$$

$$\approx 18.69 \text{ mA}$$

由于 $I_{c0} = 6 \text{ mA}$ 、 $I'_{cm} = 18.69 \text{ mA}$ ，可以知道静态时晶体管工作在甲类状态。

采用直接耦合的电路，在计算本级静态工作点时，要考虑下一级电路的输入电阻对本级工作点的影响。常见的下一级的输入电路见图 1-8，要求从 AB 二端看进去的总输入电阻，

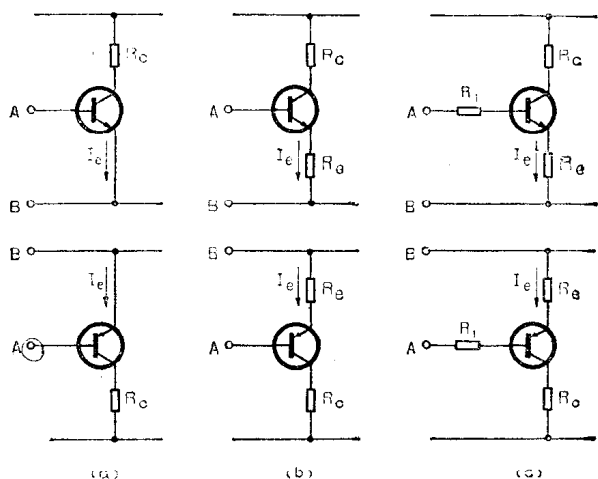


图 1-8 各种型式的基极输入回路

关键在于求出晶体管 $b-e$ 之间的输入电阻。晶体管 $b-e$ 之间的等效电路如图 1-9 所示，其中的 r_e 包括发射结电阻 r'_{be} 和发射极体电阻 r_{ee} ，对一般低频管来说 r'_{be} 约在 300 欧左右，

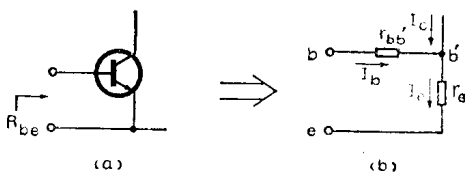


图 1-9 晶体管 $b-e$ 间等效电路

其 $b-e$ 间的输入电阻 R_{be} 可用下式求得：

$$R_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26(\text{mV})}{I_e(\text{mA})} \quad (1-9)$$

式中： $r_{bb'}$ 为晶体管的基区体电阻，在晶体管特性手册中可查到，一般为几十至几百欧； I_e 为发射极电流。

从式中可见, R_{be} 与发射极电流有关。若发射极电流大, 则输入电阻就小。这是因为 I_e 大时结电阻 r_{be}' 就小的缘故。一般来说, I_e 在 1~2 毫安时, 用 (1-9) 式求出的 R_{be} 值是较精确的。当 I_e 较大时, 求出的 R_{be} 值误差较大, 但不影响对电路的粗略估算。

求出了晶体管的 R_{be} 以后, 就可以求出图 1-8 所示各电路的输入电阻。图 1-8(a) 电路 AB 端输入电阻求解公式为:

$$R_{AB} = r_{be}' + (1 + \beta) \frac{26}{I_e} \quad (1-10)$$

图 1-8 (b) 电路 AB 二端输入电阻 求解公式为:

$$R_{AB} = R_{be} + (1 + \beta) \cdot R_e \quad (1-11)$$

图 1-8 (c) 电路 AB 二端输入电阻求解公式为:

$$R_{AB} = R_1 + R_{be} + (1 + \beta) \cdot R_e \quad (1-12)$$

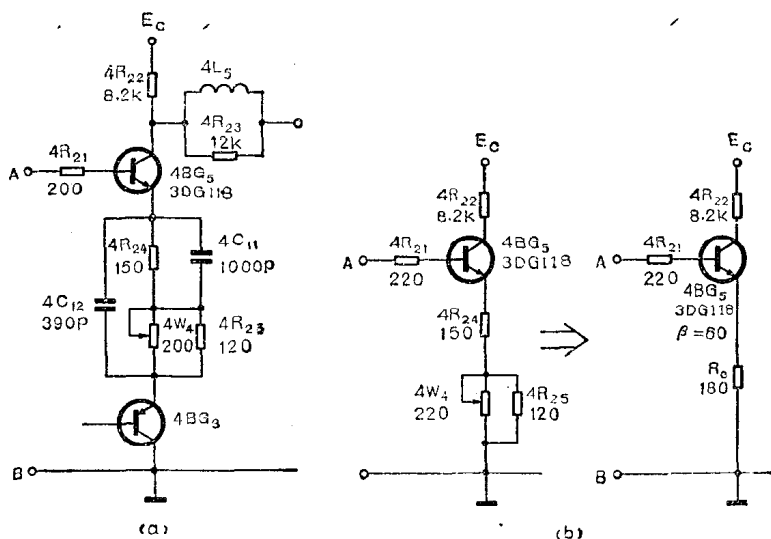


图 1-10 金星 C 47-112(G-Y) 基色矩阵电路