

一、设计题目

小功率调幅发射机

二、设计目的、内容及要求

2.1 设计目的

(1) 加深对高频电子线路理论知识的掌握，使所学的知识系统、深入地贯穿到实践中。

(2) 提高同学们自学和独立工作的实际能力，为今后课程的学习和从事相应工作打下坚实基础。

2.2 设计原理

小功率调幅发射机的设计

(1) 掌握小功率调幅发射机原理；

(2) 设计出实现调幅功能的电路图；

(3) 应用 multisim 软件对所设计电路进行仿真验证。

技术指标：载波频率 $f_0 = 1\text{MHz} \sim 10\text{MHz}$ ；低频调制信号 1KHz 正弦信号；调制系数

$M_a = 50\% \pm 5\%$ ；负载电阻 $R_A = 50 \Omega$ 。

2.3 设计要求

根据原理，要求设计一个小功率调幅发射机，

(1) 主要参数：

已知 $+V_{CC} = +10\text{V}$ 、 $-V_{EE} = -10\text{V}$ ；话音放大级输出电压为 5mV；负载电阻 $R_A = 50 \Omega$

(2) 主要元器件：主要元件有 MC1496、3DG100、3DG130、4MHz 晶振、NX0-10 磁环；

(3) 技术指标：载波频率 $f_0 = 8\text{MHz}$ ；低频调制信号 1KHz 正弦信号；调制系数 $M_a = 50\%$ ；发射功率 $P_0 = 300\text{mW}$

三、调幅发射机的原理与分析

3.1 调幅发射机的原理框图

所谓调幅，就是按照调制信号的变化规律去改变载波的幅度，使输出信号的

频谱搬移到高频波段，而输出信号的振幅携带调制信号的相关信息。调幅发射机的主要任务是完成有用的低频信号对高频载波的幅度调制，将其变为在某一中心频率上具有一定带宽、适合通过天线发射的电磁波。

通常，调幅发射机包括三个部分：高频部分，低频部分，和调制部分。

高频部分一般包括主振荡器、缓冲放大、倍频器、中间放大、功放推动级与末级功放。主振器的作用是产生频率稳定的载波。为了提高频率稳定性，主振级往往采用石英晶体振荡器或 LC 振荡电路，并在它后面加上缓冲级，以削弱后级对主振器的影响。

低频部分包括话筒、低频电压放大级、低频功率放大级与末级低频功率放大级。低频信号通过逐渐放大，在末级功放处获得所需的功率电平，以便对高频末级功率放大器进行调制。

调制部分即振幅调制电路，它将要传送的信息装载到某一高频振荡(载频)信号上去的过程。

调幅发射机的原理框图如图1 示：

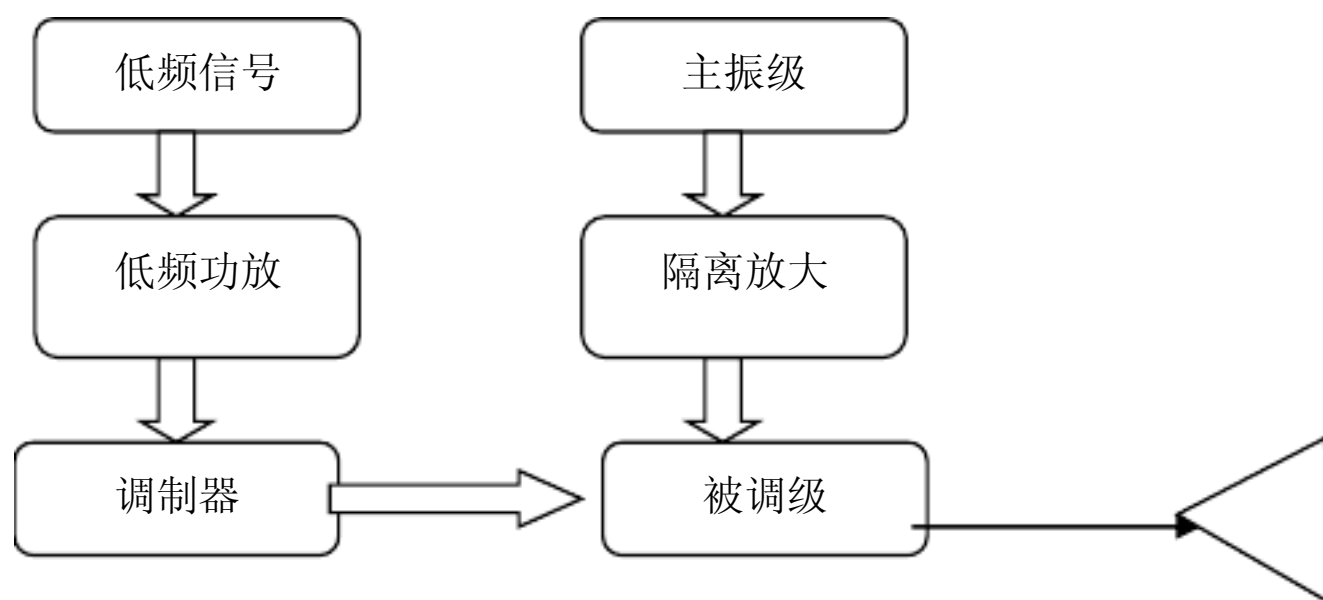


图 1 调幅发射机原理框图

3.2 调幅发射机的设计方案

基本要求：输出功率 $P_0=0.5\text{W}$ 工作频率 $f_0=5\text{MHz}$ 调幅度 $m_a=30\%\sim 100\%$ 电源电压 12V 频率准确度 $\Delta f/f_0 \leq 5 \times 10^{-4}$;

根据课程设计要求，其工作频率为 5MHz ，输出载波频率为 0.5W 。由于输出功率小，所以可选用最基本的发射机结构。该结构由主振荡器、缓冲放大电路、低频放大器、振幅调制电路和高频功率放大电路构成。

3.2.1 主振荡器

主振荡器就是高频振荡器，根据载波频率的高低和频率稳定度来确定电路形式。在频率稳定度要求不高的情况下，可以采用电容反馈三点式振荡电路，如克拉泼、西勒电路。频率稳定度要求高的情况下，可以采用晶体振荡器，也可以采用单片集成振荡电路。

1、电容三点式振荡器工作原理分析

所谓三点式振荡器，是晶体管的三个电极（B、E、C），分别与三个电抗性元件相连接，形成三个接点，故称为三点式振荡器，其基本电路如图 2 示：

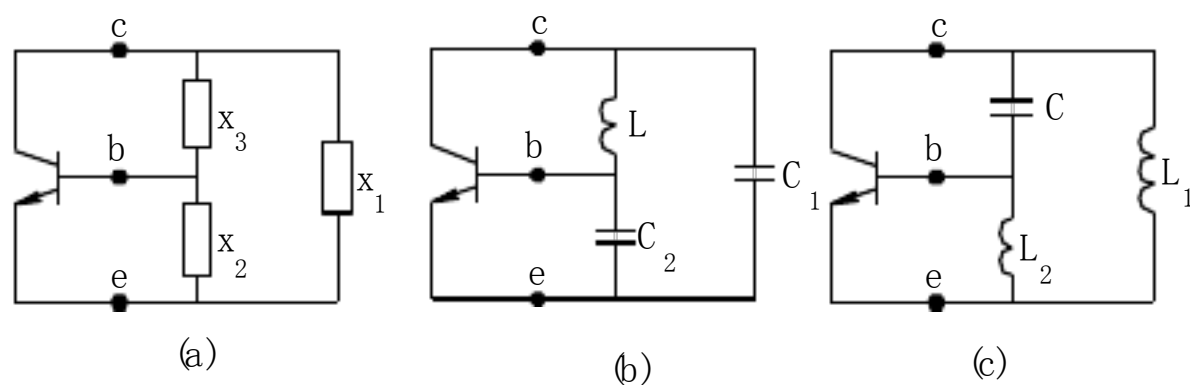


图 2 三点式振荡器的基本电路

根据相位平衡条件，图 (a) 中构成振荡电路的三个电抗元件， X_1 、 X_2 必须为同性质的电抗， X_3 必须为异性质的电抗，若 X_1 和 X_2 均为容抗， X_3 为感抗，则为电容三点式振荡电路（如图 (b)）；若 X_2 和 X_1 均为感抗， X_3 为容抗，则为电感三点式振荡器（如图 (c)）。由此可见，为射同余异。

基于电容三点式振荡器原理的常用电路有克拉泼电路和西勒电路。

(1) 串联型改进电容三端式振荡器（克拉泼电路）

电路组成如图 3 示：

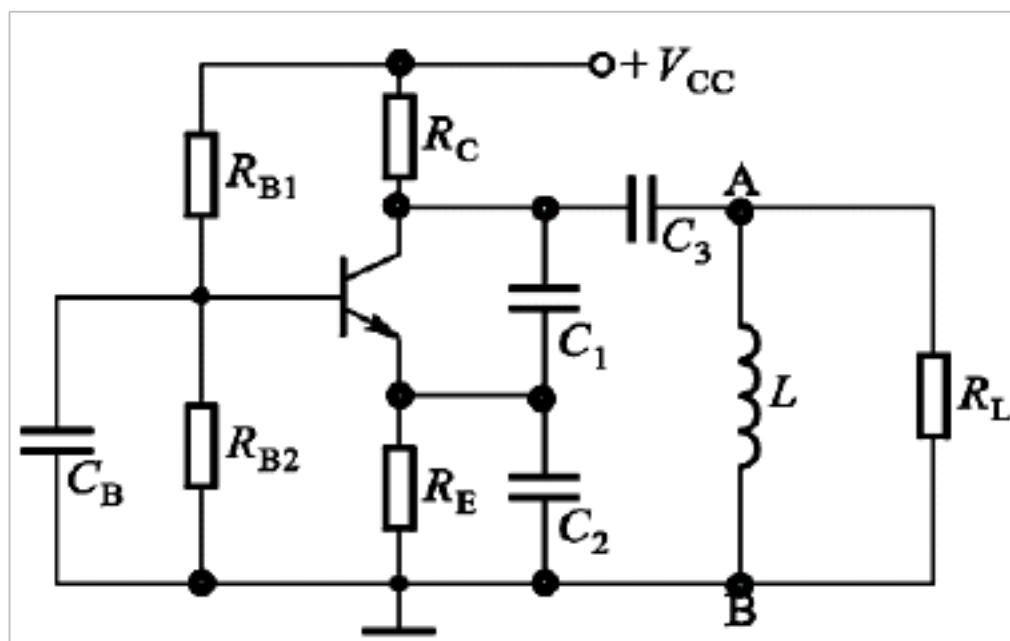


图3 克拉泼振荡电路

电路特点是在共基电容三点式振荡器的基础上，用一电容 C3，串联于电感 L 支路。

功用主要是以增加回路总电容和减小管子与回路间的耦合来提高振荡回路的标准性。使振荡频率的稳定度得以提高。

因为 C3 远远小于 C1 或 C2，所以电容串联后的等效电容约为 C3。电路的振荡频率为：

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC_3}}$$

它有以下特点：

1、振荡频率改变可不影响反馈系数。 2、振荡幅度比较稳定；但 C3 不能太小，否则导致停振，所以克拉泼振荡器频率覆盖率较小，仅达 1.2-1.4；为此，克拉泼振荡器适合与作固定频率的振荡器。

(2) 并联型改进电容三段式振荡器（西勒电路）

电路组成如图 4 示：

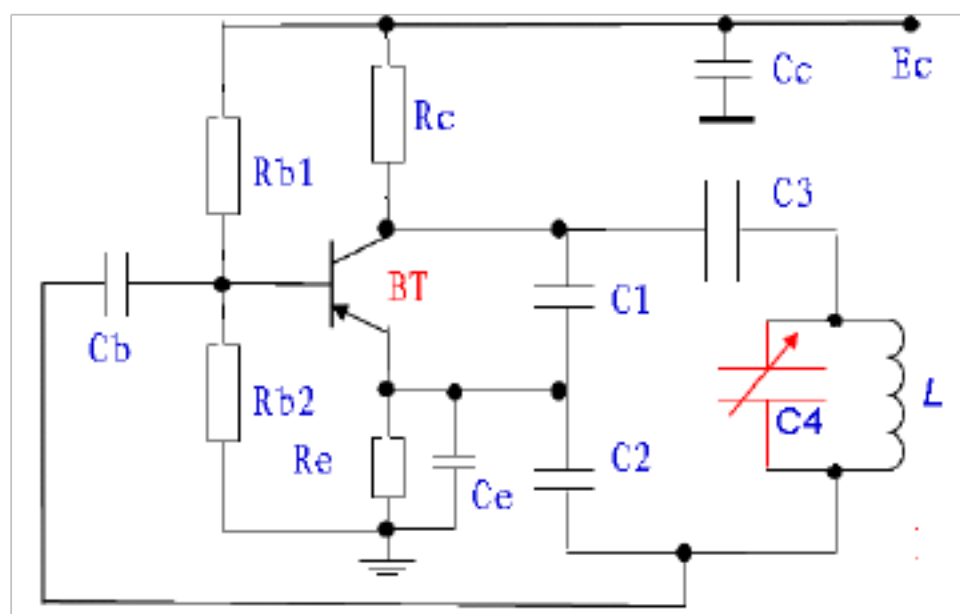


图4 西勒振荡电路

电路特点是在克拉泼振荡器的基础上，用一电容 C4，并联于电感 L 两端。功用是保持了晶体管与振荡回路弱耦合，振荡频率的稳定度高，调整范围大。电路的振荡频率为：

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L(C_3 + C_4)}}$$

特点：1. 振荡幅度比较稳定； 2. 振荡频率可以比较高，如可达千兆赫；频率覆盖率比较大，可达 1.6-1.8；所以在一些短波、超短波通信机，电视接收机中用的比较多。

2 石英晶体振荡器

把晶体作为一个感性元件置于反馈网络的振荡电路中，与其他回路元件一起构成三点式振荡器。 并联型石英晶体正弦波振荡电路的电路原理如图。振荡电路的选频网络由石英晶体和电容 C_1 、 C_2 组成。电路的交流等效电路如图 (b) 所示。图中 $R_b = R_{b1} // R_{b2}$ 。该等效电路类似于改进型电容三点式振荡器。

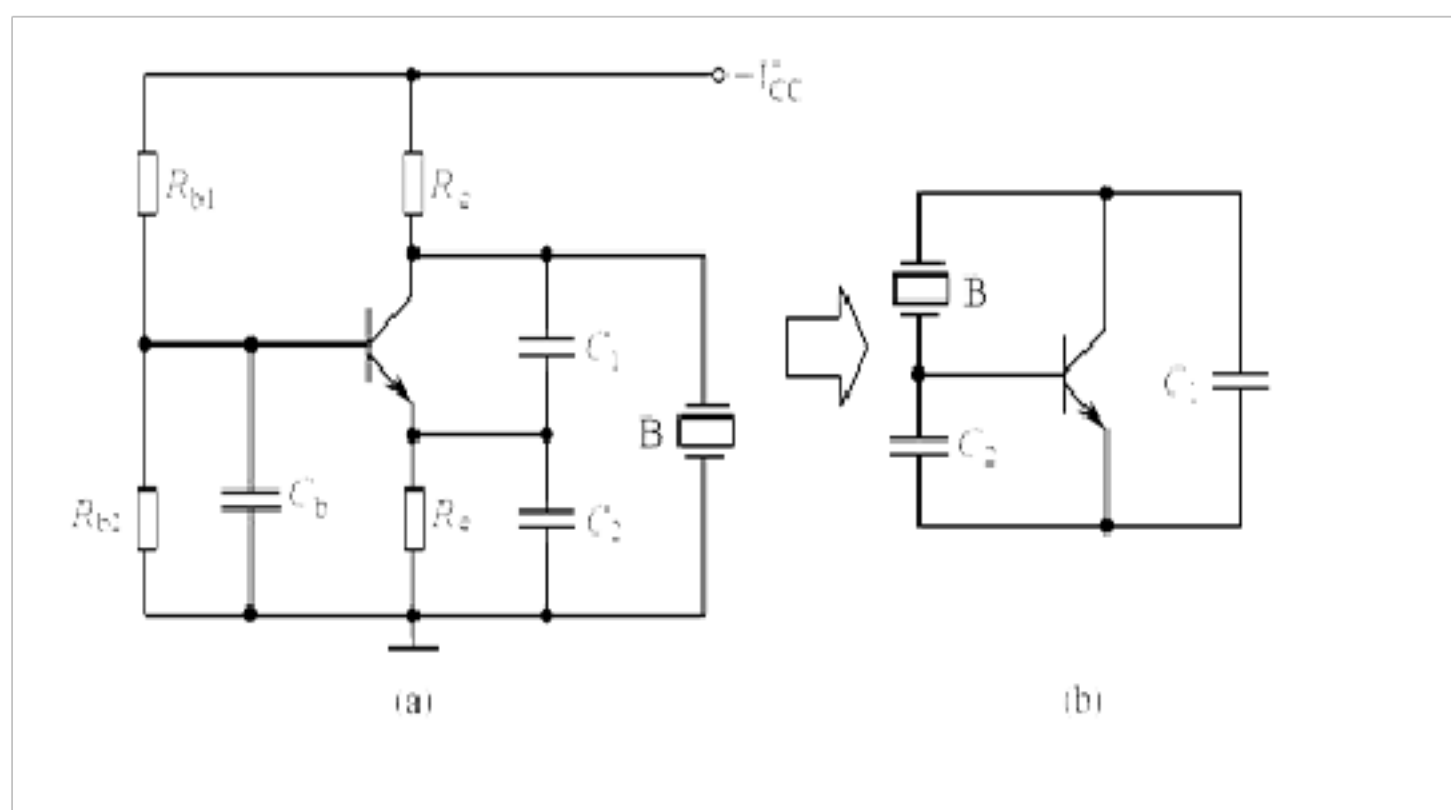


图 5 晶体振荡器电路

石英晶体振荡器相当于一个高 Q 值的 LC 电路。当要求正弦波振荡电路具有很高的频率稳定性时，可以采用石英晶体振荡器，其振荡频率决定于石英晶体的固有频率，频率稳定度可达 $10^{-6} \sim 10^{-8}$ 的数量级。

鉴于石英晶体在仿真时有一定的难度，本次设计选择了西勒电路作为调幅发射机的振荡级电路。

3.2.2 低频放大器

生活中音频信号的频率范围是 $300\text{Hz} \sim 3400\text{Hz}$ ，所以对音频信号的放大一般采用低频放大器即可。低频信号放大器的作用就是放大音频信号，使其达到调制电路输入信号的要求。

低频信号放大电路可以用三极管来实现，也可以用集成的运算放大器来实现。本次设计采用 LM741 的芯片来实现放大功能。

3.2.3 振幅调制器

振幅调制器的任务是将所需传送的信息“加载”到高频振荡中，以调幅波的调制形式传送出去。通常采用低电平调制和高电平调制两种方式。

采用集电极调幅电路实现调制的方式属于高电平调制如果集电极调幅电路

的输出功率能够满足发射功率的要求，就可以在调制级将信号直接发射出去。

集电极调幅的电路图如图 6:

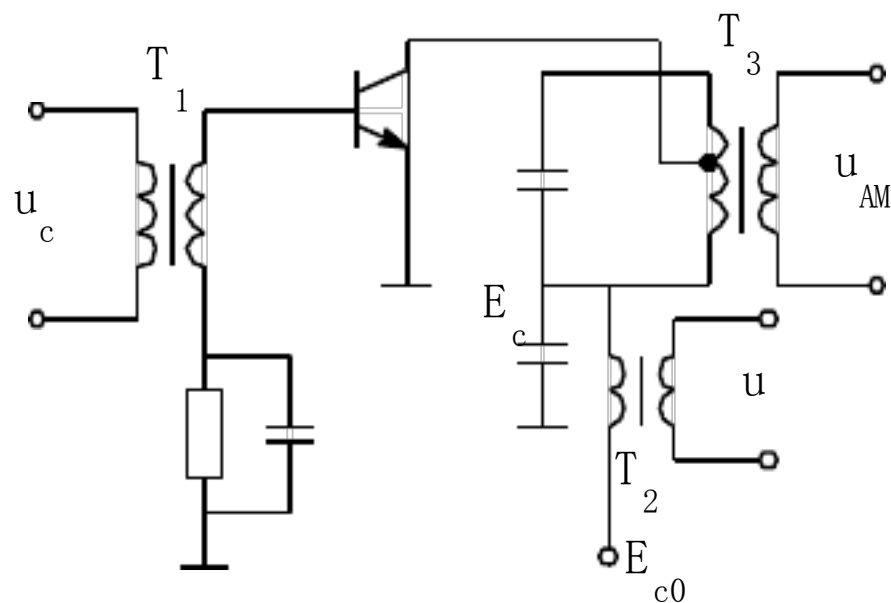


图 6 集电极调幅原理电路

其基本工作原理是利用某一极的直流电压来控制集电极高频电压的振幅。等幅载波由高频变压器 T1 输入到被调放大级的基极，调制信号通过低频变压器 T2 加到集电极回路且与电源电压串联，即集电极电源电压随调制信号而变。

采用模拟乘法器实现调制的方法是属于低电平调制，输出功率小，必须使用高频功率放大器才能达到发射功率的要求。

模拟乘法器是完成两个模拟量（电压或电流）相乘的电子器件。高频电子线路中的振幅解调，同步检波，混频，倍频，鉴频，鉴相等调制和解调的过程，均可视为两个信号相乘或包含相乘的过程。采用集成模拟乘法器实现上述功能比采用分立器件要简单得多，而且性能优越。

模拟乘法器的电路原理图如图 7 示，常用集成芯片 MC1496 实现此功能。

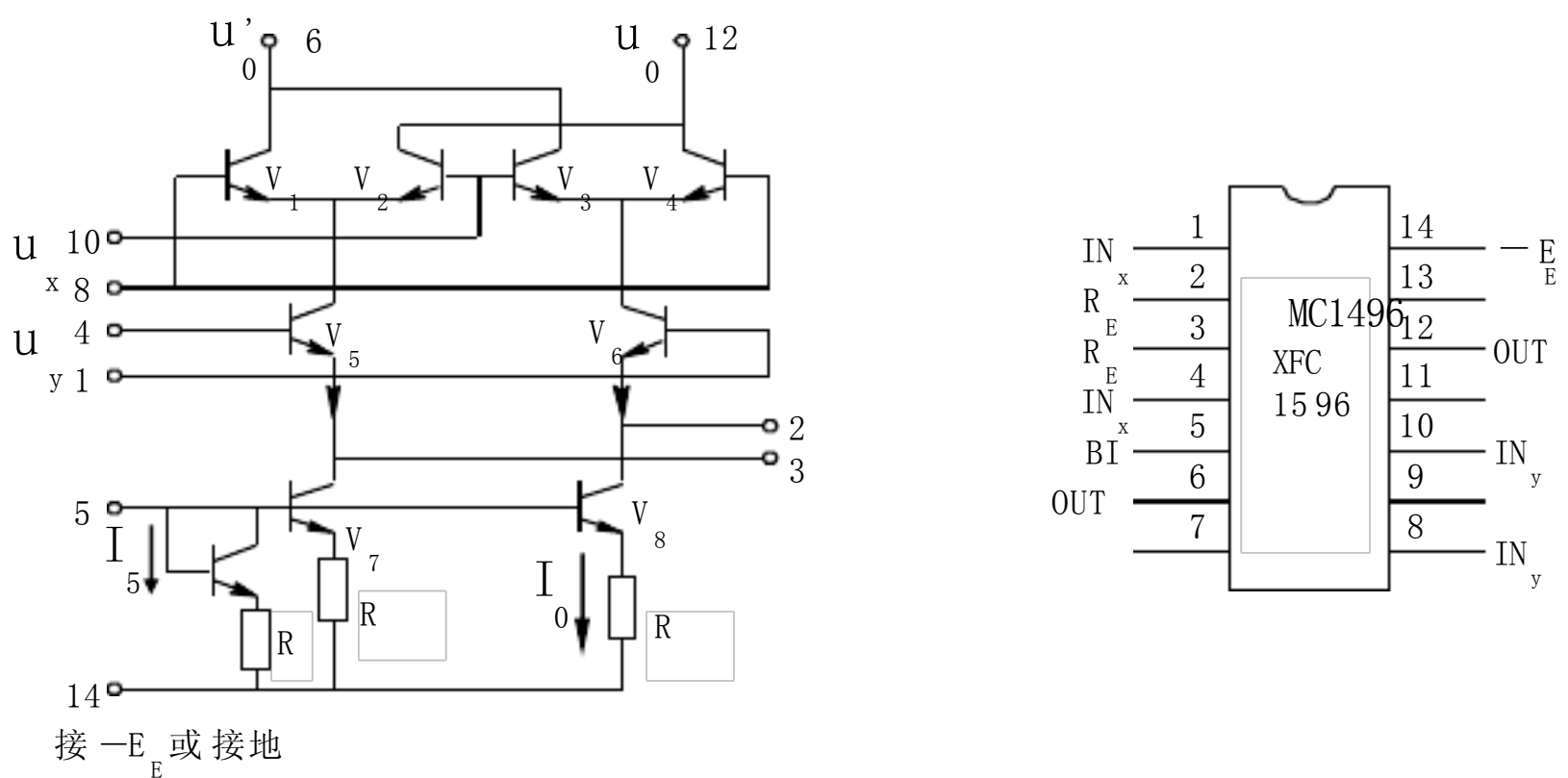


图 7 MC1496 的引脚图

MC1496 是双平衡四象限模拟乘法器。其中 V_1 、 V_2 与 V_3 、 V_4 组成双差分放大器， V_5 、 V_6 组成的单差分放大器用以激励 $V_1 \sim V_4$ 。 V_7 、 V_8 及其偏置电路组成差分放大器 V_5 、 V_6 的恒流源。引脚 8 与 10 接输入电压 u_x ，1 与 4 接另一输入电压 u_y ，输出电压 u_o 从引脚 6 与 12 输出。引脚 2 与 3 外接电阻 R_E ，对差分放大器 V_5 、 V_6 产生串联电流负反馈，以扩展输入电压 u_y 的线性动态范围。引脚 14 为负电源端（双电源供电时）或接地端（单电源供电时），引脚 5 外接电阻 R_5 。用来调节偏置电流 I_5 及镜像电流 I_0 的值。

运用模拟乘法器进行调幅的电路图如图 8 示：

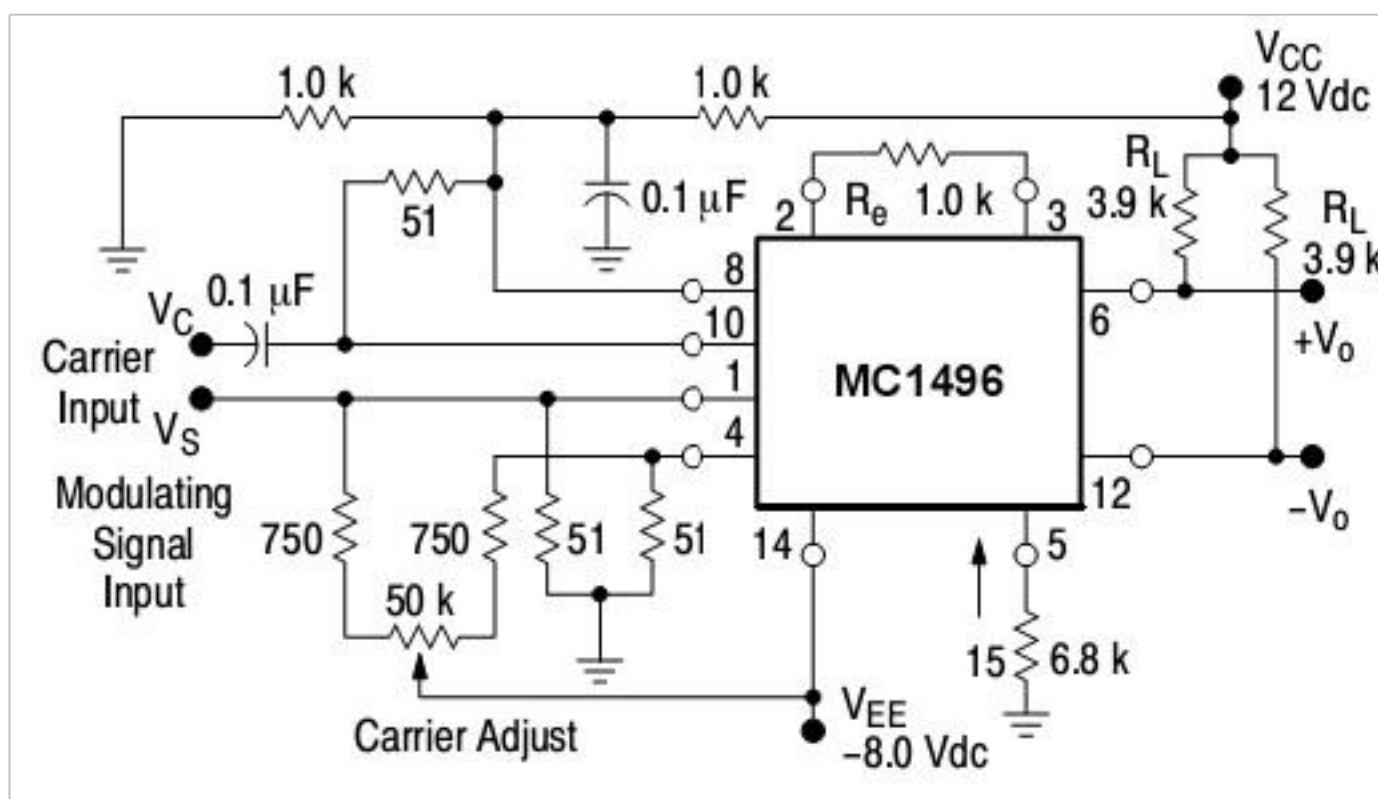


图 8 模拟乘法器调幅原理电路

本次设计选用模拟乘法器的调制方式，完成音频信号的载波调幅。

3.2.4 高频功率放大器

高频功率放大器是调幅发射机的末级，它的任务是要给出发射机所需要的输出功率。本设计研究的是小功率调幅发射系统，通过前面的电路以后，进入功率放大级的是已调信号。但由于信号的功率太小，发射出去存在很大衰减，影响信号的传送，所以要进行功率放大。末极放大可以采用高频小信号谐振放大器电路。

高频小信号谐振放大器的主要性能指标有：

(1) 中心频率 f_0 指放大器的工作频率。它是设计放大电路时，选择有源器件、计算谐振回路元器件参数的依据。

(2) 增益 指放大器对有用信号的放大能力。通常表示为在中心频率上的电压增益和功率增益。

$$\text{电压增益} \quad A_{vo} = V_o / V_i \quad \text{式 5}$$

$$\text{功率增益} \quad A_{po} = P_o / P_i \quad \text{式 6}$$

式中， V_o 、 V_i 分别为放大器中心频率上的输出、输入电压； P_o 、 P_i 分别为放大器中心频率上的输出、输入功率。

通频带 指放大电路增益由最大值下降 3dB 时所对应的频带宽度，用 $BW_{0.7}$ 表示。它相当于输入不变时，输出电压由最大值下降到 0.707 倍或功率下降到一半时对应的频带宽度。

高频小信号的原理电路图如图 9 示：

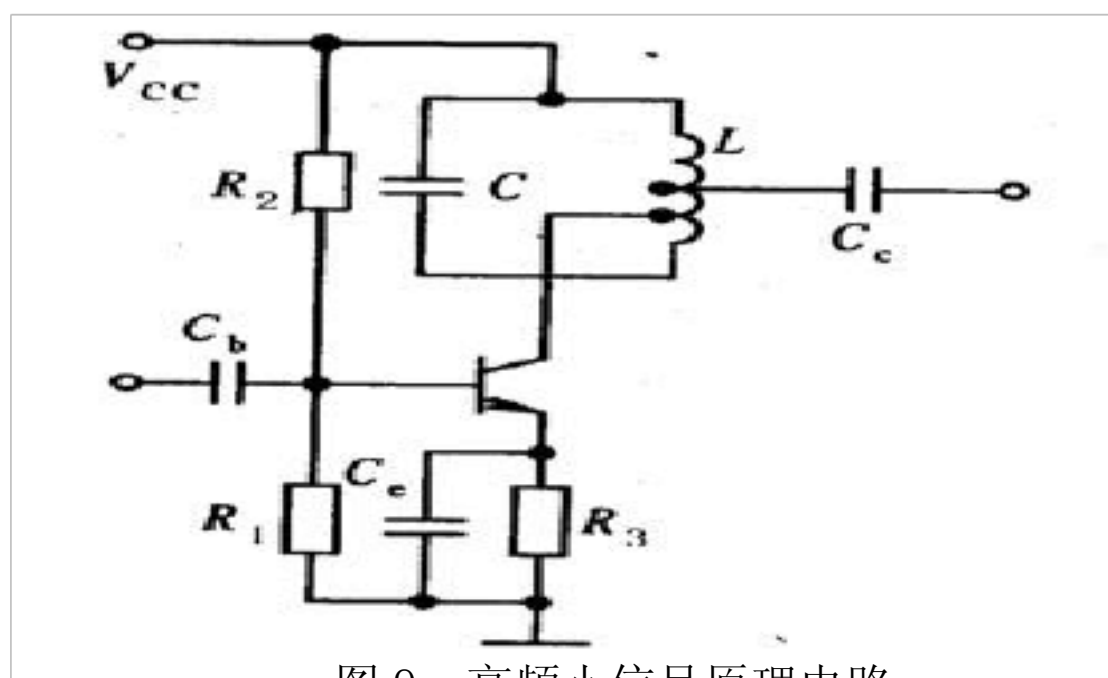


图 9 高频小信号原理电路

四、模块电路设计

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/476100240142011005>