

清华大学本科生考试试题专用纸

考试课程 通信电路 A 卷

第一套示例考题

1 有一小信号跨导放大器以 LC 并联谐振回路作为其负载从而构成一个电压放大器，如图 1 所示，其中电感的无载 Q 值为 50（要求将有损电感等效为无损电感和电阻的并联）。已知放大器跨导 g_m 为 10mS ，输出等效电流源电导 G_o 为 0.1mS ，输出并联电容 C_o 为 30pF 。负载电阻取值满足最大功率匹配条件。（15 分）

- (1) 给出输出电压和输入电压之间的复频域传递函数关系，指出该电压放大器具有低通、高通、带通、还是带阻特性？
- (2) 现要求该电压放大器在中心频率 10MHz 处有 500kHz 的带宽，求构成并联谐振回路的电感 L 和电容 C_L 分别取值为多大？
- (3) 作为电压放大器，中心频率处的电压放大倍数为多少？

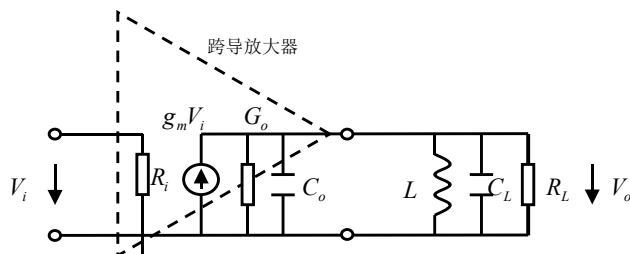


图 1 具有 LC 并联谐振回路作为负载的放大器

2 图 2 为一个典型的超外差式接收机前端电路系统方框图。（30 分）

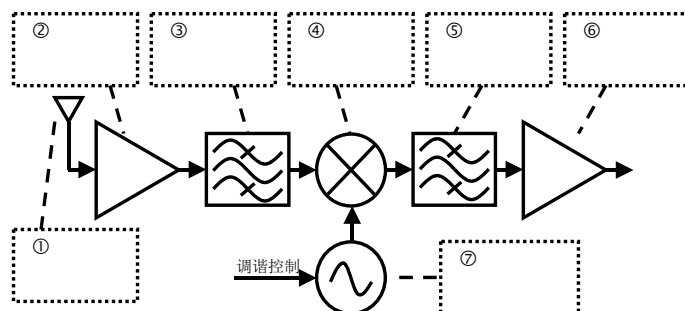


图 2 超外差式接收机前端电路方框图

- (1) 请在试题纸虚框中填写正确的电路模块名称，答题纸上说明这 7 个模块的功能或作用。
- (2) 假设第 2、4、6 模块的噪声系数和增益依次分别为 $F_{n2} = 2\text{dB}$ ， $G_{m2} = 10\text{dB}$ ， $F_{n4} = 10\text{dB}$ ， $G_{m4} = 10\text{dB}$ ， $F_{n6} = 11\text{dB}$ ， $G_{m6} = 50\text{dB}$ 。第 3 和第 5 模块为无源网络模块，具有带通特性，其插入损耗和通带分别为 $L_3 = 2\text{dB}$ ， $BW_3 = 20\text{MHz}$ ， $L_5 = 10\text{dB}$ ， $BW_5 = 200\text{kHz}$ 。求从第 2 个模块输入端口看入的总的噪声系数为多少 dB？
- (3) 假设第 6 个模块后接入的解调器要求的输入信号的信噪比不能低于 6dB 方可正确解调，求从第 2 模块看入的接收机灵敏度为多少 dBm？已知 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$ ， $T = 290\text{K}$ 。
- (4) 假设输入为 $88 \sim 108\text{MHz}$ 的共 100 个信道的射频信号，这 100 个信道可能同时有通信发生。假设由于非线性失真等原因，在下变频器后极易产生 $2f_{RF} - f_{LO}$ 的组合频率分量，请问中频频率应如何选择，可以避免这种组合频率干扰出现在中频带内，假设系统采用高本振方案。

3 图 3 为晶体调频电路，已知晶体的参数为：串联谐振频率 $f_q = 20\text{MHz}$ ， $C_q = 0.04\text{pF}$ ， $C_0 = 2\text{pF}$ ，其等效电路如图 b 所示。变容二极管特性如图 c 所示，调制信号如图 d 所示。（16 分）

- (1) 画出高频等效电路和变容二极管的直流通路。
- (2) 计算调频振荡器的载频
- (3) 求该调频器的上下频偏
- (4) 提出扩大该晶体调频电路频偏的方法至少两种。

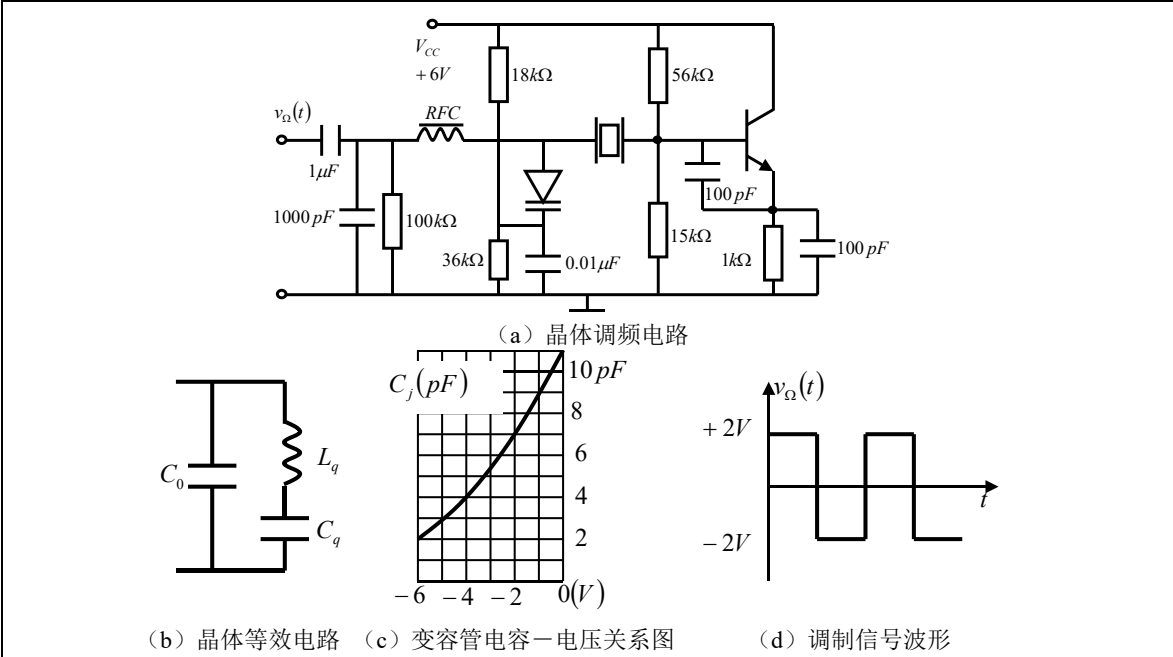


图3 晶体调频器

4 将图4所示的电路框图分解为如图虚框所示的两个子系统，通过数学推导和功能分析，说明4个乘法器的功能，以及两个子系统各完成什么功能，两个子系统合并后的总的系统完成什么功能。假设输入信号为晶体提供的高稳定度单频正弦信号。（10分）

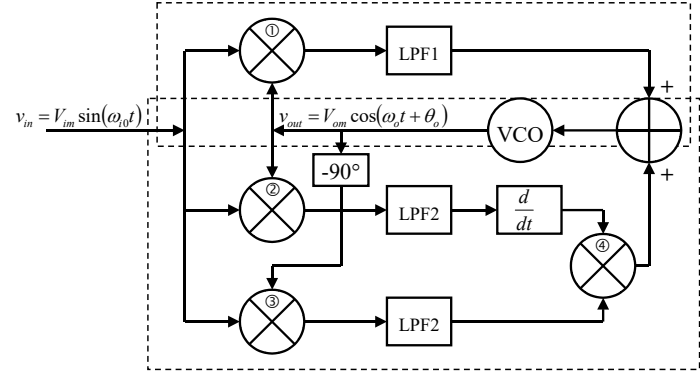


图4 某个系统框图

5 已知电压（单位：V）信号表达式为：（14分）

$$v_o(t) = 4 \cos(2\pi \times 10^6 t) + 0.4 \cos(2\pi \times (10^6 + 10^3)t) + 1.6 \cos(2\pi \times (10^6 + 10^4)t) + 0.4 \cos(2\pi \times (10^6 - 10^3)t) + 1.6 \cos(2\pi \times (10^6 - 10^4)t)$$

- (1) 这是什么形式的已调信号？
- (2) 将该表达式重新表述为用调制系数表示的表达式。
- (3) 求频带宽度和总功率（假设负载电阻为 1Ω ）。
- (4) 如果该信号通过中心频率位于 1.001MHz ，带宽为 3kHz 的带通滤波器后，其输出为什么形式的信号？
- (5) 对（4）输出信号，如何获得解调信号输出？解调后输出信号频率为多少？

6 已知一阶环正弦波鉴相器输出最大电压为 $\pm 2.5\text{V}$ ，VCO 灵敏度 10kHz/V ，自由振荡频率为 1MHz 。（15分）

- (1) 当输入信号为 $v_{in}(t) = 2 \sin(1.96\pi \times 10^6 t + 30^\circ) (\text{V})$ 时，环路可否锁定？试画出相图，图上需标出相应参数，并用相图说明环路是否锁定。
- (2) 若能锁定，稳态相差为多少？此时控制电压为多少？若不能锁定，说明锁定条件，并给出锁定临界处的稳态相差和控制电压分别为多少？
- (3) 该 PLL 可否实现对输入信号 $v_{in}(t) = 5 \sin(2\pi \times 10^6 t + 3 \sin(8\pi \times 10^4 t)) (\text{V})$ 的解调？为什么？若不能，如何调整 PLL，使之能够实现对该信号的解调？