

东南大学考试卷 (A 卷)

课程名称 通信电子线路 考试学期 09-10-2 得分
适用专业 电子信息类本科生 考试形式 闭卷 考试时间长度 120 分钟

一、填空题 (共 10 空, 每空 1 分)

- 噪声系数的定义是 输入信噪比比上输出信噪比。
- RFPA 的英文全称是 Radio Frequency Power Amplifier。
- 射频功率放大电路中的阻抗匹配目的是从源传递给负载最大的射频功率, 其必须满足的条件是: $R_s = R_p$ $X_s = -X_p$ 。
- 某小数频率合成器的分频比为 16.75, 则一次循环的周期长度为 4, 一个周期内删除脉冲的个数为 3。
- 直接数字频率合成器 (DDS) 的频率字为 M , ACCU 有 N 位, 时钟周期为 T_{CLK} , 则合成器输出频率的周期 T_o 为: $\frac{2^N}{M} T_{CLK}$ 。
- 已知调幅波的表达式为 $u = 16\cos(2\pi \times 20000)t + 2\cos(2\pi \times 18000)t + 2\cos(2\pi \times 22000)t$ (rad/s), 则此信号的调幅系数 M_a 为 0.25, 已调波的带宽为 4 kHz。

7. 混频器的 1dB 压缩点、三阶互调阻断点等指标都不仅与混频器的线性性能有关, 而且还与 本振功率 有关。

8. 混频器中采用平衡对称的电路结构, 目的是 抑制共模信号, 提高信噪比。

二、判断题

- ☒ 1. PLL 中环路锁定时间与环路的 3dB 带宽 ω_H 的大小成正比。
- ☒ 2. 在超外差接收机中, 镜像干扰可以通过选择合适的中频滤波器进行抑制。
- ☒ 3. 锁相环频率合成器的输出信号的频率分辨率与参考频率的选择有关。
- ☒ 4. 外差接收是将射频信号与本振信号通过混频产生中频信号, 且要求本振频率与接收射频始终相差一个中频。
- ☒ 5. 电阻热噪声平均功率 (即额定输出功率) 只与温度和带宽有关。

三、计算题 (共 8 题, 85 分)

1. 已知在室温 $T=17^\circ\text{C}$ 时, 某放大器的带宽 $BW=1\text{MHz}$, 天线阻抗 $R_A=50\Omega$, 噪声因数 $F=2$, 输入三阶互调截止点 $IIP_3=-10\text{dBm}$, 要求输出信噪比 $D=12\text{dB}$, 1dB 压缩点的输入功率 $S_{in1}=-20\text{dBm}$ 。

- 求: (1) 求此接收机的接收灵敏度 E_A ;
(2) 求此接收机的接收灵敏度 S (dBm);
(3) 求接收机的无失真动态范围 SFDR;
(4) 求此接收机的线性动态范围 IEDR。

$$(1) \frac{E_A^2}{4k_B T B D} = F \quad D=15.8$$

$$\therefore E_A = \sqrt{4k_B T B D F}$$

$$= \sqrt{4 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 290 \times 10^6 \times 15.8 \times 2}$$

$$= 5.029 \times 10^{-6} \text{ V}$$

$$(2) P_i = P_o N_i = D \cdot K (F-1) T_N B$$

$$S(\text{dBm}) = -174 + 10 \lg B + N_F + D$$

$$= -174 + 10 \lg 10^6 + 10 \lg 2 + 12$$

$$= -90 \text{ dBm}$$

$$(3) N_F = S(\text{dBm}) - D$$

$$= -102 \text{ dBm}$$

$$SFDR(\text{dB}) = \frac{1}{3} (2IIP_3 + N_F) - S$$

$$= \frac{1}{3} (2 \times -10 - 102) - (-90)$$

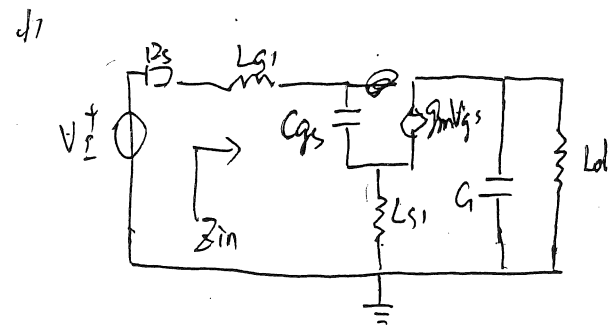
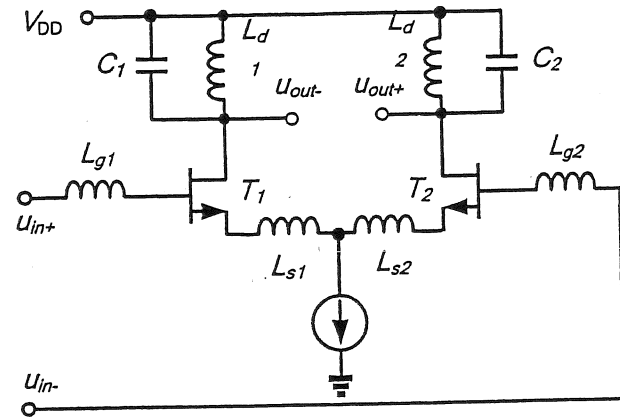
$$= 49.3 \text{ dB}$$

$$(4) 2IIP_3(\text{dBm}) = S_{in1} - F$$

$$= -20 + 90 = 70 \text{ dB}$$

2、某 LNA 电路如下图所示：

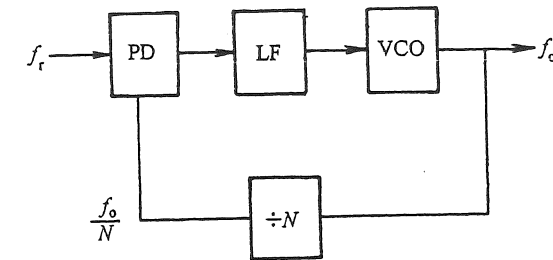
- 1) 画出该电路小信号模型（单端）；
- 2) 试推导该电路输入阻抗数学表达式（电流源交流信号视为短路）



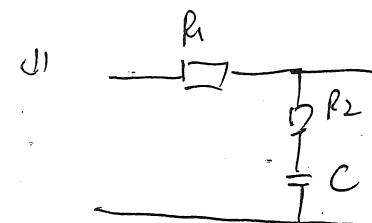
$$Z_{in}(s) = sL_{g1} + \frac{1}{sC_{gs}} + (1 + \frac{g_m}{sC_{gs}})sL_{s1}$$

$$= sL_{g1} + \frac{1}{sC_{gs}} + sL_{s1} + \frac{g_m L_{s1}}{C_{gs}}$$

3、已知如下图所示 PLL 频率合成器中，滤波器采用 RC 比例积分滤波器实现。
求



- (1) 求此比例滤波器的传递函数；
- (2) 画出 PLL 的小信号框图，并求整个频率合成器的闭环传递函数；
- (3) 若该 PLL 合成器中采用双模前置分频方案，输出的信号范围为 400-430MHz，PD 输入参考信号的频率为 0.64MHz，采用 +16/+17 前置双模分频器，试确定 M 与 A 的取值范围。

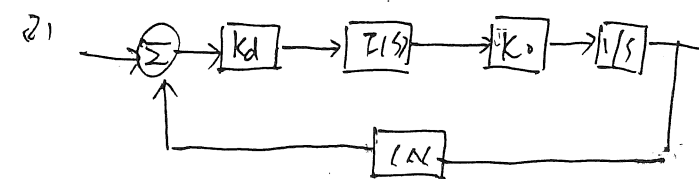


$$H(s) = \frac{R_2 + \frac{1}{sC}}{R_1 + R_2 + \frac{1}{sC}}$$

$$= \frac{1 + sT_2}{1 + s(T_1 + T_2)}$$

$$\begin{cases} T_1 = R_1 C \\ T_2 = R_2 C \end{cases}$$

1) A p+
M-A P
 $N = A(p+1) + (M-1)p$
 $= Mp + A$
 $N = \frac{f_0}{f_r} = 625 - 671.875$
 $p = 16$
 $N = 625m \quad M = 39 \quad A = 1$
 $N = 672m \quad M = 40 \quad A = 32$



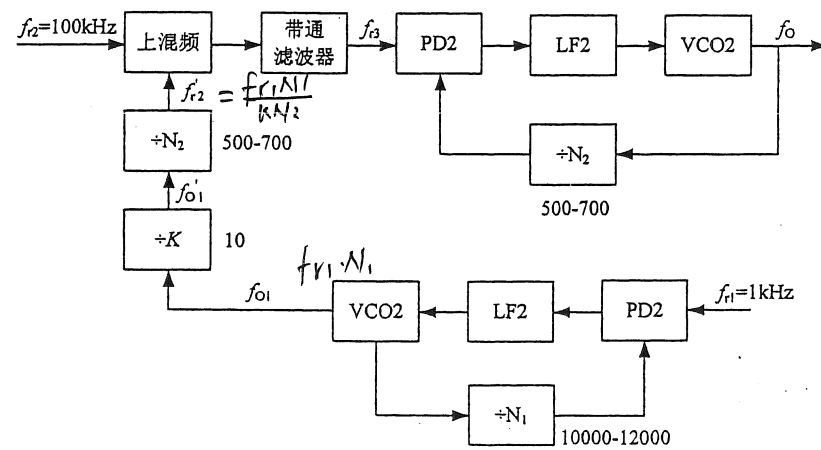
$$Y(s) = \frac{K_d K_0 F(s)}{Ns}$$

$$\tilde{X}(s) = \frac{Y(s)}{1 + Y(s)} = \frac{K_0 K_d F(s)}{Ns + K_0 K_d F(s)}$$

$$F(s) = \frac{1 + sT_2}{1 + s(T_1 + T_2)}$$

4、如图所示为一双环频率合成器的框图，参考频率和各分频器分频比已在图中给出。

- (1) 试求输出频率 f_0 与参考频率 f_{r1} 、 f_{r2} 的关系式；
- (2) 确定输出频率范围；
- (3) 计算该频率合成器输出频率分辨率；
- (4) 简单说明该频率合成器的优缺点。



$$1) f_0 = \frac{f_{r1} N_1}{K} + f_{r2} N_2$$

$$2) f_0 = 1M \sim 1.2M + 50M \sim 70M \\ = 51M \sim 71.2M$$

$$3) \Delta f_0 = \frac{f_{r1}}{K} = 100Hz$$

4) 分辨率高，但是电路复杂

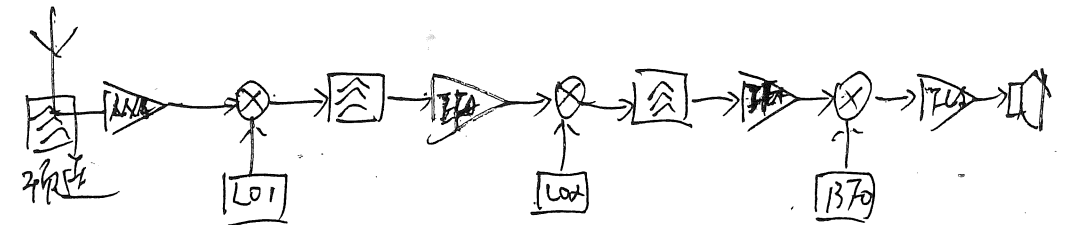
5、已知某个人通信系统的接收机部分采用双重变频外差接收方案，接收机的工作频段为 869MHz~894MHz，低中频 $f_{L2}=455kHz$ ，问

- (1) 第一中频的应该如何选取才能使避免镜像频率不落在有用频带内；
- (2) 设 $f_L > f_R$ ， $f_{H1} = 80MHz$ 。试确定本振 f_{L1} 、 f_{L2} ，画出该通信系统中接收机部分的框图；

$$1) f_{I1} > \frac{894-869}{2} = 12.5MHz$$

$$2) f_{L1} = f_{I1} + f_R = f_R + 80MHz$$

$$f_{L2} = f_{I2} + f_{R'} = f_{I2} + f_{I1} = 80.45MHz$$



A15

A16

6、已知 $v(t) = 500 \cos(2\pi \times 10^8 t + 20 \sin 2\pi \times 10^3 t)$ (mV)。

1) 若该信号电压为调频波，试求载波频率 f_c 、调制频率 F 、调频指数 M_f 、最大频偏 Δf_m 、有效频谱宽度 BW_{CR} 和平均功率 P_{av} (设负载电阻 $R_L = 50\Omega$)。

2) 若该信号电压为调相波，试求调相指数 M_p 、调制信号 $v_\Omega(t)$ (设调相灵敏度 $k_p = 5 \text{ rad/V}$)、最大频偏 Δf_m 。

1) $f_c = 10^8 \text{ Hz}$ $F = 10^3 \text{ Hz}$ $M_f = 20$

$M_f = \frac{\Delta f_m}{F}$ $\Delta f_m = M_f \cdot F = 20 \times 10^3 = 2 \times 10^4 \text{ Hz}$

$BW_{CR} = 2(M_f + 1)F = 2 \times (20 + 1) \times 10^3 = 4.2 \times 10^4 \text{ Hz}$

$P_{av} = \frac{0.5^2}{2 \times 50} = 2.5 \text{ mW}$

2) $V(t) = V_{cm} \cos(2\pi \times 10^8 t + k_p V_{cm} \sin(2\pi \times 10^3 t))$

$M_p = 20$ $V_{cm} = \frac{M_p}{k_p} = 4 \text{ mV}$

$V_\Omega(t) = 4 \sin(2\pi \times 10^3 t) \text{ mV}$

$F = 10^3 \text{ Hz}$

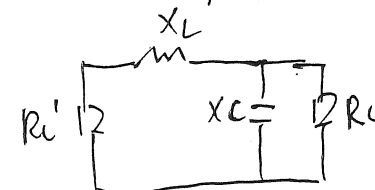
$\Delta f_m = 2 \cdot M_p \cdot F = 2 \times 10^4 \text{ Hz}$

7、有一个 A 类射频功率放大器，输出功率 $P_0 = 15 \text{ W}$ ， $V_{CC} = 24 \text{ V}$ ，功率管的 $V_{CE(sat)} = 1 \text{ V}$ ，工作频率为 100 MHz 。用 L 型匹配网络与负载 $R_L = 50\Omega$ 相匹配。

1) 画出 L 型匹配网络

2) 求出 L 和 C 的值 (假设电感 Q 值为无穷大)

$R_L' = \frac{2[V_{CC} - V_{CE(sat)}]^2}{2P_0} = \frac{23^2}{2 \times 15} = 17.0 \Omega < R_L$



$Q = \sqrt{\frac{R_L}{R_L'} - 1} = 1.35$

$X_L = R_L' Q = 23.8 = 2\pi f L$

$L = \frac{23.8}{2\pi f} = 3.79 \times 10^{-8} \text{ H}$

$X_C = \frac{R_L}{Q} = 16.9 = \frac{1}{2\pi f C}$

$C = \frac{1}{2\pi f \cdot 16.9} = 4.31 \times 10^{-11} \text{ F}$

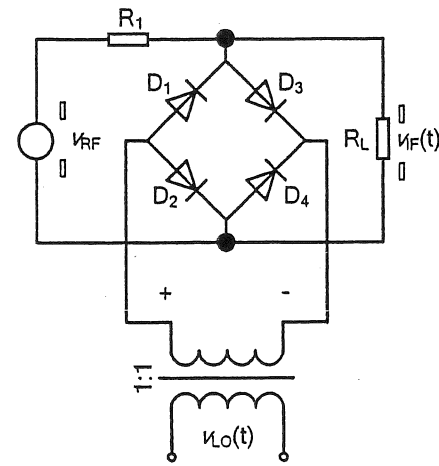
2

A17

A18

30

- 8、如图所示的环形双平衡混频电路中，已知 $V_{LOm} \gg V_{RFm}$ ，设二极管 R_D 为理想二极管，导通电阻为零，试求 $v_{IF}(t)$ 的表达式。



$V_{LO} > 0$ 时.

D_1, D_2, D_3, D_4 全导通 $V_{IF} = 0$

$V_{LO} < 0$ 时全不导通

$$V_{IF} = \frac{R_F}{R_1 + R_F} \cdot V_{RF}$$

$$\therefore v_{IF}(t) = \frac{R_F V_{RF}}{R_1 + R_F} \cdot K_1 (v_{LO}(t) - V)$$