

东南大学 考 试 卷 (A 卷)

课程名称 射频与通信集成电路设计 考试学期 06-06-11 得分 _____
 适用专业 _____ 考试形式 半开卷 考试时间长度 120 分钟

一. 问答题

1. 当传输线长度为 $1/4$ 波长时, 分别计算负载阻抗 $Z_L=0$ 和 $Z_L=\infty$ 时的输入阻抗 Z_{in} 和负载端反射系数 Γ_L 。
2. 当负载阻抗 $Z_L=112.5\Omega$, 传输线特征阻抗 $Z_0=50\Omega$ 时, 采用特征阻抗为 Z_1 的 $1/4$ 波长传输线完成阻抗匹配, 如图 1 所示。试计算特征阻抗 Z_1 的值。

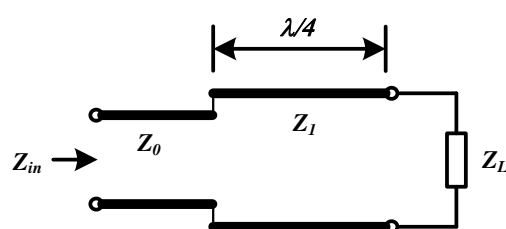


图 1

- 二. 已知发射机在 2GHz 频率点的输出阻抗是 $Z_T = (150+j75)\Omega$, 天线的输入阻抗是 $Z_A=(75+j15)\Omega$, 如图 2 所示。设计 L 型匹配网络, 使天线得到最大功率。

1. 取参考阻抗 $Z_0=75\Omega$, 计算归一化阻抗 z_T 和 z_A 。
2. 根据图 3 所示 Smith 圆图中的阻抗变换轨迹, 给出 L 型匹配网络结构, 并计算匹配网络中的元件值。

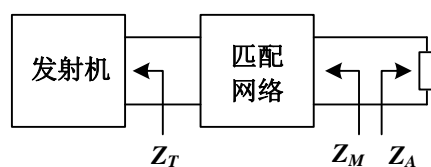


图 2

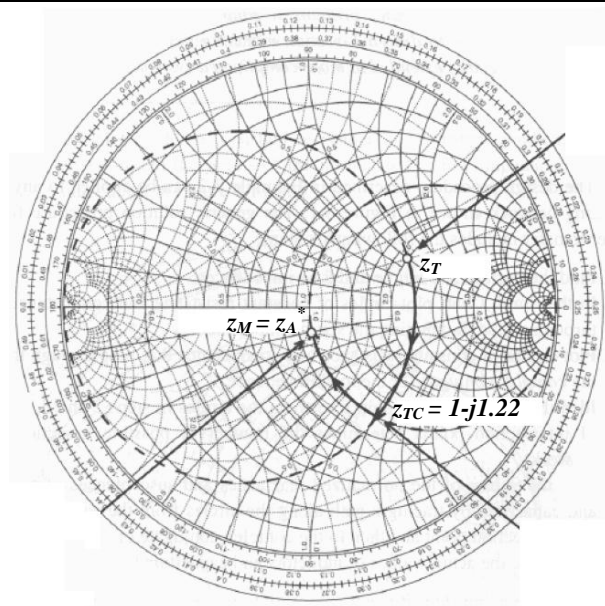


图 3

三. 图 4 为无线接收机原理框图，输入端和级间为共轭匹配，每个模块的增益、噪声系数及 IIP3 分别示于模块的上下方。

1. 计算接收机的总噪声系数 F；
2. 计算接收机总 IIP3。

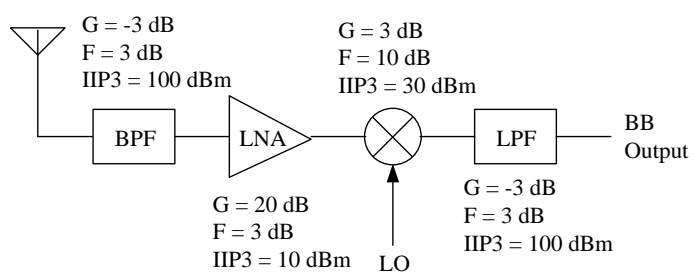


图 4

四. 放大器的信号流图如图 5 所示。计算输入反射系数 $\Gamma_{in} = b_1/a_1$ 和输出反射系数 $\Gamma_{out} = b_2/a_2|_{b_{ss}=0}$ 。请列出方程并写出求解步骤。

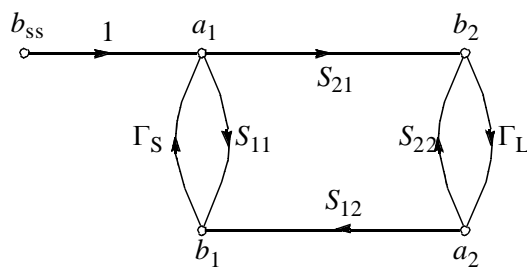


图 5

五. 图6给出了一个功率放大器的电路图，该电路的工作频率为 ω_0 ，传输线的特征阻抗 Z_0 等于负载电阻 R_L ，长度为 $1/4$ 波长 ($@ \omega_0$)。

1. 说明该功率放大器的类型，给出 L_2 和 C_2 的谐振频率。
2. 说明 L_1 、 C_1 和传输线的作用。

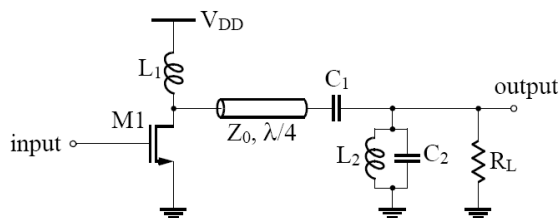


图6

六. 画出超外差接收机和零中频接收机的原理框图, 说明它们的优点和存在的问题。

七. 混频器原理图如图 7 所示。本振信号电压 v_{LO} 控制单刀双掷开关。当 v_{LO} 为高电平时, 开关与点“1”相连; 当 v_{LO} 为低电平时, 开关与点“2”相连。

1. 写出输出电流 ($i_{out} = i_1 - i_2$) 的表达式;
2. 写出输出电压 (v_{out}) 的表达式;
3. 说明电路的名称及完成的功能;
4. 画出用双极型晶体管实现该混频器的电路原理图, 推导输出电流的表达式, 并给出开关工作条件。

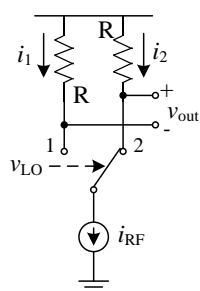


图 7

八. 图 8 为一个 LC 谐振式压控振荡器原理图。其中 PMOS(M_1, M_2)和 NMOS (M_3, M_4) 组成的两个交叉耦合放大器产生负阻, 以抵消 LC 谐振回路的损耗。谐振回路由一个电感和四个变容管组成。振荡器输出缓冲由 M_5 和 M_6 构成的源极跟随器组成, M_5 和 M_6 的源极连接到片外的 Bias-T 以向外提供输出信号 LO+和 LO-。

1. 交叉耦合放大器如图 9 所示, 其中 M_1 和 M_2 的跨导分别为 g_{m1} 和 g_{m2} 。画出其交流等效电路(忽略 C_{gs} 、 C_{gd} 和 r_{ds}), 计算等效输入电阻 $R_{in} = v_{in} / i_{in}$, 并给出当 $g_{m1} = g_{m2} = g_m$ 时 R_{in} 的表达式。
2. 设晶体管 M_1 和 M_2 的跨导为 g_{m12} , 晶体管 M_3 和 M_4 的跨导为 g_{m34} 。计算图 8 中两个交叉耦合放大器的总负阻, 给出振荡器的振荡条件。
3. 用频谱分析仪实际测得振荡器中心频率 f_0 处的幅度为 -15dBm, 在偏移中心频率 500kHz 处的幅度为 -71dBm, 频谱分析仪的分辨率带宽为 10kHz。画出振荡器波形的频谱示意图, 计算振荡器在偏移中心频率 500kHz 处的相位噪声(注明单位)。

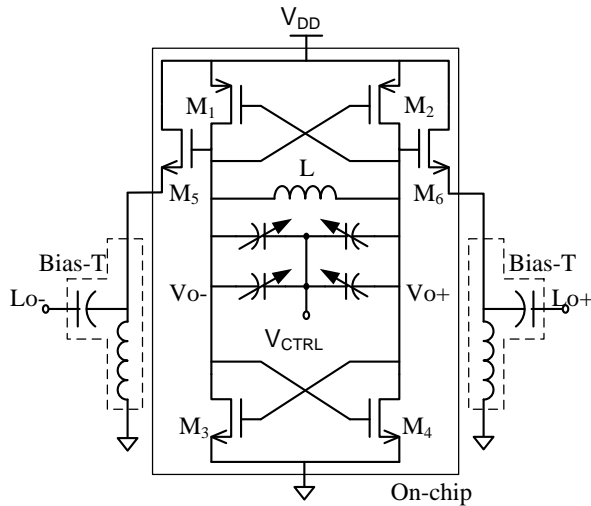


图 8

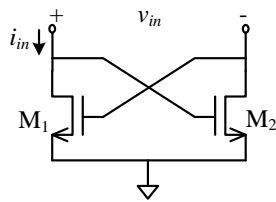


图 9

九. CMOS 共源低噪声放大器输入匹配电路如图 10 所示, 主要噪声源包括:

MOS 管沟道热噪声 $\overline{i_d^2} = 4kT\gamma g_{d0} \cdot \Delta f$;

电感 L_g 的串联寄生电阻 R_l 的热噪声 $\overline{v_{rl}^2} = 4kTR_l \cdot \Delta f$;

MOS 管栅极多晶硅电阻 R_g 的热噪声 $\overline{v_{rg}^2} = 4kTR_g \cdot \Delta f$;

信号源内阻热噪声 $\overline{v_s^2} = 4kTR_s \cdot \Delta f$ 。

假设 $R_l + R_g \ll R_s$, 忽略栅极感应噪声。试通过计算输出噪声电流来推导低噪声放大器噪声系数的计算公式。

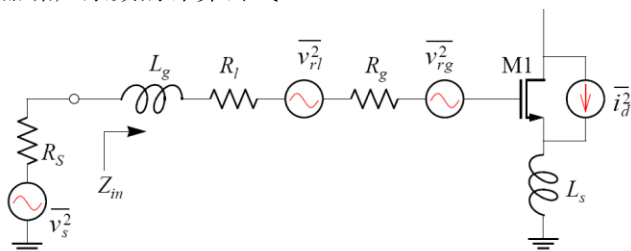


图 10