

2020 年大连理工大学电子设计竞赛试题

LC 谐振放大器（第1 题）

一、任务

设计并制作一个 LC 谐振放大器。

二、要求

设计并制作一个低压、低功耗 LC 谐振放大器；为便于测试，在放大器的输入端插入一个 40dB 固定衰减器。电路框图见图 1。

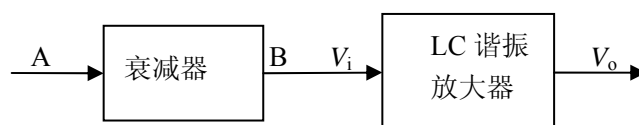


图 1 电路框图

1. 基本要求

- (1) 衰减器指标：衰减量 $40 \pm 2\text{dB}$ ，特性阻抗 50Ω ，频带与放大器相适应。
- (2) 放大器指标：
 - a) 谐振频率： $f_0=15\text{MHz}$ ；允许偏差 $\pm 100\text{kHz}$ ；
 - b) 增益：不小于 60dB ；
 - c) -3dB 带宽： $2\Delta f_{0.7}=300\text{kHz}$ ；带内波动不大于 2dB ；
 - d) 输入电阻： $R_{in}=50\Omega$ ；
 - e) 失真：负载电阻为 200Ω ，输出电压 1V 时，波形无明显失真。
- (3) 放大器使用 3.6V 稳压电源供电（电源自备）。最大不允许超过 360mW ，尽可能减小功耗。

2. 发挥部分

- (1) 在-3dB 带宽不变条件下, 提高放大器增益到大于等于 80dB。
- (2) 在最大增益情况下, 尽可能减小矩形系数 $Kr_{0.1}$ 。
- (3) 设计一个自动增益控制 (AGC) 电路。AGC 控制范围大于 40 dB。
AGC 控制范围为 $20\log(V_{\text{omin}}/V_{\text{imin}})-20\log(V_{\text{omax}}/V_{\text{imax}})$ (dB)。
- (4) 其他。

三、说明

1. 图 2 是 LC 谐振放大器的典型特性曲线, 矩形系数 $Kr_{0.1} = \frac{2\Delta f_{0.1}}{2\Delta f_{0.7}}$ 。

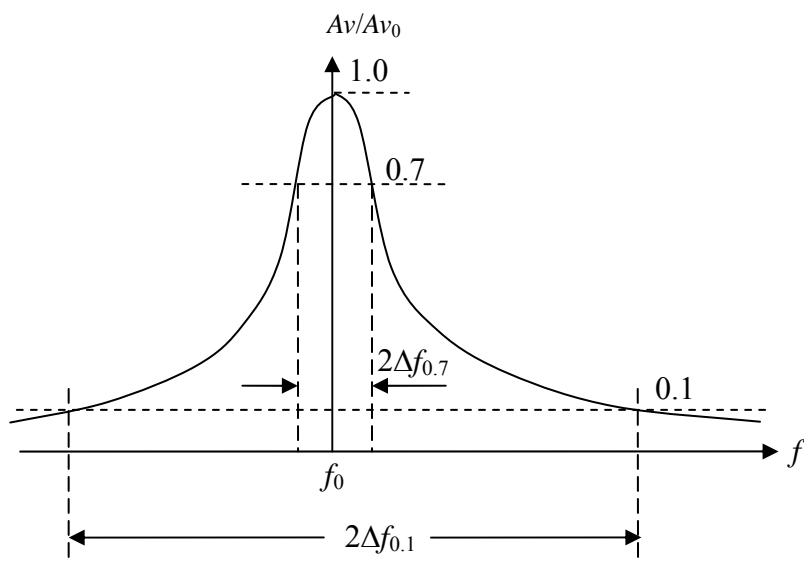


图 2. 谐振放大器典型幅频特性示意图

2. 放大器幅频特性应在衰减器输入端信号小于 5mV 时测试 (这时谐振放大器的输入 $V_i < 50\mu\text{V}$)。所有项目均在放大器输出接 200Ω 负载电阻条件下测量。
3. 功耗的测试: 应在输出电压为 1V 时测量。
4. 文中所有电压值均为有效值。

四、评分标准

	项 目	主要内容	满 分
设计 报告	方案论证	比较与选择 方案描述	3
	理论分析与计算	增益 AGC 带宽与矩形系数	6

	电路设计	完整电路图 输出最大不失真电压及功耗	6
	测试方案与测试结果	测试方法与仪器 测试结果及分析。	3
	设计报告结构及规范性	摘要 设计报告正文的结构 图标的规范性	2
	总 分		20
基本要求	实际制作完成情况		50
发挥 部分	完成第（1）项		15
	完成第（2）项		19
	完成第（3）项		10
	其他		6
	总分		50

2020 年大连理工大学电子设计竞赛试题

射频宽带放大器（第2 题）

一、任务

设计并制作一个射频宽带放大器。

二、要求

1. 基本要求

- (1) 电压增益 $A_v \geq 20\text{dB}$ ，输入电压有效值 $U_i \leq 20\text{mV}$ 。 A_v 在 $0 \sim 20\text{dB}$ 范围内可调。
- (2) 最大输出正弦波电压有效值 $U_o \geq 200\text{mV}$ ，输出信号波形无明显失真。
- (3) 放大器 $BW_{-3\text{dB}}$ 的下限频率 $f_L \leq 0.3\text{MHz}$ ，上限频率 $f_H \geq 20\text{MHz}$ ，并要求在 $1\text{MHz} \sim 15\text{MHz}$ 频带内增益起伏 $\leq 1\text{dB}$ 。
- (4) 放大器的输入阻抗 $= 50\Omega$ ，输出阻抗 $= 50\Omega$ 。

2. 发挥部分

- (1) 电压增益 $A_v \geq 60\text{dB}$ ，输入电压有效值 $U_i \leq 1\text{mV}$ 。 A_v 在 $0 \sim 60\text{dB}$ 范围内可调。
- (2) 在 $A_v \geq 60\text{dB}$ 时，输出端噪声电压的峰峰值 $U_{oNpp} \leq 100\text{mV}$ 。
- (3) 放大器 $BW_{-3\text{dB}}$ 的下限频率 $f_L \leq 0.3\text{MHz}$ ，上限频率 $f_H \geq 100\text{MHz}$ ，并要求在 $1\text{MHz} \sim 80\text{MHz}$ 频带内增益起伏 $\leq 1\text{dB}$ 。该项目要求在 $A_v \geq 60\text{dB}$ （或可达到的最高电压增益点），最大输出正弦波电压有效值 $U_o \geq 1\text{V}$ ，输出信号波形无明显失真条件下测试。
- (4) 最大输出正弦波电压有效值 $U_o \geq 1\text{V}$ ，输出信号波形无明显失真。
- (5) 其他（例如进一步提高放大器的增益、带宽等）。

三、说明

1. 要求负载电阻两端预留测试端子。最大输出正弦波电压有效值应在 $R_L=50\Omega$ 条件下测试（要求 R_L 阻值误差 $\leq 5\%$ ），如负载电阻不符合要求，该项目不得分。
2. 评测时参赛队自备一台 220V 交流输入的直流稳压电源。
3. 建议的测试框图如图 1 所示，可采用点频测试法。射频宽带放大器幅频特性示意图如图 2 所示。

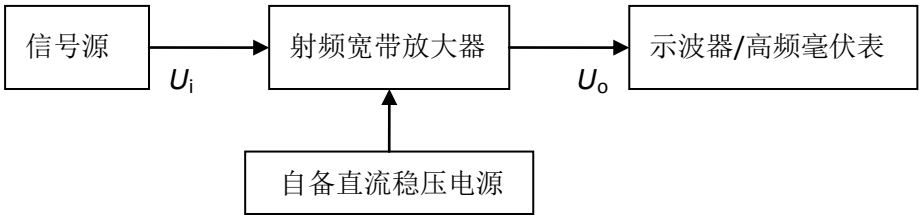


图 1 测试框图

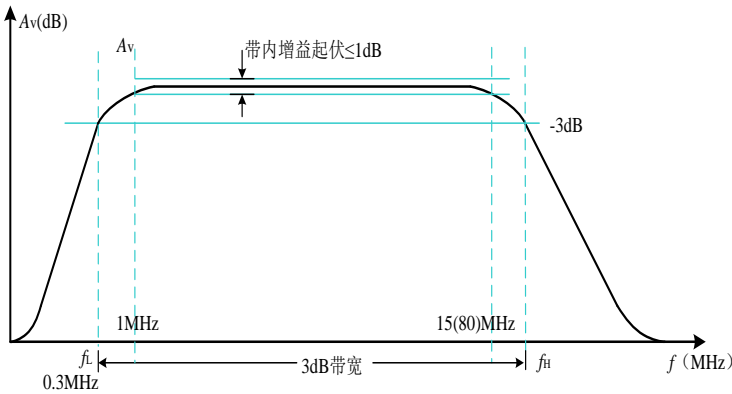


图 2 幅频特性示意图

四、评分标准

设计 报告	项 目	主要内容	分数
	系统方案	比较与选择 方案描述	2
	理论分析与计算	宽带放大器设计 频带内增益起伏控制 射频放大器稳定性 增益调整	8
	电路与程序设计	电路设计 程序设计	4

	测试方案与测试结果	测试方案及测试条件 测试结果完整性 测试结果分析	4
	设计报告结构及规范性	摘要 设计报告正文的结构 图表的规范性	2
	总分		20
基本要求	完成（1）		19
	完成（2）		10
	完成（3）		21
	总分		50
发挥部分	完成（1）		18
	完成（2）		2
	完成（3）		16
	完成（4）		6
	其他		8
	总分		50

2020 年大连理工大学电子设计竞赛试题

增益可控射频放大器（第3题）

一、任务

设计并制作一个增益可控射频放大器。

二、要求

1. 基本要求

- (1) 放大器的电压增益 $A_V \geq 40\text{dB}$ ，输入电压有效值 $V_i \leq 20\text{mV}$ ，其输入阻抗、输出阻抗均为 50Ω ，负载电阻 50Ω ，且输出电压有效值 $V_o \geq 2\text{V}$ ，波形无明显失真；
- (2) 在 $75\text{MHz} \sim 108\text{MHz}$ 频率范围内增益波动不大于 2dB ；
- (3) -3dB 的通频带不窄于 $60\text{MHz} \sim 130\text{MHz}$ ，即 $f_L \leq 60\text{MHz}$ 、 $f_H \geq 130\text{MHz}$ ；
- (4) 实现 A_V 增益步进控制，增益控制范围为 $12\text{dB} \sim 40\text{dB}$ ，增益控制步长为 4dB ，增益绝对误差不大于 2dB ，并能显示设定的增益值。

2. 发挥部分

- (1) 放大器的电压增益 $A_V \geq 52\text{dB}$ ，增益控制扩展至 52dB ，增益控制步长不变，输入电压有效值 $V_i \leq 5\text{mV}$ ，其输入阻抗、输出阻抗均为 50Ω ，负载电阻 50Ω ，且输出电压有效值 $V_o \geq 2\text{V}$ ，波形无明显失真；
- (2) 在 $50\text{MHz} \sim 160\text{MHz}$ 频率范围内增益波动不大于 2dB ；
- (3) -3dB 的通频带不窄于 $40\text{MHz} \sim 200\text{MHz}$ ，即 $f_L \leq 40\text{MHz}$ 和 $f_H \geq 200\text{MHz}$ ；
- (4) 电压增益 $A_V \geq 52\text{dB}$ ，当输入信号频率 $f \leq 20\text{MHz}$ 或输入信号频率 $f \geq 270\text{MHz}$ 时，实测电压增益 A_V 均不大于 20dB ；
- (5) 其他。

三、说明

1. 基本要求（2）和发挥部分（2）用点频法测量电压增益，计算增益波动，测量频率点测评时公布。

2. 基本要求（3）和发挥部分（3）用点频法测量电压增益，分析是否满足通频带要求，测量频率点测评时公布。

3. 放大器采用+12V 单电源供电，所需其它电源电压自行转换。

四、评分标准

	项目	主要内容	分数
设计 报告	系统方案	比较与选择 方案描述	2
	理论分析与计算	射频放大器设计 频带内增益起伏控制 射频放大器稳定性 增益调整	8
	电路与程序设计	电路设计与程序设计	4
	测试方案与测试结果	测试方案及测试条件 测试结果完整性 测试结果分析	4
	设计报告结构及规范性	摘要 设计报告正文的结构 图表的规范性	2
	小计		20
	基本 要求	完成第（1）项	
完成第（2）项			6
完成第（3）项			16
完成第（4）项			10
小计			50
发挥 部分	完成第（1）项		14
	完成第（2）项		3
	完成第（3）项		12
	完成第（4）项		16
	（5）其他		5
	小计		50
总分			120

2020 年大连理工大学电子设计竞赛试题

调幅信号处理实验电路（第4 题）

一、任务

设计并制作一个调幅信号处理实验电路。其结构框图如图 1 所示。输入信号为调幅度 50% 的 AM 信号。其载波频率为 250MHz~300MHz，幅度有效值 V_{irms} 为 $10\mu\text{V}\sim 1\text{mV}$ ，调制频率为 300Hz~ 5kHz。

低噪声放大器的输入阻抗为 50Ω ，中频放大器输出阻抗为 50Ω ，中频滤波器中心频率为 10.7MHz，基带放大器输出阻抗为 600Ω 、负载电阻为 600Ω ，本振信号自制。

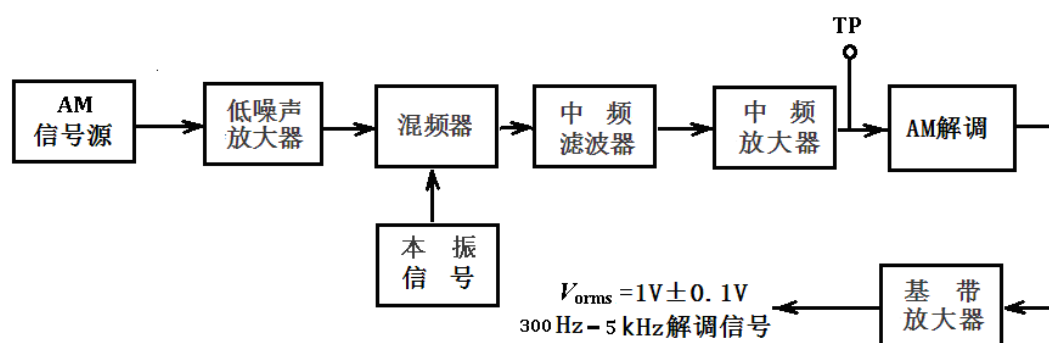


图 1 调幅信号处理实验电路结构框图

二、要求

1. 基本要求

(1) 中频滤波器可以采用晶体滤波器或陶瓷滤波器，其中频频率为 10.7MHz；

(2) 当输入 AM 信号的载波频率为 275MHz，调制频率在 300Hz~ 5kHz 范围内任意设定一个频率， $V_{\text{irms}}=1\text{mV}$ 时，要求解调输出信号为 $V_{\text{orms}}=1\text{V}\pm0.1\text{V}$ 的调制频率的信号，解调输出信号无明显失真；

(3) 改变输入信号载波频率 250MHz~300MHz，步进 1MHz，并在调整本振频率后，可实现 AM 信号的解调功能。

2. 发挥部分

(1) 当输入 AM 信号的载波频率为 275MHz， V_{irms} 在 $10\mu\text{V}\sim1\text{mV}$ 之间变动时，通过自动增益控制(AGC)电路(下同)，要求输出信号 V_{orms} 稳定在 $1\text{V}\pm0.1\text{V}$ ；

(2) 当输入 AM 信号的载波频率为 250MHz~300MHz(本振信号频率可变)， V_{irms} 在 $10\mu\text{V}\sim1\text{mV}$ 之间变动，调幅度为 50%时，要求输出信号 V_{orms} 稳定在 $1\text{V}\pm0.1\text{V}$ ；

(3) 在输出信号 V_{orms} 稳定在 $1\text{V}\pm0.1\text{V}$ 的前提下，尽可能降低输入 AM 信号的载波信号电平；

(4) 在输出信号 V_{orms} 稳定在 $1\text{V}\pm0.1\text{V}$ 的前提下，尽可能扩大输入 AM 信号的载波信号频率范围；

(5) 其他。

三、说明

1.采用+12V 单电源供电，所需其它电源电压自行转换；

2.中频放大器输出要预留测试端口 TP。

四、评分标准

	项目	主要内容	分数
设计 报告	系统方案	比较与选择 方案描述	2
	理论分析与计算	低噪声放大器设计 中频滤波器设计 中频放大器设计 混频器的设计 基带放大器设计 程控增益的设计	8
	电路与程序设计	电路设计与程序设计	4
	测试方案与测试结果	测试方案及测试条件 测试结果完整性 测试结果分析	4

	设计报告结构及规范性	摘要 设计报告正文的结构 图表的规范性	2
	合计		20
基本要求	完成第（1）项		6
	完成第（2）项		20
	完成第（3）项		24
	合计		50
发挥部分	完成第（1）项		10
	完成第（2）项		20
	完成第（3）项		10
	完成第（4）项		5
	（5）其他		5
	合计		50
总分			120

2020 年大连理工大学电子设计竞赛试题

双路语音同传的无线收发系统（第5题）

一、任务

设计制作一个双路语音同传的无线收发系统，实现在一个信道上同时传输两路语音信号。系统的示意图如图 1 所示。

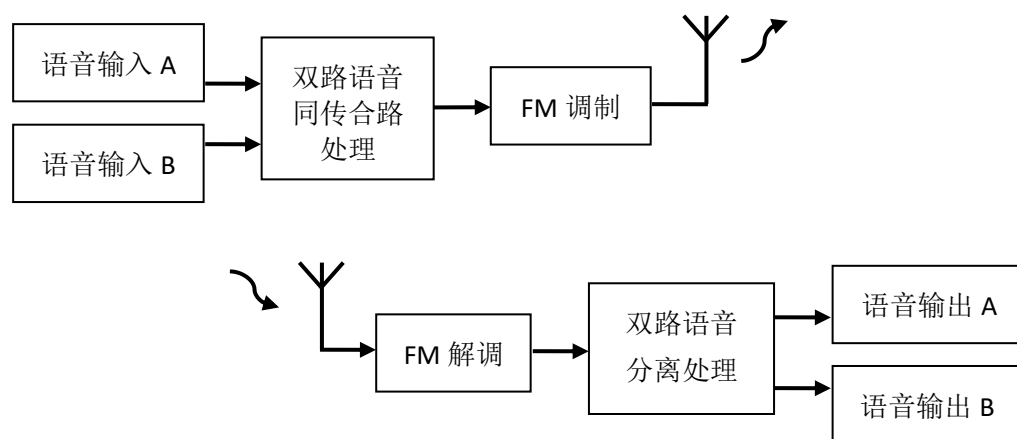


图 1 双路语音同传无线收发系统示意图

二、要求

1. 基本要求

- (1) 制作一套 FM 无线收发系统。其中，FM 信号的载波频率设定为

48.5MHz，相对误差的绝对值不大于 1‰；峰值频偏不大于 25kHz；
天线长度不大于 0.5m。

- (2) 通过 FM 无线收发系统任意传输一路语音信号 A 或者 B，语音信号的带宽不大于 3400Hz。要求无线通信距离不小于 2m，解调输出的语音信号波形无明显失真。
- (3) 通过 FM 无线收发系统同时传输双路语音信号 A 和 B。要求无线通信距离不小于 2m，解调输出的双路语音信号波形无明显失真。

2. 发挥部分

- (1) 要求设计制作的发射电路中 FM 信号的载波频率能通过一个电压信号 $v_c(t)$ 进行调节，用来模拟无线通信中载波频率漂移的情况。电压信号 $v_c(t)$ 单位电压调节载波频率产生的频率漂移量，由参赛者自行设计。
- (2) 在保证系统能正确进行双路语音无线传输的前提下，通过 $v_c(t)$ 信号调节 FM 信号的载波频率产生不小于 300 kHz 的漂移，要求调节时间 τ 不超过 5s（秒）。
- (3) 在保证系统能正确进行双路语音无线传输的前提下，通过 $v_c(t)$ 信号调节 FM 信号的载波频率，按照图 2 所示进行漂移，要求 FM 信号的载波频率漂移范围 Δf_0 越大越好。

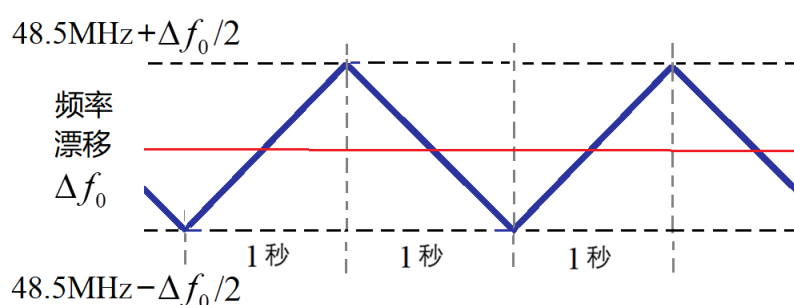


图 2：载波频率漂移的图示

- (4) 其他。

三、说明

- (1) 系统输入的语音信号，可以由标准的信号源产生；解调的语音信号输出应留有测试接口，以便示波器观测。
- (2) 制作的 FM 发射电路应在发射天线端引出测试端口，以便测试。

- (3) 控制 FM 信号的载波频率漂移的外加电压信号 $v_c(t)$ 通过标准信号源外部输入。外加的 $v_c(t)$ 信号为零时, FM 信号的载波频率漂移对应为零。

四、评分标准

	项 目	主要内容	满分
设计报告	系统方案	总体设计方案	3
	理论分析与计算	发射的双路语音合路处理分析与计算 接收的双路语音信号分离处理分析与计算 无线收发系统频漂处理分析与计算	7
	电路与程序设计	电路图和流程图	5
	测试方案与测试结果	测试方法与仪器 测试数据完成性 测试结果分析	3
	设计报告结构及规范性	摘要 设计报告正文的结构 图标的规范性	2
	小计		20
基本要求	完成 (1)		6
	完成 (2)		20
	完成 (3)		24
	小计		50
发挥部分	完成 (1)		10
	完成 (2)		20
	完成 (3)		15
	完成 (4)		5
	小计		50
总 分			120