

A题：80MHz~100MHz 频谱分析仪

一、任务

设计制作一个简易频谱仪。频谱仪的本振源用锁相环制作。频谱仪的基本结构图如图 1 所示。

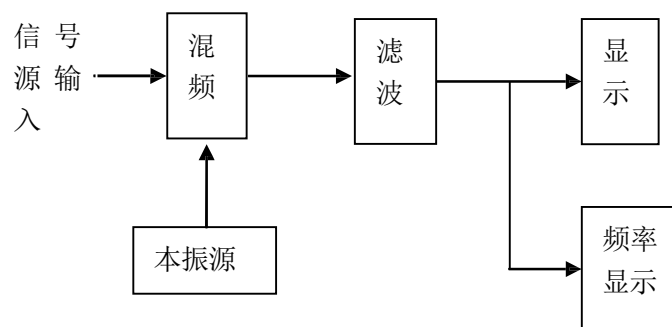


图 1 频谱仪的基本结构图

二、要求

1. 基本要求

制作一个基于锁相环的本振源：

- (1) 频率范围 90MHz~110MHz;
- (2) 频率步进 100kHz;
- (3) 输出电压幅度 10~100mV，可调;
- (4) 在整个频率范围内可自动扫描；扫描时间在 1~5s 之间可调；可手动扫描；还可预置在某一特定频率;
- (5) 显示频率;
- (6) 制作一个附加电路，用于观测整个锁定过程;
- (7) 锁定时间小于 1ms。

2. 发挥部分

制作一个 80MHz~100MHz 频谱分析仪：

- (1) 频率范围 80MHz~100MHz;
- (2) 分辨率 100kHz;
- (3) 可在频段内扫描并能显示信号频谱和对应幅度最大的信号频率;

- (4) 测试在全频段内的杂散频率(大于主频分量幅度的 2%为杂散频率)个数;
- (5) 其他。

三、说明

在频谱仪滤波器的输出端应有一个测试端子，便于测量。

四、评分标准

	项 目	主要内容	分数
设计 报告	系统方案	方案选择、论证	4
	理论分析与计算	进行必要的分析、计算	4
	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	表明测试方案和测试结果	4
	设计报告结构及规范性	图表的规范性	4
	小计		20
基本 要求	完成第（1）项		10
	完成第（2）项		10
	完成第（3）项		5
	完成第（4）项		10
	完成第（5）项		5
	完成第（6）项		5
	完成第（7）项		5
	小计		50
发挥 部分	完成第（1）项		15
	完成第（2）项		5
	完成第（3）项		15
	完成第（4）项		10
	其他		5
	小计		50
总分			120

B题：集成运放参数测试仪

一、任务

设计并制作一台能测试通用型集成运算放大器参数的测试仪，示意图如图 1 所示。

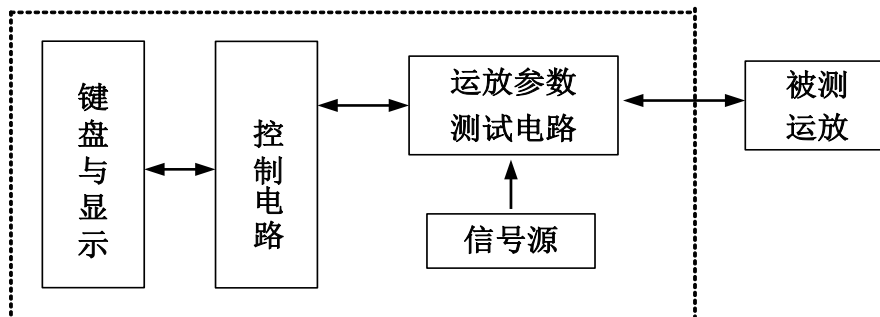


图 1

二、要求

1、基本要求

- (1) 能测试 V_{IO} (输入失调电压)、 I_{IO} (输入失调电流)、 A_{VD} (交流差模开环电压增益)和 K_{CMR} (交流共模抑制比)四项基本参数，显示器最大显示数为 3999；
- (2) 各项被测参数的测量范围及精度如下(被测运放的工作电压为 $\pm 15V$):
 V_{IO} : 测量范围为 $0\sim 40mV$ (量程为 $4mV$ 和 $40mV$)，误差绝对值小于 3% 读数+1 个字；
 I_{IO} : 测量范围为 $0\sim 4\mu A$ (量程为 $0.4\mu A$ 和 $4\mu A$)，误差绝对值小于 3% 读数+1 个字；
 A_{VD} : 测量范围为 $60dB\sim 120dB$ ，测试误差绝对值小于 $3dB$ ；
 K_{CMR} : 测量范围为 $60dB\sim 120dB$ ，测试误差绝对值小于 $3dB$ ；
- (3) 测试仪中的信号源(自制)用于 A_{VD} 、 K_{CMR} 参数的测量，要求信号源能输出频率为 $5Hz$ 、输出电压有效值为 $4V$ 的正弦波信号，频率与电压值误差绝对值均小于 1% ；
- (4) 按照本题附录提供的符合 GB3442-82 的测试原理图(见图 2~图 4)，再制作一组符合该标准的测试 V_{IO} 、 I_{IO} 、 A_{VD} 和 K_{CMR} 参数的测试电路，以此测试电路的测试结果作为测试标准，对制作的运放参数测试仪进行标定。

2、发挥部分

- (1) 增加电压模运放 BW_G (单位增益带宽)参数测量功能，要求测量频率范围为 $100kHz\sim 3.5MHz$ ，测量时间 ≤ 10 秒，频率分辨力为 $1kHz$ ；
为此设计并制作一个扫频信号源，要求输出频率范围为 $40kHz\sim 4MHz$ ，频率误差绝对值小于 1% ；输出电压的有效值为 $2V\pm 0.2V$ ；
- (2) 增加自动测量(含自动量程转换)功能。该功能启动后，能自动按 V_{IO} 、 I_{IO} 、 A_{VD} 、 K_{CMR} 和 BW_G 的顺序测量、显示并打印以上 5 个参数测量结果；
- (3) 其他。

三、评分标准

	项 目	满分
基本要求	设计与总结报告：方案比较、设计与论证，理论分析与计算，电路图及有关设计文件，测试方法与仪器，测试数据及测试结果分析。	50
	实际制作完成情况	50
发挥部分	完成第（1）项	30
	完成第（2）项	15
	其他	5

四、说明

- 1、为了制作方便，被测运放的型号选定为 8 引脚双列直插的电压模运放 F741 (LM741、 μ A741、F007 等)通用型运算放大器；
- 2、为了测试方便，自制的信号源应预留测量端子；
- 3、测试时用到的打印机自带。

附录：

参照 GB3442-82 标准， V_{IO} 、 I_{IO} 、 A_{VD} 和 K_{CMR} 参数的测试原理图分别如图 2、图 3 和图 4 所示。图 3 和图 4 中的信号源可采用现成的信号源。为了保证测试精度，外接测试仪表（信号源和数字电压表）的精度应比自制的运放参数测试仪的精度高一个数量级。

（1） V_{IO} 、 I_{IO} 电参数测试原理图

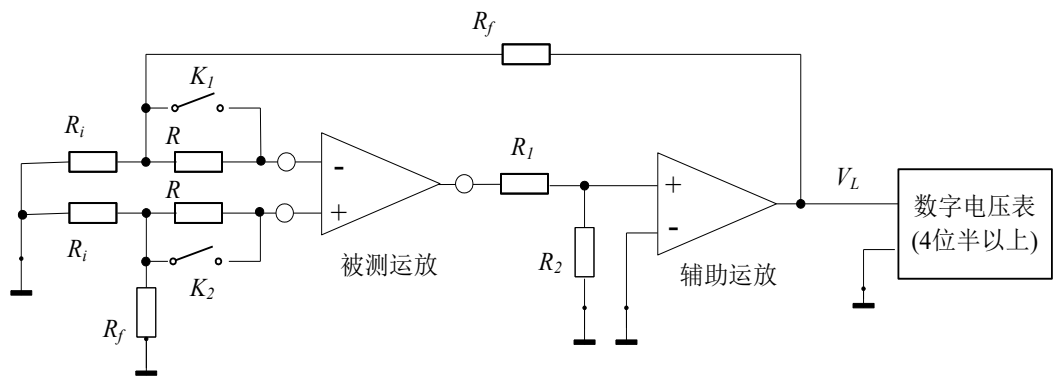


图 2

- ① 在 K_1 、 K_2 闭合时，测得辅助运放的输出电压记为 V_{L0} ，则有：
$$V_{IO} = \frac{R_i}{R_i + R_f} \cdot V_{L0}$$
- ② 在 K_1 、 K_2 闭合时，测得辅助运放的输出电压记为 V_{L0} ；在 K_1 、 K_2 断开时，测得辅助运放的输出电压记为 V_{L1} ，则有：
$$I_{IO} = \frac{R_i}{R_i + R_f} \cdot \frac{V_{L1} - V_{L0}}{R}$$

（2） A_{VD} 电参数的测试原理与测试原理图

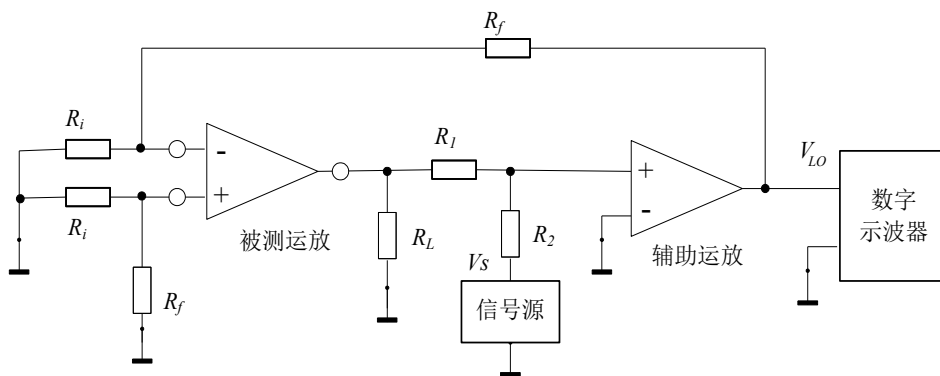


图 3

设信号源输出电压为 V_S ，测得辅助运放输出电压为 V_{LO} ，则有

$$A_{VD} = 20 \lg \left(\frac{V_S}{V_{LO}} \cdot \frac{R_i + R_f}{R_i} \right) \text{ (dB)}$$

(3) K_{CMR} 电参数的测试原理与测试原理图

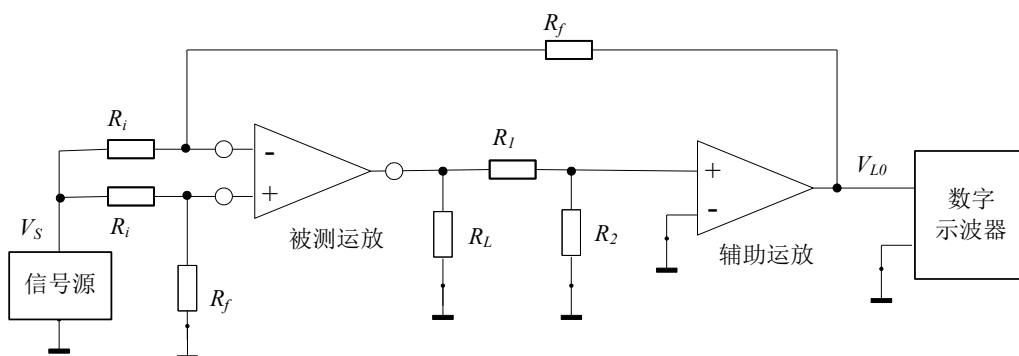


图 4

设信号源输出电压为 V_S ，测得辅助运放输出电压为 V_{LO} ，则有

$$K_{CMR} = 20 \lg \left(\frac{V_S}{V_{LO}} \cdot \frac{R_i + R_f}{R_i} \right) \text{ (dB)}$$

附录说明

1、测试采用了辅助放大器测试方法。要求辅助运放的开环增益大于 60dB，输入失调电压和失调电流值小；

2、为了保证测试精度，要求对 R 、 R_i 、 R_f 的阻值准确测量， R_1 、 R_2 的阻值尽可能一致； I_{IO} 与 R 的乘积远大于 V_{IO} ； I_{IO} 与 $R_i // R_f$ 的乘积应远小于 V_{IO} 。测试电路中的电阻值建议取： $R_i=100\Omega$ 、 $R_f=20\text{ k}\Omega \sim 100\text{ k}\Omega$ 、 $R_1=R_2=30\text{ k}\Omega$ 、 $R_L=10\text{ k}\Omega$ 、 $R=1\text{ M}\Omega$ ；

3、建议图 3、4 中使用的信号源输出为正弦波信号，频率为 5Hz、输出电压有效值为 4 V。

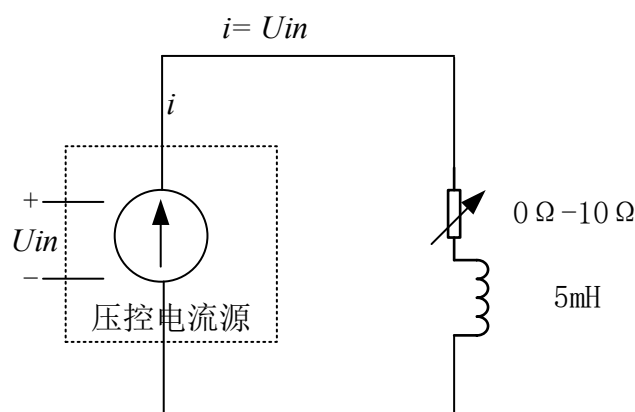
C题：单相交流电流源

一、任务

制作一个电压控制单相交流电流源。将该电流源连接到不同电路中，要求输出电流都能够跟踪给定电流。

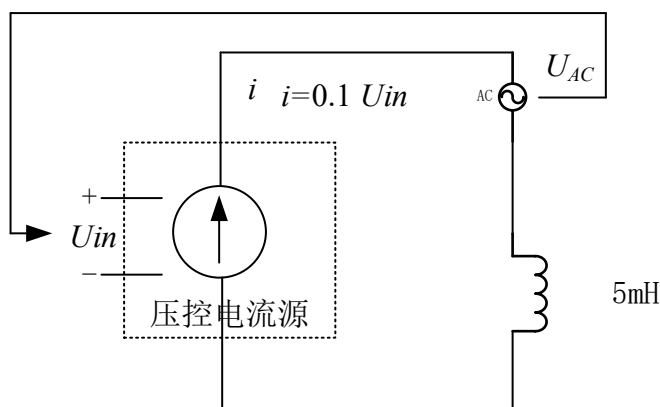
二、要求

电流源与电路的连接如图所示，通过给定 U_{in} 控制电流 i ， i 和 U_{in} 的关系为 $i=U_{in}$ 。图中电感为 5mH ，电阻可以在 0 至 10 欧姆之间变化



基本部分：

- 1, U_{in} 为分别直流 2V 和 -2V ，控制电流源输出分别为 2A 和 -2A 。电阻在 0 至 10 欧姆之间变化，电流控制误差 $< \pm 0.02\text{A}$ 。电阻为 10 欧姆时，电流源效率 $> 95\%$
- 2, U_{in} 为分别交流 2VRMS 和交流 1VRMS 时，控制电流源输出交流 2A RMS 和交流 1A RMS 。电阻在 0 至 10 欧姆之间变化，电流的幅值误差 $< 0.05\text{A}$ ，相位误差 $< 3.6^\circ$ 。电阻为 10 欧姆时，电流源效率 $> 95\%$
- 3, 如果电路中接入交流电源，如图所示，更改 i 和 U_{in} 的比例关系为 i 和 U_{in} 的关系为 $i=0.1 U_{in}$ ，将交流电源 U_{AC} 的电压作为电流源控制电压，交流电源 U_{AC} 的变化范围为 10VAC RMS 至 20VAC RMS ， 50Hz 。



交流电源 UAC 分别为 20VAC RMS 和 10VAC RMS 变化时，要求控制电流源输出交流 2A RMS 和交流 1A RMS。电流的幅值误差 $<0.05\text{A}$ ，相位误差 $<3.6^\circ$ ，电流源效率 $>95\%$ 。

交流电源 UAC 从电网经过隔离变压器和自耦变压器获得。

发挥部分：

1，在基本要求 3 的基础上，加入相位偏移功能，可设置电流 i 和控制电压 U_{in} 的相位差在 -90° 至正 90° 范围内变化，电流的幅值误差 $<0.05\text{A}$ ，相位误差 $<3.6^\circ$ ，电流源效率 $>95\%$ 。

2，在发挥部分 1 的基础上，扩展相位偏移功能，可设置电流 i 和控制电压 U_{in} 的相位差在 -180° 至正 180° 范围内变化，电流的幅值误差 $<0.05\text{A}$ ，相位误差 $<3.6^\circ$ ，流进电流源的功率可以及时消耗。

D题：小车协同行驶系统

一、任务

设计一套小车协同行驶系统。系统由两辆具有循迹功能、行驶速度可调的小车（A 车和 B 车）组成，A 车具有接收声音、可控激光笔、显示字符等装置，B 车具有声音提示装置并在车上安装直径 10 厘米的圆形靶。要求用 TI 的 MCU 控制两辆小车在场地上沿引导线行驶，并完成题目要求的功能。行驶场地的路径如图 1 所示，ABHCDEA 圆角矩形为外圈、ABGCDEA 圆角矩形为外圈。

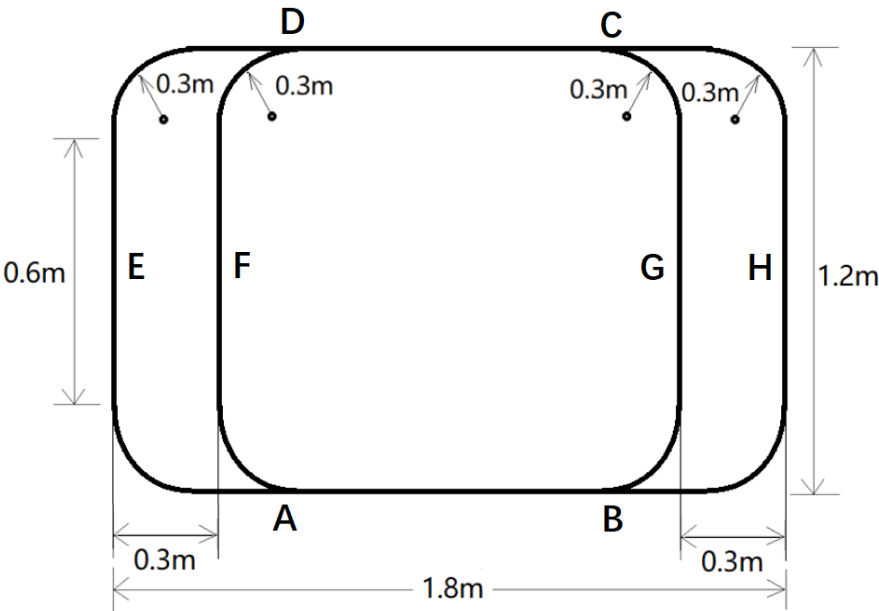


图1 小车协同行驶场地示意图

二、要求

1.基本部分

- (1) A 车在 A 点且车头朝向 B 点、B 车在 C 点且车头朝向 D 点，A 车收到击掌声后两车立即同时出发，以 0.4 米/秒速度沿外圈逆时针方向行驶，A 车行驶一圈后到达 B 点时两车同时停车且 B 车发出声音提示。
- (2) A 车在 AB 段中点且车头朝向 B 点，B 车在 A 车后方间隔 20 厘米处，A 车收到击掌声后两车立即同时出发，以不低于 0.3 米/秒的速度行驶，并在 B-C 路段、D-A 路段分别完成交替领先（即在 AB 段 A 车领先、在 CD 段 B 车领先），A 车行驶一圈到达 B 点时两车同时停车且 B 车发出声音提示，要求两车速度准确、且停车间距为 20 厘米。
- (3) A 车在 A 点且车头朝向 B 点，B 车在 D 段中点且车头朝向 C 点，A 车收到击掌声后两车立即同时出发并按自选路径行驶，A 车行驶一圈后到 B 点停车、B 车行驶一圈后到 C 点停车且发出声音提示，要求两车持续行驶且速度基本一致、同时到达终点停车。

2.发挥部分

(1) 静止的 A 车能连续识别放在地面上的不同数字（5-8）或者视角内没有数字并能显示，识别新数字并显示刷新的时间不超过 10 秒。

(2) A 车在 A 点且车头朝向 B 点，B 车在 D 段中点且车头朝向 C 点，A 车识别放在路面上数字（1-4）后两车立即同时出发，A 车按数字规定的路径（见说明）行驶，B 车根据 A 车的路径确定行驶路径；A 车行驶一圈后到 B 点停车、B 车行驶一圈后到 C 点停车，要求两车持续行驶、同时到达各自终点停车。

(3) A 车在 AB 段中点且车头朝向 B 点、B 车在 CD 段中点且车头朝向 D 点，A 车收到击掌声后两车立即同时出发并持续沿内圈行驶，要求在 A 车和 B 车行驶过程中，A 车控制激光笔持续将光斑打在 B 车上的圆形靶上。以在 40 秒时间内行车距离远、光斑打在圆形靶上时间长为优。

(4) 其它。

三、说明

1. 作品中的小车尺寸不大于 25cm（长）、15cm（宽）。小车尺寸包括小车本体、以及小车所安装的传感器等总体的尺寸大小，但不包括 B 车上的圆形靶。

2. 行驶场地底色为白色，行驶路径用 1 厘米宽的黑色引导线来标志。除供 A 车识别的数字之外，行驶场地上不得有其他任何指示标记。

3. 在两个小车跟随行驶过程中，除了两个小车间的相互通信外，不得有车外遥控和其他通信指令辅助。

4. 发挥部分(2)中，数字对应的行驶路径：

1 == A-B-H-C-D-E-A-B

2 == A-B-G-C-D-F-A-B

3 == A-B-G-C-D-E-A-B

4 == A-B-H-C-D-F-A-B

5. 发挥部分(2)中，行车距离以两车行驶距离少者计，两车存在途中停车情况时不计光斑打在圆形靶上的时间。

E题：调幅信号处理实验电路

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_{rms} 为 10 μ V~1mV，调制频率为 300Hz~5kHz。低噪声放大器的输入阻抗为 50 Ω ，中频放大器输出阻抗为 50 Ω ，中频滤波器中心频率为 10.7MHz，基带放大器输出阻抗为 600 Ω 、负载电阻为 600 Ω ，本振信号自制。

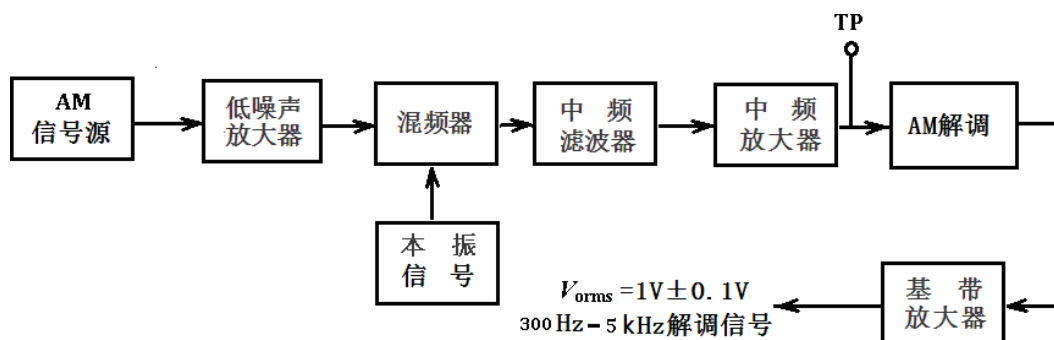


图1 调幅信号处理实验电路结构框图

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， $V_{\text{rms}}=1\text{mV}$ 时，要求解调输出信号为 $V_{\text{orms}}=1V \pm 0.1V$ 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

- (4) 当输入 AM 信号的载波频率为 275MHz， V_{rms} 在 10 μ V~1mV 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 $1V \pm 0.1V$ ；
- (5) 当输入 AM 信号的载波频率为 250MHz~300MHz (本振信号频率可变)， V_{rms} 在 10 μ V~1mV 之间变动，调幅度为 50% 时，要求输出信号 V_{orms} 稳定在 $1V \pm 0.1V$ ；
- (6) 在输出信号 V_{orms} 稳定在 $1V \pm 0.1V$ 的前提下，尽可能降低输入 AM 信号的载波信号电平；

(7) 在输出信号 V_{orms} 稳定在 $1\text{V} \pm 0.1\text{V}$ 的前提下, 尽可能扩大输入 AM 信号的载波信号频率范围;

(8) 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