

2020 年大连理工大学电子设计竞赛试题

简易频率特性测试仪（第1 题）

一、任务

根据零中频正交解调原理，设计并制作一个双端口网络频率特性测试仪，包括幅频特性和相频特性，其示意图如图 1 所示。

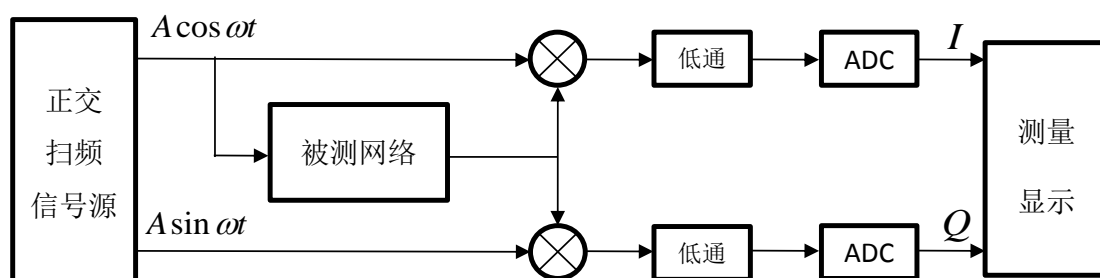


图 1 频率特性测试仪示意图

二、要求

1. 基本要求

制作一个正交扫频信号源。

- (1) 频率范围为 1MHz~40MHz，频率稳定度 $\leq 10^{-4}$ ；频率可设置，最小设置单位 100kHz。
- (2) 正交信号相位差误差的绝对值 $\leq 5^\circ$ ，幅度平衡误差的绝对值 $\leq 5\%$ 。
- (3) 信号电压的峰峰值 $\geq 1\text{V}$ ，幅度平坦度 $\leq 5\%$ 。
- (4) 可扫频输出，扫频范围及频率步进值可设置，最小步进 100kHz；要求连续扫频输出，一次扫频时间 $\leq 2\text{s}$ 。

2. 发挥部分

- (1) 使用基本要求中完成的正交扫频信号源，制作频率特性测试仪。
 - a. 输入阻抗为 50Ω ，输出阻抗为 50Ω ；
 - b. 可进行点频测量；幅频测量误差的绝对值 $\leq 0.5\text{dB}$ ，相频测量误差的绝对值 $\leq 5^\circ$ ；数据显示的分辨率：电压增益 0.1dB ，相移 0.1° 。
- (2) 制作一个 RLC 串联谐振电路作为被测网络，如图 2 所示，其中 R_i 和 R_o 分别为频率特性测试仪的输入阻抗和输出阻抗；制作的频率特性测试仪可对其进行线性扫频测量。
 - a. 要求被测网络通带中心频率为 20MHz ，误差的绝对值 $\leq 5\%$ ；有载品质因数为 4，误差的绝对值 $\leq 5\%$ ；有载最大电压增益 $\geq -1\text{dB}$ ；
 - b. 扫频测量制作的被测网络，显示其中心频率和 -3dB 带宽，频率数据显示的分辨率为 100kHz ；
 - c. 扫频测量并显示幅频特性曲线和相频特性曲线，要求具有电压增益、相移和频率坐标刻度。

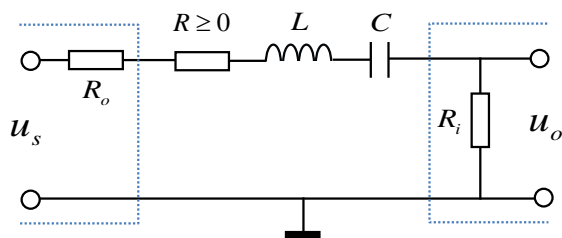


图 2 RLC 串联谐振电路

- (3) 其他。

三、说明

1. 正交扫频信号源必须自制，不能使用商业化 DDS 开发板或模块等成品，自制电路板上需有明显的覆铜“2013”字样。
2. 要求制作的仪器留有正交信号输出测试端口，以及被测网络的输入、输出接入端口。
3. 本题中，幅度平衡误差指正交两路信号幅度在同频点上的相对误差，定义

为： $\frac{U_2 - U_1}{U_1} \times 100\%$ ，其中 $U_2 \geq U_1$ 。

4. 本题中，幅度平坦度指信号幅度在工作频段内的相对变化量，定义为：

$$\frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\min}} \times 100\%。$$

5. 参考图 2，本题被测网络电压增益取： $A_v = 20\lg \left| \frac{u_o}{\frac{1}{2}u_s} \right|$

6. 幅频特性曲线的纵坐标为电压增益（dB）；相频特性曲线的纵坐标为相移（°）；特性曲线的横坐标均为线性频率（Hz）。

7. 发挥部分中，一次线性扫频测量完成时间 $\leq 30s$ 。

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	2
	理论分析与计算	系统原理 滤波器设计 ADC 设计 被测网络设计 特性曲线显示	7
	电路与程序设计	电路设计 程序设计	6
	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	3
	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	实际制作完成情况		50
发挥 部分	完成（1）		16
	完成（2）		30
	其他		4
	总分		50

2020 年大连理工大学电子设计竞赛试题

80MHz~100MHz 频谱分析仪（第2 题）

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。

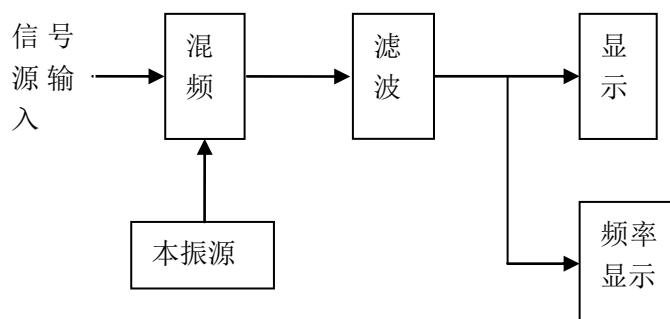


图 1 频谱仪的基本结构图

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

2020 年大连理工大学电子设计竞赛试题

数字频率计（第3题）

一、任务

设计并制作一台闸门时间为 1s 的数字频率计。

二、要求

1. 基本要求

(1) 频率和周期测量功能

- a. 被测信号为正弦波，频率范围为 1Hz~10MHz；
- b. 被测信号有效值电压范围为 50mV~1V；
- c. 测量相对误差的绝对值不大于 10^{-4} 。

(2) 时间间隔测量功能

- a. 被测信号为方波，频率范围为 100Hz~1MHz；
- b. 被测信号峰峰值电压范围为 50mV~1V；
- c. 被测时间间隔的范围为 $0.1\mu\text{s}$ ~100ms；
- d. 测量相对误差的绝对值不大于 10^{-2} 。

(3) 测量数据刷新时间不大于 2s，测量结果稳定，并能自动显示单位。

2. 发挥部分

- (1) 频率和周期测量的正弦信号频率范围为 1Hz~100MHz，其他要求同基本要求（1）和（3）。
- (2) 频率和周期测量时被测正弦信号的最小有效值电压为 10mV，其他要求同基本要求（1）和（3）。

- (3) 增加脉冲信号占空比的测量功能，要求：
- 被测信号为矩形波，频率范围为 1Hz~5MHz；
 - 被测信号峰峰值电压范围为 50mV~1V；
 - 被测脉冲信号占空比的范围为 10%~90%；
 - 显示的分辨率为 0.1%，测量相对误差的绝对值不大于 10^{-2} 。
- (4) 其他（例如，进一步降低被测信号电压的幅度等）。

三、说明

本题时间间隔测量是指 A、B 两路同频周期信号之间的时间间隔 T_{A-B} 。测试时可以使用双通道 DDS 函数信号发生器，提供 A、B 两路信号。

四、评分标准

	项 目	应包括的主要内容	分数
设计 报告	系统方案	比较与选择 方案描述	3
	理论分析与计算	宽带通道放大器分析 各项被测参数测量方法的分析 提高仪器灵敏度的措施	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	3
	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		32
	完成第（2）项		14
	完成第（3）项		4
	小计		50
发挥 部分	完成第（1）项		21
	完成第（2）项		8
	完成第（3）项		16
	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

远程幅频特性测试装置（第4题）

一、任务

设计并制作一远程幅频特性测试装置。

二、要求

1. 基本要求

- (1) 制作一信号源。输出频率范围：1MHz - 40MHz；步进：1MHz，且具有自动扫描功能；负载电阻为 600Ω 时，输出电压峰峰值在 5mV - 100mV 之间可调。
- (2) 制作一放大器。要求输入阻抗： 600Ω ；带宽：1MHz - 40MHz；增益：40dB，要求在 0 - 40 dB 连续可调；负载电阻为 600Ω 时，输出电压峰峰值为 1V，且波形无明显失真。
- (3) 制作一用示波器显示的幅频特性测试装置，该幅频特性定义为信号的幅度随频率变化的规律。在此基础上，如图 1 所示，利用导线将信号源、放大器、幅频特性测试装置等三部分联接起来，由幅频特性测试装置完成放大器输出信号的幅频特性测试，并在示波器上显示放大器输出信号的幅频特性。



图 1 远程幅频特性测试装置框图（基本部分）

2. 发挥部分

- (1) 在电源电压为+5V 时，要求放大器在负载电阻为 600Ω 时，输出电压有效值为 1V，且波形无明显失真。

(2) 如图 2 所示，将信号源的频率信息、放大器的输出信号利用一条 1.5m 长的双绞线（一根为信号传输线，一根为地线）与幅频特性测试装置联接起来，由幅频特性测试装置完成放大器输出信号的幅频特性测试，并在示波器上显示放大器输出信号的幅频特性。

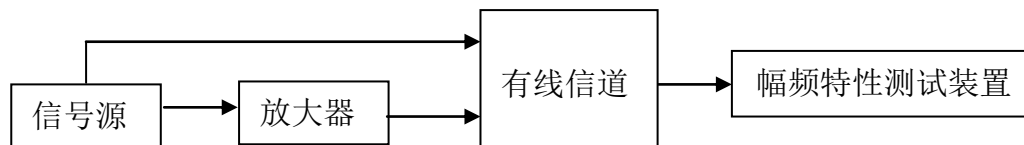


图 2 有线信道幅频特性测试装置框图（发挥部分（2））

(3) 如图 3 所示，使用 WiFi 路由器自主搭建局域网，将信号源的频率信息、放大器的输出信号信息与笔记本电脑联接起来，由笔记本电脑完成放大器输出信号的幅频特性测试，并以曲线方式显示放大器输出信号的幅频特性。



图 3 WiFi 信道幅频特性测试装置框图（发挥部分（3））

(4) 其他。

三、说明

1. 笔记本电脑和路由器自备（仅限本题）。
2. 在信号源、放大器的输出端预留测试端点。

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	信号发生器电路设计 放大器设计 频率特性测试仪器	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
	报告总分		20
基本 要求	完成（1）		20
	完成（2）		17
	完成（3）		5
	完成（4）		8
	合计		50
发挥 部分	完成（1）		10
	完成（2）		20
	完成（3）		15
	其他		5
	合计		50
	作品测试总分		100

2020 年大连理工大学电子设计竞赛试题

线路负载及故障检测装置（第5题）

一、任务

设计并制作线路负载及故障检测装置，示意图如图 1 所示。

检测装置只通过两个连接端子与两根导线连接。导线上 A、B 两点距离各自连接端子约 5cm，远端 30cm 范围内为连接负载和故障区域。

负载由电阻（额定功率 0.25W）、电容（耐压 16V）和电感（额定电流 50mA）3 个元件中任意 2~3 个元件串联或者并联组成。其中电阻值范围：200Ω~2kΩ，电容值范围：200nF~2μF，电感值范围：100μH~1mH。

检测装置由 5V 单电源供电，能实时检测和显示负载网络结构，负载开路、短路故障报警，以及短路故障点位置测量。响应时间不大于 5s。

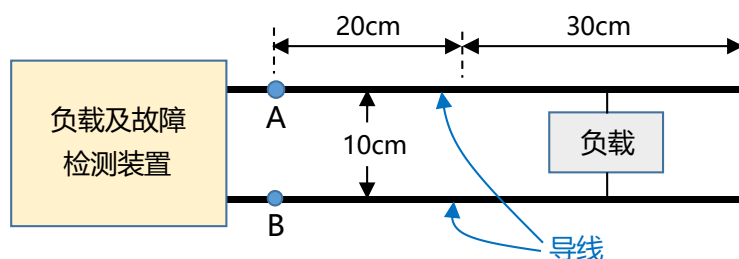


图 1 线路负载及故障检测装置示意图

二、要求

1. 基本要求

- (1) 具有负载开路 and 短路故障分别指示的报警功能。
- (2) 测试现场给出电阻、电容和电感 3 个元件，分别测量每个元件值并稳定显示，相对误差的绝对值不大于 5%。每个元件测量时间不大于 5s。
- (3) 可检测由给定电阻、电容和电感 3 个元件中，任意 2~3 个元件串联或者并联组成负载的网络结构。

2. 发挥部分

两根导线上的短路故障点与各自的 A 点或 B 点距离相等。

- (1) 测量短路故障点与 A 点（或 B 点）的距离并稳定显示，误差的绝对值不大于 1.0cm。
- (2) 由信号发生器产生扫频信号 1（信号参数见说明（3），信号发生器的“地”与电源“地”相连），其输出端串接 1pF 电容后，接入导线上 A 点处（见图 1 所示），用于模拟环境噪声。测量短路故障点与 A 点（或 B 点）的距离并稳定显示，误差的绝对值不大于 1.0cm。
- (3) 在发挥部分（2）的基础上，由另一台信号发生器产生扫频信号 2（信号参数见说明（3）），其输出端串接 1pF 电容后，接入导线上 B 点处（见图 1 所示）。测量短路故障点与 A 点（或 B 点）的距离并稳定显示，误差的绝对值不大于 1.0cm。
- (4) 其他。

三、说明

- (1) 测试现场提供元件，并用高精度仪器测量元件值（测量频率 1kHz）。每个元件的两端接有线夹，用于负载网络搭建和与导线的连接。
- (2) 导线采用网线（直径 0.51mm ~ 0.58mm）内的铜芯，导线和短路线由参赛者自带。
- (3) 扫频信号 1 参数：方波，峰峰值 5V，均值 0，线性方式，初始频率 100Hz，终止频率 1kHz，扫描时间 100ms，重复扫描。
扫频信号 2 参数：方波，峰峰值 5V，均值 0，线性方式，初始频率 1MHz，终止频率 10MHz，扫描时间 10ms，重复扫描。
- (4) 在负载和故障检测环节，要求无需人工干预，装置能实时自动检测负载变化、故障报警和短路故障点定位。短路故障点位置显示稳定。
- (5) 发挥部分测试中，允许短路线与导线通过焊接相连。
- (6) 参赛作品不得不得使用测距传感器。

四、评分标准

	项目	主要内容	满分
设计报告	系统方案	比较与选择 方案描述	4
	理论分析与计算	元件测量 负载网络结构判断 短路故障点定位 抗干扰方法 误差分析	6
	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 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 正文结构 图表规范性	2
	合计		20
基本要求	完成第（1）项		8
	完成第（2）项		21
	完成第（3）项		21
	合计		50
发挥部分	完成第（1）项		14
	完成第（2）项		14
	完成第（3）项		16
	其他		6
	合计		50
总分			120