

2009 年全国大学生电子设计竞赛试题

参赛注意事项

- (1) 2009 年 9 月 2 日 8:00 竞赛正式开始。本科组参赛队只能在【本科组】题目中任选一题；高职高专组参赛队在【高职高专组】题目中任选一题，也可以选择【本科组】题目。
- (2) 参赛队认真填写《登记表》内容，填写好的《登记表》交赛场巡视员暂时保存。
- (3) 参赛者必须是有正式学籍的全日制在校本、专科学生，应出示能够证明参赛者学生身份的有效证件（如学生证）随时备查。
- (4) 每队严格限制 3 人，开赛后不得中途更换队员。
- (5) 参赛队必须在学校指定的竞赛场地内进行独立设计和制作，不得以任何方式与他人交流，包括教师在内的非参赛队员必须回避，对违纪参赛队取消评审资格。
- (6) 2009 年 9 月 5 日 20:00 竞赛结束，上交设计报告、制作实物及《登记表》，由专人封存。

光伏并网发电模拟装置 (A 题)

【本科组】

一、任务

设计并制作一个光伏并网发电模拟装置，其结构框图如图 1 所示。用直流稳压电源 U_S 和电阻 R_S 模拟光伏电池， $U_S=60V$ ， $R_S=30\Omega\sim 36\Omega$ ； u_{REF} 为模拟电网电压的正弦参考信号，其峰峰值为 2V，频率 f_{REF} 为 45Hz~55Hz；T 为工频隔离变压器，变比为 $n_2:n_1=2:1$ 、 $n_3:n_1=1:10$ ，将 u_F 作为输出电流的反馈信号；负载电阻 $R_L=30\Omega\sim 36\Omega$ 。

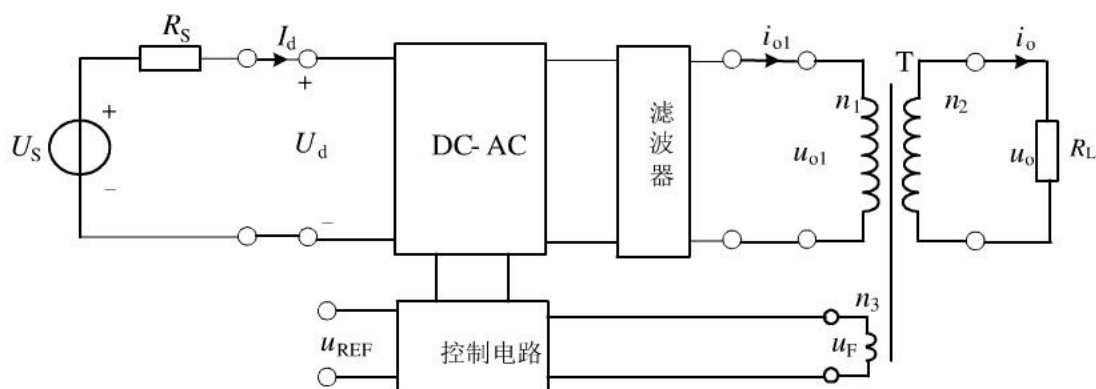


图 1 并网发电模拟装置框图

二、要求

1. 基本要求

- (1) 具有最大功率点跟踪 (MPPT) 功能： R_S 和 R_L 在给定范围内变化时，

使 $U_d = \frac{1}{2}U_s$ ，相对偏差的绝对值不大于 1%。

- (2) 具有频率跟踪功能：当 f_{REF} 在给定范围内变化时，使 u_F 的频率 $f_F=f_{REF}$ ，相对偏差绝对值不大于 1%。
- (3) 当 $R_S=R_L=30\Omega$ 时，DC-AC 变换器的效率 $\eta \geq 60\%$ 。
- (4) 当 $R_S=R_L=30\Omega$ 时，输出电压 u_o 的失真度 $THD \leq 5\%$ 。
- (5) 具有输入欠压保护功能，动作电压 $U_{d(th)} = (25 \pm 0.5) V$ 。
- (6) 具有输出过流保护功能，动作电流 $I_{o(th)} = (1.5 \pm 0.2) A$ 。

2. 发挥部分

- (1) 提高 DC-AC 变换器的效率，使 $\eta \geq 80\%$ ($R_S=R_L=30\Omega$ 时)。
- (2) 降低输出电压失真度，使 $THD \leq 1\%$ ($R_S=R_L=30\Omega$ 时)。
- (3) 实现相位跟踪功能：当 f_{REF} 在给定范围内变化以及加非阻性负载时，均能保证 u_F 与 u_{REF} 同相，相位偏差的绝对值 $\leq 5^\circ$ 。
- (4) 过流、欠压故障排除后，装置能自动恢复为正常状态。
- (5) 其他。

三、说明

1. 本题中所有交流量除特别说明外均为有效值。
2. U_s 采用实验室可调直流稳压电源，不需自制。
3. 控制电路允许另加辅助电源，但应尽量减少路数和损耗。
4. DC-AC 变换器效率 $\eta = \frac{P_o}{P_d}$ ，其中 $P_o = U_{o1} \cdot I_{o1}$ ， $P_d = U_d \cdot I_d$ 。
5. 基本要求 (1)、(2) 和发挥部分 (3) 要求从给定或条件发生变化到电路达到稳态的时间不大于 1s。
6. 装置应能连续安全工作足够长时间，测试期间不能出现过热等故障。
7. 制作时应合理设置测试点 (参考图 1)，以方便测试。
8. 设计报告正文中应包括系统总体框图、核心电路原理图、主要流程图、主要的测试结果。完整的电路原理图、重要的源程序和完整的测试结果用附件给出。

四、评分标准

	项目	主要内容	满分
设计	方案论证	比较与选择 方案描述	4

报告	理论分析与计算	MPPT 的控制方法与参数计算 同频、同相的控制方法与参数计算 提高效率的方法 滤波参数计算	9
	电路与程序设计	DC-AC 主回路与器件选择 控制电路或控制程序 保护电路	9
	测试方案与测试结果	测试方案及测试条件 测试结果及其完整性 测试结果分析	5
	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	3
	总分		30
基本要求	实际制作完成情况	50	
发挥部分	完成第（1）项		10
	完成第（2）项		5
	完成第（3）项		24
	完成第（4）项		5
	其他		6
	总分		50

音导引系统(B 题)

【本科组】

一、任务

设计并制作一声音导引系统，示意图如图 1 所示。

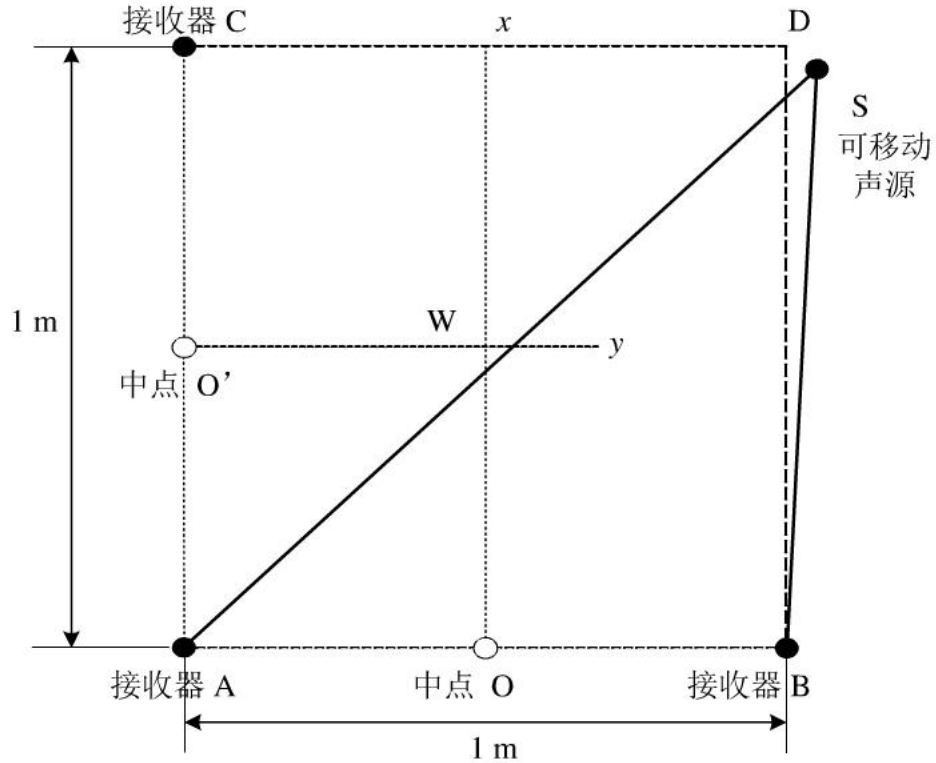


图1 系统示意图

图中，AB 与 AC 垂直， Ox 是 AB 的中垂线， $O'y$ 是 AC 的中垂线，W 是 Ox 和 $O'y$ 的交点。

声音导引系统有一个可移动声源 S，三个声音接收器 A、B 和 C，声音接收器之间可以有线连接。声音接收器能利用可移动声源和接收器之间的不同距离，产生一个可移动声源离 Ox 线（或 $O'y$ 线）的误差信号，并用无线方式将此误差信号传输至可移动声源，引导其运动。

可移动声源运动的起始点必须在 Ox 线右侧，位置可以任意指定。

二、要求

1. 基本要求

- (1) 制作可移动的声源。可移动声源产生的信号为周期性音频脉冲信号，如图 2 所示，声音信号频率不限，脉冲周期不限。

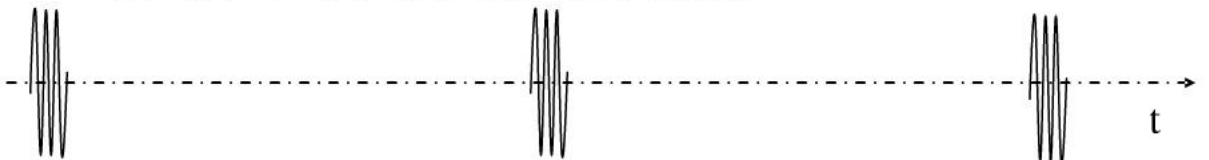


图 2 信号波形示意图

- (2) 可移动声源发出声音后开始运动，到达 Ox 线并停止，这段运动时间为响应时间，测量响应时间，用下列公式计算出响应的平均速度，要求平均速度大于 5cm/s。

$$\text{平均速度} = \frac{\text{可移动声源的起始位置到 Ox 线的垂直距离}}{\text{响应时间}}$$

- (3) 可移动声源停止后的位置与 Ox 线之间的距离为定位误差，定位误差小于 3cm。
- (4) 可移动声源在运动过程中任意时刻超过 Ox 线左侧的距离小于 5cm。
- (5) 可移动声源到达 Ox 线后，必须有明显的光和声指示。
- (6) 功耗低，性价比高。

2. 发挥部分

- (1) 将可移动声源转向 180 度（可手动调整发声器件方向），能够重复基本要求。
- (2) 平均速度大于 10cm/s。
- (3) 定位误差小于 1cm。
- (4) 可移动声源在运动过程中任意时刻超过 Ox 线左侧距离小于 2cm。
- (5) 在完成基本要求部分移动到 Ox 线上后，可移动声源在原地停止 5s~10s，然后利用接收器 A 和 C，使可移动声源运动到 W 点，到达 W 点以后，必须有明显的光和声指示并停止，此时声源距离 W 的直线距离小于 1cm。整个运动过程的平均速度大于 10cm/s。

$$\text{平均速度} = \frac{\text{可移动声源在 Ox 线上重新启动位置到移动停止点的直线距离}}{\text{再次运动时间}}$$

- (6) 其他。

三、说明

1. 本题必须采用组委会提供的电机控制 ASSP 芯片（型号 MMC-1）实现可移动声源的运动。
2. 在可移动声源两侧必须有明显的定位标志线，标志线宽度 0.3cm 且垂直于地面。

3. 误差信号传输采用的无线方式、频率不限。
4. 可移动声源的平台形式不限。
5. 可移动声源开始运行的方向应和 Ox 线保持垂直。
6. 不得依靠其他非声音导航方式。
7. 移动过程中不得人为对系统施加影响。
8. 接收器和声源之间不得使用有线连接。

四、评分标准

	项目	主要内容	分数
设计报告	系统方案	整体方案比较	7
		控制方案	
	设计与论证	设计、计算	12
		误差信号产生	
		控制理论简单计算	
	电路设计	系统组成	3
		各种电路图	
	测试结果	测试数据完整性	3
		测试结果分析	
	设计报告	摘要	5
正文结构完整性			
图表的规范性			
总分			30
基本要求	基本要求实际完成情况		50
发挥部分	完成第（1）项		5
	完成第（2）项		10
	完成第（3）项		10
	完成第（4）项		10
	完成第（5）项		10
	完成第（6）项		5
	总分		

宽带直流放大器 (C 题)

【本科组】

一、任务

设计并制作一个宽带直流放大器及所用的直流稳压电源。

二、要求

1. 基本要求

- (1) 电压增益 $A_V \geq 40\text{dB}$ ，输入电压有效值 $V_i \leq 20\text{mV}$ 。 A_V 可在 $0 \sim 40\text{dB}$ 范围内手动连续调节。
- (2) 最大输出电压正弦波有效值 $V_o \geq 2\text{V}$ ，输出信号波形无明显失真。
- (3) 3dB 通频带 $0 \sim 5\text{MHz}$ ；在 $0 \sim 4\text{MHz}$ 通频带内增益起伏 $\leq 1\text{dB}$ 。
- (4) 放大器的输入电阻 $\geq 50\Omega$ ，负载电阻 $(50 \pm 2)\Omega$ 。
- (5) 设计并制作满足放大器要求所用的直流稳压电源。

2. 发挥部分

- (1) 最大电压增益 $A_V \geq 60\text{dB}$ ，输入电压有效值 $V_i \leq 10\text{mV}$ 。
- (2) 在 $A_V = 60\text{dB}$ 时，输出端噪声电压的峰-峰值 $V_{\text{ONPP}} \leq 0.3\text{V}$ 。
- (3) 3dB 通频带 $0 \sim 10\text{MHz}$ ；在 $0 \sim 9\text{MHz}$ 通频带内增益起伏 $\leq 1\text{dB}$ 。
- (4) 最大输出电压正弦波有效值 $V_o \geq 10\text{V}$ ，输出信号波形无明显失真。
- (5) 进一步降低输入电压提高放大器的电压增益。
- (6) 电压增益 A_V 可预置并显示，预置范围为 $0 \sim 60\text{dB}$ ，步距为 5dB （也可以连续调节）；放大器的带宽可预置并显示（至少 5MHz 、 10MHz 两点）。
- (7) 降低放大器的制作成本，提高电源效率。
- (8) 其他（例如改善放大器性能的其他措施等）。

三、说明

1. 宽带直流放大器幅频特性示意图如图 1 所示。

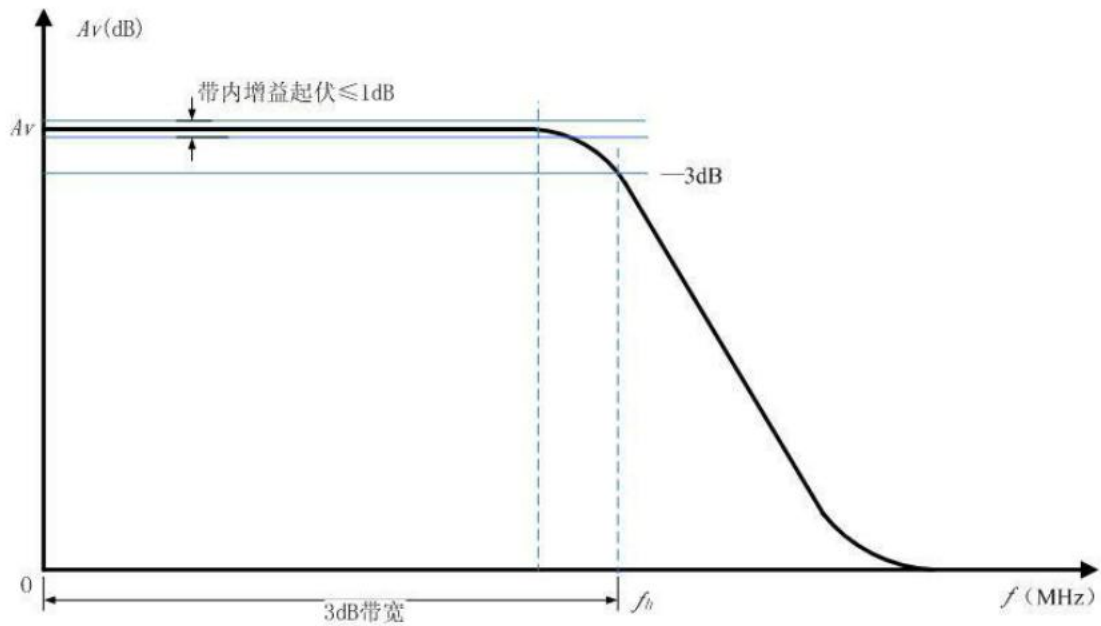


图 1 幅频特性示意图

2. 负载电阻应预留测试用检测口和明显标志，如不符合 $(50 \pm 2) \Omega$ 的电阻值要求，则酌情扣除最大输出电压有效值项的所得分数。
3. 放大器要留有必要的测试点。建议的测试框图如图 2 所示，可采用信号发生器与示波器/交、直流电压表组合的静态法或扫频仪进行幅频特性测量。

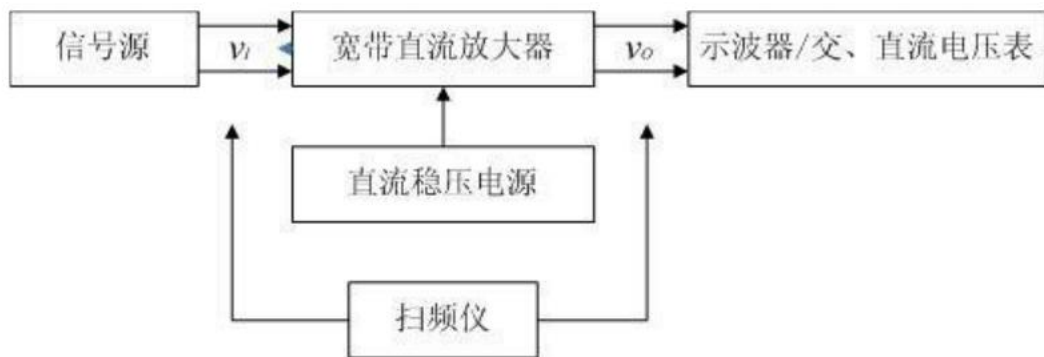


图 2 幅频特性测试框图

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	带宽增益积 通频带内增益起伏控制 线性相位 抑制直流零点漂移 放大器稳定性	9
	电路与程序设计	电路设计	8
	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	8
	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	3
	总分		30
基本要求	实际制作完成情况		50
发挥部分	完成第（1）项		7
	完成第（2）项		2
	完成第（3）项		7
	完成第（4）项		6
	完成第（5）项		12
	完成第（6）项		5
	完成第（7）项		6
	其他		5
	总分		50

无线环境监测模拟装置（D 题）

【本科组】

一、任务

设计并制作一个无线环境监测模拟装置，实现对周边温度和光照信息的探测。该装置由 1 个监测终端和不多于 255 个探测节点组成（实际制作 2 个）。监测终端和探测节点均含一套无线收发电路，要求具有无线传输数据功能，收发共用一个天线。

二、要求

1. 基本要求

- (1) 制作 2 个探测节点。探测节点有编号预置功能，编码预置范围为 00000001B~11111111B。探测节点能够探测其环境温度和光照信息。温度测量范围为 0℃~100℃，绝对误差小于 2℃；光照信息仅要求测量光的有无。探测节点采用两节 1.5V 干电池串联，单电源供电。
- (2) 制作 1 个监测终端，用外接单电源供电。探测节点分布示意图如图 1 所示。监测终端可以分别与各探测节点直接通信，并能显示当前能够通信的探测节点编号及其探测到的环境温度和光照信息。

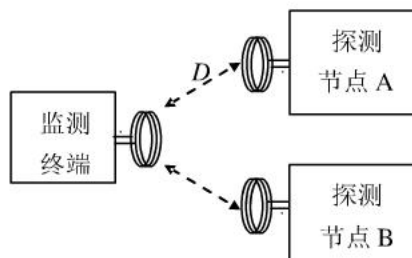


图 1 探测节点分布示意图

- (3) 无线环境监测模拟装置的探测时延不大于 5s，监测终端天线与探测节点天线的距离 D 不小于 10cm。在 0~10cm 距离内，各探测节点与监测终端应能正常通信。

2. 发挥部分

- (1) 每个探测节点增加信息的转发功能，节点转发功能示意图如图 2 所示。即探测节点 B 的探测信息，能自动通过探测节点 A 转发，以增加监测终端与节点 B 之间的探测距离 $D+D_1$ 。该转发功能应自动识别完成，无需手动设置，且探测节点 A、B 可以互换位置。

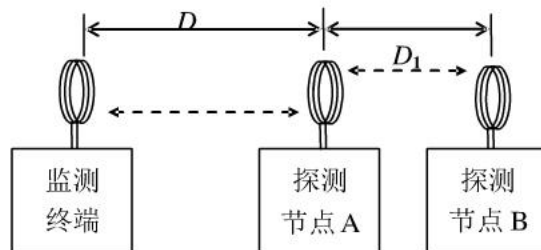


图 2 节点转发功能示意图

- (2) 在监测终端电源供给功率 $\leq 1W$ ，无线环境监测模拟装置探测时延不大于 5s 的条件下，使探测距离 $D+D_1$ 达到 50cm。
- (3) 尽量降低各探测节点的功耗，以延长干电池的供电时间。各探测节点应预留干电池供电电流的测试端子。

(4) 其他。

三、说明

1. 监测终端和探测节点所用天线为圆形空芯线圈，用直径不大于 1mm 的漆包线或有绝缘外皮的导线密绕 5 圈制成。线圈直径为 (3.4 ± 0.3) cm (可用一号电池作骨架)。天线线圈间的介质为空气。无线传输载波频率低于 30MHz，调制方式自定。监测终端和探测节点不得使用除规定天线外的其他耦合方式。无线收发电路需自制，不得采用无线收、发成品模块。光照有无的变化，采用遮挡光电传感器的方法实现。
2. 发挥部分须在基本要求的探测时延和探测距离达到要求的前提下实现。
3. 测试各探测节点的功耗采用图 2 所示的节点分布图，保持距离 $D+D_1=50$ cm，通过测量探测节点 A 干电池供电电流来估计功耗。电流测试电路见图 3。图中电容 C 为滤波电容，电流表采用 3 位半数字万用表直流电流档，读正常工作时的最大显示值。如果 $D+D_1$ 达不到 50cm，此项目不进行测试。

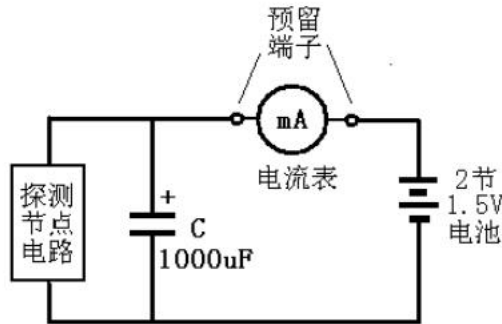


图 3 节点电流测试电路

4. 设计报告正文中应包括系统总体框图、核心电路原理图、主要流程图、主要的测试结果。完整的电路原理图、重要的源程序用附件给出。

四、评分标准

	项 目	主要内容	满分
设计 报告	系统方案	无线环境监测模拟装置总体方案设计	4
	理论分析与计算	发射电路分析 接收电路分析 通信协议分析	6

	电路与程序设计	发射电路设计计算 接收电路设计计算 总体电路图 工作流程图	9
	测试方案与测试结果	调试方法与仪器 测试数据完整性 测试结果分析	6
	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	5
	总分		30
基本要求	实际制作完成情况		50
发挥部分	完成第（1）项		20
	完成第（2）项		15
	完成第（3）项		10
	其他		5
	总分		50

电能收集充电器（E 题）

【本科组】

一、任务

设计并制作一个电能收集充电器，充电器及测试原理示意图如图 1。该充电器的核心为直流电源变换器，它从一直流电源中吸收电能，以尽可能大的电流充入一个可充电池。直流电源的输出功率有限，其电动势 E_s 在一定范围内缓慢变化，当 E_s 为不同值时，直流电源变换器的电路结构，参数可以不同。监测和控制电路由直流电源变换器供电。由于 E_s 的变化极慢，监测和控制电路应该采用间歇工作方式，以降低其能耗。可充电池的电动势 $E_c=3.6V$ ，内阻 $R_c=0.1\Omega$ 。

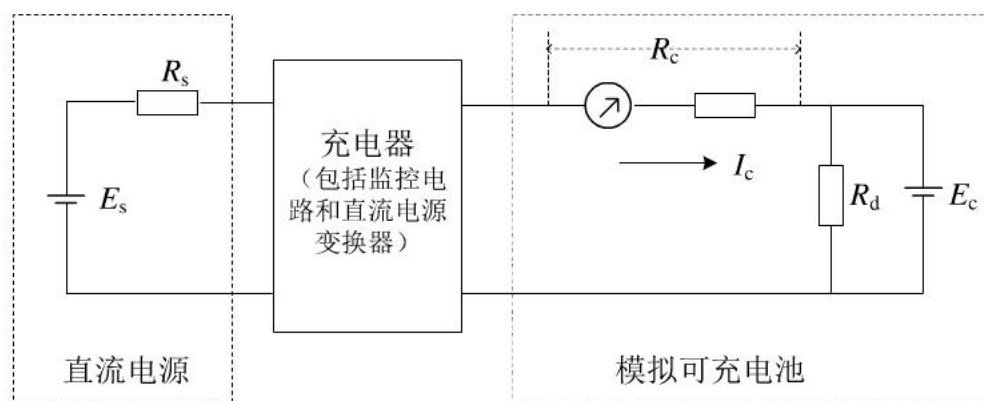


图1 测试原理示意图
(E_s 和 E_c 用稳压电源提供, R_d 用于防止电流倒灌)

二、要求

1、基本要求

- (1) 在 $R_s=100\Omega$, $E_s=10V\sim 20V$ 时, 充电电流 I_c 大于 $(E_s-E_c)/(R_s+R_c)$ 。
- (2) 在 $R_s=100\Omega$ 时, 能向电池充电的 E_s 尽可能低。
- (3) E_s 从 0 逐渐升高时, 能自动启动充电功能的 E_s 尽可能低。
- (4) E_s 降低到不能向电池充电, 最低至 0 时, 尽量降低电池放电电流。
- (5) 监测和控制电路工作间歇设定范围为 $0.1\text{ s}\sim 5\text{ s}$ 。

2、发挥部分

- (1) 在 $R_s=1\Omega$, $E_s=1.2V\sim 3.6V$ 时, 以尽可能大的电流向电池充电。
- (2) 能向电池充电的 E_s 尽可能低。当 $E_s\geq 1.1V$ 时, 取 $R_s=1\Omega$;
当 $E_s<1.1V$ 时, 取 $R_s=0.1\Omega$ 。
- (3) 电池完全放电, E_s 从 0 逐渐升高时, 能自动启动充电功能 (充电输出端开路电压 $>3.6V$, 短路电流 >0) 的 E_s 尽可能低。当 $E_s\geq 1.1V$ 时, 取 $R_s=1\Omega$;
当 $E_s<1.1V$ 时, 取 $R_s=0.1\Omega$ 。
- (4) 降低成本。
- (5) 其他。

三、评分标准

设计	项目	主要内容	满分
----	----	------	----

报告	系统方案	电源变换及控制方法实现方案	5
	理论分析与计算	提高效率方法的分析及计算	7
	电路与程序设计	电路设计与参数计算 启动电路设计与参数计算 设定电路的设计	10
	测试结果	测试数据完整性 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	5
	总分		30
基本要求	实际制作完成情况		50
发挥部分	完成第(1)项		30
	完成第(2)项		5
	完成第(3)项		5
	完成第(4)项		5
	其他		5
	总分		50

四、说明

1. 测试最低可充电 E_s 的方法: 逐渐降低 E_s , 直到充电电流 I_c 略大于 0。当 E_s 高于 3.6V 时, R_s 为 100Ω ; E_s 低于 3.6V 时, 更换 R_s 为 1Ω ; E_s 降低到 1.1V 以下时, 更换 R_s 为 0.1Ω 。然后继续降低 E_s , 直到满足要求。
2. 测试自动启动充电功能的方法: 从 0 开始逐渐升高 E_s , R_s 为 0.1Ω ; 当 E_s 升高到高于 1.1V 时, 更换 R_s 为 1Ω 。然后继续升高 E_s , 直到满足要求。

数字幅频均衡功率放大器 (F 题)

【本科组】

一、任务

设计并制作一个数字幅频均衡功率放大器。该放大器包括前置放大、带阻网络、数字幅频均衡和低频功率放大电路，其组成框图如图 1 所示。

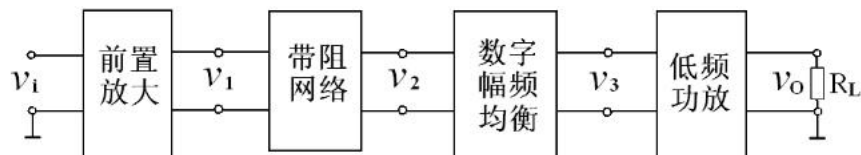


图 1 数字幅频均衡功率放大器组成框图

二、要求

1. 基本要求

(1) 前置放大电路要求：

- 小信号电压放大倍数不小于 400 倍（输入正弦信号电压有效值小于 10mV）。
- 1dB 通频带为 20Hz~20kHz。
- 输出电阻为 600Ω。

(2) 制作带阻网络对前置放大电路输出信号 v_1 进行滤波，以 10kHz 时输出信号 v_2 电压幅度为基准，要求最大衰减 $\geq 10\text{dB}$ 。带阻网络具体电路见题目说明 1。

(3) 应用数字信号处理技术，制作数字幅频均衡电路，对带阻网络输出的 20Hz~20kHz 信号进行幅频均衡。要求：

- 输入电阻为 600Ω。
- 经过数字幅频均衡处理后，以 10kHz 时输出信号 v_3 电压幅度为基准，通频带 20Hz~20kHz 内的电压幅度波动在 $\pm 1.5\text{dB}$ 以内。

2. 发挥部分

制作功率放大电路，对数字均衡后的输出信号 v_3 进行功率放大，要求末级功放管采用分立的大功率 MOS 晶体管。

- 当输入正弦信号 v_1 电压有效值为 5mV、功率放大器接 8Ω 电阻负载（一端接地）时，要求输出功率 $\geq 10\text{W}$ ，输出电压波形无明显失真。
- 功率放大电路的 -3dB 通频带为 20Hz~20kHz。
- 功率放大电路的效率 $\geq 60\%$ 。
- 其他。

三、说明

1. 题目基本要求中的带阻网络如图 2 所示。图中元件值是标称值，不是实

际值，对精度不作要求，电容必须采用铝电解电容。

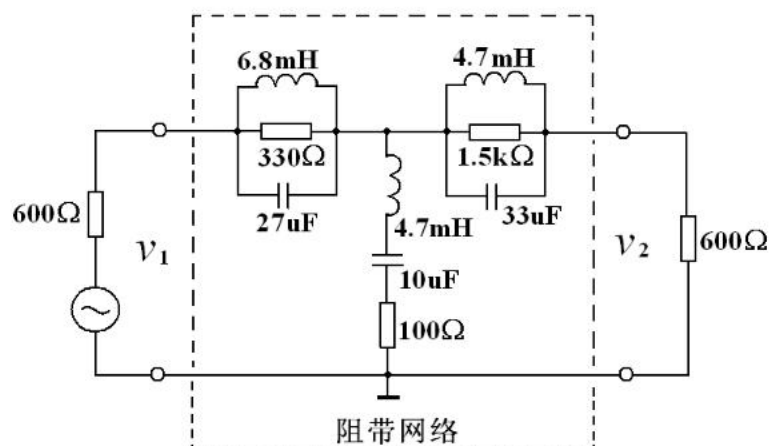


图 2 带阻网络

2. 本题中前置放大电路电压放大倍数是在输入信号 v_i 电压有效值为 5mV 的条件下测试。
3. 题目发挥部分中的功率放大电路不得使用 MOS 集成功率模块。
4. 本题中功率放大电路的效率定义为：功率放大电路输出功率与其直流电源供给功率之比，电路中应预留测试端子，以便测试直流电源供给功率。
5. 设计报告正文中应包括系统总体框图、核心电路原理图、主要流程图、主要的测试结果。完整的电路原理图、重要的源程序用附件给出。

四、评分标准

	项目	主要内容	满分
设计报告	系统方案	总体方案设计	6
	理论分析与设计	前置放大电路设计 功率放大电路设计 数字幅频均衡电路设计 数字处理算法设计	12
	电路与程序设计	总体电路 工作流程	4
	测试方案与测试结果	调试方法与仪器 测试数据完整性 测试结果分析	5

	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	3
	总分:		30
基本要求	实际制作完成情况		50
发挥部分	完成第(1)项		13
	完成第(2)项		12
	完成第(3)项		20
	其他		5
	总分:		50