

## 2014 年 TI 杯大学生电子设计竞赛题

### B 题：金属物体探测定位器

#### 1. 任务

设计并制作一个可自主移动的金属物体探测定位器（以下简称探测器），可探测置于玻璃板下的金属物体并给出定位指示。该探测器需采用 TI 公司 LDC1000 电感/数字转换器评估板（AY-LDC1000）作为金属物体探头，探头上应有定位指针，以给出明显定位指示。探头可在水平放置的玻璃板上移动。用直径  $\Phi 2$ （mm）的铁丝围成约  $50\text{cm} \times 50\text{cm}$  的正方形闭合框作为探测区边界置于玻璃板下，示意图见图 1。

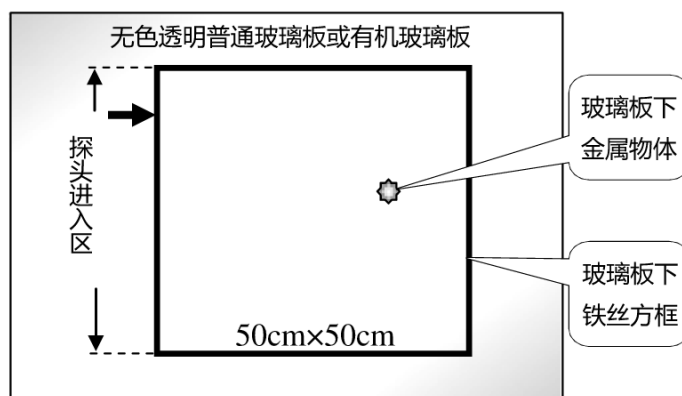


图 1 金属物体探测环境示意图

#### 2. 要求

- (1) 在探测区域内某处（距探测边界  $\geq 5\text{cm}$ ）玻璃下放置一枚直径约  $19\text{mm}$  的镀镍钢芯 1 角硬币（第五套人民币的 1 角硬币）。探头能从“探头进入区”一侧任意指定位置和方向自行进入探测区（铁丝框包围区域）。通过探测，定位指针应指在硬币边沿之内，探测定位速度越快越好，且探测定位总时间应不超过 2 分钟。完成定位时给出声-光指示，此后探头不得再移动。（30 分）
- (2) 将 1 角硬币更换成直径约  $25\text{mm}$  的镀镍钢芯 1 元硬币（第五套人民币 1 元硬币），重复要求（1）的探测过程。定位完成后，定位指针与硬币圆心之间的定位误差应控制在  $5\text{mm}$  以；探测定位速度越快越好，探测定位总时间不应超过 2 分钟。完成定位时给出声-光指示，此后探头不得再移动。（30 分）
- (3) 将硬币改为自制圆铁环（用  $\Phi 2$  铁丝绕制），铁环外直径  $4\text{cm}$ 。重复要求（1）的探测过程，应使定位指针尽可能指向铁环圆心，定位误差应

控制在 5mm 以内；完成定位时给出声-光指示，此后探头不得再移动，探测定位总时间应不超过 3 分钟。（30 分）

- (4) 其他自主发挥功能。（10 分）
- (5) 设计报告。（20 分）

项 目	主要内容	分数
系统方案	系统结构、方案比较与选择	4
理论分析与计算	探测器组成方案与工作原理分析、检测与控制算法	6
电路与程序设计	电路设计，程序结构与设计	5
测试方案与测试结果	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，公式、图表的规范性	2
总分		20

3. 说明

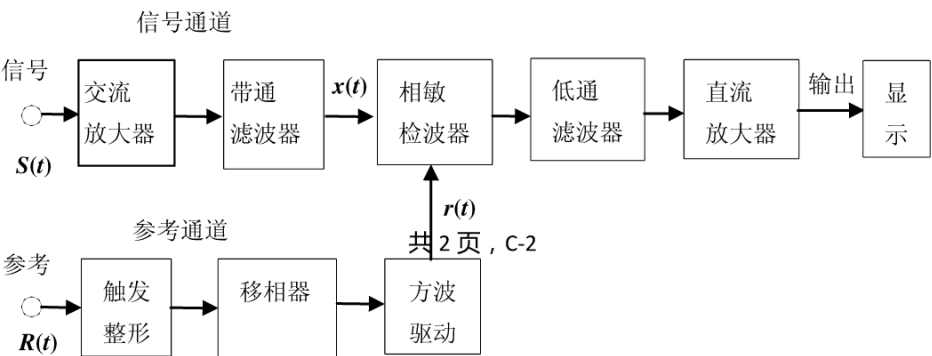
- (1) 金属物体探测定位装置探头采用 AY-LDC1000 板（由 TI 公司提供），可直接用 AY-LDC1000 板上的覆铜线圈，也可自制线圈；不得安装其他传感与摄像装置。探测开始后，不得手动或遥控探测器。
- (2) 玻璃板可采用普通无色玻璃（玻璃边沿需贴上胶带以防划伤），也可用无色透明有机玻璃板；玻璃板长宽尺寸应大于 50cm、厚度约 3mm。
- (3) 探头从“探头进入区”一侧进入时探头的起始位置和摆放方向，以及探测区域内的被测金属物体摆放位置均由测试专家在现场指定。

2014 年 TI 杯大学生电子设计竞赛题

C 题：锁定放大器的设计

1. 任务

设计制作一个用来检测微弱信号的锁定放大器（LIA）。锁定放大器基本组成框图见图 1。



## 2. 要求

- (1) 外接信号源提供频率为 1kHz 的正弦波信号，幅度自定，输入至参考信号  $R(t)$  端。 $R(t)$  通过自制电阻分压网络降压接至被测信号  $S(t)$  端， $S(t)$  幅度有效值为  $10\mu\text{V}\sim 1\text{mV}$ 。(5 分)
- (2) 参考通道的输出  $r(t)$  为方波信号， $r(t)$  的相位相对参考信号  $R(t)$  可连续或步进移相 180 度，步进间距小于 10 度。(20 分)
- (3) 信号通道的 3dB 频带范围为 900Hz~1100Hz。误差小于 20%。(10 分)
- (4) 在锁定放大器输出端，设计一个能测量显示被测信号  $S(t)$  幅度有效值的电路。测量显示值与  $S(t)$  有效值的误差小于 10%。(15 分)
- (5) 在锁定放大器信号  $S(t)$  输入端增加一个运放构成的加法器电路，实现  $S(t)$  与干扰信号  $n(t)$  的 1:1 叠加，如图 2 所示。(5 分)

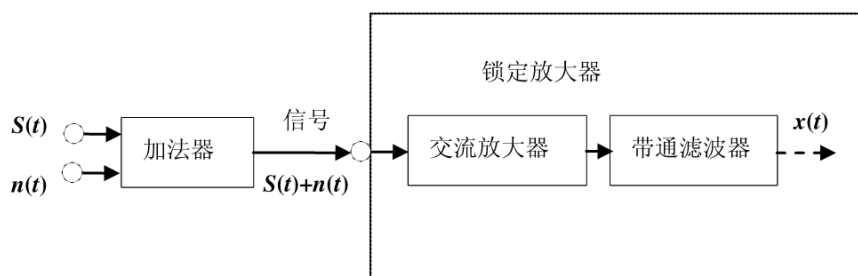


图 2 锁定放大器叠加噪声电路图

- (6) 用另一信号源产生一个频率为 1050~2100Hz 的正弦波信号，作为  $n(t)$  叠加在锁定放大器的输入端，信号幅度等于  $S(t)$ 。 $n(t)$  亦可由与获得  $S(t)$  同样结构的电阻分压网络得到。锁定放大器应尽量降低  $n(t)$  对  $S(t)$  信号有效值测量的影响，测量误差小于 10%。(20 分)
- (7) 增加  $n(t)$  幅度，使之等于  $10S(t)$ ，锁定放大器对  $S(t)$  信号有效值的测量误差小于 10%。(20 分)
- (8) 其他自主发挥。(5 分)
- (9) 设计报告。(20 分)

项 目	主要内容	满分
系统方案	总体方案设计	4
理论分析与计算	锁定放大器各部分指标分析与计算	6

电路与程序设计	总体电路图, 程序设计	4
测试方案与测试结果	测试数据完整性, 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

3. 说明

- (1) 各信号输入、输出端子必须预留测量端子，以便于测量。
- (2) 要求（1）和（6）中的电阻分压网络的分压比例自定。由于 $\mu V$  级信号常规仪器难以测量，可通过适合加大输入信号幅度的方法，测量并标定其分压比。
- (2) 关于锁定放大器的原理可参考《微弱信号检测》。高晋占编著，清华大学出版社 2004 年。

2014年TI杯大学生电子设计竞赛

D 题：带啸叫检测与抑制的音频功率放大器

1. 任务

基于 TI 的功率放大器芯片 TPA3112D1，设计并制作一个带啸叫检测与抑制功能的音频放大器，完成对台式麦克风音频信号进行放大，通过功率放大电路送喇叭输出。电路示意图如图 1 所示。

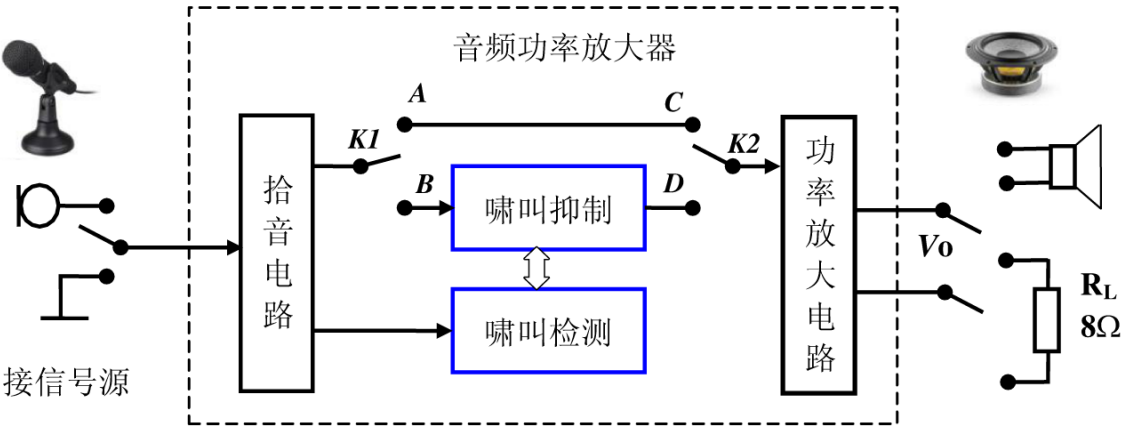


图 1 电路示意图

2. 要求

(1) 设计并制作图 1 中所示的“拾音电路”和“功率放大电路”，构成一个基本的音频功率放大器。要求： (25 分)

- a) 在输入音频信号有效值为 20mV 时，功率放大器的最大不失真功率（仅考虑限幅失真）为 5W，误差小于 10%；
- b) 在输入音频信号有效值为 20mV 时，可以程控设置功率放大器的输出功率，功率范围为 50mW~5W；
- c) 功率放大器的频率响应范围为 200Hz ~ 10kHz。

(2) 系统采用 12V 直流单电源供电，所需其他电源应自行制作。 (10 分)

(3) 在功率放大器输出功率为 5W 时，电路整体效率≥80%。 (10 分)

(4) 将台式麦克风与喇叭相隔 1m 背靠背放置，见图 2 (a)，使用电脑播放音乐作为音频信号源。音频功率放大器能通过麦克风采集信号，经功率放大电路送喇叭输出，输出的音频信号清晰。 (5 分)

(5) 设计并制作图 1 所示的啸叫检测电路和啸叫抑制电路，完善音频功率放大器。要求： (15 分)

- a) 在不进行啸叫抑制时（图 1 的选择开关 K1 连接 A 端，K2 连接 C 端），将麦克风与喇叭相隔 1m 面对面放置，见图 2 (b)，从小到大调整功率放大器的输出功率，直到产生啸叫时停止；
- b) 啸叫检测电路能实时监测所产生啸叫，并计算啸叫的频率。实时显示啸叫频率和相应的功率放大器输出功率；
- c) 启动啸叫抑制电路（图 1 的选择开关 K1 连接 B 端，K2 连接 D 端），音频功率放大器应能有效抑制啸叫，并正常播放音频信号。

(6) 进一步改进啸叫抑制电路。在保障无啸叫的前提下，尽量提高音频功率放大器的输出功率；如果输出功率达到 5W 功率，啸叫抑制电路仍能正常工作，可以进一步缩短面对面放置的麦克风与喇叭之间的距离。 (30 分)

(7) 其他。 (5 分)

(8) 设计报告 (20 分)

项 目	主要内容	满分
-----	------	----

方案论证	比较与选择,方案描述	3
理论分析与计算	系统相关参数设计	5
电路与程序设计	系统组成, 原理框图与各部分的电路图, 系统软件与流程图	5
测试方案与测试结果	测试结果完整性, 测试结果分析	5
设计报告结构及规范性	摘要, 正文结构规范, 图表的完整与准确性	2
总 分		20

### 3. 说明

(1) 作品使用的麦克风应为台式全向麦克风, 其灵敏度要大于  $-45\text{dBV/P}$ , 插头直径为  $3.5\text{mm}$ , 输出阻抗为  $1\text{k}\Omega \sim 2.2\text{k}\Omega$ 。关于麦克风灵敏度的定义是馈给  $1\text{Pa}$  ( $94\text{dB}$ ) 的声压时, 麦克风输出端的电压 ( $\text{dBV}$ )。有些麦克风给出的灵敏度单位为  $\text{dB/Bar}$ , 注意之间的转换。

(2) 作品使用的喇叭应为组合纸盆方式的电动式喇叭, 额定功率为  $5\text{W}$ , 额定阻抗为  $8\Omega$ 。

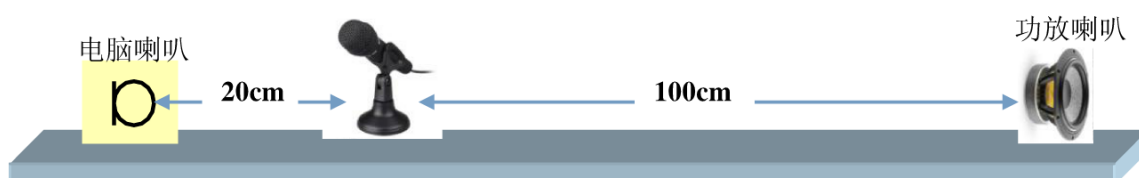
(3) 麦克风和喇叭可以直接购买, 在设计报告中必须附有所购买的麦克风和喇叭的产品说明书或性能参数。

(4) 作品要求拾音电路的输入接口, 以及功率放大电路连接到喇叭的接口必须外露, 可方便进行连接, 以便测试时使用。

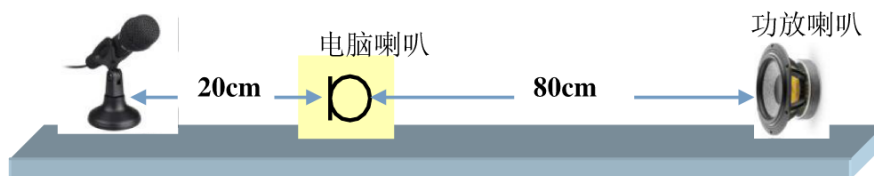
(5) 作品评测由赛区统一准备测试平台, 并统一使用由测试专家准备的台式麦克风和喇叭进行测试。

(6) 作品要求 (1)、(2) 和 (3) 的指标测试, 使用音频信号源外加正弦信号和外加  $8\Omega$  纯电阻负载的方式进行测试。要求 TPA3112D1 的功率放大电路带有 LC 滤波, 输出的正弦信号无明显失真。

(7) 作品要求 (4)、(5) 和 (6) 的指标测试, 使用电脑 USB 喇叭 (功率不超过  $1\text{W}$ ) 播放音乐作为信号源, 放置在距麦克风  $20\text{cm}$  的位置。具体测试的框图如图 2 所示。



(a) 作品基本部分(4)的测试



(b) 作品发挥部分的测试

图 2: 啸叫抑制性能测试框图

## 2014 年 TI 杯大学生电子设计竞赛题

### H 题：自动增益控制放大器（高职）

#### 4. 任务

设计一个可以根据输入信号及环境噪声幅度自动调节音量的自动增益控制音响放大器。

#### 5. 要求

- (6) 放大器可以从 mp3 或信号源输入音频（100Hz~10kHz）信号，可以带  $600\Omega$  负载或驱动  $8\Omega$  喇叭（2~5W）。（20 分）
- (7) 当输入信号幅度在 10mV~5V 间变化时，放大器输出默认值保持在 2V  $\pm$  0.2V 内，波动越小越好。（30 分）
- (8) 能够显示输入信号幅度大小及频率高低。（10 分）
- (9) 能够在 1V~3V 范围内步进式调节放大器输出幅度，步距 0.2V。（15 分）
- (10) 能够根据环境噪声调整自动调节放大器输出幅度。（15 分）
- (11) 其他自主发挥设计。（10 分）
- (12) 设计报告。（20 分）

项 目	主要内容	分数
系统方案	方案比较，方案描述	5
设计与论证	自动增益控制实现方法 电路设计及参数计算	8
测试	测试方法与测试结果	5
设计报告结构及规范性	摘要，正文结构完整性、内容规范性	2
小计		20

#### 6. 说明

音响放大器的输出可以在  $600\Omega$  电阻及喇叭间切换。

## 2014 年 TI 杯大学生电子设计竞赛题

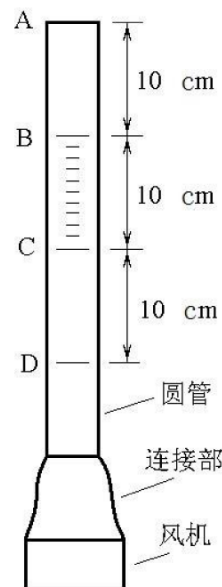
### G 题：简易风洞及控制系统（高职）

#### 7. 任务

设计制作一简易风洞及其控制系统。风洞由圆管、连接部与直流风机构成，如右所示。圆管竖直放置，长度约 40cm，内径大于 4cm 且内壁平滑，小球（直径 4cm 黄色乒乓球）可在其中上下运动；管体外壁应有 A、B、C、D 等长标志线，BC 段有 1cm 间隔的短标志线；可从圆管外部观察管内小球的位置；连接部实现风机与圆管的气密性连接，圆管底部应有防止小球落入连接部的格栅。控制系统通过调节风机的转速，实现小球在风洞中的位置控制。

#### 8. 要求

- (13) 小球置于圆管底部，启动后 5 秒内控制小球向上到达 BC 段，并维持 5 秒以上。（20 分）
- (14) 当小球维持在 BC 段时，用长形纸板（宽度为风机直径的三分之一）遮挡风机的进风口，小球继续维持在 BC 段。（10 分）
- (15) 以 C 点的坐标为 0cm、B 点的坐标为 10cm；用键盘设定小球的高度位置（单位：cm），启动后使小球稳定地处于指定的高度 3 秒以上，上下波动不超过  $\pm 1\text{cm}$ 。（10 分）
- (16) 以适当的方式实时显示小球的高度位置及小球维持状态的计时。（10 分）
- (17) 小球置于圆管底部，启动后 5 秒内控制小球向上到达圆管顶部处 A 端，且不跳离，维持 5 秒以上。（10 分）
- (18) 小球置于圆管底部，启动后 30 秒内控制小球完成如下运动：向上到达 AB 段并维持 3~5 秒，再向下到达 CD 段并维持 3~5；再向上到达 AB 段并维持 3~5，再向下到达 CD 段并维持 3~5；再向上冲出圆管（可以落到管外）。（20 分）
- (19) 风机停止时用手将小球从 A 端放入风洞，小球进入风洞后系统自动启动，控制小球的下落不超过 D 点，然后维持在 BC 段 5 秒以上。（10 分）
- (20) 其他自主发挥设计。（10 分）
- (21) 设计报告。（20 分）





项 目	主要内容	分数
系统方案	方案比较，方案描述	5
设计与论证	风洞控制实现方法 电路设计及参数计算	8
测试	测试方法与测试结果	5
设计报告结构及规范性	摘要，正文结构完整性、内容规范性	2
小计		<b>20</b>

## 9. 说明

- (1) 题中“到达 XX 段”是指，小球的整体全部进入该段内；
- (2) 题中“维持”是指，在维持过程中小球整体全部不越过该段的端线；
- (3) 小球的位置以其中心点为准（即小球的上沿切线向下移 2cm，或下沿切线向上移 2cm）；
- (4) 直流风机的供电电压不得超过 24V，注意防止风机叶片旋转可能造成的伤害；可在圆管及其周围设置传感器检测管内小球的位置；可将圆管、连接部与直流风机安装在硬质板或支架上，以便于使圆管保持竖直状态，并保持风洞气流畅通。
- (5) 每一个项目最多进行三次测试；对于任何测试项目，测试专家可要求进行重复测试。
- (6) 风洞制作方法参考：

圆管长度约 40mm，可以选用透明的有机玻璃（或亚克力材料）圆管，也可以选用不透明的 PVC 圆管。圆管的内直径必须大于 40mm，保证小球（直径为 40mm 的乒乓球）在管内能够自由运动。

如果选用不透明的 PVC 圆管，为了能够方便直观地观察管内小球的位置，可以在管臂上沿轴线方向开凿宽度约 5mm 的长条形槽孔，再用宽的透明胶带贴在槽孔上，保证圆管的气密性。开凿长条形槽孔后，应清除管壁内的残屑，以免影响小球的运动。

为了防止小球落入连接部，可将一根细铁丝或导线，用 AB 胶或透明胶带粘在圆管下端口处。

连接部的材料可以采用冰箱保鲜袋。剪去袋底封口部分，得到一个两端开口的塑料薄膜“软管”。将“软管”的一端包住圆管的下端口，并用透明胶带将重叠部分缠紧；将软管的另一端包住直流风机出风口的外沿，并用透明胶带将重叠部分缠紧。注意直流风机的风向，应向连接部方向吹风。

可将风洞的圆管、直流风机部分固定在一块硬质板上，再固定硬质板，使圆管保持竖直状态；也可做一个三脚支架，将风洞的圆管部分固

定在支架上并保持竖直状态，直流风机垂挂在圆管下方。直流风机的进风口处应留有足够的空间，保证气流通畅。