

2020 年 TI 杯大学生电子设计竞赛

无线运动传感器节点设计 (A 题)

1. 任务

基于 TI 模拟前端芯片 ADS1292 和温度传感器 LMT70 设计制作无线运动传感器节点, 节点采用电池供电, 要求能稳定采集和记录使用者的心电信息、体表温度和运动信息。

2. 要求

(1) 基于 ADS1292 模拟前端芯片设计心电检测电路, 完成使用者的心电信号实时测量, 要求: (30 分)

①实时采集和记录使用者的心电信号, 实现动态心电图的测试与显示;

②分析计算使用者的心率, 心率测量相对误差不大于 5%。

(2) 基于 LMT70 温度传感器测量使用者体表温度, 要求: (20 分)

①实时采集和记录使用者的体表温度, 温度采样率不低于 10 次/分钟;

②体表温度测量误差绝对值不大于 2℃。

(3) 基于加速度计等传感器检测使用者运动信息, 实现运动步数和运动距离的统计分析, 要求: (20 分)

①运动距离记录相对误差不大于 10%;

②运动步数记录相对误差不大于 5%。

(4) 无线运动传感器节点能通过无线上传使用者的基本心电信号、体表温度和运动信息, 并在服务器(手机)端实时显示动态心电图、体表温度和运动信息, 要求传输时延不大于 1 秒。 (25 分)

(5) 其他。 (5 分)

(6) 设计报告。 (20 分)

项目	主要内容	分数
系统方案	方案描述、比较与选择	2

理论分析与计算	心电测量方法 体表温度测量方法 运动量统计	4
电路设计与系统 软件设计	电路框图、具体电路设计 系统软件框图和核心算法流程图	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	6
设计报告结构及 规范性	摘要、报告正文结构、公式、图 表的完整性和规范性	4
小计		20

3. 说明

(1) 作品进行心电信号测试时,可以通过直接输入心电信号模拟器进行校准,在确认作品达到题目要求的测量精度后,再对具体的使用者进行心电信号测试。目前市面上有多种心电信号模拟器产品,各赛区可以自行选择心电信号模拟器作为标准信号,对作品进行测试。

(2) 作品设计中进行体表温度测量的温度传感器 LMT70,需要使用引线连接并裸露在外,便于测试。在进行测试校验和实测时,可以通过使用标准体温计来测量使用者掌心温度,与本作品测量使用者掌心温度来进行比对。

(3) 本作品测量的使用者运动信息,可以通过使用者在标定 5 米长的直线上来回运动进行测试,统计运动步数和运动距离。

(4) 本作品的无线运动传感器节点需要实现无线上网、上传节点传感数据到服务器中,然后在服务器中实现数据管理和数据显示。参赛者可以使用手机或笔记本电脑作为服务器端。如果使用笔记本电脑作为服务器端,则必须将电脑作为本作品的组成部分,在作品封存时一并封存。

2020 年 TI 杯大学生电子设计竞赛

单相在线式不间断电源 (B 题)

1. 任务

设计并制作交流正弦波在线式不间断电源 (UPS), 结构框图如图 1 所示。

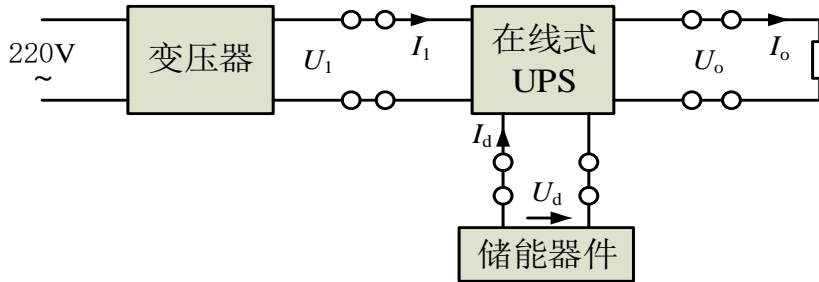


图 1 在线式不间断电源原理框图

2. 要求

- (1) 交流供电, $U_1=36\text{V}$, 输出交流电流 $I_o=1\text{A}$ 时, 输出交流电压 $U_o=30\text{V}\pm 0.2\text{V}$, 频率 $f=50\pm 0.2\text{Hz}$ 。 (10 分)
- (2) 交流供电, $U_1=36\text{V}$, I_o 在 $0.1\text{A}\sim 1.0\text{A}$ 范围变化, 负载调整率 $S_I\leq 0.5\%$ 。 (20 分)
- (3) 交流供电, $I_o=1\text{A}$, U_1 在 $29\text{V}\sim 43\text{V}$ 范围内变化, 电压调整率 $S_U\leq 0.5\%$ 。 (20 分)
- (4) 在要求(1)条件下, 不间断电源输出电压为正弦波, 失真度 $THD\leq 2\%$ 。 (15 分)
- (5) 断开交流电源, 即时切换至直流 (储能器件侧) 供电, $U_d=24\text{V}$, 输出交流电流 $I_o=1\text{A}$ 时, 输出交流电压 $U_o=30\text{V}\pm 0.2\text{V}$, 频率 $f=50\pm 0.2\text{Hz}$ 。 (10 分)
- (6) 直流供电, $U_d=24\text{V}$, 在 $U_o=30\text{V}$, $I_o=1\text{A}$ 的条件下, 使在线式不间断电源效率 η 尽可能高。 (20 分)
- (7) 其他 (5 分)
- (8) 设计报告 (20 分)

	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	提高效率的方法, 稳压控制方法等	6
	电路与程序设计	主回路与器件选择, 控制电路与控制程序, 保护电路	6
	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	3
	报告结构及规范性	摘要、设计报告正文结构、公式、图表的规范性	2
	报告总分		

3. 说明

(1) 作品不得使用相关产品改制。

(2) 图 1 中的变压器由自耦变压器和隔离变压器构成。

(3) 题中所有交流参数均为有效值。

(4) 本题定义：负载调整率 $S_I = |U_{o(0.1A)} - U_{o(1A)}| / 30$ 、电压调整率 $S_U = |U_{o(43V)} - U_{o(29V)}| / 30$ 、效率 $\eta = (U_o I_o) / (U_d I_d)$ ；其中 $U_{o(0.1A)}$ 、 $U_{o(1A)}$ 分别为负载调整率测试时，输出电流 I_o 为 0.1A、1A 时所对应的输出电压 U_o ；其中 $U_{o(43V)}$ 、 $U_{o(29V)}$ 分别为电压调整率测试时，输入电压 U_1 为 43V、29V 时所对应的输出电压 U_o 。

(5) 图 1 中的储能器件（蓄电池等）用直流稳压电源代替。

(6) 制作时须考虑测试方便，合理设置测试点，如图 1 所示。

(7) 为保证运行、测试安全，作品应具备必要的过压、过流保护功能。

2020 年 TI 杯大学生电子设计竞赛

坡道行驶电动小车 (C 题)

1. 任务

利用 TI 的 MSP430/MSP432 平台, 设计制作一个四轮电动小车。要求小车能沿着指定路线在坡道上自动循迹骑线行驶。小车必须独立运行, 车外不能使用任何设备 (包括电源)。小车 (含电池) 重量小于 1.5kg, 外形尺寸在地面投影不大于 25cm×25cm。坡道用长、宽约 1m 的细木工板制作, 允许板上有木质本色及自然木纹。木工板表面铺设画有 1cm×1cm 黑白间隔的纸条 (以下简称为标记线) 作为路线指示; 标记线起始段为直线, 平行于木板两边; 标记线在坡顶转向 90°, 转弯半径 20cm; 标记线平行坡顶距离 $\geq 30\text{cm}$, 距坡顶距离 $\leq 20\text{cm}$; 标记线总长度为 1m。停车标记为宽 1cm 长 5cm 的黑色线条, 垂直于坡顶标记线。小车坡度角示意及行驶线路顶视图如图 1 所示。

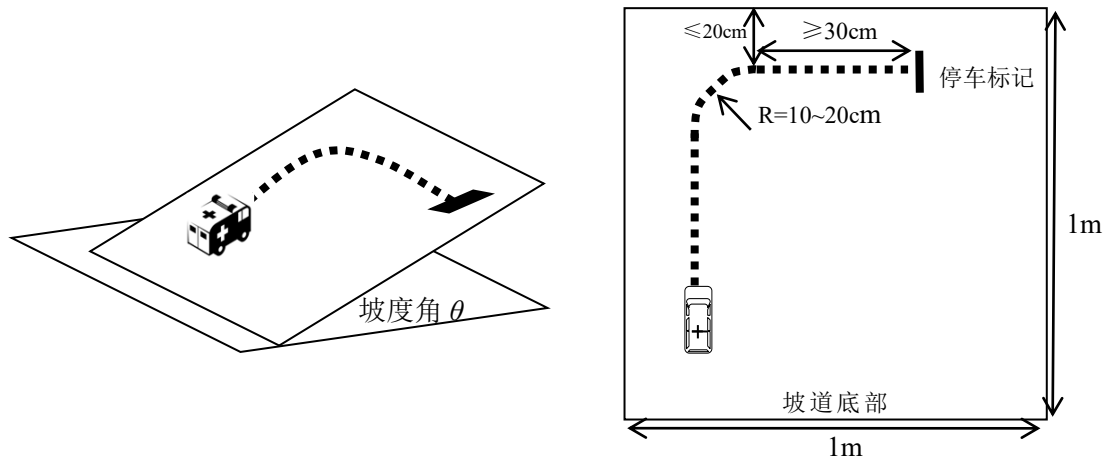


图 1 小车坡道角示意及行驶线路顶视图

2. 要求

- (1) 坡度角 $\theta=0^\circ$, 电动小车能够沿标记线自动骑线行驶, 在停车点停车; 小车上标记点到停车标记中心线的垂直距离误差 $\leq 2\text{cm}$ 。停车时立即发出声音提示。小车行驶过程中, 其地面投影不得脱离标记线。(15 分)
- (2) 在完成 (1) 的基础上, 电动小车能够设定行驶时间, 自动控制小车匀速通过 1 米长的线路, 在停车点停车。行驶时间可在 10s~20s 间设定。误差绝对值 $\leq 1\text{s}$ 。行驶过程中不得碾压、脱离标记线。时间误差每超过 1s 扣 1 分。(20 分)
- (3) 坡度角 $\theta=10^\circ$, 完成要求 (2) 的动作。(20 分)
- (4) 可任意指定坡度角 θ 在 $11^\circ\sim 30^\circ$, 完成要求 (2) 的动作。(20 分)
- (5) 在完成 (4) 后, 尽量增加坡度角 θ , 完成要求 (2) 动作。(20 分)
- (6) 其他。(5 分)
- (7) 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) 本题目必须使用指定的 MSP430/MSP432 平台。并将该平台置于显著位置便于评测。不得另外使用其它 CPU 控制芯片。
- (2) 不得采用履带小车及带刺轮胎。小车轮胎采用橡胶塑料等柔性材质, 不得在其表面涂抹粘性物质等。行驶路面不得铺设除标记线外的任何材料。小车全程在木工板上行驶。
- (3) 小车设定模式后自动行驶, 中途不得人工介入控制。在要求 (2)~(5) 的测试中, 小车应匀速行驶。停顿、打滑、碾压标记线每次扣除 2 分。
- (4) 小车标记点: 小车到达停车线的标记点自定, 并在行驶前明确标记在车体上, 以便测量。
- (5) 所有测试中, 行驶过程时间超过 30s、小车投影脱离标记线或停车误差超过 2cm, 均视为失败。
- (6) 要求 (5) 中最大角度的测试, θ 由选手自己选定。
- (7) 每项测试过程允许测试两次, 取最好成绩。坡度角可以用安卓手机上的“指南针”APP 软件测量。

2020 年 TI 杯大学生电子设计竞赛

绕障飞行器 (D 题)

1. 任务

基于多悬翼飞行器设计一个绕障飞行器（简称飞行器）。飞行器活动区域示意图如图 1 所示。在图 1 中，地面上标有起飞点与降落点，并且还放置了 2 个杆塔；起飞点用空心黑色矩形框标识，降落点实心黑色圆标识，杆塔有红、绿两种颜色。

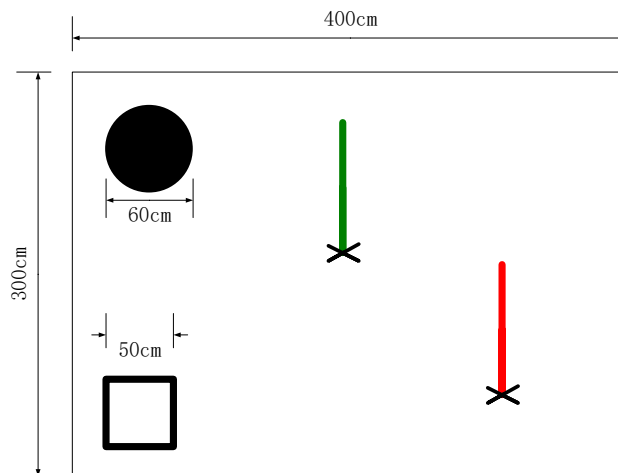


图 1 飞行器飞行区域示意图

2. 要求

- (1) 飞行器从起飞地点垂直起飞升高到 $150\text{cm} \pm 10\text{cm}$ 的巡航高度。 (15 分)
- (2) 巡航飞行中发现杆塔，以声音提示，并用与所发现杆塔相同颜色的 LED 闪烁数次指示。 (20 分)
- (3) 在巡航高度以杆塔为中心，绕所发现的杆塔抵近飞行一周 (360° 及以上)；绕飞时飞行器与杆塔最近点距离在 $50 \pm 10\text{cm}$ ；红色杆塔时飞行器沿顺时针方向（顶视）绕飞，绿色杆塔时飞行器沿逆时针方向（顶视）绕飞。 (30 分)
- (4) 飞行区域中所有杆塔均被发现并识别、绕飞后，寻找降落点标识缓慢平稳准确地降落在降落区域内。 (10 分)
- (5) 整个飞行过程用时不得超过 5 分钟，按用时计分，越快越好。 (15 分)
- (6) 其他。 (10 分)
- (7) 设计报告 (20 分)

项 目	主要内容	满分
系统方案	方案描述、比较与选择	3
设计计算	控制方法描述及参数计算	5
电路及程序设计	系统组成，原理框图与各部分电路图 系统软件设计与流程图	7
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、报告正文结构、公式、图表的完整性和 规范性	2
总分		20

三、说明

1. 杆塔说明

- (1) 杆塔高度不低于 180cm，直径 3.5 cm \pm +0.5cm；
- (2) 杆塔用红色或绿色喷涂或包裹，飞行区域中两个杆塔为一红一绿；
- (3) 杆塔可在飞行区域随意指定放置，杆塔间距离不小于 150cm。

2. 飞行器要求：

- (1) 参赛队所用飞行器应遵守中国民用航空局的管理规定(《民用无人驾驶航空器实名制登记管理规定》，编号：AP-45-AA-2017-03)。
- (2) 多旋翼飞行器最大轴间距不大于 420mm。
- (3) 为确保安全，飞行器桨叶必须全防护（防护圈将飞行器或桨叶全包），否则不得测试；测试区应设置防护网。
- (4) 飞行器不得有“无线通信及遥控”功能。
- (5) 飞行器采用唯一的启动按键一键启动。
- (6) 除飞行器机械构件、飞行控制（电调）、摄像功能模块外，绕障飞行器其他功能的实现不得采用飞行器集成商提供的组件，必须自主设计完成。**

3. 测试场地说明

- (1) 测试场地地面采用白色纸质材料（亚光）铺设；
- (2) 起飞、降落标志固定，起飞标识可采用宽度为 1.8cm 黑色电工胶带粘贴而成；
- (3) 测试现场应避免窗外强光直接照射，避免高照度点光源照明；尽量采用多点分布式照明，以减小飞行器自身投影的影响。

4. 测试流程说明

- (1) 起飞前，飞行器可手动放置到起飞点；可手动控制起飞。
- (2) 绕障飞行全程工作须一次连续完成，期间不得人为干预，也不得更换电池；允许测试 2 次，按最好成绩记录；两次测试间可更换电池。
- (3) 飞行期间，飞行器触及地面后自行恢复飞行的，酌情扣分；触地后 5 秒内不能自行恢复飞行视为失败，失败前完成动作仍计分。
- (4) 平稳降落是指在降落过程中无明显的跌落、弹跳及着地后滑行等情况出现。调试及测试时必须佩带防护眼镜，穿戴防护手套。

2020 年 TI 杯大学生电子设计竞赛

E 题：放大器非线性失真研究装置

1. 任务

设计并制作一个放大器非线性失真研究装置，其组成如图1所示，图中的 K_1 和 K_2 为 1×2 切换开关，晶体管放大器只允许有一个输入端口和一个输出端口。

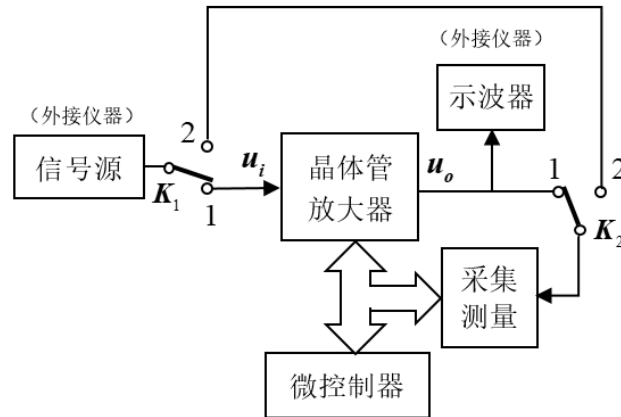


图 1 放大器非线性失真研究装置组成框图

2. 要求

K_1 和 K_2 均投到各自的“1”端子，外接信号源输出频率 1kHz、峰峰值 20mV 的正弦波作为晶体管放大器输入电压 u_i ，要求输出无明显失真及四种失真波形 u_o ，且 u_o 的峰峰值不低于 2V。外接示波器测量晶体管放大器输出电压 u_o 波形。

- (1) 放大器能够输出无明显失真的正弦电压 u_o 。 (10 分)
- (2) 放大器能够输出有“顶部失真”的电压 u_o 。 (15 分)
- (3) 放大器能够输出有“底部失真”的电压 u_o 。 (15 分)
- (4) 放大器能够输出有“双向失真”的电压 u_o 。 (15 分)
- (5) 放大器能够输出有“交越失真”的电压 u_o 。 (15 分)
- (6) 分别测量并显示上述五种输出电压 u_o 的“总谐波失真”近似值 (20 分)
- (7) 其他 (10 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) 限用晶体管、阻容元件、模拟开关等元器件设计并实现图1中的受控晶体管放大器，其输出的各种失真或无明显失真的信号必须出自该晶体管放大电路，禁用预存失真波形数据进行D/A转换等方式输出各种失真信号。

(2) 在设计报告中，应结合电路设计方案阐述出现各种失真的原因。

(3) 无明显失真及四种具有非线性失真电压 u_o 的示意波形如图2所示：

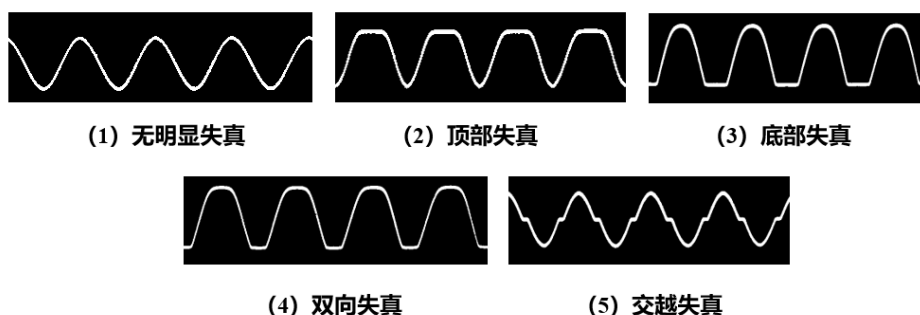


图2 无明显失真及四种具有非线性失真的 u_o 示意波形

(4) 总谐波失真定义：

线性放大器输入为正弦信号时，其非线性失真表现为输出信号中出现谐波分量，常用总谐波失真 (THD: total harmonic distortion) 衡量线性放大器的非线性失真程度。

THD定义：若线性放大器输入电压 $u_i = U_i \cos \omega t$ ，其含有非线性失真的输出交流电压为 $u_o = U_{o1} \cos(\omega t + \varphi_1) + U_{o2} \cos(2\omega t + \varphi_2) + U_{o3} \cos(3\omega t + \varphi_3) + \dots + U_{on} \cos(n\omega t + \varphi_n)$ ，则有：

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{U_{o2}^2 + U_{o3}^2 + U_{o4}^2 + \dots + U_{on}^2}}{U_{o1}} \times 100\%$$

在完成设计要求的第 (6) 项时，谐波取到五次即可，即

$$\text{THD} \approx \frac{\sqrt{U_{o2}^2 + U_{o3}^2 + U_{o4}^2 + U_{o5}^2}}{U_{o1}} \times 100\%$$

(5) 对THD自动测量期间，不得有任何人工干预。

(6) K_1 和 K_2 的“2”端子用于作品测试。

2020 年 TI 杯大学生电子设计竞赛

简易无接触温度测量与身份识别装置 (F 题)

1. 任务

设计并制作一个简易无接触温度测量与身份识别装置，该装置包括无接触温度测量模块、身份识别模块、处理器模块和电源等，装置组成框图如图 1 所示。

装置中无接触温度测量模块可以无接触测量人体体温和容器中液态水的温度。测试时，应有光标指示被测点，当被测温度超过设定值时，应有报警功能；身份识别模块负责辨别被测人身份、是否符合防疫要求（如佩戴口罩）等。

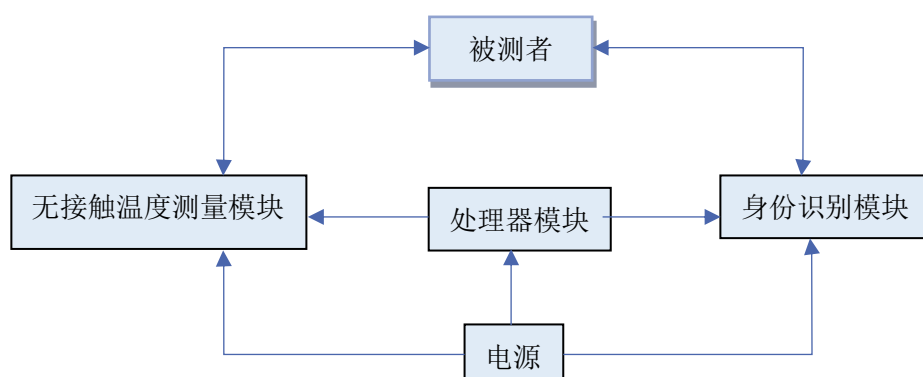


图 1 简易体温测量与身份识别装置组成框图

2. 要求

- (1) 非接触温度测量功能，测试距离 1cm~4cm；测量误差绝对值 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 。（30 分）
- (2) 温度测量范围： $28^{\circ}\text{C} \sim 48^{\circ}\text{C}$ ，并具有温度超标报警功能。报警温度阈值在 $30^{\circ}\text{C} \sim 46^{\circ}\text{C}$ 范围内可设置，报警方式自定。（15 分）
- (3) 身份识别功能：被测人身份识别和身份不符报警功能。（20 分）
- (4) 被测人是否符合防疫要求（如佩戴口罩）判别功能。（10 分）
- (5) 现场被测人身份特征学习与身份识别功能，学习时间 <10 分钟。（20 分）
- (6) 其他（5 分）
- (7) 设计报告（20 分）

项目	主要内容	满分
系统方案	方案描述、比较与选择	3
设计与论证	测量方法和识别方法描述及参数计算	5

电路及程序设计	系统组成, 原理框图与各部分电路图 系统软件设计与流程图	7
测量方案与测量结果	测量方案及测试条件 测量结果完整性 测量结果分析	3
设计报告结构及规范性	摘要、报告正文结构、公式、图表的完整性和规范性	2
总分		20

3. 说明

- (1) 该装置不能采用市售产品, 否则无分。作品不能使用 PC 机, 且测试中不能借助网络资源。
- (2) 温度测量项。该装置的测量温度范围将超出人体温度范围, 测试对象为现场人员和装在容器中的液态水, 并采用相应标准温度测量设备作为测量误差对比装置。温度测量功能评测时, 测量误差以作品测量数据与标准温度测量装置测量数据之差为准。作品测试时, 参赛学生可自带容器和标准温度测量设备。
- (3) 距离测量项。选作品测量误差对应的测试点, 测量起始距离在 1cm~4cm 之间任选, 在保持其误差水平的基础上, 距离越远越好。
- (4) 身份识别功能项。识别对象为参赛队 3 名队员, 识别方法采用面部识别, 识别结果可自选方式表示。
- (5) 要求 (4) 可仅判断被测人是否符合佩戴口罩的防疫要求。
- (6) 要求 (5) 在测量现场的准备阶段完成学习过程, 学习对象为现场的工作人员, 要求经过现场学习, 能准确识别学习对象的身份。

2020 年 TI 杯大学生电子设计竞赛

非接触物体尺寸形态测量 (G 题)

1. 任务

设计并制作一个非接触式物体形状和尺寸自动测量装置，装置的布置图如图 1 所示，测量装置放置在图中所示的测量装置区内，被测目标放置在图中被测目标放置区内，装置能测量被测目标的形状、尺寸、测量头中心点与被测目标之间的距离等参数，并用激光束指示出被测目标的中心位置。背景板竖立放置在目标后 5cm 处，图 2 为目标和背景板放置示意图。

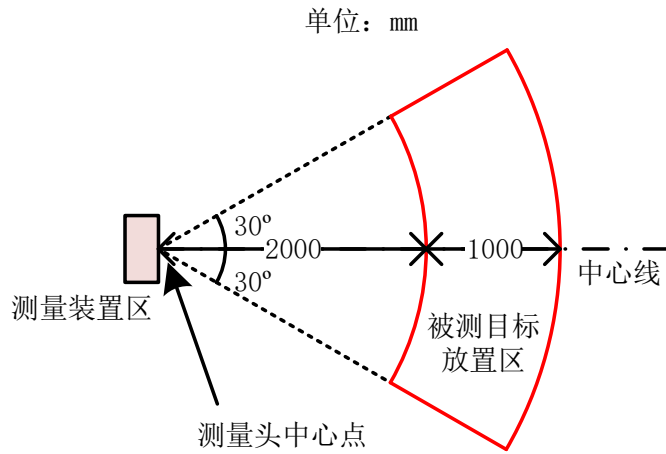


图 1 测试场景布置图

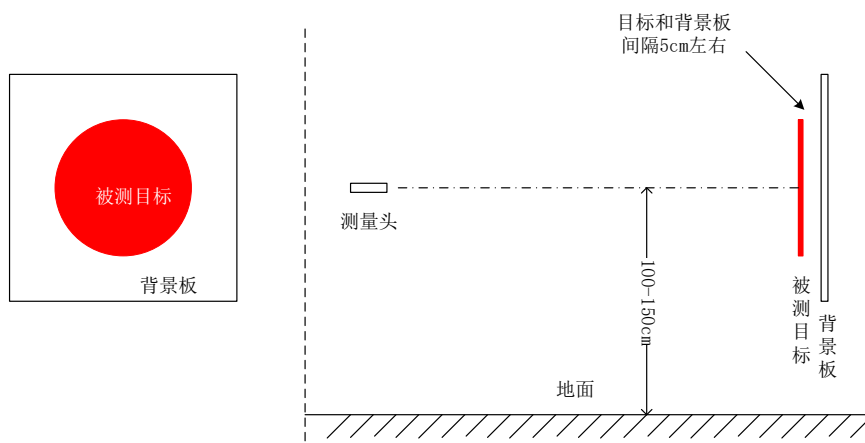


图 2 目标板和背景板放置示意图

2. 要求

(1) 选择某规则形状的平面目标，放在被测目标放置区的中心线位置上，按测量键后开始测量，完成测量后，在装置上显示出该目标物体边长（如果目标选择的是圆形目标，显示出直径）、几何形状和目标与测量头的距离，整个测量和指示过程要求总用时不超过 2 分钟。（25 分）

(2) 更换目标板，在摆放区内中心线上放置目标和背景板，显示距离、形状、尺寸（边长），要求测量用时不超过 2 分钟。（25 分）

(3) 自动寻找目标测量：测量头处于中心线方向（ 0° ），目标摆放在目标放置区内任选位置；按测试键后，装置自动寻找目标，测量并显示距离、形状、尺寸、用激光笔指示几何中心，用时不超过 3 分钟，越短越好。（30 分）

(4) 立体目标测量：随机抽取篮球、排球、足球中一个，重复（3）测量，判断球类品种、测量与球表面最近距离。用时不超过 2 分钟。（15 分）

(5) 其他。（5 分）

(6) 设计报告。（20 分）

项 目	主要内容	满分
系统方案	方案描述、比较与选择	4
理论分析与计算	非接触式物体尺寸、形状测量方法	5
电路设计	电路设计	5
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、报告正文结构、公式、图表的完整性和规范性	2
总分		20

3. 说明

(1) 平面目标为形状圆、正三角形、正方形三种，直径或边长尺寸为30—40cm，颜色为红、绿、蓝纯色，测试时任选形状和颜色；可以由广告板或亚克力板裁剪而成，每块目标板上用细小的点标识出几何中心点，颜色和形状组合是随机的；立体目标为足球、篮球、排球，颜色和花色纹路等为自然取得。

(2) 背景板为边长约 100 ± 5 cm 的正方形，颜色为白色，一般可以由广告板或亚克力板裁剪，无任何边框等标识，背景板可以在背对目标面任意安装支架或固定装置；

(3) 目标板和背景板保持 5cm 左右的间隔，两板总是保持平行放置；

(4) 测试装置尺寸不超过长 40cm，宽 30cm，高度自定，测量时不允许添加任何辅助光源，光照由场地自然条件决定，测试装置可以放在 80cm 左右高的桌子上；

(5) 被测目标的中心与测量头基本上处在同一水平线，允许有 ± 5 cm 内的偏差，背景板和目标物体尽量保持中心重合，允许有 ± 5 cm 内的偏差；

(6) 在测量装置上明显标示出测量目标距离的参考点；

(7) 测量头方向在每次测量开始时处于 0° 方向；

(8) 平面目标的平面方向按垂直地面放置，平面法线正对着测量头；

(9) 测量过程中要求不得输入数据或用步进、电位器调节等方法改变参数；要求 (1)、(2) 测量时，每次测量只许按同一个按键，要求 (3)、(4) 测量时可以使用不同于要求 (1)、(2) 的按键，但也只允许一键操作；每次测量完成时有声光提示；

(10) 被测平面目标和球目标的固定可以由超过背景板边缘外侧处安装固定机构，或在测试头目测看不见的部位安装固定机构，或用 2—3 根细绳（钓鱼线）悬挂固定，能保持物体静止不动即可。