

电子设计竞赛经验及案例分析

-----自动控制类题型

大连理工大学

2020.6.14

吴振宇





1、全国大学生电子设计竞赛简介

全国大学生电子设计竞赛是**教育部**最早倡导的四大学科竞赛之一，它始于1994年，是由教育部高等教育司、信息产业部人事司共同主办、索尼公司协办的面向全国高等学校大学生的学科竞赛活动。



在竞赛举办年度的9月份，赛期**四天**。从1997年开始，**每两年**举办一届全国大学生电子设计竞赛，即今后凡逢单数年号时举办全国竞赛。



1、全国大学生电子设计竞赛简介

社会影响

从1994年到2019年，该竞赛已经成功举办了14届，竞赛规模从最初的3个赛区220个参赛队飞速增长到遍布全国的29个赛区的1109所高校、17313个参赛队，已成为当前电子产业领域最具权威性和影响力、实施范围最广的大学生学科竞赛活动，也是目前全国绝大多数设有电子信息类专业高等学校学生的热门赛事。



1、全国大学生电子设计竞赛简介

竞赛要求：

- 竞赛采用全国**统一命题、分赛区组织**的方式，竞赛采用“**半封闭、相对集中**”的组织方式进行。
- 竞赛期间学生可以查阅有关文献资料，队内学生集体商讨设计思想，确定设计方案，分工负责、团结协作，**以队为基本单位独立完成竞赛任务**；
- 竞赛期间**不允许**任何教师或其他人员进行任何形式的**指导或引导**；竞赛期间参赛队员不得与队外任何人员讨论商量。

参赛形式：学生**自愿组合，三人一队**，由所在学校统一报名。



1、全国大学生电子设计竞赛简介

题目要求：

- 1) 竞赛题目包括“**理论设计**”和“**实际制作**”两部分，以**电子电路**（含模拟和数字电路）设计应用为基础，可以涉及**模-数混合电路**、**单片机**、**嵌入式系统**、**DSP**、**可编程器件**、**EDA软件**的应用。参赛队的个人计算机、移动式存储介质、开发装置或仿真器等不得带入测试现场（实际制作实物中凡需软件编程的芯片必须事先**下载脱机工作**）。
- 2) 竞赛题目应具有**实际意义和应用背景**，并考虑到目前教学的基本内容和新技术的应用趋势，对教学内容和课程体系改革和学生今后工作起到一定的引导作用。
- 3) 竞赛题目着重考核参赛学生综合**运用基础知识进行理论设计**的能力、**实践创新和独立工作**的基本能力、**实验综合技能**（制作与调试），并鼓励参赛学生发扬**团队协作**的人文精神。
- 4) 竞赛题目在难易程度上，既要考虑使参赛学生能在**规定时间内完成基本要求**，又能使优秀学生**有充分发挥与创新的余地**。



1、全国大学生电子设计竞赛简介

竞赛奖项设置

全国竞赛组委会根据全国专家组的评审结果确定全国一、二等奖，获奖总数原则上不超过全国实际参赛队总数的8%。（2013始）**对于同一题目，同一所学校获得全国一等奖不超过2个，获得全国一、二等奖的总队数合计不超过4个。**

国奖比例：全国一等奖 1.5%，全国二等奖 5.3%

省奖比例：全省一等奖 10%，全省二等奖 20%

全省三等奖 30%，成功参赛奖若干。



2、如何准备全国大学生电子设计竞赛

基本素质要求：

- 浓厚的电子电路设计**兴趣**；
- **基础**知识储备、**实践**锻炼、**经验**积累；
- **长线**学习+**突击**和强化训练；
- 基本**技能**准备；
- 基本**模块**的准备；



2、如何准备全国大学生电子设计竞赛

基本技能准备：

- 1) 会应用常用的电路如**高增益放大电路**，**跟随电路**，**滤波电路**、**高频电路**等知识；
- 2) 能够熟练应用**Protel**制图软件，会画**电路原理图**，会简易**PCB制板**（用三氯化铁腐蚀电路）；
- 3) 会用万用板焊接电路，会使用基本的**测试仪器仪表**；
- 4) 能够**熟练**使用一种**单片机**；
- 5) 会运用已学会的EDA技术如**硬件描述语言VHDL**来设计电路和仿真测试，**MATLAB**也是比较好的设计平台,在比赛时要能正确而熟练的运用。



2、如何准备全国大学生电子设计竞赛

基本模块准备：

- 1) 熟悉常用模拟、数字集成块型号及功能特点;
- 2) LED、LCD显示电路，子程序;
- 3) AD、DA数据采集及转换输出电路模块，子程序；
- 4) 做控制类别的选好电机（步进、直流、无刷等）的型号、驱动电路，熟悉驱动程序；
- 5) 搞无线通信的应该准备发送与接收模块;
- 6) 程序设计一定要用自己熟悉的语言。



2、如何准备全国大学生电子设计竞赛

团队组建：

- 1) 喜欢电路设计与开发。在**软件、硬件、论文**写作中各有所长；
- 2) 有一个**核心**人物；
- 3) 其他方面（**兴趣、毅力、协作、创新**等能力）。



3、自动控制类题型汇总

历届控制类题型汇总：

2001、自动往返小汽车；

2003、简易智能电动车；

液体点滴速度监控系统；

2005、悬挂运动控制系统；

2007、电动车跷跷板；

2009、声音导引系统；

2011、基于自由摆的平板控制系统；
智能小车；

2013、简易旋转倒立摆及控制装置（C题）

手写绘图板（G题）

四旋翼自主飞行器（B题）

2015、风力摆控制系统（B）

多旋翼自主飞行器（C）

2017、滚球控制系统（B题）

四旋翼自主飞行器探测跟踪系统（C题）

可见光室内定位装置（I题）

2019、电动小车动态无线充电系统（A）

巡线机器人（B）

模拟电磁曲射炮（J）



4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

2001年、自动往返小汽车（C题）---任务

一、任务

设计并制作一个能**自动往返**于起跑线与终点线间的小汽车。允许用玩具汽车改装，但**不能**用人工**遥控**（包括有线和无线遥控）。

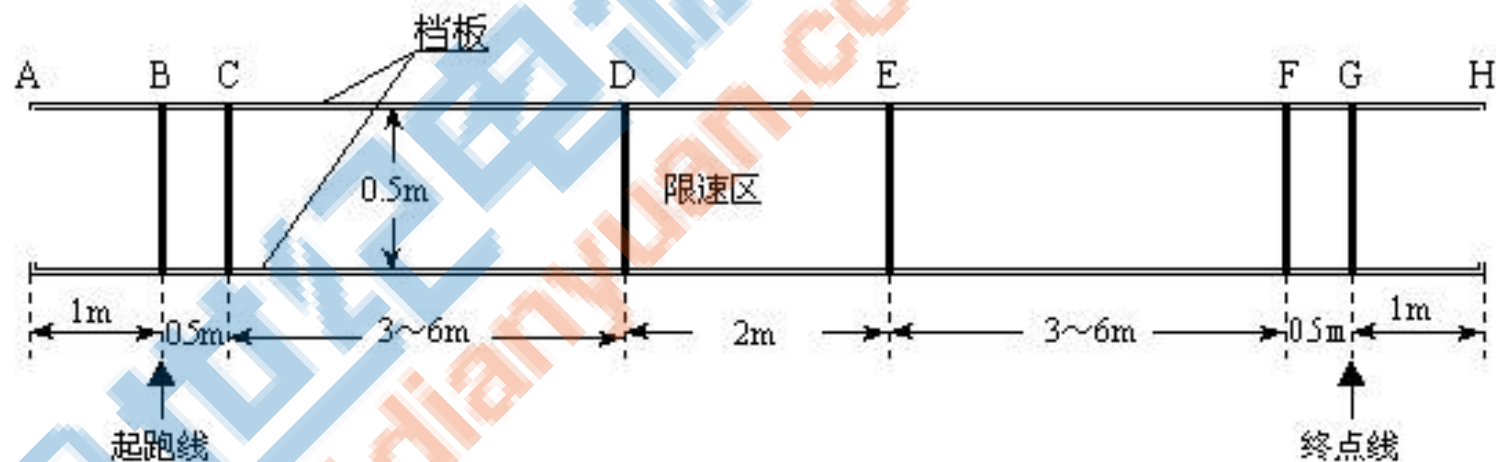


图1 跑道顶视图

跑道宽度0.5m，表面贴有白纸，两侧有**挡板**，挡板与地面垂直，其高度不低于20cm。在跑道的B、C、D、E、F、G各点处画有2cm宽的黑线，各段的长度如图1所示。

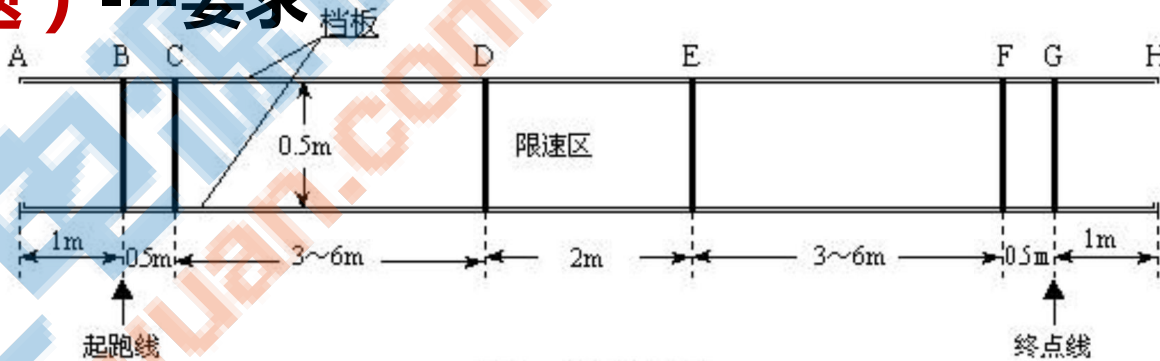


2001年、自动往返小汽车（C题）---要求

(1) 车辆从起跑线出发（出发前，车体不得超出起跑线），到达终点线后停留**10秒**，然后**自动返回**起跑线（允许倒车返回）。（相关开始计时）。

(2) 到达终点线和返回起跑线时, 停车位置离起跑线和终点线**偏差应最小** (以车辆中心点与终点线或起跑线中心线之间距离作为偏差的测量值)。

(3) D~E间为**限速区**，车辆往返均要求以低速通过，通过时间不得少于**8秒**，但不允许在**限速区内停车**。



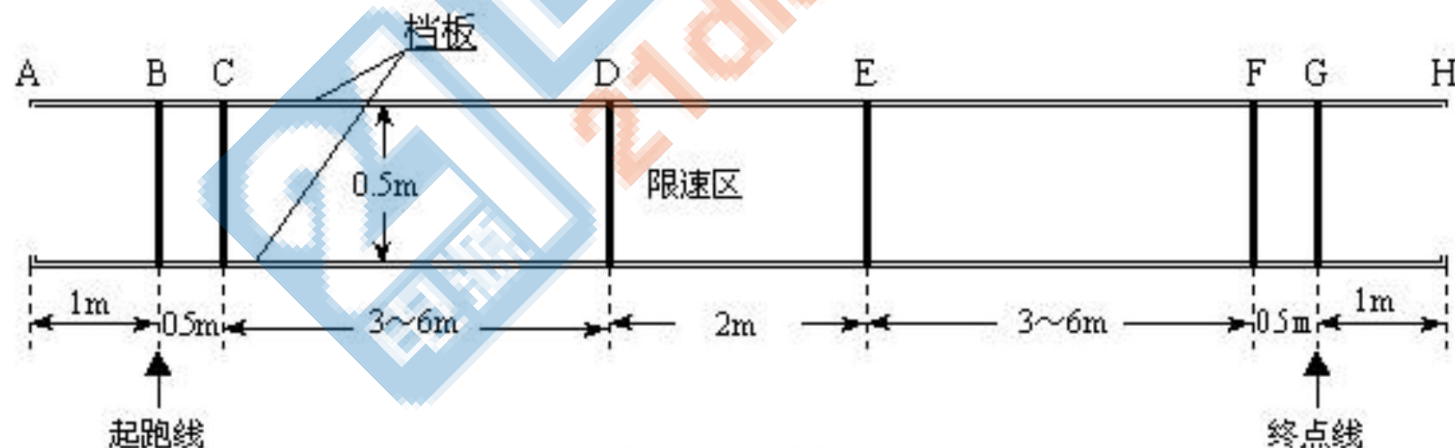


4、自动控制类题型案例分析

2001年、自动往返小汽车（C题）---要求

2、发挥部分：

- （1）**自动**记录、显示一次往返时间（记录显示装置要求安装在**车上**）。
- （2）**自动**记录、显示行驶距离（记录显示装置要求安装在**车上**）。





4、自动控制类题型案例分析

说明：

- 1、**不允许**在跑道内外区域另外设置任何标志或检测装置。
- 2、车辆（含在车体上附加的任何装置）外围**尺寸**的限制：长度 $\leq 35\text{ cm}$ ，宽度 $\leq 15\text{ cm}$ 。
- 3、必须在车身顶部明显标出车辆**中心点位置**，即横向与纵向两条中心线的交点。



4、自动控制类题型案例分析

2001年、自动往返小汽车（C题）---设计要点

1、主要内容

主控单元、电机控制、速度检测、标志线识别模块，人机交互模块。

（1）**主控**单元：主控单元是整个系统的核心。题目对精度要求较高，要求主控芯片具有较高的运行速率，具备定时器模块，以及丰富的I/O接口。

（2）跑道**标志线检测**：检测标志线，判断车辆所在区域。

采用**光敏**电阻或**红外**对管组成探测器，电路简单，但稳定性差，前瞻性较差。

（3）**速度**和**里程计**测量：使用光电码盘或霍尔传感器等进行测速、里程计换算。



4、自动控制类题型案例分析

2001年、自动往返小汽车（C题）---设计要点

（3）小车**运动**控制：电机的转向、转速控制，小车的转向控制、速度控制。

小车的**转向**装置模块可分为差速转向和舵机控制转向两种方式。前者控制简单，但转角控制不精确；后者转角控制更为精确，但结构复杂、成本高。

2、设计难点

（1）题目要求往返的**时间最短**，同时区分**高速区**和**限速区**，这就要求跑道标志线的检测具有**前瞻性**，能够在区域切换时，提前进行速度控制。

（2）**停车**位置离停车线**距离最短**，要求停车线检测具有前瞻性，速度控制要精准。



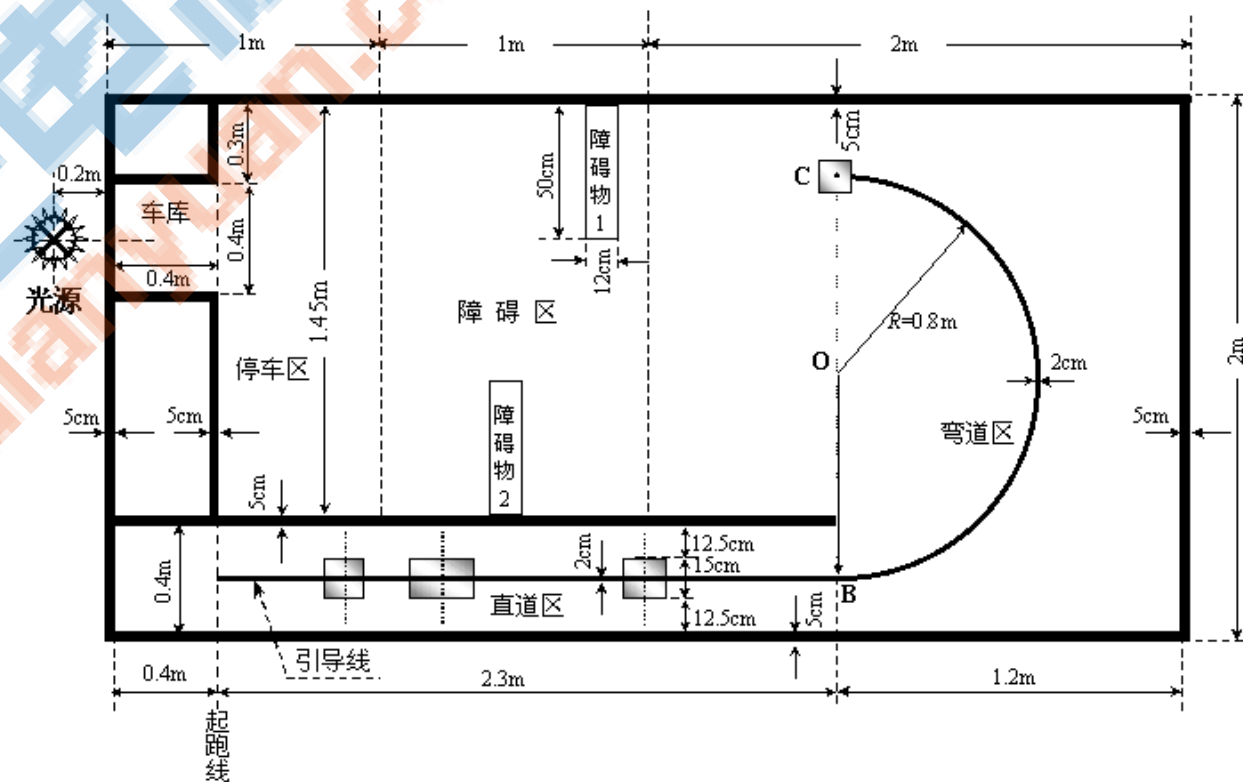
18



4、自动控制类题型案例分析

2003年、简易智能电动车（E题）

- (3) 电动车在**光源**的引导下，通过**障碍区**进入**停车区**并到达**车库**。电动车必须在两个**障碍物之间**通过且不得与其接触。
- (4) 电动车完成上述任务后应**立即停车**，但全程行驶时间不能大于**90秒**，行驶时间达到90秒时必须**立即自动停车**。







4、自动控制类题型案例分析

说明：

- 1、跑道上上面铺设白纸，薄铁片置于纸下，铁片厚度为**0.5 ~ 1.0mm**。
- 2、跑道边线宽度**5cm**，引导线宽度**2cm**，可以涂墨或粘黑色胶带。示意图中的虚线和尺寸标注线不要绘制在白纸上。
- 3、障碍物1、2可由包有白纸的砖组成，其长、宽、高约为**50cm12cm6cm**，两个障碍物分别放置在障碍区两侧的**任意位置**。
- 4、电动车允许用玩具车**改装**，但不能由人工遥控，其外围尺寸（含车体上附加装置）的限制为：**长度 $\leq 35\text{cm}$ ，宽度 $\leq 15\text{cm}$** 。
- 5、光源采用**200W**白炽灯，白炽灯泡底部距地面**20cm**，其位置如图所示。
- 6、要求在电动车顶部明显标出电动车的**中心点**位置，即横向与纵向两条中心线的交点。



4、自动控制类题型案例分析

2003年、简易智能电动车（E题）---设计要点

1、主要内容

主控单元、电机控制、速度检测、巡线模块、金属检测、避障模块、光源检测、声光指示。

（1）**主控单元**：主控单元是整个系统的核心。题目对精度要求较高，要求主控芯片具有较高的运行速率，具备**定时器**模块，以及丰富的**I/O**接口。

（2）**巡线模块**：**检测黑线**，并**巡线行驶**，确保小车能够从金属片上方通过，并进行**金属检测**（霍尔等）、声光提示，**里程计**计算，显示金属片距离。

可采用**光敏电阻**或**红外对管**组成探测器，电路简单，但稳定性差，控制精度低；



4、自动控制类题型案例分析

2003年、简易智能电动车（E题）---设计要点

（3）避障阶段：**障碍物检测**（超声波测距模块等），同时沿着光源方向行驶。

（4）停车阶段：车库或者**光源检测**，使车模能够找到车库，顺利停车。

2、设计难点

光源入库是难点。光、机、电相结合，系统复杂，对作品**稳定性**要求高。与巡线阶段不同，非巡线阶段没有十分明确的行进目标和明确的行驶轨迹。只能通过检测光源，得到粗略的行进方向，在前进过程中，还要实现避障功能，且障碍物的位置不固定，由此增加了难度。



4、自动控制类题型案例分析

2003年、液体点滴速度监控装置（F题）---任务及要求

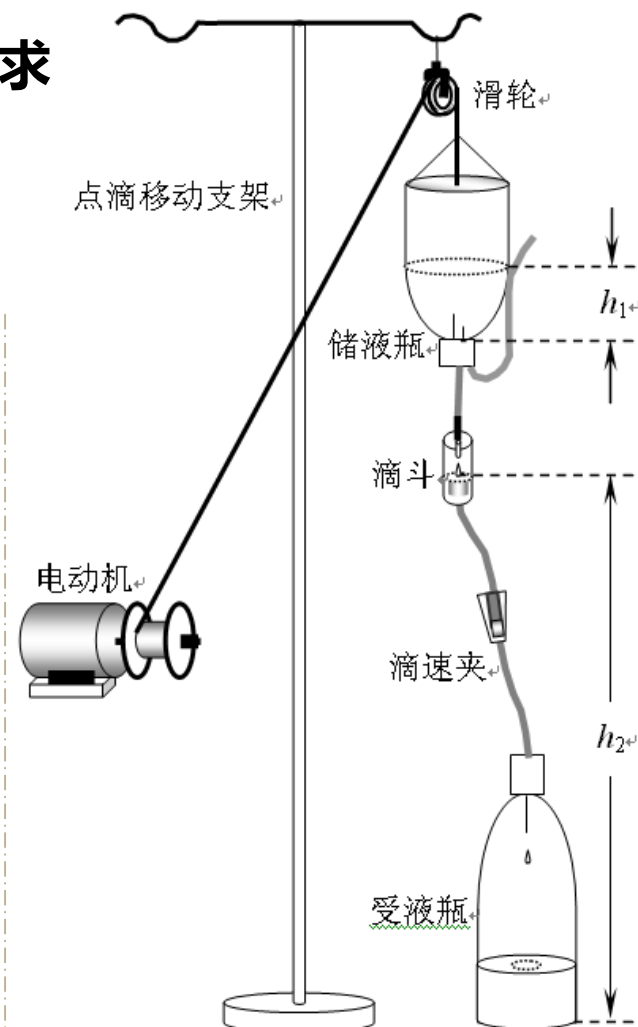
一、任务

设计并制作一个液体点滴速度监测与控制装置，示意图如右图所示。

二、要求

1、基本要求

- (1) 在滴斗处检测点滴速度，并制作一个数显装置，能动态显示点滴速度（滴/分）。
- (2) 通过改变 h_2 控制点滴速度，如右图所示；也可以通过控制输液软管夹头的松紧等其它方式来控制点滴速度。点滴速度可用键盘设定并显示，设定范围为20~150(滴/分)，控制误差范围为设定值10%1滴。
- (3) 调整时间 ≤ 3 分钟（从改变设定值起到点滴速度基本稳定，能人工读出数据为止）。
- (4) 当 h_1 降到警戒值（2~3cm）时，能发出报警信号。





4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

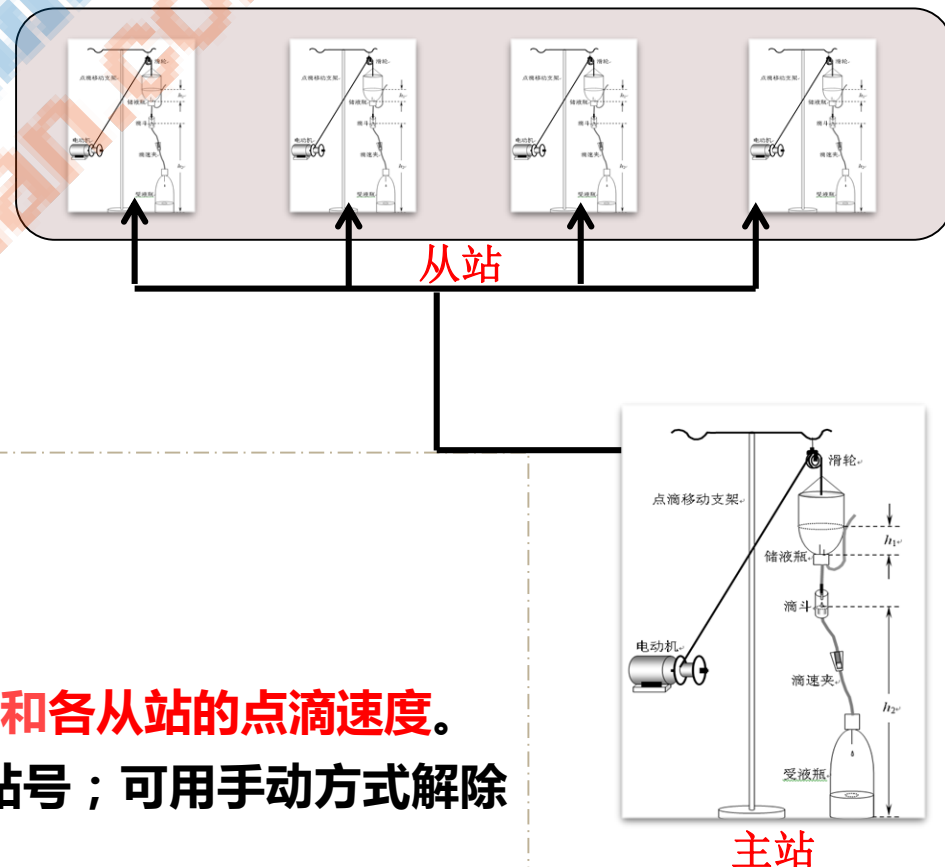
2003年、液体点滴速度监控装置（F题）---要求

2、发挥部分

设计并制作一个由主站控制**16个**从站的**有线监控系统**。
16个从站中，只有**一个从站**是按基本要求制作的一套点滴速度监控装置，其它从站为模拟从站（仅要求制作一个模拟从站）。

（1）主站功能：

- a. 具有**定点和巡回检测**两种方式。
- b. 可显示从站**传输过来的从站号和点滴速度**。
- c. 在巡回检测时，主站能任意设定要查询的**从站数量、从站号和各从站的点滴速度**。
- d. 收到从站发来的报警信号后，能**声光报警并显示相应的从站号**；可用手动方式解除报警状态。





4、自动控制类题型案例分析

2003年、液体点滴速度监控装置（F题）---要求

2、发挥部分

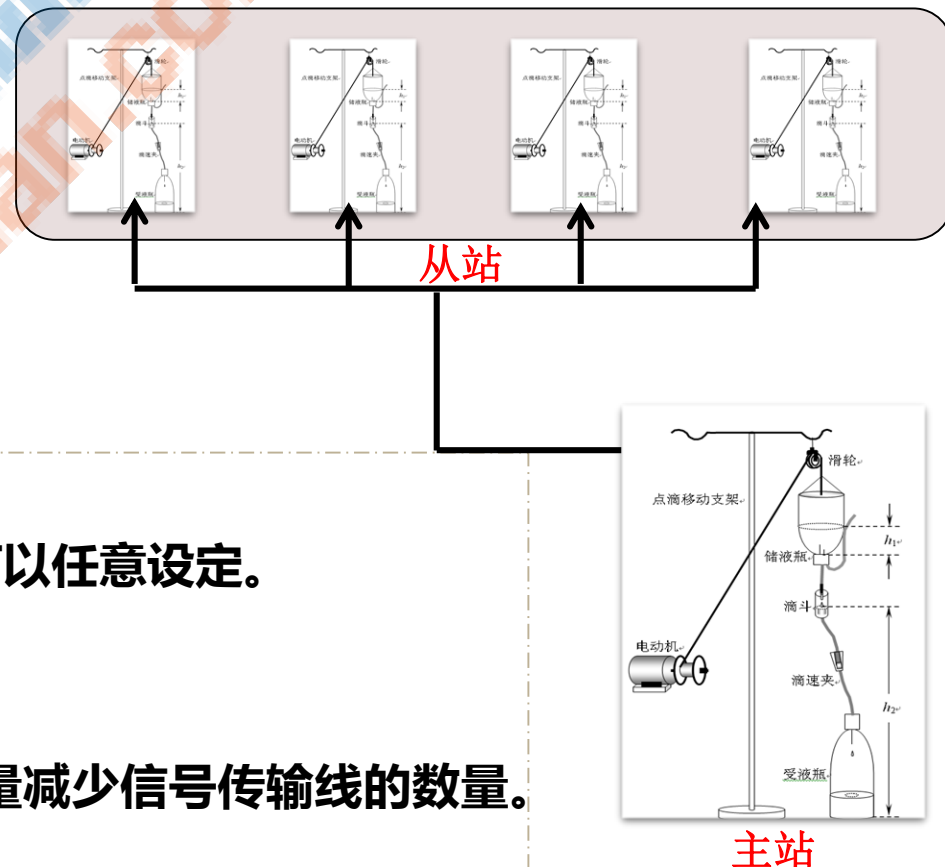
设计并制作一个由主站控制**16个**从站的**有线监控系统**。
16个从站中，只有**一个从站**是按基本要求制作的一套点滴速度监控装置，其它从站为模拟从站（仅要求制作一个模拟从站）。

（2）从站功能：

- a. 能输出**从站号**、**点滴速度**和**报警信号**；从站号和点滴速度可以任意设定。
- b. **接收**主站设定的点滴速度**信息并显示**。
- c. 对**异常**情况进行**报警**。

（3）主站和从站间的**通信方式不限**，通信协议自定，但应尽量减少信号传输线的数量。

（4）其它。





4、自动控制类题型案例分析

说明：

- 1、控制电机类型不限，其安装位置及安装方式自定。
- 2、**储液瓶**用医用**250毫升**注射液玻璃瓶（瓶中为无色透明液体）。
- 3、**受液瓶**用**1.25升**的饮料瓶。
- 4、**点滴器**采用针柄颜色为深蓝色的医用**一次性输液器**（滴管滴出20点蒸馏水相当于 $1\text{ml} \pm 0.1\text{ml}$ ）。
- 5、赛区测试时，仅提供医用移动式点滴支架，其高度约**1.8m**，也可自带支架；测试所需其它设备自备。
- 6、滴速夹在测试开始后**不允许调节**。
- 7、发挥部分第（2）项从站功能中，c中的“异常情况”自行确定。



4、自动控制类题型案例分析

2003年、液体点滴速度监控装置（F题）---设计要点

1、主要内容

主控单元，红外对管模块，电机（舵机）驱动部分，机械传动部分，通信模块，人机交互。

- （1）**主控单元**：主控单元是整个系统的核心。题目对精度要求较高，要求主控芯片具有较高的运行速率，具备定时器模块，AD\DA转换模块，以及丰富的I/O接口。
- （2）**电机驱动**部分：能够驱动电机控制滑轮运动，以及对软管的开合程度进行控制，需要一定的驱动能力，电机具有较大的扭矩。
- （3）**机械传动**部分：滑轮控制滴斗高度，软管控制输液速率。这两个部分需要设计合理的机械结构，从而实现对输液速率的精确控制。
- （4）**主从机通信**：可使用**串口**实现主从机的双向数据传输。多路稳定传输可以用**485通信**接口。



4、自动控制类题型案例分析

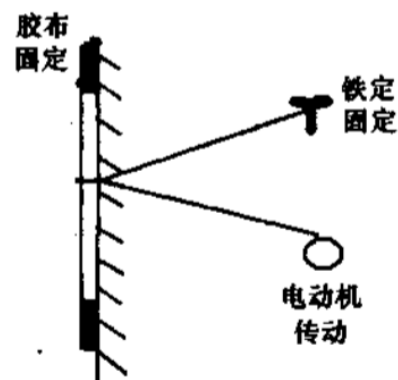
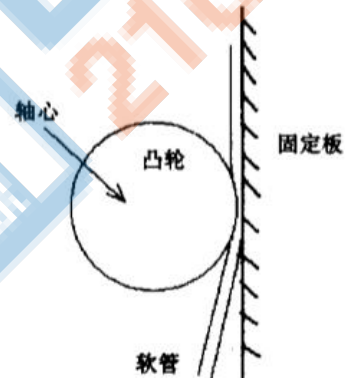
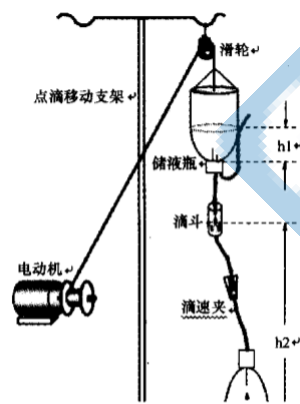
2003年、液体点滴速度监控装置（F题）---设计要点

2、设计难点

（1）**红外对管**对滴落液体的信号响应。

液滴通过红外对管时，产生的电信号是**不规律**的，且外界对红外对管也会产生**干扰**。因此需要记录信号响应曲线，选取一个合适的参考电压，确保能正确识别液滴。

（2）**输液速率**控制：滑轮方案，凸轮方案，拉绳方案；选取合适的机械方案至关重要。





4、自动控制类题型案例分析

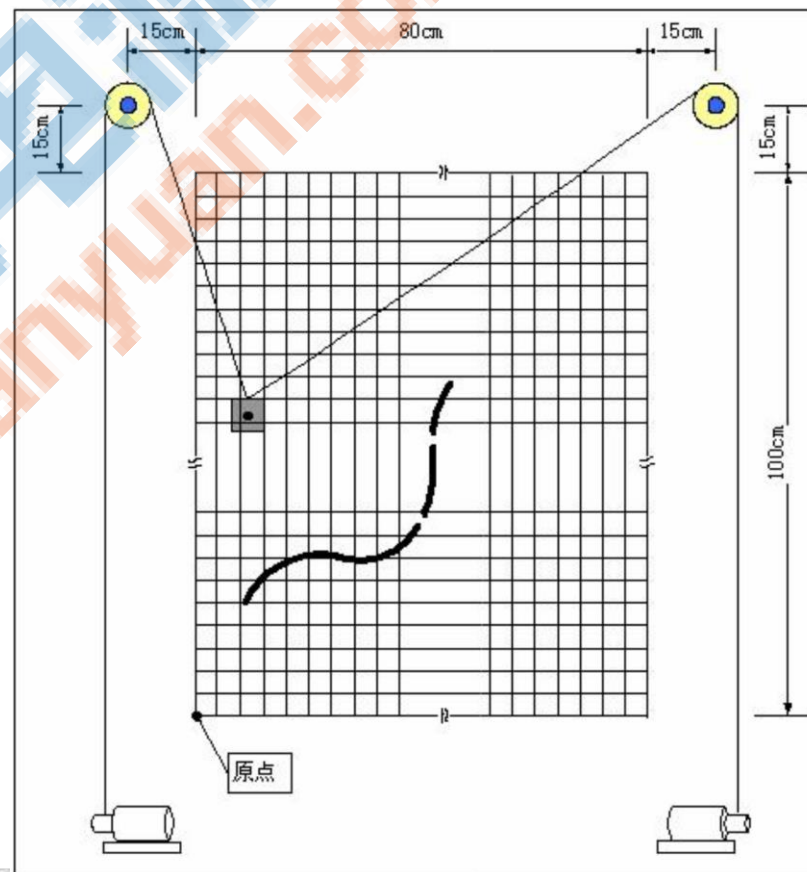
大连理工大学

2005年、悬挂运动控制系统（E题）---任务

一、任务

设计一**电机**控制系统，控制物体在**倾斜**（仰角 $\leq 100^\circ$ 度）的**板上**运动。

在一白色底板上固定**两个滑轮**，**两只电机**（固定在板上）通过穿过滑轮的吊绳控制一物体在板上运动，运动范围为 $80\text{cm} \times 100\text{cm}$ 。物体的形状不限，质量大于 100 克。物体上固定有浅色画笔，以便运动时能在板上**画出运动轨迹**。板上标有间距为 1cm 的浅色坐标线（不同于画笔颜色），左下角为直角坐标原点，示意图如下。





4、自动控制类题型案例分析

2005年、悬挂运动控制系统（E题）---任务

1、基本要求：

- （1）控制系统能够通过**键盘**或其他方式**任意设定坐标点参数**。
- （2）控制物体在 **80cm×100cm** 的范围内作自行设定的运动，运动轨迹长度不小于 **100cm**，物体在运动时能够在板上**画出运动轨迹**，限 **300** 秒内完成。
- （3）控制物体作**圆心可任意设定**、直径为 **50cm** 的**圆周运动**，限 **300** 秒内完成。
- （4）物体从左下角坐标原点出发，在 **150** 秒内到达设定的一个坐标点(两点间直线距离不小于 **40cm**)。



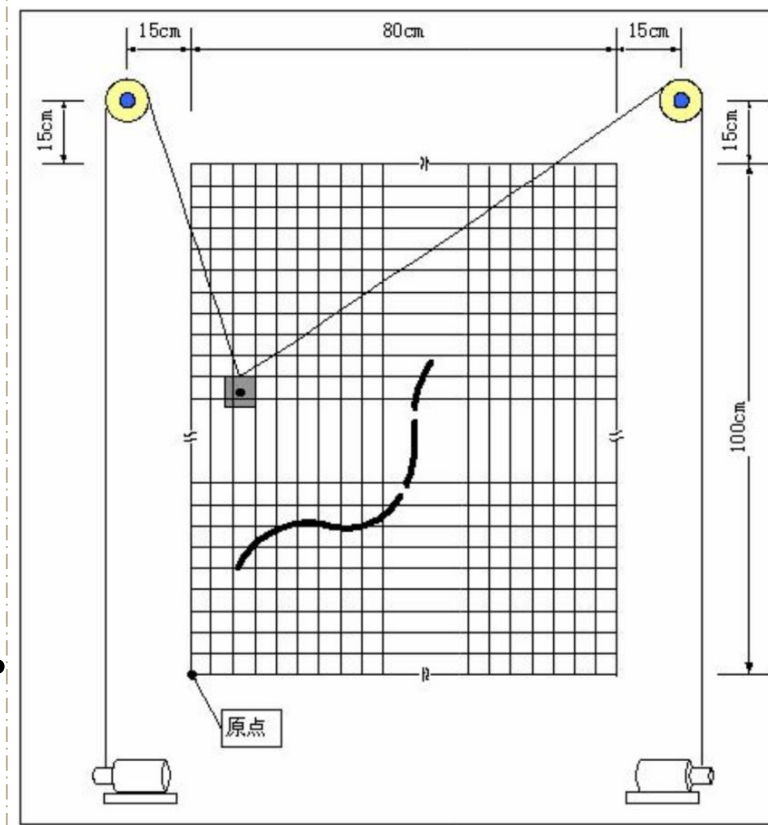
4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

2005年、悬挂运动控制系统（E题）---任务

2、发挥部分：

- (1) 能够显示物体中**画笔**所在位置的**坐标**。
- (2) 控制物体沿板上标出的**任意曲线运动**(见示意图)，曲线在测试时**现场标出**，线宽**1.5cm ~ 1.8cm**，总长度约 **50cm**，颜色为**黑色**；曲线的前一部分是**连续的**，长约 **30cm**；后一部分是两段总长约 **20cm** 的**间断线段**，间断距离**不大于 1cm**；沿连续曲线运动限定在 **200 秒**内完成，沿间断曲线运动限定在 **300 秒**内完成。
- (3) 其他。





4、自动控制类题型案例分析

说明：

- 1、物体的运动轨迹以画笔画出的**痕迹为准**，应尽量使物体运动轨迹与预期**轨迹吻合**，同时尽量缩短运动时间。
- 2、若在某项测试中运动**超过限定的时间**，该项目**不得分**。
- 3、运动轨迹与预期轨迹之间的**偏差超过 4cm** 时，该项目**不得分**。
- 4、在基本要求(3)、(4)和发挥部分(2)中，物体**开始运动前**，**允许手动**将物体**定位**；开始运动后，不能再人为干预物体运动。
- 5、竞赛结束时，**控制系统封存**上交赛区组委会，**测试用板**(板上含空白坐标纸) 测试时**自带**。



4、自动控制类题型案例分析

2005年、悬挂运动控制系统（E题）---设计要点

1、主要内容

主控单元，电机部分，机械设计，黑线探测模块，数学建模部分，物体运动控制算法，人机交互部分。

- （1）**主控**单元：主控单元是整个系统的核心。题目对精度要求较高，要求主控芯片具有较高的运行速率，具备定时器模块，AD\DA转换模块，以及丰富的I/O接口。
- （2）**电机**部分：要求电机转角和转向能够精确控制，是精确控制物块运动的基础。步进电机是一种脉冲控制电机，无需反馈控制，也能够对绳索收放长度进行精确控制。
- （3）**机械**设计：要求物块能够平稳的进行运动，且能够在平板上绘制出轨迹。这些除了依赖于控制算法外，对机械结构的设计合理性和稳定性有着较高的要求。



4、自动控制类题型案例分析

2005年、悬挂运动控制系统（E题）---设计要点

（4）**黑线探测**模块：检测平板上的黑线，使得物块能够沿着黑线进行运动。

方案一使用多路阵列式**光敏电阻**组成光电探测器，光敏电阻探测到黑线时，阻值发生变化，将电压信号送给主控芯片，即能够计算出黑线的位置。当年**摄像头**方案难度较大，现在设计可使用**光电摄像头**，读取整个平板的图片，根据像素值，出黑线所在的位置。前者简单，但精确度不高；后者复杂，精度高。

（5）**数学建模**部分：利用平面几何信息，对物块位置进行建模。通过两根绳索的长度，计算出三角形顶点的坐标，即物块的坐标。



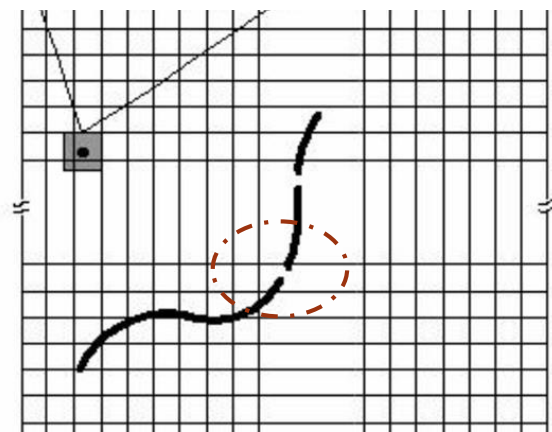
4、自动控制类题型案例分析

2005年、悬挂运动控制系统（E题）---设计要点

（6）**运动控制**算法：用于平面中点到点之间的绘制方式，典型的方法是采用“**直线插补法**”。执行机构每走一步，都要和给定轨迹上的坐标值进行一次比较，看当前位置和轨迹位置的关系，从而确定下一步的进给方向。形成“逐点比较”，使得走线逼近给定轨迹。

2、设计难点

- （1）达到精确的控制，**机械设计**是很关键的步骤，需要保证物块能够稳定的运动并绘制轨迹，难度要求较高。
- （2）**运动控制**算法较为复杂，包括直线绘制和圆形绘制，需要选取合适的算法。
- （3）**断线续跑**功能的实现，需要一定的技巧。





4、自动控制类题型案例分析

2007年、电动跷跷板（F题）---任务

一、任务

设计并制作一个**电动车跷跷板**，在跷跷板起始端A一侧装有**可移动的配重**。配重的位置可以在从始端开始的**200mm ~ 600mm**范围内调整，调整步长不大于**50mm**；配重可拆卸。电动车从起始端A出发，可以**自动**在跷跷板上行驶。

电动车跷跷板**起始状态**和**平衡状态**示意图分别如图1和图2所示。

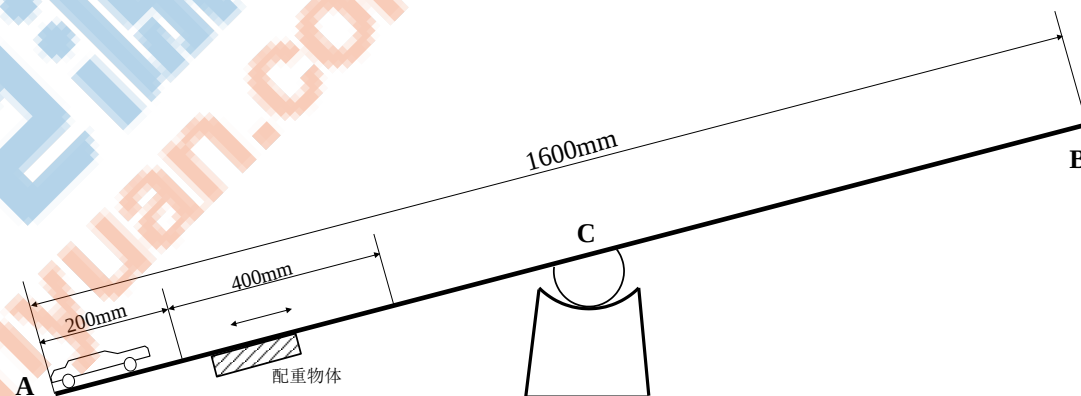


图1 起始状态示意图

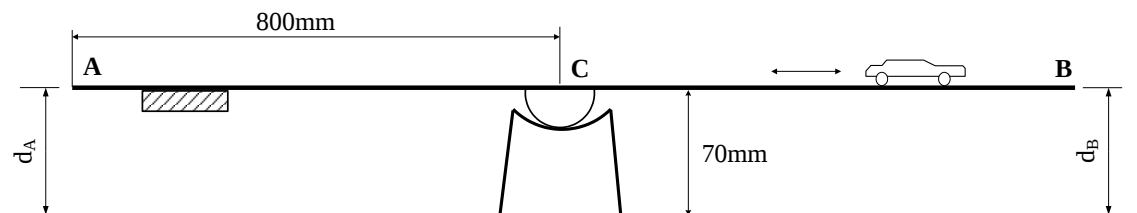


图2 平衡状态示意图



4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

2007年、电动跷跷板（F题）---任务

1、基本要求：

在**不加配重**的情况下，电动车完成以下运动：

- (1) 电动车从**起始端A**出发，在**30秒钟**内行驶到**中心点C**附近。
- (2) **60秒钟**之内，电动车在中心点C附近使跷跷板处于**平衡状态**，保持平衡**5秒钟**，并给出明显的**平衡指示**。
- (3) 电动车从(2)中的平衡点出发，**30秒钟**内行驶到跷跷板**末端B**处（车头距跷跷板末端B不大于**50mm**）。
- (4) 电动车在B点**停止5秒**后，**1分钟**内倒退回**起始端A**，完成整个行程。
- (5) 在整个行驶过程中，电动车始终在跷跷板上，并**分阶段实时显示**电动车行驶所用的**时间**。

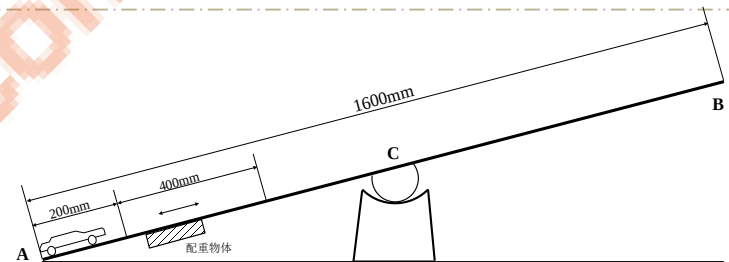


图1 起始状态示意图



4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

2007年、电动跷跷板（F题）---任务

2、发挥部分：

将**配重**固定在可调整范围内**任一指定位置**，电动车完成以下运动：

- (1) 将电动车放置在地面距离跷跷板起始端A点 **300mm**以外、**90°扇形区域**内某一指定位置（车头朝向跷跷板），电动车能够**自动驶上**跷跷板，如图3所示。

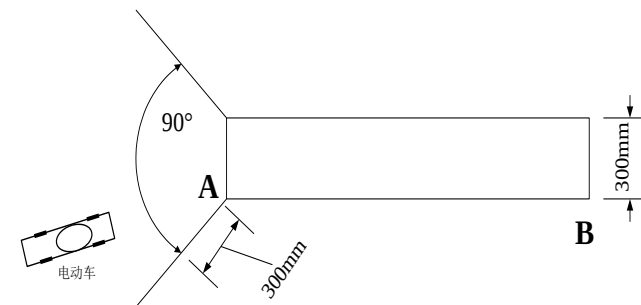


图3 自动驶上跷跷板示意图

- (2) 电动车在跷跷板上取得平衡，给出明显的**平衡**指示，保持平衡**5秒钟**以上。
- (3) 将另一块质量为电动车质量**10% ~ 20%**的块状**配重**放置在A至C间指定的位置，电动车能够**重新取得平衡**，给出明显的平衡指示，保持平衡**5秒钟**以上。
- (4) 电动车在**3分钟**之内完成（1）~（3）全过程。
- (5) 其他。



4、自动控制类题型案例分析

说明：

- 1、**跷跷板长1600mm、宽300mm**，为便于携带也可将跷跷板制成**折叠形式**。
- 2、跷跷板中心固定在**直径不大于50mm的半圆轴**上，轴两端支撑在支架上，并保证与支架**圆滑接触**，能灵活转动。
- 3、测试中，使用参赛队**自制**的跷跷板装置。
- 4、允许在跷跷板和地面上采取**引导措施**，但不得影响跷跷板面和地面平整。
- 5、**电动车**(含加在车体上的其它装置)外形尺寸规定为：长 $\leq 300\text{mm}$ ，宽 $\leq 200\text{mm}$ 。
- 6、**平衡的定义**为A、B两端与地面的**距离差** $d = |d_A - d_B|$ 不大于**40mm**。
- 7、整个行程约为**1600mm减去车长**。
- 8、测试过程中**不允许人为控制**电动车运动。
- 9、基本要求（2）不能完成时，可以跳过，但不能得分；发挥部分（1）不能完成时，可以直接从（2）项开始，但是（1）项不得分



4、自动控制类题型案例分析

2007年、电动跷跷板（F题）---设计要点

1、主要内容

主控单元，电机驱动模块，巡线模块，角度测量模块，运动控制算法，人机交互模块，机械设计。

- （1）**主控**单元：主控单元是整个系统的核心。题目对精度要求较高，要求主控芯片具有较高的运行速率，具备定时器模块，AD\DA转换模块，以及丰富的I/O接口。
- （2）**电机驱动**模块：能够对电机进行转向、转速控制。电机扭矩大，以满足小车的爬坡功能。
- （3）**巡线**模块：小车要能够识别跷跷板中心的黑线，确保沿着黑线附近行驶，不能跌落。

可采用**光敏**电阻或**红外**对管组成探测器，电路简单，但稳定性差，控制精度低；也可采用**线性CCD**摄像头，识别精度高，稳定性好，控制相对复杂。



4、自动控制类题型案例分析

2007年、电动跷跷板（F题）---设计要点

- （4）**角度测量**模块：跷跷板保持平衡的重要指标就是角度，精确的测量出角度值，才能进行闭环控制。可采用**磁阻**式传感器或者**单轴倾角**传感器进行角度测量。
- （5）**运动控制**算法：在能够精确获取角度信息的前提下，采用**PID**控制算法，通过调节电机的转速，实现对跷跷板角度的**闭环**控制。

2、设计难点

- （1）**角度测量**模块：角度测量对实时性和精确性要求较高。
- （2）**运动控制**算法：需要使用**PID**算法，对角度进行**闭环**控制，具有一定复杂性。
- （3）发挥部分**90°扇形区域**任意指定位置发车，无循迹，有一定跑偏风险。



4、自动控制类题型案例分析

2009年、声音导引系统（B题）---任务

一、任务

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**。

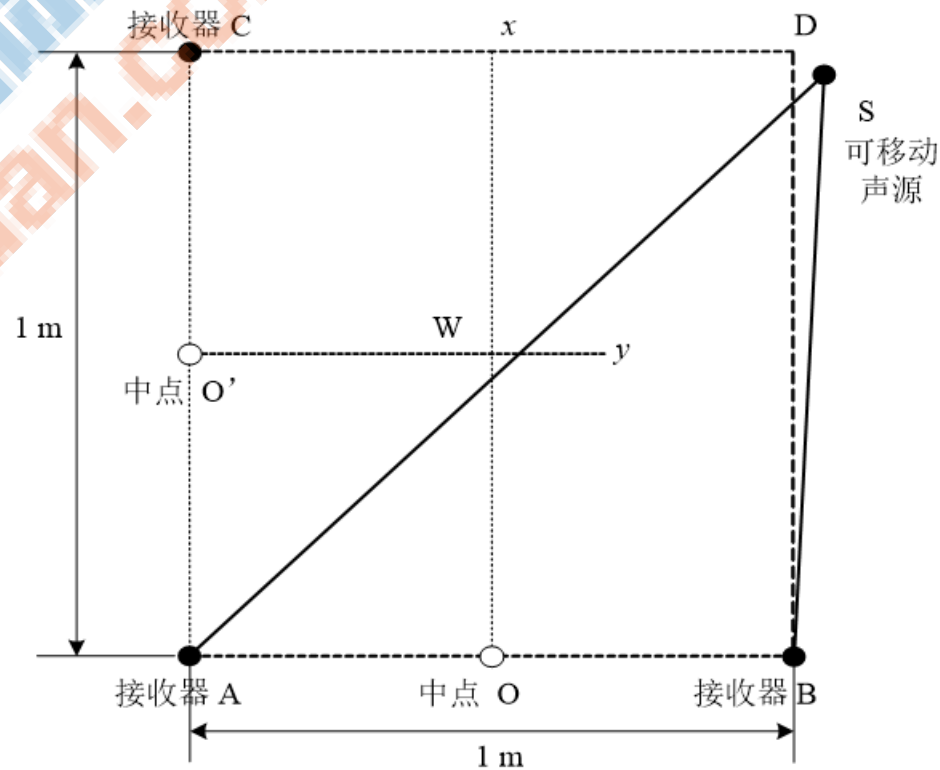


图1 系统示意图



4、自动控制类题型案例分析

2009年、声音导引系统（B题）---要求

二、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**。
- 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**。

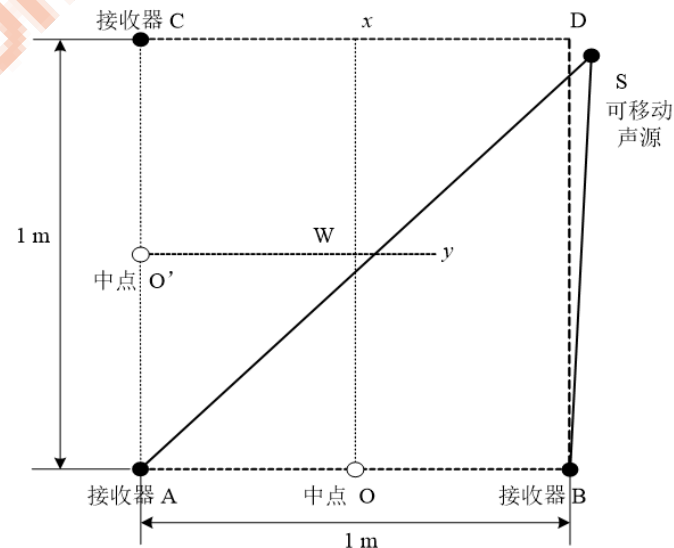


图1 系统示意图

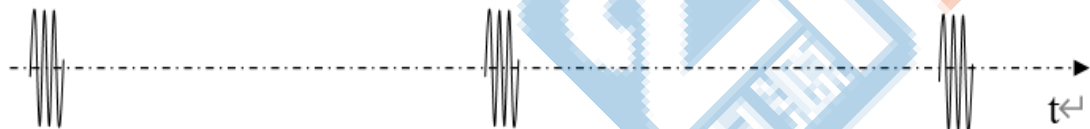


图2 信号波形示意图

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



4、自动控制类题型案例分析

2009年、声音导引系统（B题）---要求

二、基本要求

- 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。

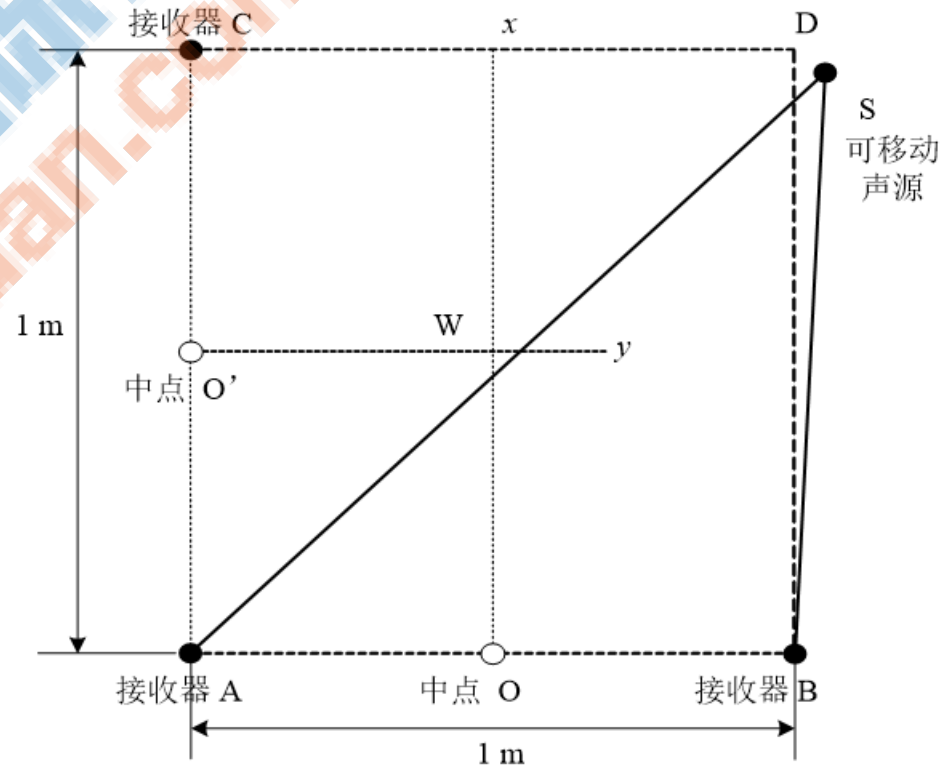


图1 系统示意图



4、自动控制类题型案例分析

2009年、声音导引系统（B题）---要求

二、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**。
- ⑥ 其他。

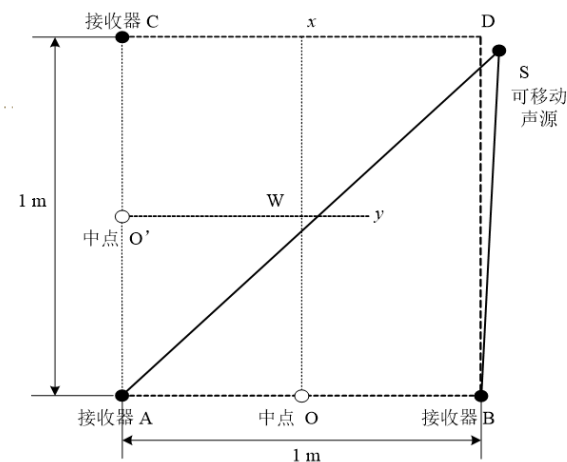


图1 系统示意图

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



4、自动控制类题型案例分析

2009年、声音导引系统（B题）---设计要点

1) 测距定位方式：

定位方式为通过测得信号到达不同接收器的时间差，计算声源到各接收器的**距离差值**，进而解算声源在空间中的位置。其中测得时间差的方法主要为如下两种：

直接法：声源产生**中高频信号**，通过**直接探测声音到达接收器的精确时间**，计算声音信号到达各接收器的时间差。对**处理器速度要求较高**，需要有us级响应才能达到厘米级定位精度。

相位法：声源产生**中低频信号**，通过**比较各接收器信号的相位差**，结合声音频率计算声音信号到达各接收器的时间差。降低了对器件响应速度的要求，但**相位比较电路较复杂**，且**成本较高**。



4、自动控制类题型案例分析

2009年、声音导引系统（B题）---设计要点

2) 器件选用：

根据所需声源频率，可以选用**蜂鸣器**或**功放+扬声器**作为发声器件；

接收端应使用各方向**灵敏度相似**的高灵敏麦克风；

运动模块：由于对运动速度要求不高（ 10cm/s ），但对距离精确性有要求，可以选用**步进电机**或**伺服电机**作为运动器件，直流电机需要配合编码器进行**闭环调速**实现位置控制。

无线通信模块**数据量小**，**延迟应尽可能低**，多数常见无线器件均符合要求。

音频采集电路根据选定的频率进行**带通滤波**，减少信号干扰。



4、自动控制类题型案例分析

2009年、声音导引系统（B题）---设计要点

3) 程序设计要点：

- ① **发声长度**需要根据接收器识别精度确定，**发声周期**需要考虑到回声干扰，不能过短。
- ② 定位频率受到声音频率和发声周期限制，需要**结合编码器测距或步进电机计步**进行辅助的位置推算。
- ③ 定位误差明显，应**结合历史位置和运动状态进行滤波**解算新位置，以避免由于测量数据波动而反复校正位置。
- ④ 测试时考虑周围无垂直平板类**反射干扰**物品。



4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

2011年、基于自由摆的平板控制系统（B题）---任务

一、任务

设计并制作一个自由摆上的**平板控制系统**，其结构如图 1 所示。摆杆的一端通过转轴固定在一支架上，另一端固定安装一台电机，平板固定在电机转轴上；当摆杆如图 2 摆动时，驱动电机可以控制平板转动。

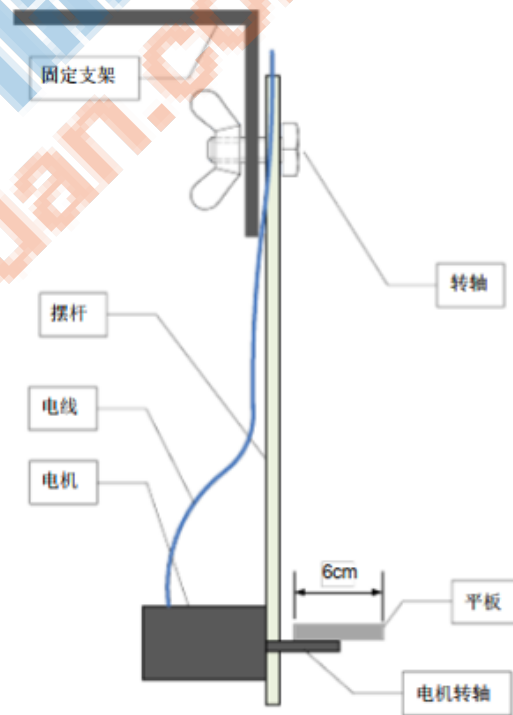


图 1

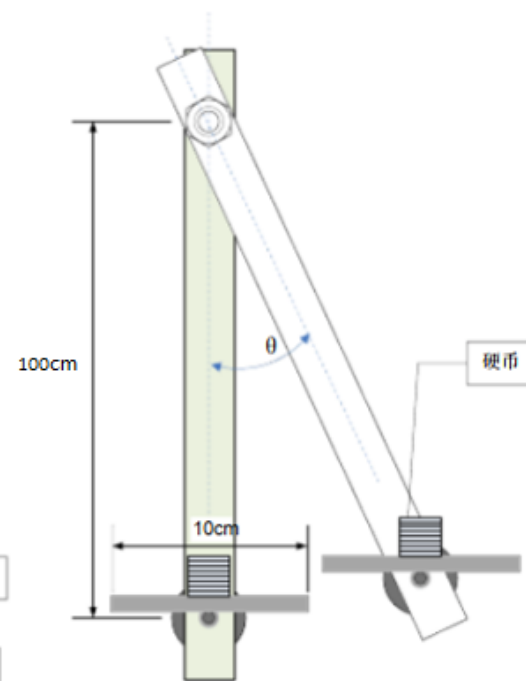


图 2



4、自动控制类题型案例分析

2011年、基于自由摆的平板控制系统（B题）---要求

1、基本要求：

- （1）控制电机使平板可以随着摆杆的摆动而旋转（3~5周），摆杆摆一个周期，平板旋转一周（ 360° ），偏差绝对值不大于 45° 。
- （2）在平板上粘贴一张画有一组间距为1cm平行线的打印纸。用手推动摆杆至一个角度 θ （ θ 在 $30^\circ \sim 45^\circ$ 间），调整平板角度，在平板中心稳定放置一枚1元硬币（人民币）；启动后放开摆杆让其自由摆动。在摆杆摆动过程中，要求控制平板状态，使硬币在5个摆动周期中不从平板上滑落，并尽量少滑离平板的中心位置。



4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

2011年、基于自由摆的平板控制系统（B题）---要求

1、基本要求：

（3）用手推动摆杆至一个角度 θ （ θ 在 $45^\circ \sim 60^\circ$ 间），调整平板角度，在平板中心稳定叠放 8 枚1元硬币，见图2；启动后放开摆杆让其自由摆动。在摆杆摆动过程中，要求控制平板状态使硬币在摆杆的5个摆动周期中不从平板上滑落，并保持叠放状态。根据平板上非保持叠放状态及滑落的硬币数计算成绩。

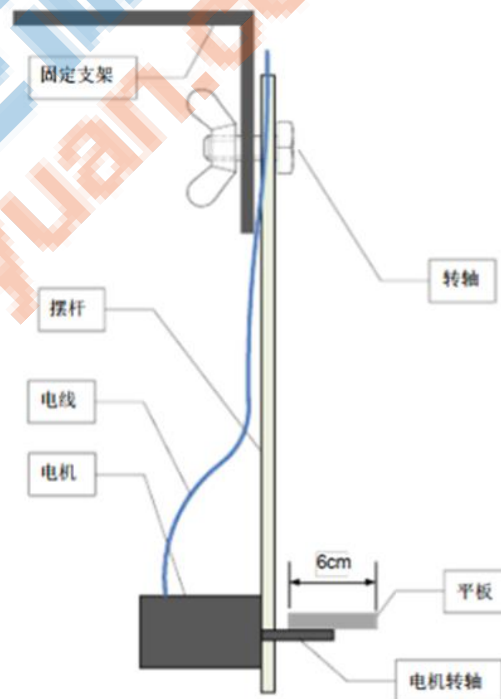


图 1

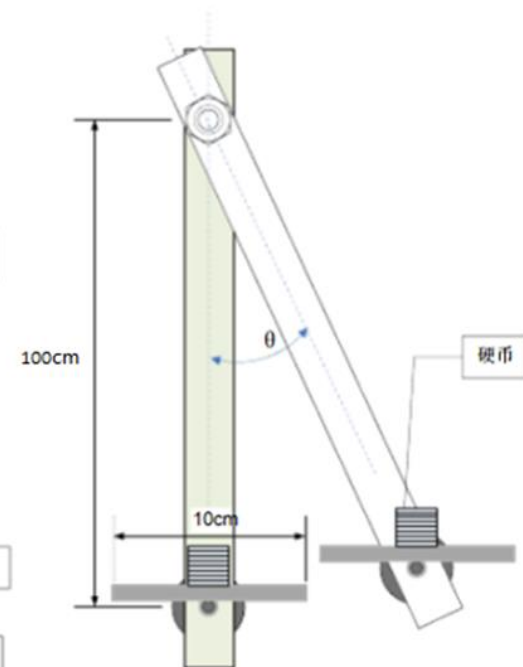


图 2



4、自动控制类题型案例分析

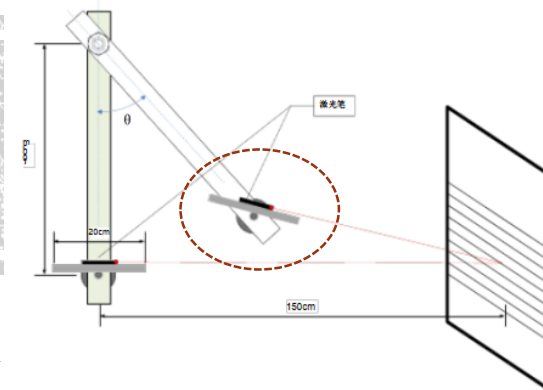
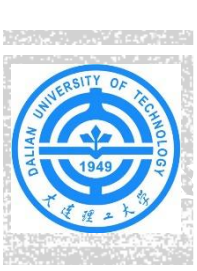


图 3

2011年、基于自由摆的平板控制系统（B题）---要求

2、发挥部分：

- (1) 如图3所示，在平板上**固定一激光笔**，光斑照射在距摆杆**150cm**距离处垂直放置的靶子上。摆杆垂直静止且平板处于水平时，调节靶子高度，使光斑照射在靶纸的某一条线上，标识此线为中心线。用手推动摆杆至一个角度 θ （ θ 在 **$30^\circ \sim 60^\circ$** 间），启动后，系统应在**15 秒钟内**控制平板尽量使激光笔照射在中心线上（**偏差绝对值 $< 1\text{cm}$** ），完成时以LED指示。根据光斑偏离中心线的距离计算成绩，超时则视为失败。
- (2) 在上述过程完成后，调整平板，使激光笔照射到中心线上（**可人工协助**）。启动后放开让摆杆自由摆动；摆动过程中尽量使激光笔光斑**始终瞄准照射在靶纸的中心线上**，根据光斑偏离中心线的距离计算成绩。



4、自动控制类题型案例分析

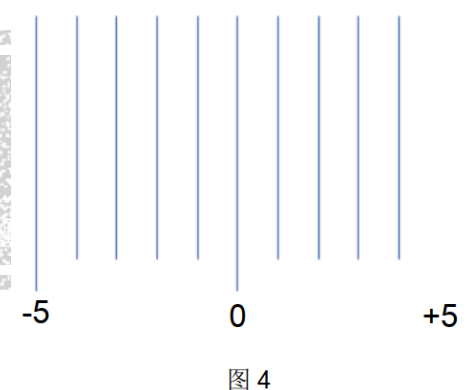


图 4

说明：

- 1、摆杆可以采用木质、金属、塑料等硬质材料；摆杆长度（固定转轴至电机轴的距离）为 **100 cm $\pm$ 5cm**；摆杆通过转轴固定在支架或横梁上，并能够灵活摆动；将摆杆推起至 **$\theta=30^\circ$** 处释放后，摆杆至少可以自由摆动 **7 个周期** 以上。摆杆不得受重力以外的任何外力控制。
- 2、平板的状态只能受电机控制。平板的长宽尺寸为 **10cm $\times$ 6cm**，可以采用较轻的硬质材料；不得有磁性；表面必须为光滑的硬质平面；不得有凸起的边沿；倾斜一定角度时硬币须能滑落。平板承载重量 **不小于 100g**。
- 3、摆动周期的定义：摆杆被释放至下一次摆动到 **同侧最高点**。
- 4、摆杆与平板部分电路可以用软质导线连接，但必须不影响摆杆的自由摆动。
- 5、在完成基本要求部分工作时，需在平板上铺设一张如图 4 所示画有一组间距为 **1cm** 平行线的打印纸（**10cm $\times$ 6cm**），平行线与电机转轴平行。



4、自动控制类题型案例分析

说明：

- 6、非保持叠放状态硬币数为接触平板硬币数减 1。接触平板硬币数的定义参见图 5。
- 7、在完成发挥部分工作时，需要在平板上固定安装一激光笔。激光笔的照射方向垂直于电机转轴。激光笔的光斑直径**不大于5mm**。需在距摆杆**150cm**处设置一高度可以调整的目标靶子，靶子上粘贴靶纸（**A4 打印纸**），靶纸上画一组间距为 **1cm** 的水平平行线。测试现场提供靶子，也可自带。
- 8、题目要求的各项工作中，凡涉及推动摆杆至某一位置并准备开始摆动时，**允许手动操作启动工作**，亦可自动启动工作。一旦摆杆开始自由摆动，**不得再人为干预**系统运行。
- 9、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。



图 5-1



图 5-2



图 5-3

图 5-1 中接触平板硬币数为 1；图 5-2 中接触平板硬币数为 2；图 5-3 中接触平板硬币数为 3。



4、自动控制类题型案例分析

2011年、基于自由摆的平板控制系统（B题）---设计要点

- 1) 整体思路：该题的主要思路是检测**摆杆的角度**，然后使用**前馈系统**进行相应平板角度控制。
- 摆杆角度可以使用**电阻式的角度传感器**，也可以使用**旋转编码器**作为角度检测的传感器。
 - 在确定摆杆角度之后快速计算步进电机需要输出的步数并进行相关的角度调整，电机选择可以输出固定角度的**步进电机**。
 - **松手检测**可以采用**光电对管**的方式，松手后即开始控制。分别对两大部分的控制方法做如下分析。

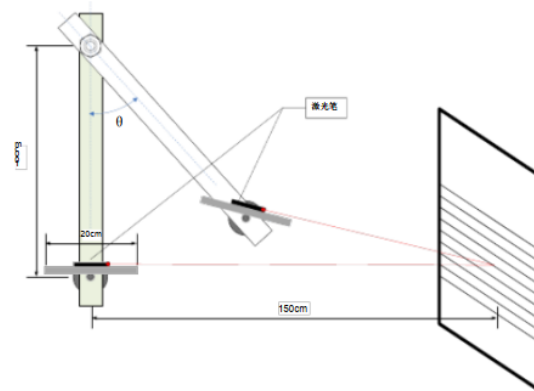


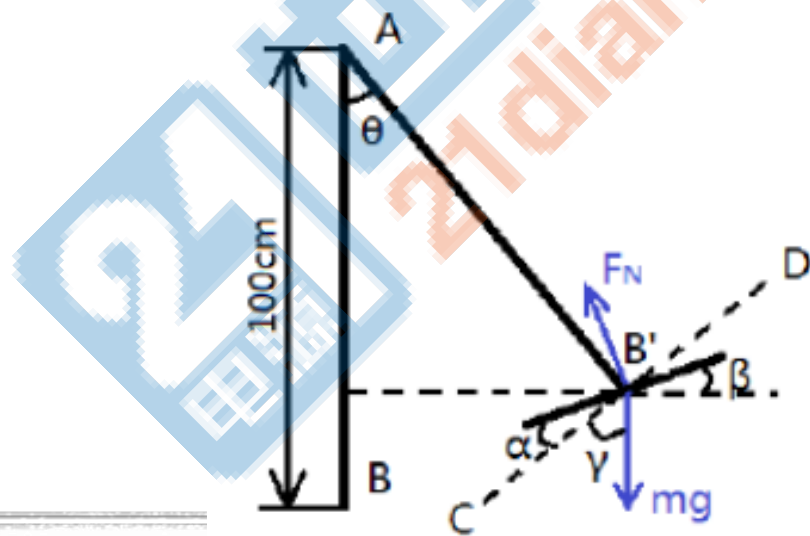
图 3



4、自动控制类题型案例分析

2011年、基于自由摆的平板控制系统（B题）---设计要点

- 2) 自由摆动放硬币**建模分析**：自由摆AB从自然下垂状态**逆时针**摆动后到达AB'处，如图所示。假设平板与水平面夹角为 β ，做辅助线CD垂直于AB'，则： $\alpha = \theta - \beta$ ， $\gamma = 90^\circ - \theta$ ；对平板上的一枚硬币进行受力分析，易知 $F_N = mg \cos \beta$ ，由于硬币摩擦系数极小，**摩擦力忽略不计**。由于整个平板沿CD方向的加速度为 $g \sin \theta$ ，为了使硬币不从平板上滑离，硬币沿CD方向的加速度 $g \cos \theta - g \cos \beta \sin \alpha = g \sin \theta$ 联立以上各式，可知 **$\beta = \theta$** ，即自由在运动过程中，**平板应与摆杆始终保持垂直**。





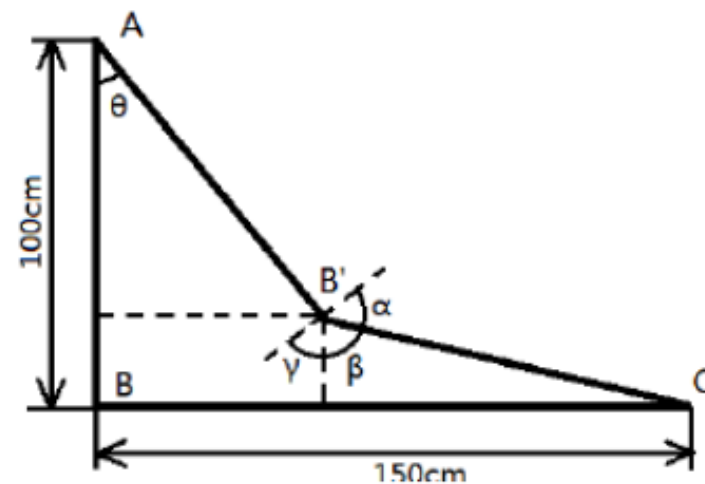
4、自动控制类题型案例分析

2011年、基于自由摆的平板控制系统（B题）---设计要点

3) 激光**定点照射建模**分析：AB为自由摆，长度为**100cm**，若**逆时针**旋转 θ 后位置为AB'，如图所示，步进电机需要旋转 α 度，分析计算如下：

$$\gamma = 90^\circ - \theta, \quad \beta = \tan^{-1}\left(\frac{150 - 100\sin\theta}{100 - 100\cos\theta}\right)$$

$$\alpha = 180^\circ - \beta - \gamma = 90^\circ + \theta - \tan^{-1}\left(\frac{150 - 100\sin\theta}{100 - 100\cos\theta}\right)$$





4、自动控制类题型案例分析

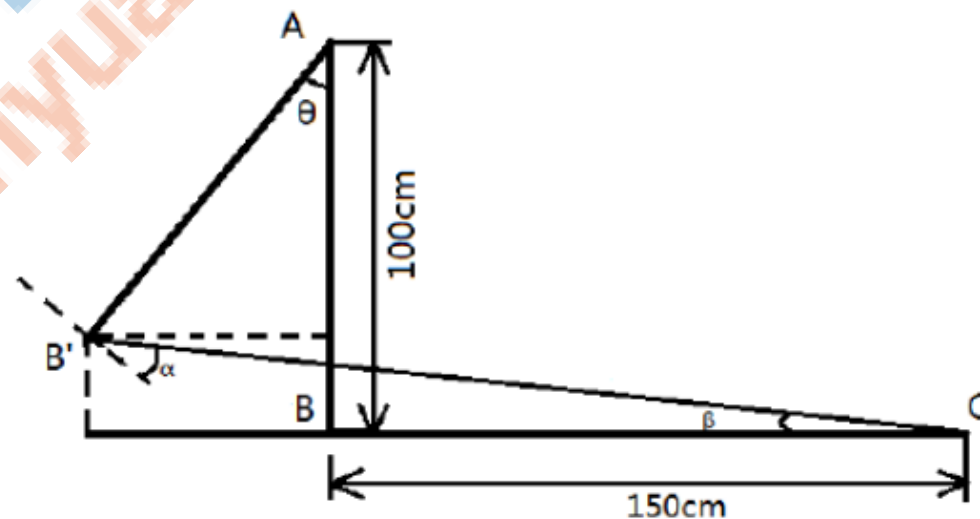
2011年、基于自由摆的平板控制系统（B题）---设计要点

3) 激光定点照射建模分析： AB为自由摆，长度为**100cm**，若**顺时针**旋转 θ 后位置为AB'，如图所示，步进电机需要旋转 α 度，分析计算如下：

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{100 - 100\cos\theta}{150 + 100\sin\theta}\right)$$

$$\alpha = \theta - \beta = \theta - \tan^{-1}\left(\frac{100 - 100\cos\theta}{150 + 100\sin\theta}\right)$$

根据以上公式进行步进电机角度控制即可实现目标任务。





4、自动控制类题型案例分析

2011年、智能小车（C题）---任务

一、任务

甲车车头紧靠起点标志线，乙车车尾紧靠边界，甲、乙两辆小车**同时起动**，先后通过起点标志线，在行车道**同向而行**，实现两车**交替超车**领跑功能。跑道如图1所示。

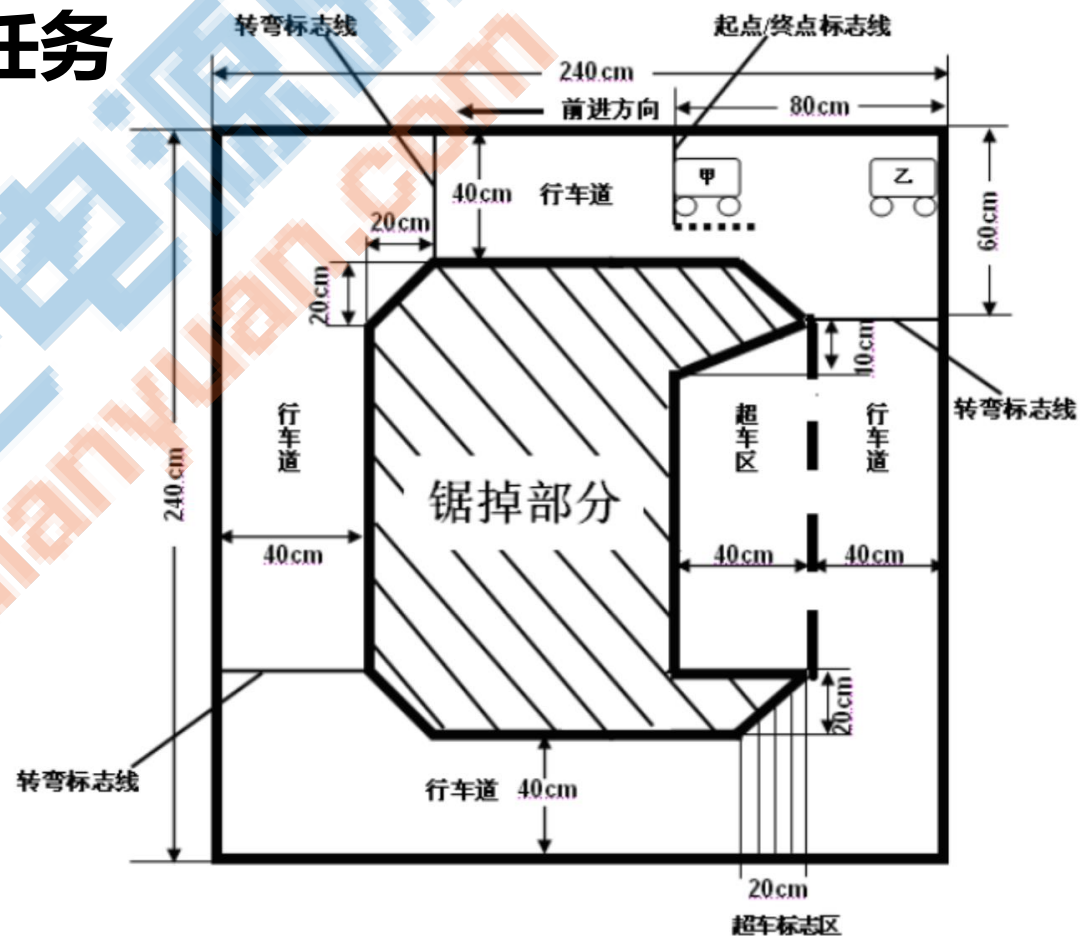


图 1





4、自动控制类题型案例分析

2011年、智能小车（C题）---任务

2、发挥部分：

- (1) 在完成基本要求(2)后, 甲、乙两车继续行驶**第二圈**, 要求甲车通过超车标志线后要实现超车功能, 并先于乙车到达终点标志线, 即第二圈完成**甲车超过乙车**, 实现了**交替领跑**。甲、乙两车在第二圈的**行驶时间**要尽可能的**短**。
- (2) 甲、乙两车继续行驶**第三圈和第四圈**, 并**交替领跑**; 两车行驶的时间要尽可能的短。
- (3) 在完成上述功能后, **重新设定甲车起始位置** (在离起点标志线前进方向40cm范围内任意设定), 实现甲、乙两车**四圈交替领跑**功能, **行驶时间**要尽可能的**短**。



4、自动控制类题型案例分析

说明：

- 1、赛车场地由 2 块细木工板（长 244cm，宽 122cm，厚度自选）拼接而成，离地面高度不小于 6cm(可将垫高物放在木工板下面，但不得外露)。板上边界线由约 2cm宽的黑胶带构成；虚线由 2cm宽、长度为 10cm、间隔为 10cm的黑胶带构成；起点/终点标志线、转弯标志线和超车标志区线段由 1cm 宽黑胶带构成。图 1 中斜线所画部分应锯掉。
- 2、车体（含附加物）的长度、宽度均不超过 40cm，高度不限，采用电池供电，不能外接电源。
- 3、测试中甲、乙两车均应正常行驶，行车道与超车区的宽度只允许一辆车行驶，车辆只能在超车区进行超车（车辆先从行车道到达超车区，实现超车后必须返回行车道）。甲乙两车应有明显标记，便于区分。
- 4、甲乙两车不得发生任何碰撞，不能出边界掉到地面。
- 5、不得使用小车以外的任何设备对车辆进行控制，不能增设其它路标或标记。
- 6、测试过程中不得更换电池。
- 7、评测时不得借用其他队的小车。



4、自动控制类题型案例分析

2011年、智能小车（C题）---设计要点

1、主要内容

主控单元，电机驱动模块，黑线检测模块，测距模块，通信模块。

（1）**主控**单元：主控单元是整个系统的核心。题目对精度要求较高，要求主控芯片具有较高的运行速率，具备定时器模块，以及丰富的I/O接口。

（2）小车**运动控制**：**电机**的转向、转速控制，小车的**转向**控制。

小车的**转向**装置模块可分为**差速**转向和**舵机**控制转向两种方式。前者控制简单，但转角控制不精确；后者转角控制更为精确，但结构复杂、成本高。

（3）**信号线检测**：行车道两侧的黑色边界检测，确保小车能够正常行驶，不驶出边界；转弯标志线、超车标志线、起点\终点标志线的检测。



4、自动控制类题型案例分析

2011年、智能小车（C题）---设计要点

- （4）**测距**模块：测距模块（超声波测距模块等）的选择与安装方式（前后），不仅要**避免两车相撞**，还要借助距离信息，区分**前后车身份**。
- （5）**超车**策略：严格区分前后车身份，当完成超车任务后，前后车**身份交换**，必要时两车之间可进行通信。

2、设计难点

超车任务要求严格区分前后车身份。当前车识别超车标志区后，随即驶入超车区，等待后车进入超车区前的转弯标志线后，超车区的小车驶离，此时两车**身份互换**。难点在于超车区的小车什么时候驶离，可通过测距信息或者两车通信，可解决问题。



4、自动控制类题型案例分析

2013年、简易旋转倒立摆及控制装置（C题）---任务

一、任务

设计并制作一套**简易旋转倒立摆**及其控制装置。旋转倒立摆的结构如图1所示。电动机A固定在支架B上，通过转轴F驱动旋转臂C旋转。摆杆E通过转轴D固定在旋转臂C的一端，当旋转臂C在电动机A驱动下作往复旋转运动时，带动摆杆E在垂直于旋转臂C的平面作自由旋转。

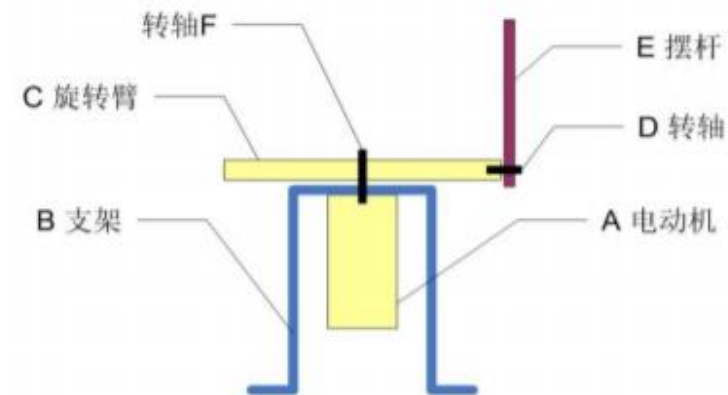


图1 旋转倒立摆结构示意图



4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

2013年、简易旋转倒立摆及控制装置（C题）---要求

二、基本要求

- ① 摆杆从处于自然下垂状态（摆角 0° ）开始，驱动电机带动旋转臂作往复旋转使摆杆摆动，并尽快使摆角**达到或超过** $-60^\circ \sim +60^\circ$ ；
- ② 从摆杆处于自然下垂状态开始，尽快增大摆杆的摆动幅度，直至**完成圆周运动**；
- ③ 在摆杆处于自然下垂状态下，外力拉起摆杆至接近 165° 位置，外力撤除同时，启动控制旋转臂使摆杆保持**倒立**状态时间不少于 **5s**；期间旋转臂的**转动角度不大于 90°** 。

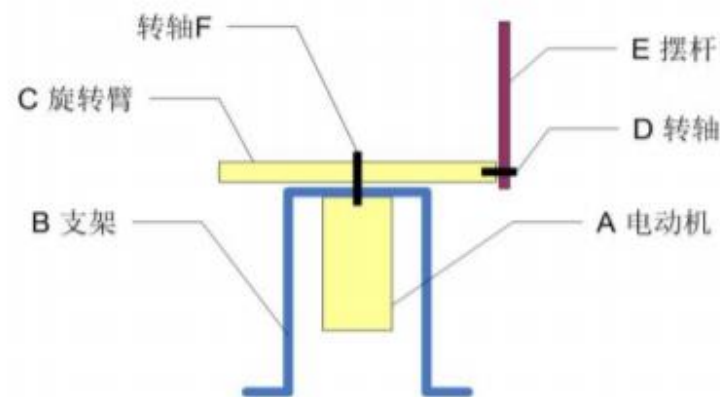


图1 旋转倒立摆结构示意图



4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

2013年、简易旋转倒立摆及控制装置（C题）---要求

三、发挥部分

- ① 从摆杆处于自然下垂状态开始，控制旋转臂作往复旋转运动，**尽快使摆杆摆起倒立**，保持倒立状态时间不少于 **10s**；
- ② 在摆杆保持倒立状态下，**施加干扰**后摆杆能继续保持倒立或**2s 内恢复**倒立状态；
- ③ 在摆杆保持倒立状态的前提下，旋转臂**作圆周运动**，并**尽快**使单方向转过角度达到或超过 360° ；
- ④ 其他。

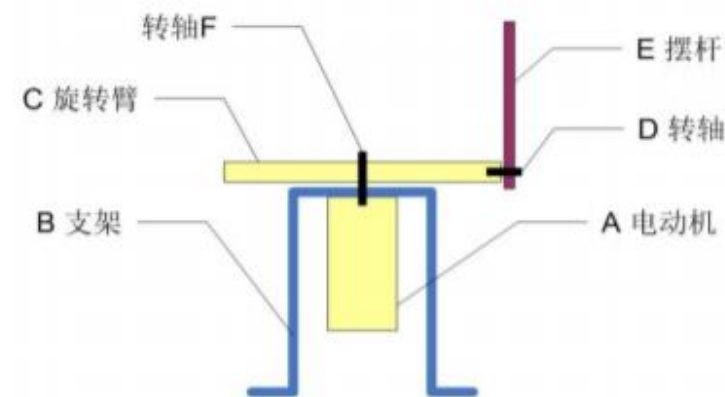


图1 旋转倒立摆结构示意图



4、自动控制类题型案例分析

2013年、简易旋转倒立摆及控制装置（C题）---设计要点

1) 电机选型：

主要参考指标包括**最高转速**、**扭矩**、**平滑性**和**调节精度**。主要可选电机包括有刷直流电机、伺服电机和步进电机。

有刷直流电机简单易用，转速、扭矩和平滑性均可达到指标，调节精度稍差，**需要添加检测装置构成闭环调节（旋转编码器）**；

伺服电机本身闭环，扭矩较大，最高转速较低，平滑性和调节精度均较好；

步进电机在一定条件下拥有与闭环相当的调速及位置跟踪精度，但平滑性稍差，需要使用**较大细分数**，牺牲扭矩和转速才能保证平滑运行。且在大扭矩、高转速情况下易**丢步**。



4、自动控制类题型案例分析

2013年、简易旋转倒立摆及控制装置（C题）---设计要点

2) 传感器选型：

摆臂角度的测量可以选用角位移电位器、绝对值编码器和陀螺仪加速度计等传感器。

其中高分辨率的绝对值编码器测量精度较高，测量频率高，较为适合。

角位移电位器存在明显空程差，有一定的影响。

陀螺仪加速度计类传感器计算复杂度较大，且依赖于解算精度，可能出现收敛慢、波动大等问题，不推荐。



4、自动控制类题型案例分析

2013年、简易旋转倒立摆及控制装置（C题）---设计要点

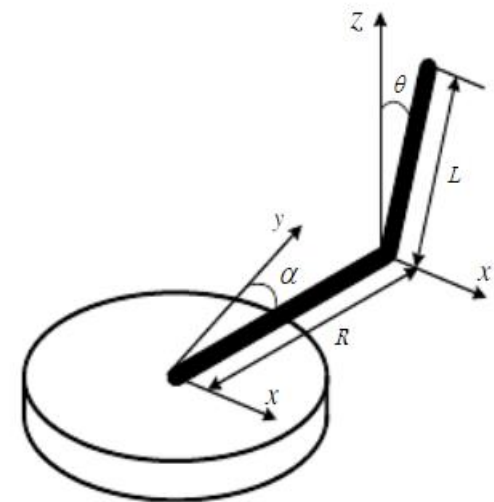
3) 运动控制：

根据悬臂长度及重量、摆杆长度及重量及电机参数建立**系统模型**；

起摆控制：采用**能量反馈**进行闭环控制；

稳摆控制：根据题目需求，可采用**双PID控制器**结构，两个控制器分别对**摆杆倾角 θ** 和**旋转臂角度 α** （或**旋转臂角速度 ω** ）进行控制。

选取合理的控制模式**切换点**：可根据**摆杆角度或能量**选择起摆控制和稳摆控制的模式切换点。





4、自动控制类题型案例分析

2013年、手写绘图板（G题）---任务

一、任务

利用普通**PCB覆铜板**设计和制作**手写绘图输入设备**。系统构成框图如图1所示。**普通覆铜板**尺寸为**巧15cm*10cm**，其**四角**用导线连接到电路，同时，一根带导线的普通表笔连接到电路。表笔可与覆铜板表面任意位置接触，电路应能检测表笔与铜箔的接触，并测量触点位置，进而实现手写绘图功能。覆铜板表面由参赛者自行绘制纵横坐标以及**6cm*4cm**（高精度**区A**）和**12cm*8cm**（一般精度**区B**）如图中两个虚线框所示。

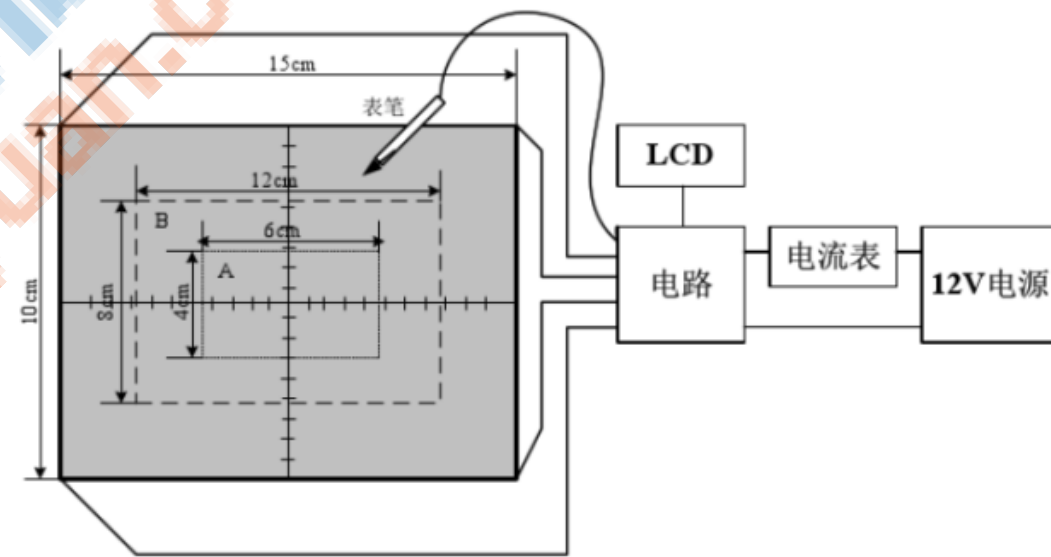


图1 系统构成框图



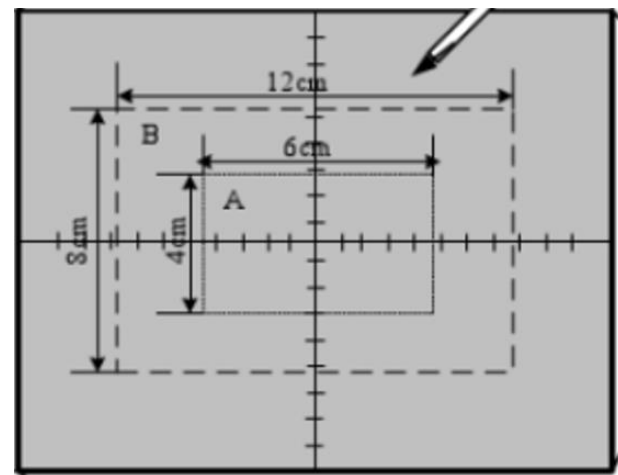
4、自动控制类题型案例分析

2013年、手写绘图板（G题）---要求

1、基本要求：

- (1) 指示功能：表笔接触铜箔表面时，能给出**明确显示**。
- (2) 能正确显示触点位于纵坐标**左右位置**。
- (3) 能正确显示触点**四象限**位置。
- (4) 能正确显示**坐标值**。
- (5) 显示坐标值的分辨率为**10mm**绝对误差不大于**5mm**

难度
逐级
提升





4、自动控制类题型案例分析

2013年、手写绘图板（G题）---要求

2、发挥部分：

- (1) 进一步提高坐标分辨率至**8mm**和**6mm**；要求分辨率为8mm时，绝对误差不大于4mm；分辨率为6mm时，绝对误差不大于3mm。
- (2) 绘图功能。能跟踪表笔动作，并显示绘图轨迹。在A区内画三个直径分别为**20mm**，**12mm**和**8mm**不同直径的**圆**，并显示该圆；20mm的圆要求能在10s内完成，其它圆不求完成时间。
- (3) 低功耗设计。功耗为总电流乘**12v**；功耗越低得分越高。要求功耗**等于或小于1.5W**。
- (4) 其他。如显示文字，提高坐标分辨率等。



4、自动控制类题型案例分析

说明：

1、必须使用普通的覆铜板

- (1) **不得**更换其它高电阻率的材料。
- (2) 不得对铜箔表面进行改变电阻率的**特殊镀层**处理。
- (3) 覆铜板表面的刻度**自行绘制**，测试时以该刻度为准。
- (4) 考虑到绘制**刻度影响测量**，不要求表笔接触刻度线条时也具有正确检测能力。

2、覆铜板到电路的连接应满足以下条件

- (1) 只有**铜箔四角**可连接到电路，除此之外不应有其它连接点（表笔触点除外）
 - (2) 不得使用任何**额外传感装置**。
- ### 3、表笔可选用一般的**万用表表笔**。
- ### 4、电源供电必须为**单12v**供电。
- ### 5、基本要求除（5）外均在**B区**测，测分辨率和圆均在**A区**内测。



4、自动控制类题型案例分析

2013年、手写绘图板（G题）---设计要点

1) **基本思路**：使用恒流源模块通过铜板，使不同的位置形成与**距离对应的电压**，进行单个轴向的坐标检测，在另外一个方向也添加相同的**恒流源**，两个轴向分时进行检测，采用**分时复用**的方法检测两个轴向的坐标，进行一定的标定，以确定最后的坐标。

2) **重点与难点**：

- 首先需要注意**恒流源**的选择，尽量使用较为稳定的恒流源，保证其不随负载等因素产生较大变化。
- 其次注意表笔以及覆铜板的选择，尽量选择**各向均一**的覆铜板且各个方向接触电阻相似的表笔。
- 选择的ADC模块需要对**精度和速度**进行平衡，在保证题目要求精度的情况下，尽量使用速度较快的模块，保证其切换的速度。
- 需要对采集到的电压信号进行处理，需要对信号进行前期的**滤波与放大**，需要使用低通滤波器对电压信号进行**滤波**，然后使用**放大器**进行电压信号的放大，得到较为稳定的电压信号。



4、自动控制类题型案例分析

2015年、风力摆控制系统（B题）---任务

一、任务

设计一测控系统，控制驱动各风机使风力摆按照一定规律运动，激光笔在地面画出要求的轨迹。

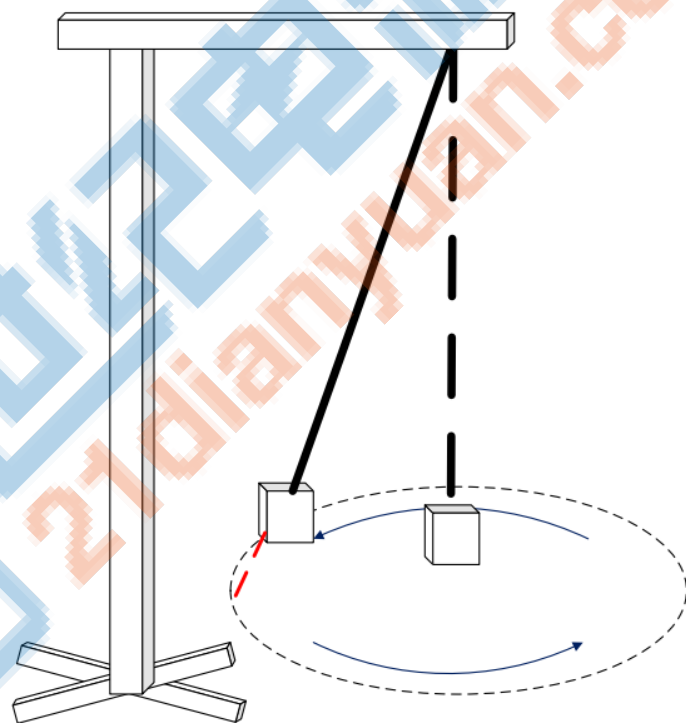


图1 风力摆结构示意图

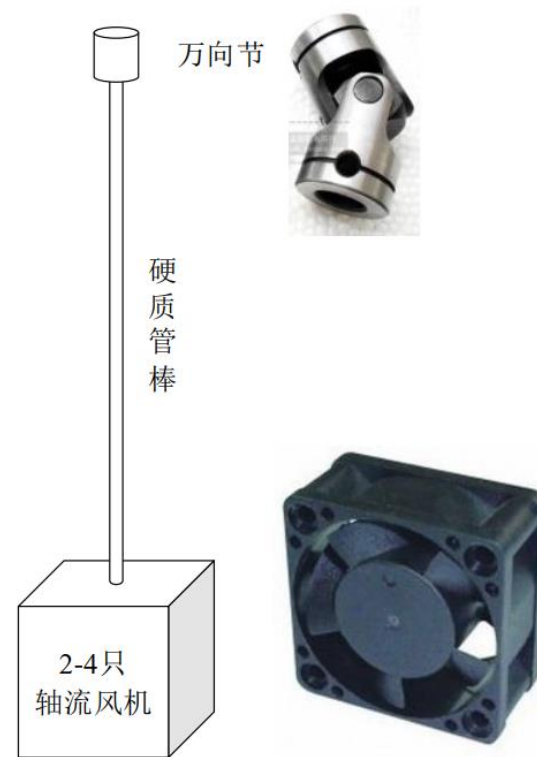


图2 风力摆实现方案示意



4、自动控制类题型案例分析

2015年、风力摆控制系统（B题）---要求

二、基本要求

- ① 从静止开始，15s 内控制风力摆做类似**自由摆运动**，使激光笔稳定地在地面画出一条长度不短于 50cm 的直线段，其线性度偏差不大于 $\pm 2.5\text{cm}$ ，并且具有较好的重复性；
- ② 从静止开始，15s 内完成**幅度可控**的摆动，画出**长度在 30~60cm 间可设置**，长度偏差不大于 $\pm 2.5\text{cm}$ 的直线段，并且具有较好的重复性；
- ③ 可设定摆动方向，风力摆从静止开始，15s 内按照**设置的方向**（角度）摆动，画出不短于 20cm 的直线段；
- ④ 将风力摆拉起一定角度（ $30^\circ\text{-}45^\circ$ ）放开，5s 内使风力摆制动达到静止状态。

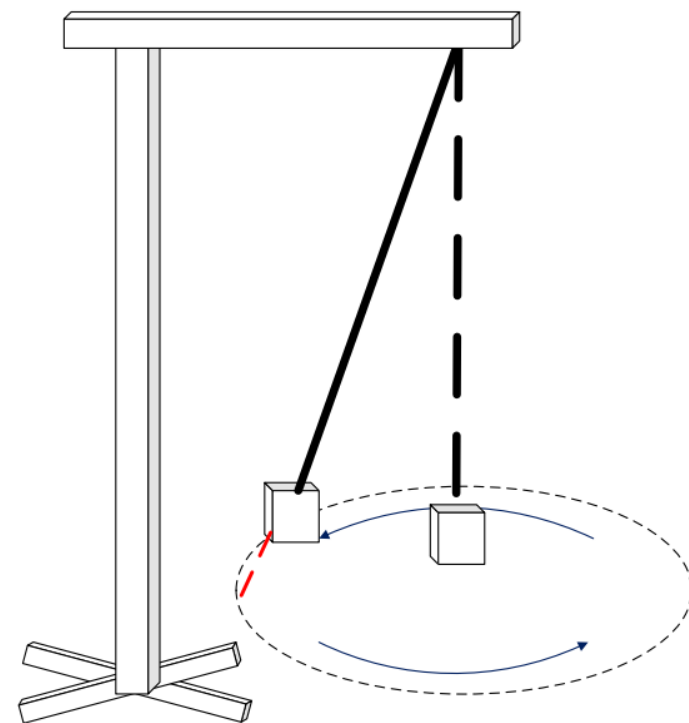


图 1 风力摆结构示意图



4、自动控制类题型案例分析

2015年、风力摆控制系统（B题）---要求

三、发挥部分

- ① 以风力摆静止时激光笔的光点为圆心，驱动风力摆用激光笔在地面画圆，30s 内需重复 3 次；圆半径可在 15~35cm 范围内设置，激光笔画出的轨迹应落在指定半径 $\pm 2.5\text{cm}$ 的圆环内；
- ② 在发挥部分①后继续作圆周运动，在距离风力摆 1~2m 距离内用一台 50~60W 台扇在水平方向吹向风力摆，台扇吹 5s 后停止，风力摆能够在 5s 内恢复发挥部分①规定的圆周运动，激光笔画出符合要求的轨迹；
- ③ 其他

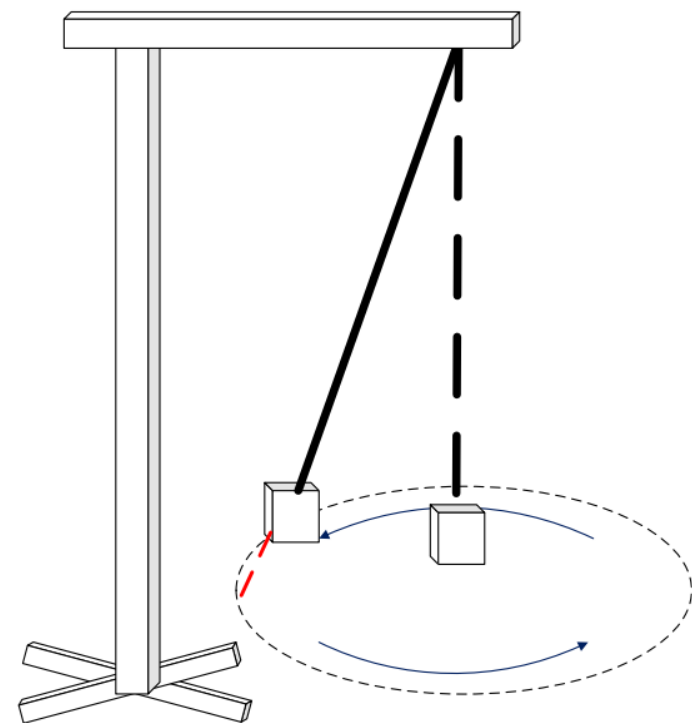


图 1 风力摆结构示意图



4、自动控制类题型案例分析

2015年、风力摆控制系统（B 题）---设计要点

1) 风机选型：

主要考量**自重**、**响应速度**、**机动能力**和**抗干扰能力**。不同风机类型均能完成题目要求的指标，但在实现功能上的难点各不相同。

风机类型	自重	响应速度	机动能力	抗干扰力	综合说明
轴流风机	高	慢	弱	强	自重大、响应慢但性能稳定
空心杯电机	低	快	较强	弱	轻便迅速但抗扰能力差
无刷电机	较低	快	强	一般	综合性能较好但驱动器复杂



4、自动控制类题型案例分析

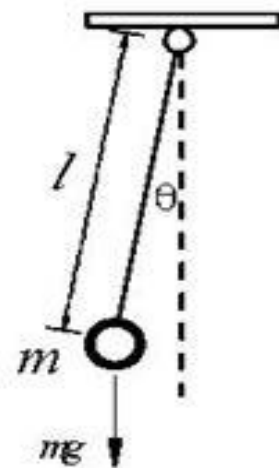
2015年、风力摆控制系统（B题）---设计要点

2) 传感器选型：

根据题目要求，**角分辨率 0.5°** 、**采样周期小于 5ms** 的传感器即可达到基础要求。常用的陀螺仪加速度计一体传感器（如MPU、ICM系列）均符合。

3) 单轴运动控制：

完成赛题的基础是实现单轴的可控摆动，考虑到单轴自由摆运动为**单摆简谐振动**，即可通过检测单轴向的**周期**和**振幅**，并闭环控制风机**周期性**施加外力，实现单轴上的**受迫振动**。



单摆模型



4、自动控制类题型案例分析

2015年、风力摆控制系统（B题）---设计要点

4) 运动分解：

无论摆动轨迹为直线、圆周或其他复杂运动轨迹，控制部分的核心问题都是**运动的分解**。将运动按X、Y轴分解为参数方程。通过对每个轴向**独立进行闭环控制**实现绘制特定图形（参考**李萨如图形**）。

其中对于振幅的控制方式与3)相同，对于相位的控制，可以采取**以X轴为基准**，控制Y轴相位进行跟踪的思路以减轻复杂度。

$$\begin{cases} x(t) = A_x \sin(\omega_x t + \varphi_x) \\ y(t) = A_y \sin(\omega_y t + \varphi_y) \end{cases}$$

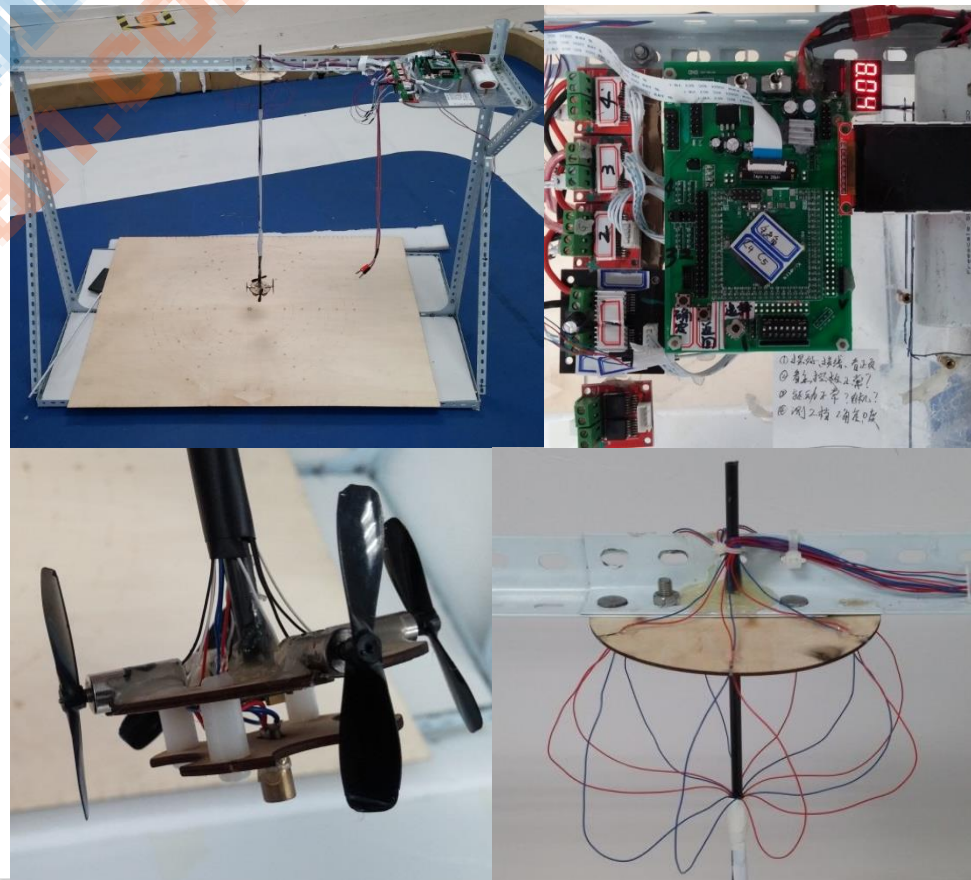


4、自动控制类题型案例分析

大学 大连理工大学

2015年、风力摆控制系统（B题）---参考方案

- a) 以**K60** ARM Cortex-M4控制器为核心；
- b) 使用**BTN7971**集成半桥驱动**4**个空心杯电机；
- c) 使用**MPU6050**检测位姿；
- d) 以**硬质碳纤维杆**作为连接件，通过使用**导线分线盘**和**软质细导线**，减少导线对运动的干扰；
- e) 添加**LCD**、**无线通信**、**存储**、**输入器件**等外围设备，以辅助调试并完成其他发挥功能。





4、自动控制类题型案例分析

2017年、滚球控制系统（B题）---任务

一、任务

在**边长为65cm**光滑的正方形平板上均匀分布着9个**外径3cm**的圆形区域，其编号分别为1~9号，位置如图1所示。设计一控制系统，通过控制平板的倾斜，使直径**不大于2.5cm**的小球能够按照指定的要求在平板上完成各种动作，并从动作开始计时并显示，单位为秒。

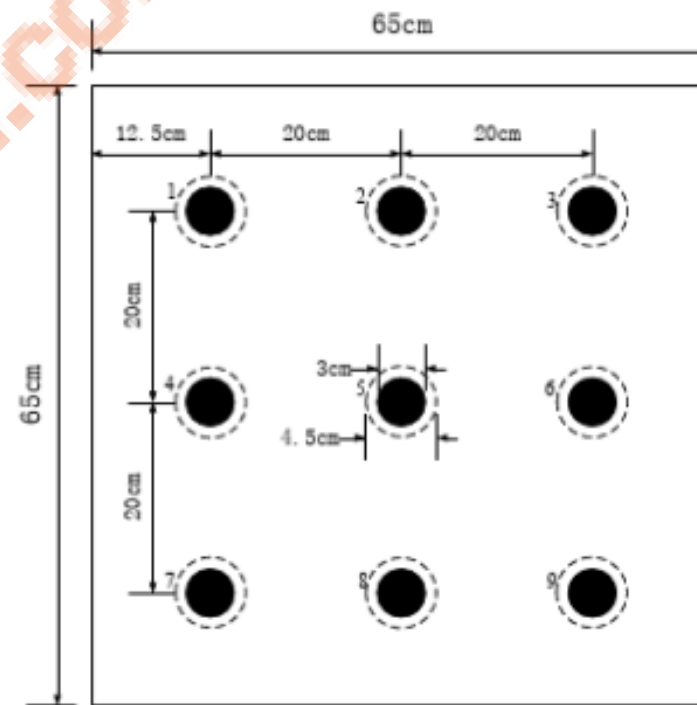


图 1 平板位置分布示意图



4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

2017年、滚球控制系统（B题）---要求

1、基本要求：

- （1）将小球放置在区域2，控制使小球在区域内停留**不少于5秒**。
- （2）在15秒内，控制小球从区域1进入区域5，在区域5停留**不少于2秒**。
- （3）控制小球从区域1进入区域4，在区域4停留**不少于2秒**；然后再进入区域5，
小球在区域5停留**不少于2秒**。完成以上两个动作总时间**不超过20秒**。
- （4）在30秒内，控制小球从区域1进入区域9，且在区域9停留**不少于2秒**。

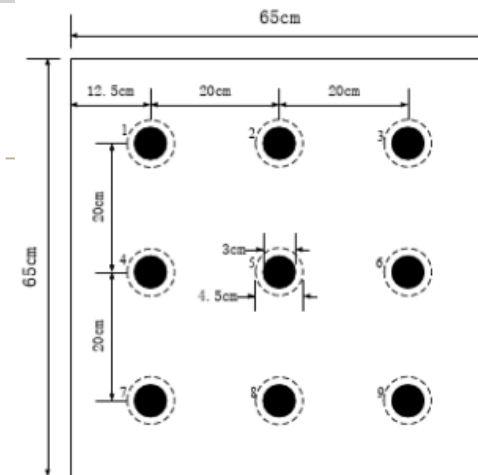


图1 平板位置分布示意图



4、自动控制类题型案例分析

2017年、滚球控制系统（B题）---要求

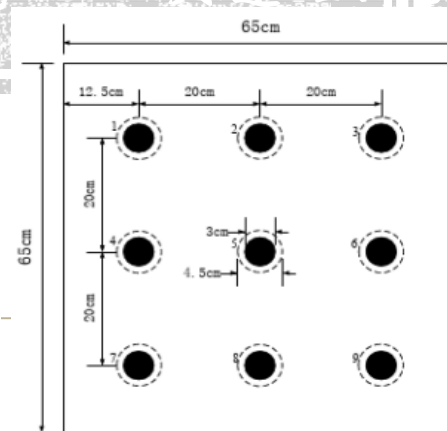


图1 平板位置分布示意图

2、发挥部分：

- (1) 在40秒内，控制小球从区域1出发，先后进入区域2、区域6，停止于区域9，在区域9中停留时间不少于2秒。
- (2) 在40秒内，控制小球从区域A出发、先后进入区域B、区域C，停止于区域D；测试现场用键盘依次设置区域编号A、B、C、D，控制小球完成动作。
- (3) 小球从区域4出发，作环绕区域5的运动（不进入），运动不少于3周后停止于区域9，且保持不少于2秒。



4、自动控制类题型案例分析

说明：

1、系统结构要求与说明

- (1) 平板的长宽不得大于图1中标注尺寸：1~9号圆形区域**外径为3cm**,相邻两个区域中心距为20cm；1~9区域内可选择加工外径**不超过3cm**的凹陷；
- (2) 平板及1-9号圆形区域的颜色可自行决定；
- (3) 自行设计平板的支撑（或悬挂）结构，选择执行机构，但**不得使用商品化产品**；检测小球运动的方式不限；若平板机构上无自制电路，则无需密封包装，可随身携带至测试现场；
- (4) 平板可采用木质（细木工板、多层夹板）、金属、有机玻璃、硬塑料等材质，其**表面应平滑**，不得敷设其他材料，且边缘无凸起；
- (5) 小球需采用坚硬、均匀材质，小球直径不大于**2.5cm**；
- (6) 控制运动过程中，除自身重力、平板支撑力及摩擦力外，小球不应受到任何外力的作用。



4、自动控制类题型案例分析

说明：

2、测试要求与说明

- (1) 每项运动开始时，用手将小球放置在**起始位置**；
- (2) 运动过程中，小球进入指定区域是指小球投影与实心圆形区域有**交叠**；小球停留在指定区域是指小球边缘不出区域虚线界；小球进入非指定区域是指小球投影与实心圆形区域有交叠；
- (3) 运动中小球**进入**非指定区域将**扣分**；在指定区域未能**停留**指定的时间将**扣分**；每项动作应在限定时间内完成，**超时将扣分**；
- (4) 测试过程中，小球在规定动作完成前**滑离平板**视为失败；



4、自动控制类题型案例分析

2017年、滚球控制系统（B题）---设计要点

- 1) 整体思路：该题的主要思路是通过**识别小球位置**，与目标点（各个点在摄像头图像中的标定位置）进行比较，通过**PID**控制板的倾斜，进而控制小球的位置；升级版可以考虑**串级PID**的方法，但调试工作量较大，难点是**机械结构**以及**控制结构**的设计以及**小球的识别**，解决思路如下。
- 机械结构的设计要点在于**稳定**且在满足相同的功能下尽量简单，可以考虑**推杆式的结构**，也可以考虑**拉绳式的结构**。
 - 注意结构设计时候尽量**牢固稳定**，松散的结构控制参数容易不断变化，增加工作量。同时还需要考虑运输的问题，要尽量在运输之后保证结构基本不变。



4、自动控制类题型案例分析

2017年、滚球控制系统（B题）---设计要点

- 对于九孔方板的选择，尽量使用重量较轻且不会反光的材料。
- 对于控制结构，可以使用**步进电机**或者**舵机**，两者都具有较高的**控制精度**并且有较大的**扭矩**。注意电源尽量使用220V的**开关电源模块**，尽量不要使用电池供电，电池供电容易在**电池欠压**时候控制效果产生差别。
- **小球识别**：可以采用**OPENCV**等视觉模块进行识别，这样可以减小底层配置的难度，极大程度的减小工作量。识别时候可以采用**颜色识别**或者是**圆形识别**的方法进行，小球尽量采用与背景板色差较大的颜色。采用自己较为熟悉的单片机及摄像头，相比之下工作量会减轻。



4、自动控制类题型案例分析

2017年、滚球控制系统（B题）---设计要点

① 平板驱动方式：

- a) 电机：步进电机，伺服电机，直流减速电机；
- b) 支撑方式：滑轨+同步带牵引，悬线吊装（需要考虑线的弹性），底部支撑；

② 平板种类：亚克力一类轻质材料灵活性高，但质地软容易变形；复合板一类材料质地较硬，不会塌陷，但过重导致响应变慢。

③ 检测方案：

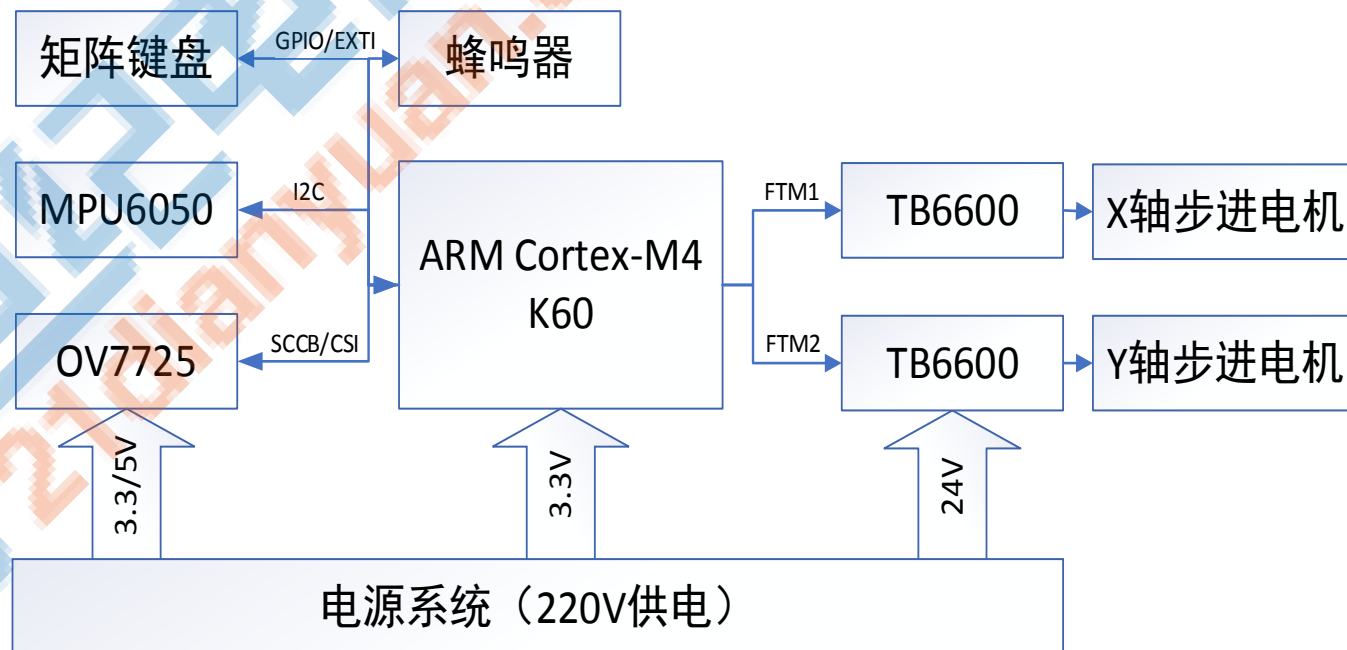
- a) 视觉类：摄像头通过色块识别定位小球，需要避免环境光干扰，存在畸变问题，平板倾斜后识别结果需要根据倾角校正，需要配合高性能单片机才能实现高帧率。
- b) 光电类：通过平行于平板的光电传感器检测小球位置，识别极快，但位置精度不高。



4、自动控制类题型案例分析

2017年、滚球控制系统（B题）---参考方案

- ① 主控MCU主频**100MHz**，带**DSP**。
- ② 摄像头采用**OV7725**，在**QVGA**分辨率、**二值化输出**条件下帧率下可达到**120帧**以上。
- ③ 驱动部分采用大功率42步进电机配合同步带+滑轨+连杆牵引平板。
- ④ 使用MPU6050检测**平板倾角**。





4、自动控制类题型案例分析

2017年、滚球控制系统（B题）---设计要点

① 图像识别：

- a) 为了避免环境光干扰，应设置**围挡**和**均匀光照**；
- b) 摄像头使用**固定阈值**或**边缘检测**进行二值化（OTSU法计算耗时，且容易出现图像边缘闪烁的问题，影响识别稳定性）；
- c) 进行3x3**腐蚀运算**去除噪点；
- d) 统计检测范围内**黑色块**，去除明显**离群点**，确定黑色块**中心**；
- e) 根据当前**平板倾角**和**中心像素位置**，解算**小球坐标**。



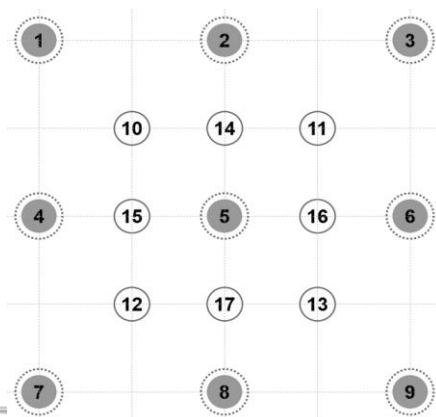
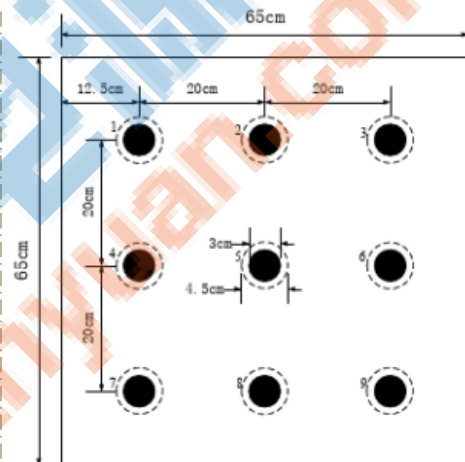
4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

2017年、滚球控制系统（B题）---设计要点

② 控制策略：

- a) 两轴**独立控制**，同步带行程、平板倾角和小球加速度之间有明显**非线性**关系，需要根据实际尺寸**建模**，并由PID等控制器进行**闭环控制**；
- b) 通过引入陀螺仪加速度计，对平板进行**初始调平**，并实时测量**倾角**；
- c) 全部基础部分及发挥部分1主要均为**位置控制**，实现**设置路径点**功能即可。对于避障功能，可以引入边线上的**辅助点**，生成**绕行路径**。





4、自动控制类题型案例分析

2017年、可见光室内定位装置（I 题）---任务及要求

一、任务

设计并制作一个**可见光室内定位装置**，示意图如右图所示。

二、要求

1、基本要求

- (1) 将传感器置于B, D区域，使测量电路能正确区分其位于坐标轴的上、下区域
- (2) 将传感器置于C, E区域，使测量电路能正确区分其位于坐标轴的左、右区域
- (3) 将传感器置于A, B, C, D, E区域，测量其位置坐标绝对误差不大于**10cm**
- (4) 测量电路LCD显示坐标值，显示分辨率为**0.1cm**

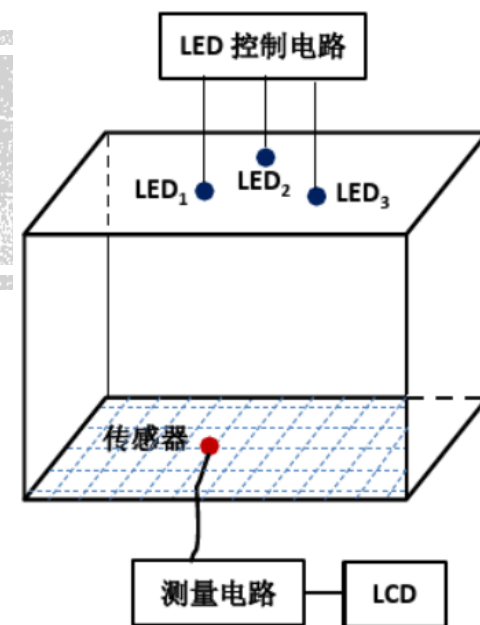


图1 可见光室内定位装置示意图

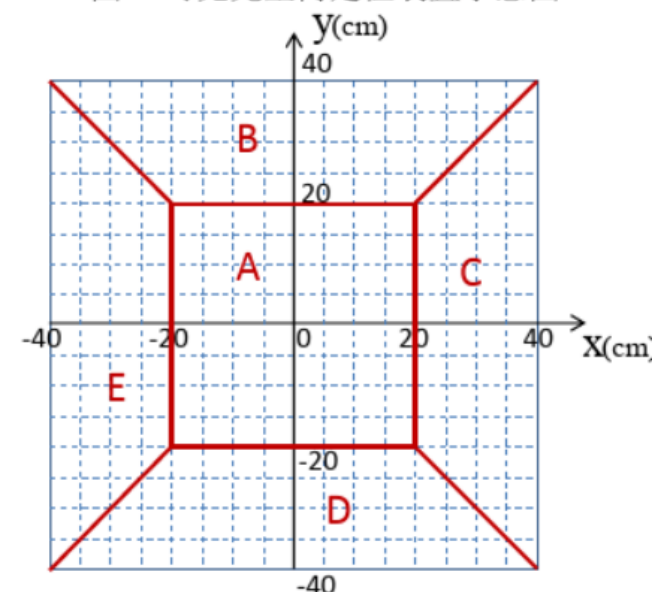


图2 底部平面坐标区域图



4、自动控制类题型案例分析

2017年、可见光室内定位装置（I 题）---任务及要求

二、要求

2、发挥部分

- (1) 传感器置于任意区域，使测量坐标值绝对误差不超过**3cm**
- (2) LED 控制电路可由键盘**输入阿拉伯数字**，在正常照明和定位（误差满足基本要求(3)或(4)）的情况下，测量电路能**接收并显示**3个LED发送的数字信息。
- (3) LED 控制电路外接 **3 路音频信号源**，在正常照明和定位的情况下，测量电路能从 3 个 LED 发送的语音信号中，**选择任意**一路进行播放，且接收的语音信号均**无明显失真**。
- (4) LED 控制电路采用 **+12V单电源**供电，供电功率**不大于5W**。

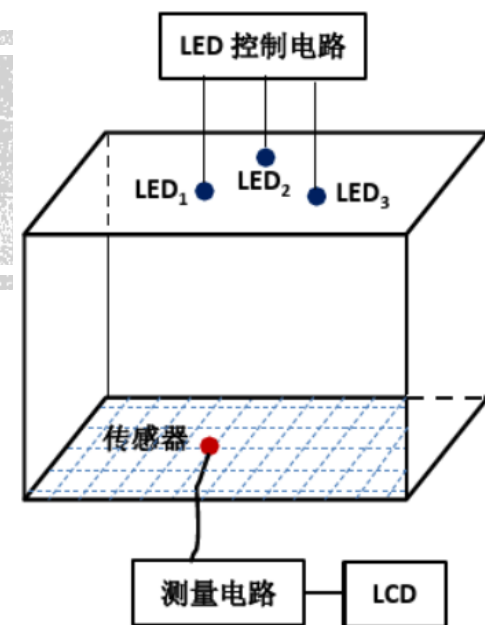


图1 可见光室内定位装置示意图

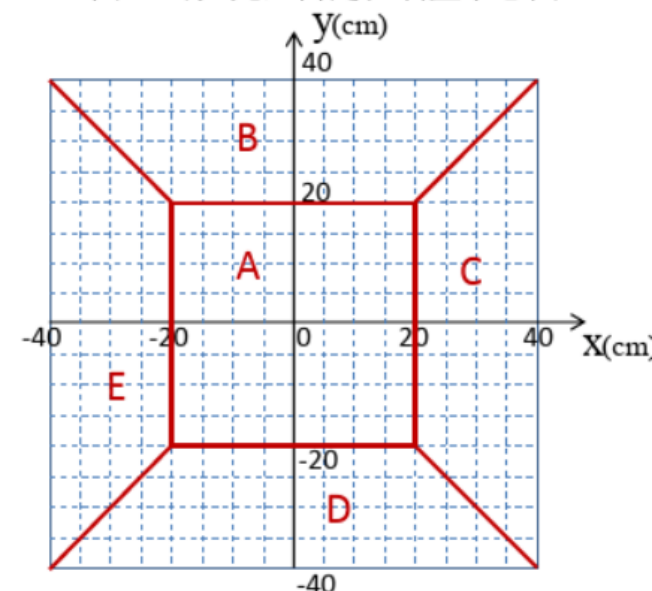
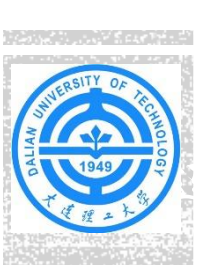


图2 底部平面坐标区域图



4、自动控制类题型案例分析

2017年、可见光室内定位装置（I 题）---任务及要求

三、设计要点

1、整体思路

这道题发挥部分是**光通信**的内容，但是题目中的大部分地方是在要求对**传感器进行定位**。如果将定位部分实现，并且**精度满足**要求，这题已经到手接近70分了。

2、定位部分

(1) 这里我们考虑了很多方案，比如高灵敏度的**红外接收管**或者**光电三极管**，但是因为其指向性太强，在定位场景下实用性不高，最终使用的是摄像头的方案（本题题目明确说明装置**顶部**不允许使用摄像头，变相说明下面的传感器可以用摄像头）。其实实质上，使用一个**广角摄像头**和使用180度全覆盖的多个光电三极管组成的**半球面簇**是一样的。

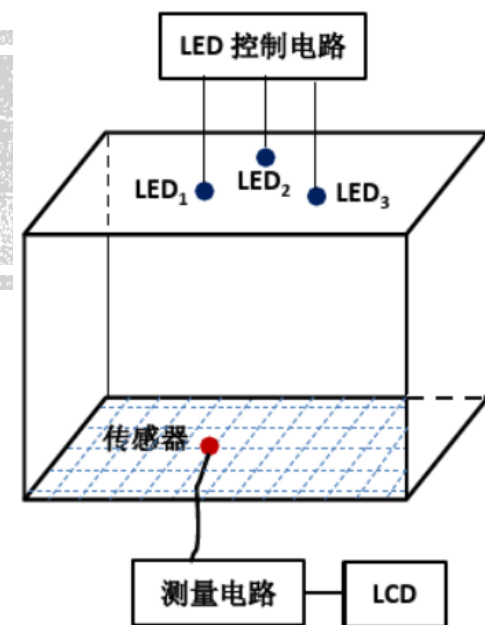


图1 可见光室内定位装置示意图

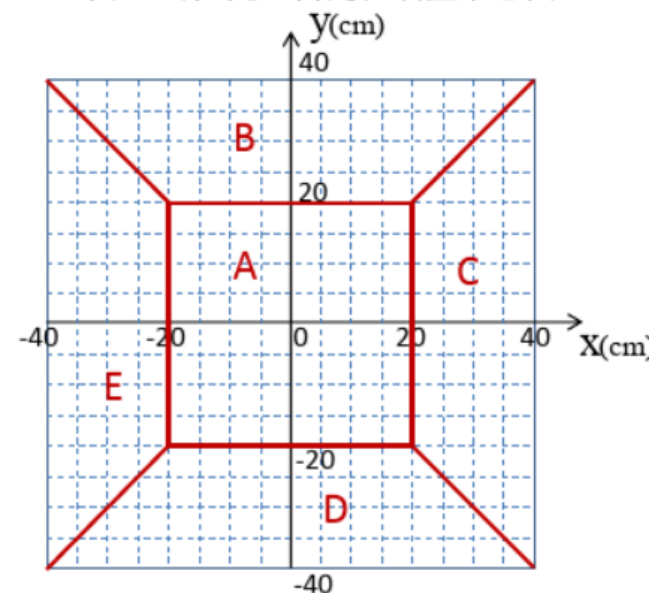
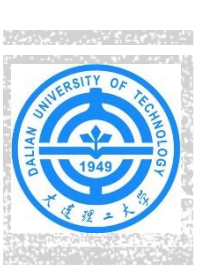


图2 底部平面坐标区域图



4、自动控制类题型案例分析

2017年、可见光室内定位装置（I 题）---任务及要求

三、设计要点

2、定位部分

(2) 定位方案使用**三点定位**。首先需要对**摄像头的畸变**和相对应的距离进行标定和线性拟合，使得摄像头返回的数据能直接得到摄像头到三个LED灯的实际距离，相当于一个以摄像头为原点的坐标系。

(3) 由于3个LED灯是自己放的，将他们摆成一个**非等腰直角三角形**。这样根据两点间的距离不同可以判断出具体每个点的坐标及其相对摄像头的距离。

(4) 基于三个点建立圆的方程，先选取任意两个圆联立解得两个交点，再比较这两个交点与第三点的距离哪个更接近真实值。在本题对计算时间要求不高的情况下还可以分别取**三次点求平均值**。

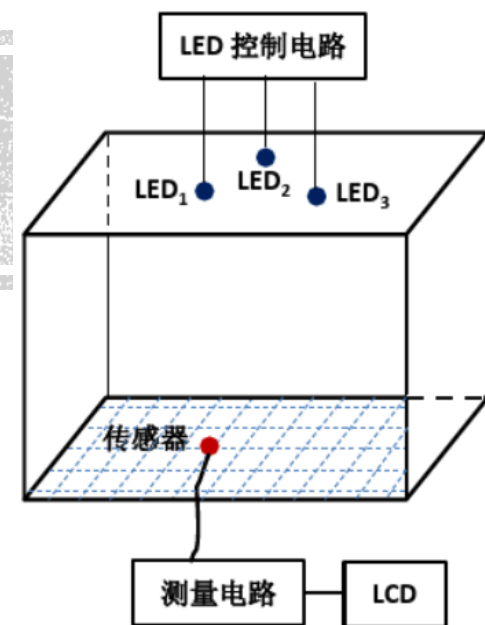


图1 可见光室内定位装置示意图

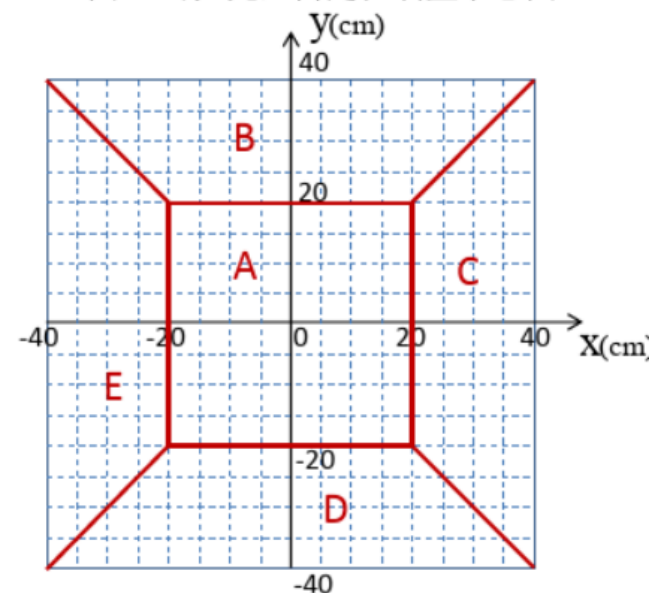
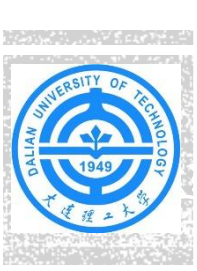


图2 底部平面坐标区域图



4、自动控制类题型案例分析

2017年、可见光室内定位装置（I 题）---任务及要求

三、设计要点

3、通信部分

- (1) 使用**光电三极管**。具有**灵敏度高、速度快，光电流大，频带宽**的特点，配合滤光片使用，有较好的红外信号接收性能。
- (2) 区分数字其实比较容易，在每个基础频率上加上相对应的数字倍数频率即可，在接收端使用**快速傅里叶变换**得到频率后即可。
- (3) 利用**数字编码方式**进行通信。对信号在基础频率上进行FM调制，利用高频率的PWM控制LED频闪进行发送。接收端扫频采样后根据不同基础频率对三个灯进行区分。这里由于光电管指向性很强，实际比赛时我们对不同LED需要对光电管角度进行调整。

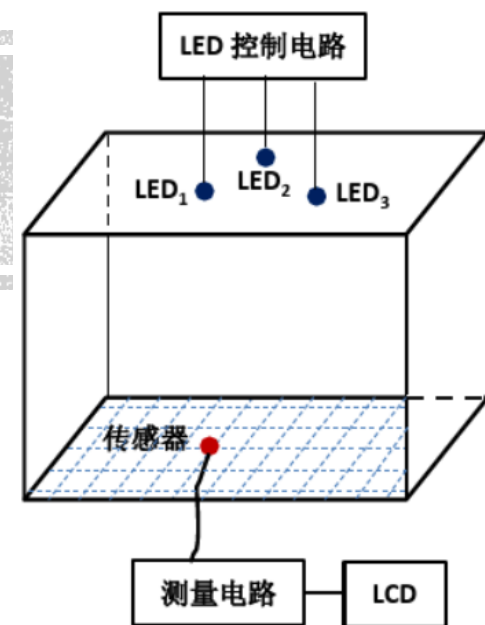


图1 可见光室内定位装置示意图

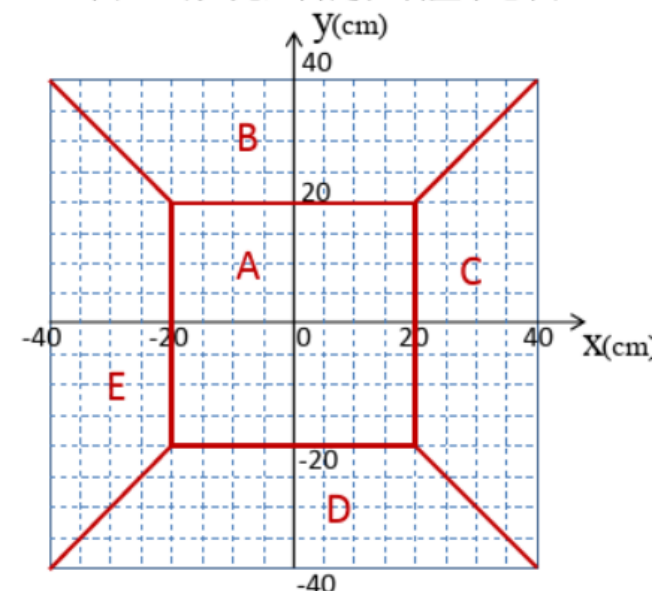


图2 底部平面坐标区域图



4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

2019年、电动小车动态无线充电系统（A 题）---任务

一、任务

设计并制作一个**无线充电电动小车及无线充电系统**，电动小车可采用成品车改制，全车**重量不小于 250 g**，外形尺寸**不大于 30cm×26cm**，圆形无线充电装置**发射线圈外径不大于 20cm**。无线充电装置的接收线圈安装在**小车底盘上**，**仅采用超级电容（法拉电容）**作为小车储能、充电元件。如图 1 所示，在平板上布置直径为 70cm 的黑色圆形行驶引导线（线宽 $\leq 2\text{cm}$ ），均匀分布在圆形引导线上的**A、B、C、D 点**（直径为 4cm 的黑色圆点）上分别安装无线充电装置的发射线圈。无线充电系统由 **1 台 5V** 的直流稳压电源供电，输出电流不大于 **1A**。

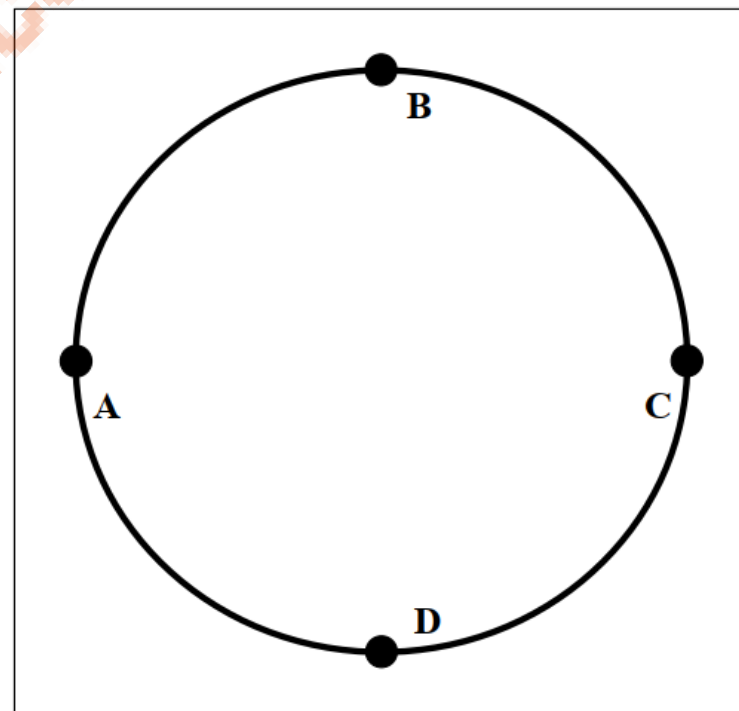


图 1 电动小车行驶区域示意图



4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

2019年、电动小车动态无线充电系统（A 题）---要求

二、基本要求

- ① 小车能通过声或光显示是否处在**充电状态**。
- ② 小车放置在 A 点，接通电源充电，60 秒时断开电源，小车**检测到发射线圈停止工作自行起动**，沿引导线行驶至 B 点并**自动停车**。
- ③ 小车放置在 A 点，接通电源充电，60 秒时断开电源，小车检测到发射线圈停止工作**自行起动**，沿引导线行驶**直至停车**（行驶期间，4 个发射线圈均不工作），测量小车**行驶距离** L_1 ， L_1 越大越好。

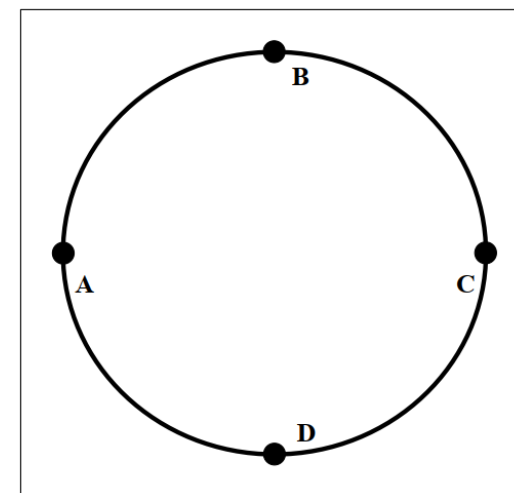


图 1 电动小车行驶区域示意图



4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

2019年、电动小车动态无线充电系统（A题）---要求

三、发挥部分

- ① 小车放置在A点，接通电源充电并开始计时；60秒时，小车**自行启动**（小车超过60秒启动按超时时间扣分），沿引导线单向**不停顿行驶直至停车**（沿途由4个发射线圈**轮流动态充电**）；180秒时，如小车仍在行驶，则断开电源，直至停车。测量小车行驶距离 L_2 ，计算 $L=L_2-L_1$ ， L 越大越好。
- ② 在发挥部分（1）测试中，测量直流稳压电源在小车开始充电到停驶时间段内**输出的电能 W** ，计算 $K=L_2/W$ ， K 越大越好。
- ③ 其他

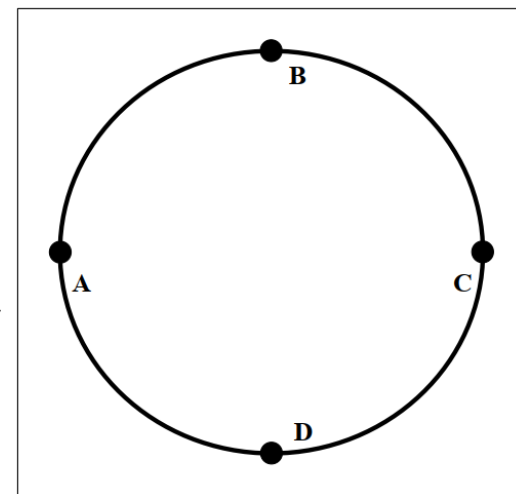


图1 电动小车行驶区域示意图

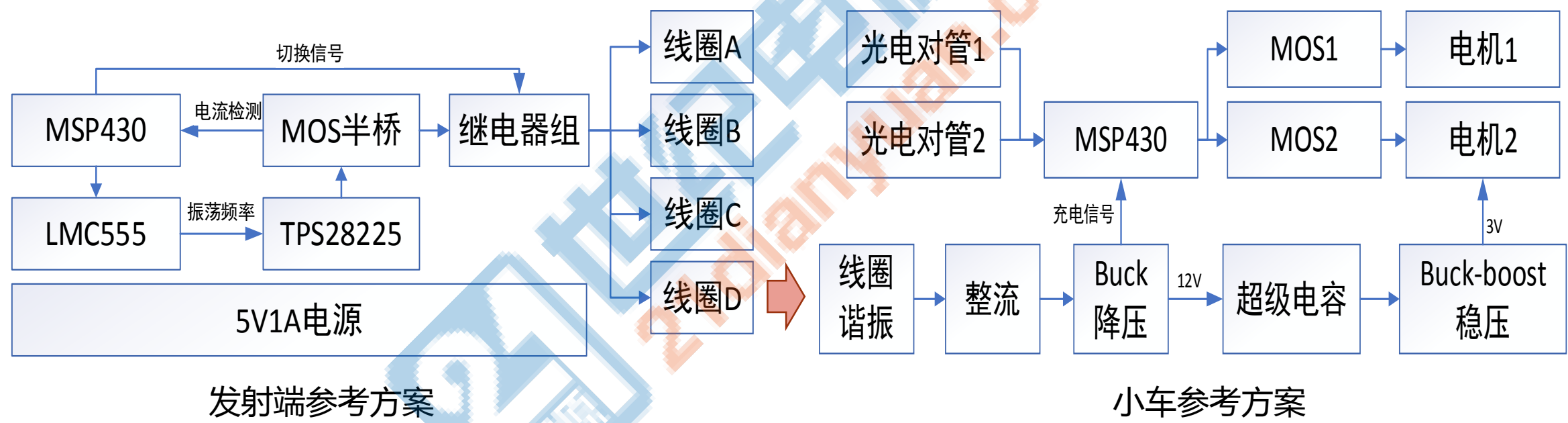


4、自动控制类题型案例分析

2019年、电动小车动态无线充电系统（A题）---说明

- ① 本题所有**控制器**必须使用**TI**公司处理器。
- ② 小车行驶区域可采用表面平整的三合板等自行搭建，**4个发射线圈可放置在板背面**，发射线圈的圆心应分别与A、B、C、D圆点的**圆心同心**。
- ③ 作品采用的处理器、小车全车重量、外形尺寸、发射线圈最大外形尺寸及安装位置不满足题目要求的作品不予测试。
- ④ 每次测试前，要求对小车的储能元件进行**完全放电**，从而确保测试时小车无预先额外储能。
- ⑤ 题中距离L的单位为**cm**，电能W的单位为**Wh**。
- ⑥ 测试小车行驶距离时，统一以与引导线相交的小车最后端为测量点。
- ⑦ 基本要求（2）测试中，小车停车后，其**投影任一点**与B点相交即认为到达B点。
- ⑧ 在测试小车行驶距离时，如小车偏离引导线（即小车投影不与引导线相交），则以该**驶离点**为该行驶距离的结束测试点。

2019年、电动小车动态无线充电系统（A题）---参考方案



系统结构图



4、自动控制类题型案例分析

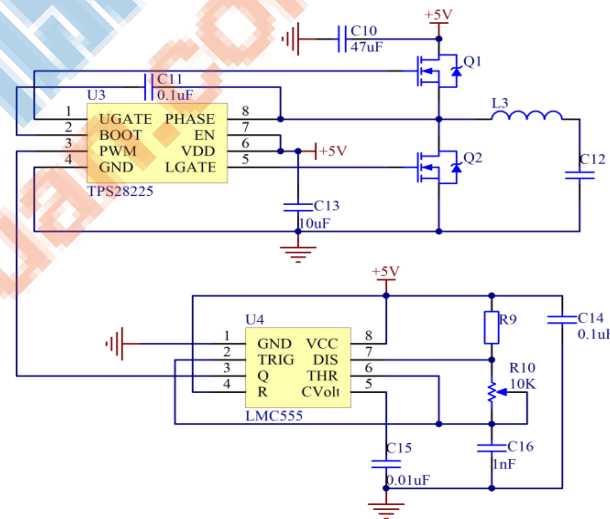
2019年、电动小车动态无线充电系统（A 题）---设计要点

1) 选择无线充电方式：

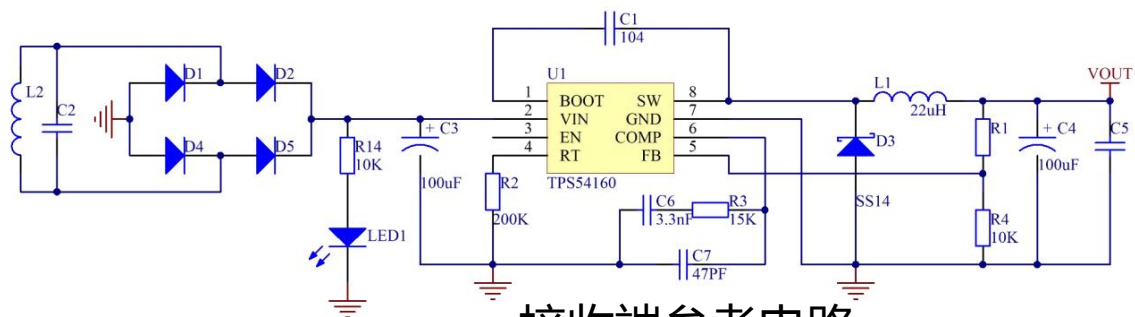
考虑到功率、效率以及实现难度和工期，
应选用**电磁感应式**无线传能。

发射端：单片机/555芯片产生**振荡信号**，经
过**栅极驱动器**控制低压**MOS**驱动发射线圈。

接收端：接收线圈与电容匹配**谐振**，经过整
流滤波对超级电容进行充电。为了最大化充
电效率，应加入稳压电路进行**恒压或恒功率**
充电。



发射端参考电路



接收端参考电路



4、自动控制类题型案例分析

2019年、电动小车动态无线充电系统（A题）---设计要点

2) 节能设计：

电机选取：满足扭矩条件下选取小功率直流电机，**提高工作点效率**。

电源电路：选用**升降压型**开关电源进行供电，**提高电能利用效率**，同时简化电机调速控制。

超级电容：**恰好满足**最大储能需求即可，过大的容量导致电能浪费。

控制器件：本题目对运算性能**要求较低**，应选用MSP系列**低功耗处理器**。

控制算法：合理**整定参数**，**避免**控制器频繁调节转速带来损耗。

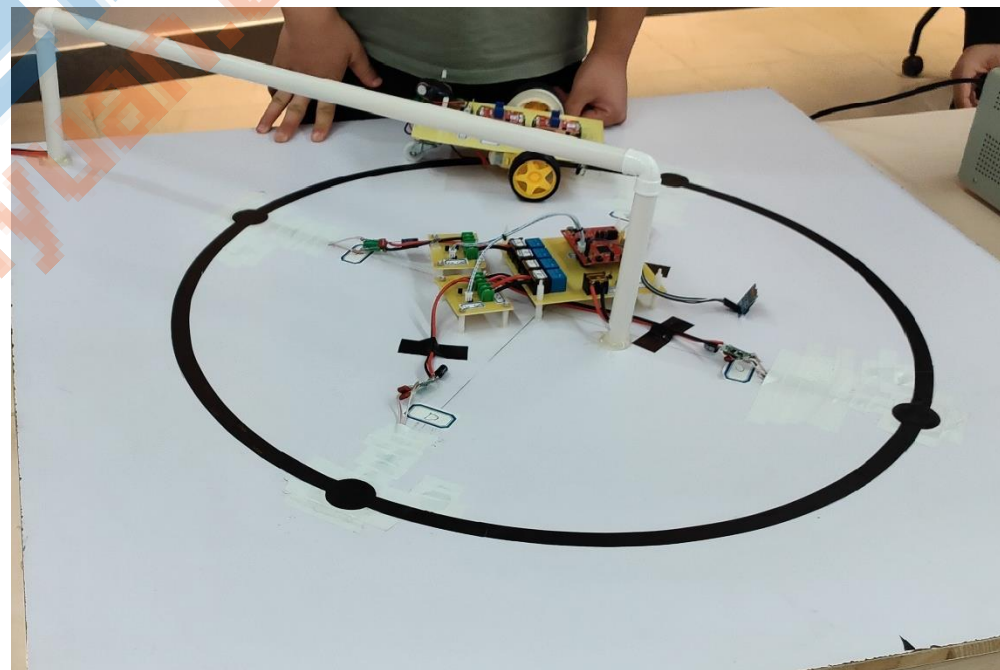


4、自动控制类题型案例分析

2019年、电动小车动态无线充电系统（A 题）---设计要点

3) 功能细节：

- ① 寻迹/停车：考虑到节能需求，采用**反射式红外对管**即可；采用**调制式对管**提高抗干扰性；
- ② 检测充电状态/检测发射端关闭：检测**谐振电压存在**、检测**充电控制芯片信号**、检测**储能电压变化**均可；
- ③ 轮流充电/充电端节能：**负载检测**。



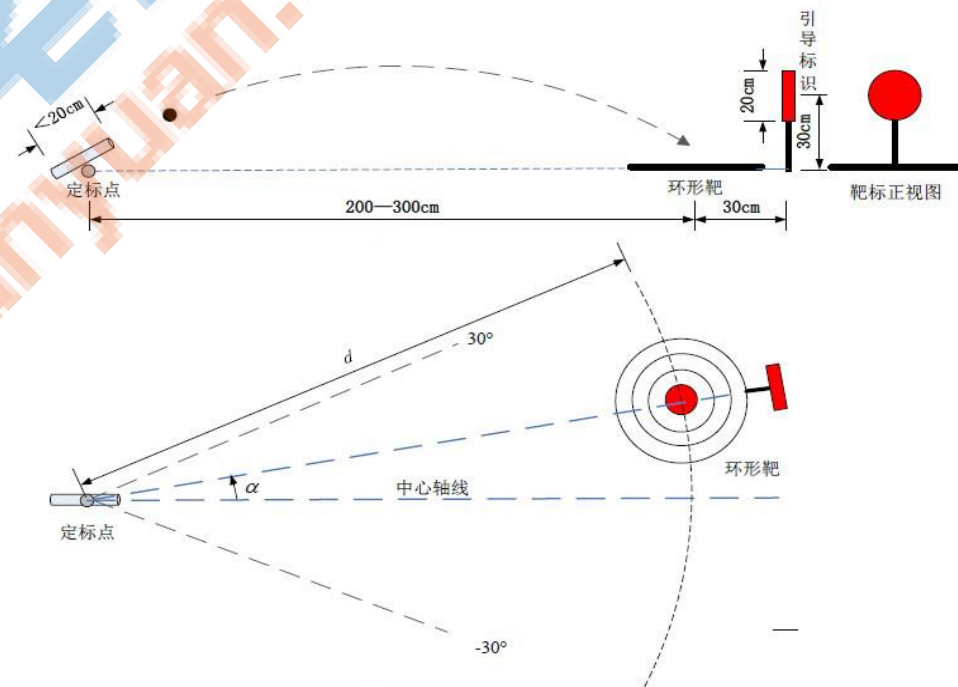


4、自动控制类题型案例分析

2019年、模拟电磁曲射炮（H题）---任务

一、任务

自行设计并制作一**模拟电磁曲射炮**（以下简称电磁炮），炮管水平方位及垂直仰角方向可调节，用电磁力将弹丸射出，击中目标**环形靶**，**发射周期不得超过30秒**。电磁炮由**直流稳压电源供电**，电磁炮系统内**允许使用容性储能元件**。





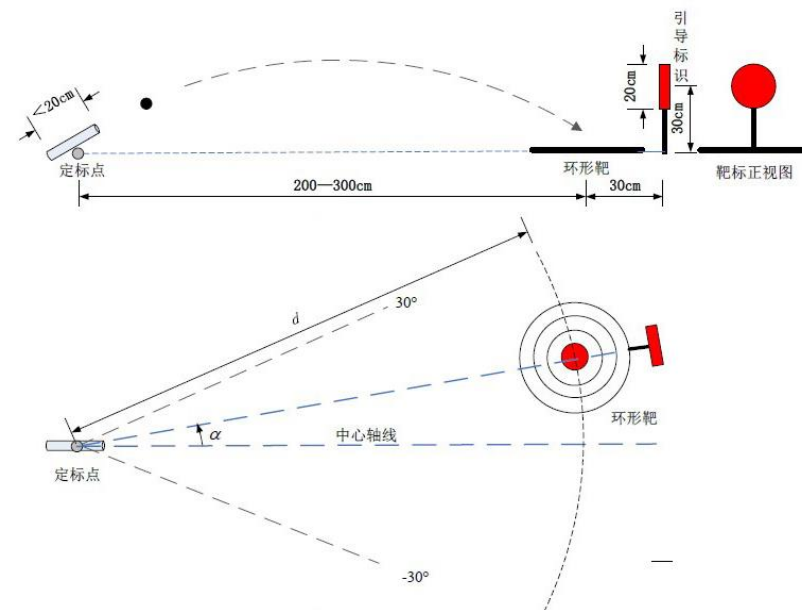
4、自动控制类题型案例分析

2019年、模拟电磁曲射炮（H题）---要求

电磁炮与环形靶的位置示意如图所示。电磁炮放置在定标点处，炮管初始水平方向与中轴线夹角为 0° 、垂直方向仰角为 0° 。环形靶水平放置在地面，靶心位置在与定标点距离 $200\text{cm} \leq d \leq 300\text{cm}$ ，与中心轴线夹角 $\alpha \leq \pm 30^\circ$ 的范围内。

基本要求：

- (1) 电磁炮能够将弹丸射出炮口。
- (2) 环形靶放置在靶心距离定标点 $200 \sim 300\text{cm}$ 间，且在中心轴线上的位置处，键盘输入距离 d 值，电磁炮将弹丸发射至该位置，距离偏差的绝对值不大于 50cm 。
- (3) 用键盘给电磁炮输入环形靶中心与定标点的距离 d 及与中心轴线的偏离角度 α ，一键启动后，电磁炮自动瞄准射击，按击中环形靶环数计分；若脱靶则不计分。





4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

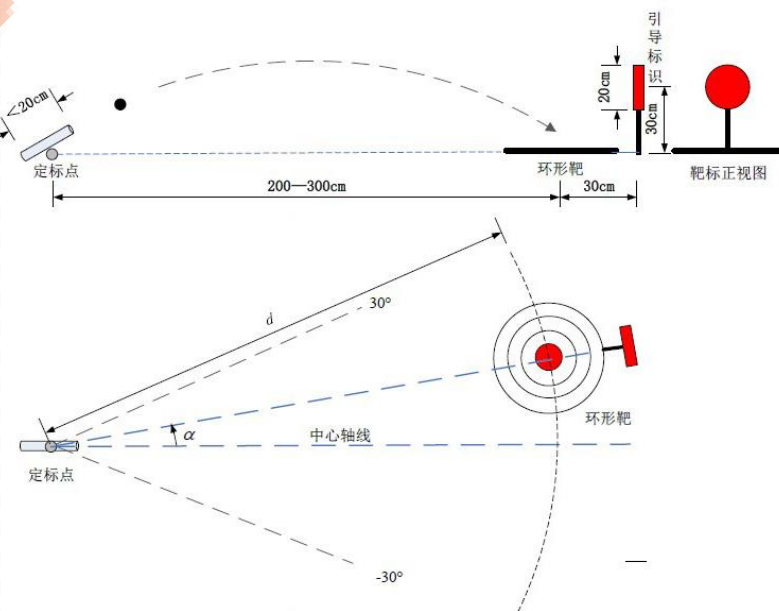
2019年、模拟电磁曲射炮（H题）---要求

发挥部分：

（1）在指定范围内任意位置放置环形靶，一键启动后，电磁炮自动搜寻目标并炮击环形靶，按击中环形靶环数计分，完成时间 $\leq 30s$ 。

（2）环形靶与引导标识一同放置在距离定标点 $d=250cm$ 的弧线上（以靶心定位），引导标识处于最远位置。电磁炮放置在定标点，炮管水平方向与中轴线夹角 $\alpha=-30^\circ$ 、仰角 0° 。一键启动电磁炮，炮管在水平方向与中轴线夹角 α 从 -30° 至 30° 、再返回 -30° 做往复转动，在转动过程中（中途不得停顿）电磁炮自动搜寻目标并炮击环形靶，按击中环形靶环数计分，启动至击发完成时间 $\leq 10s$ 。

（3）其他。





4、自动控制类题型案例分析

2019年、模拟电磁曲射炮（H题）---说明

1、电磁炮的要求

- （1）电磁炮炮管长度不超过**20cm**，工作时电磁炮架固定置于地面。
- （2）电磁炮口内径在**10-15mm**之间，弹丸形状不限。
- （3）电磁炮炮口指向在**水平夹角及垂直仰角**两个维度可以电动调节。
- （4）电磁炮可用**键盘设置**目标参数。
- （5）可检测靶标位置**自动控制**电磁炮瞄准与射击。
- （6）电磁炮弹丸射高不得超过**200cm**。



4、自动控制类题型案例分析

2019年、模拟电磁曲射炮（H题）---说明

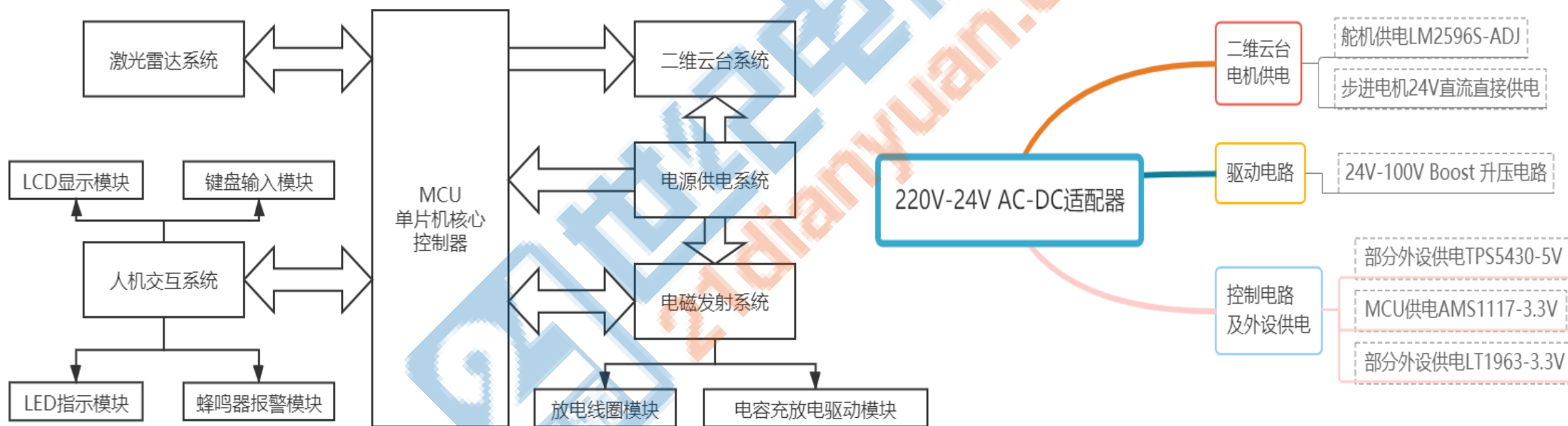
2、测试要求与说明

- （1）环形靶由10个直径分别为5cm、10cm、15cm、...50cm的同心圆组成，外径50cm，靶心直径5cm。
- （2）环形靶引导标识为直径20cm的红色圆形平板，在距靶心30cm处与靶平面垂直固定安装，圆心距靶平面高度30cm。放置时引导标识在距定标点最远方向。
- （3）弹着点按现场摄像记录判读。
- （4）每个项目可测试2次，选择完成质量好的一次记录并评分。
- （5）制作及测试时应佩带防护眼镜及安全帽等护具，并做好防护棚（炮口前用布或塑料布搭制有顶且两侧下垂到地面的棚子，靶标后设置防反弹布帘）等安全措施。电磁炮加电状态下现场人员严禁进入炮击区域。



4、自动控制类题型案例分析

2019年、模拟电磁曲射炮（H题）---设计要点



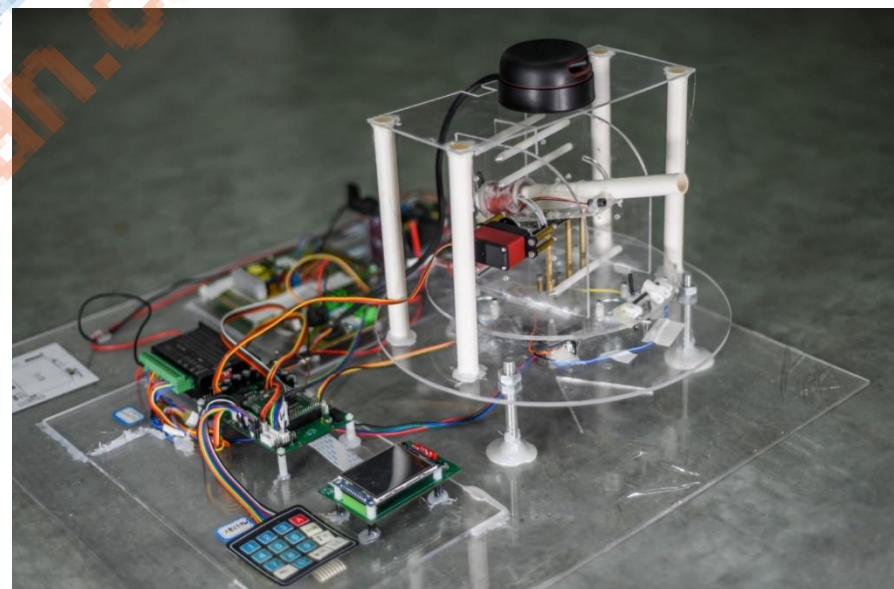
系统结构图



4、自动控制类题型案例分析

2019年、模拟电磁曲射炮（H题）---设计要点

- ① 控制核心——恩智浦KV58单片机（主频**240M**）
- ② 充电电路——Boost升压电路（**130V**）
- ③ 储能元件——1000 μ f电容器（**450V**）
- ④ 放电控制——晶闸管控制（**70TPS16**瞬态电流**50A**）
- ⑤ 放电线圈——自制缠绕漆包线（线径**1mm**）
- ⑥ 搜寻目标——激光雷达系统（**单线**）
- ⑦ 云台系统——激光切割亚克力，步进电机控制航向角，舵机控制俯仰角（**机械设计及加工**）
- ⑧ 控制方式——通过控制云台俯仰角度控制弹丸发射距离（**算法**）





4、自动控制类题型案例分析

大连理工大学

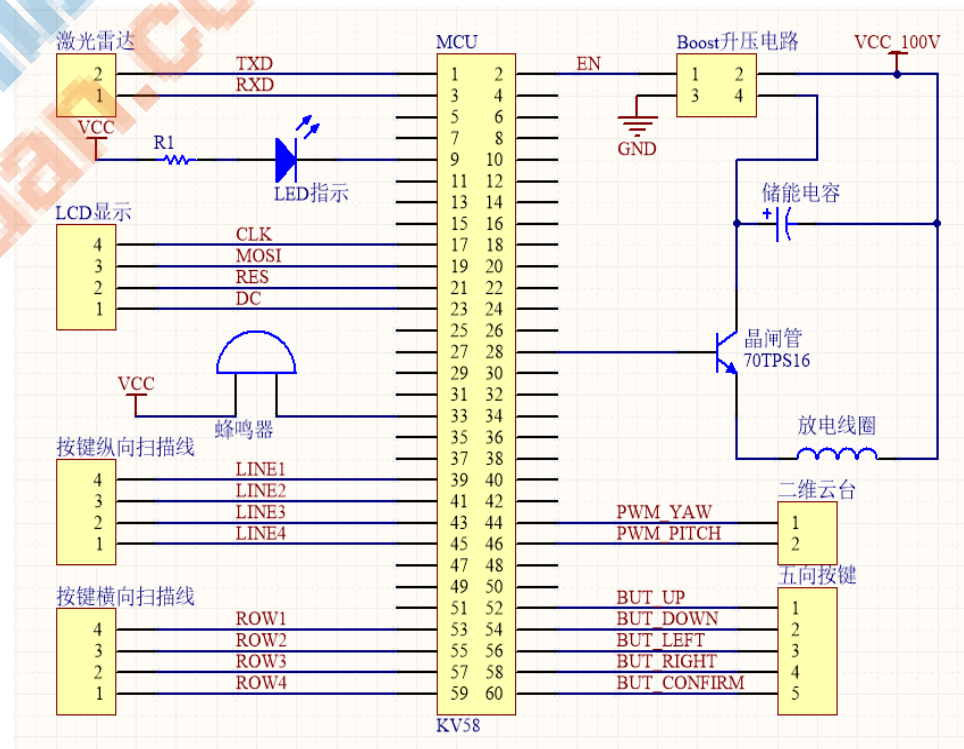
2019年、模拟电磁曲射炮（H题）---设计要点

硬件部分主要包括KV58主控模块、激光雷达测距、液晶显示模块、电源模块、电磁炮发射模块、键盘、二维云台。

云台驱动部分分为三层，每层的连接由亚克力板拼接而成，最底层的亚克力板连接步进电机机身以及固定柱，激光雷达测距放置在这一层；第二层亚克力板连接电机的转轴，构成航向角运动的结构；第三层是炮台的发射装置，由舵机控制俯仰角运动。

电磁炮发射模块主要是将低压转换成高压，并给电容充电，通过线圈对钢珠产生作用力，进而控制其发射。

软件部分使用键盘输入距离与角度控制电磁炮发射能量与炮台仰角，以及控制各个传感器模块之间的运作。





理工大学 大连理工大学 大连理工大学 大连理工大学 大连理工大学

谢谢大家！

大连理工大学 大连理工大学 大连理工大学 大连理工大学 大连理工大学