

全国大学生电子设计竞赛

测控类部分赛题解析及备赛

东南大学 电工电子实验中心

胡仁杰 hurenjie@seu.edu.cn



大学生电子设计竞赛测控类赛题

- ❖ 2003-简易智能电动车
- ❖ 2005-悬挂运动控制系统
- ❖ 2007-电动车跷跷板
- ❖ 2009-声音导引系统
- ❖ 2009-LED点阵书写显示屏
- ❖ 2011-基于自由摆的平板控制系统
- ❖ 2011-帆板控制系统
- ❖ 2013-简易旋转倒立摆及控制装置
- ❖ 2013-电磁控制运动装置
- ❖ 2015-风力摆控制系统

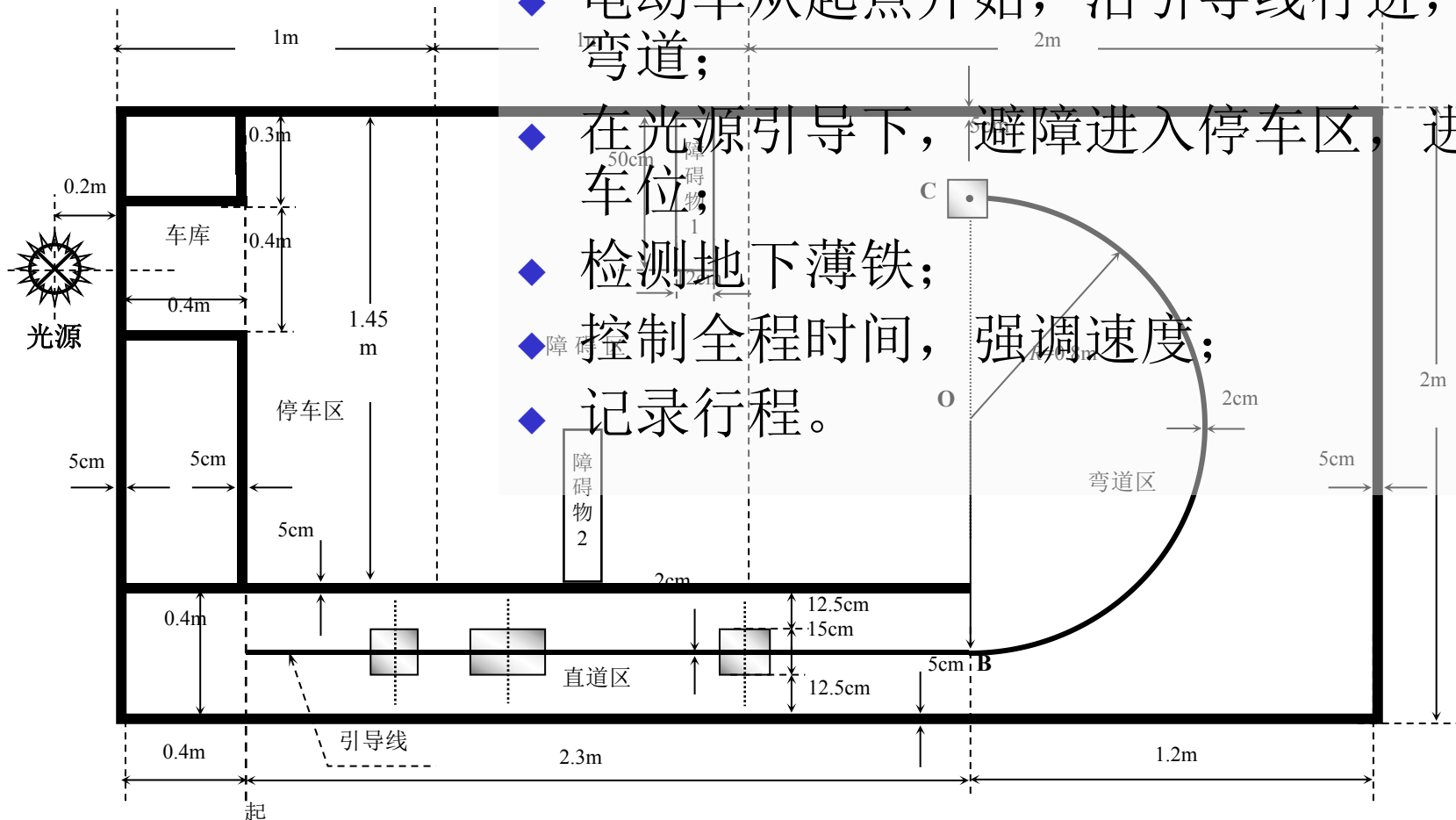
2003-简易智能电动车

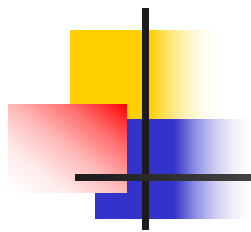
一、任务

设计并制作一个简易智能电动车。

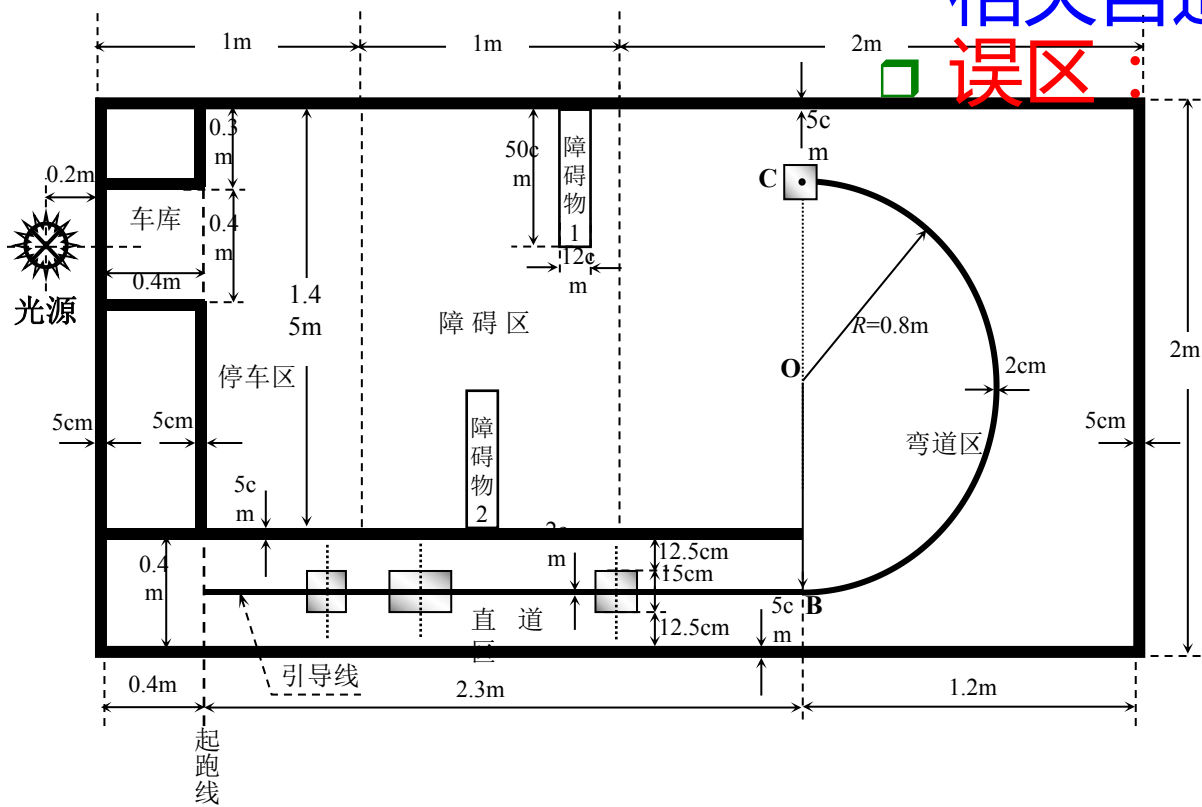
二、要求

- ◆ 电动车从起点开始，沿引导线行进，经过弯道；
- ◆ 在光源引导下，避障进入停车区，进入停车位；
- ◆ 检测地下薄铁；
- ◆ 控制全程时间，强调速度；
- ◆ 记录行程。

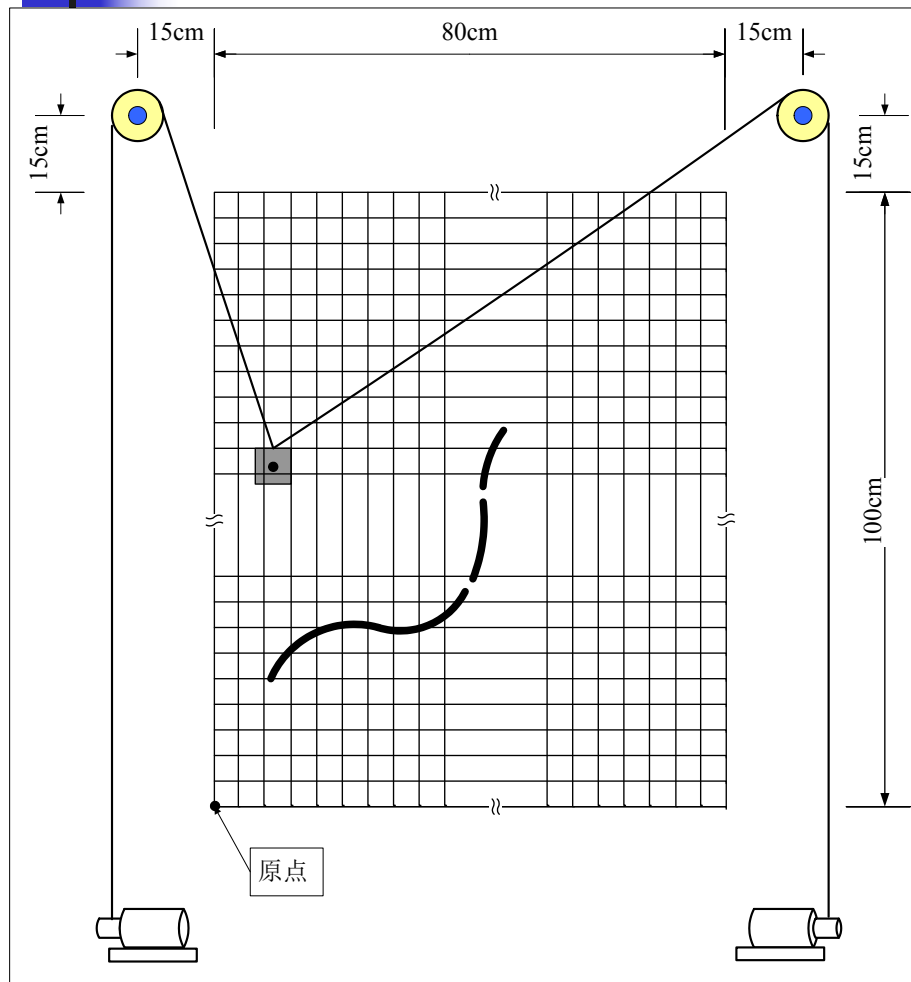




- 循迹：光电传感器
- 铁片检测：涡流传感器、霍尔传感器
- 避障：超声波传感器
- 定点停车：红外传感器
- 行程记录
- 主要难点：速度与偏差, 光相关自适应调整
- 误区：开环控制



2005-悬挂运动控制系统



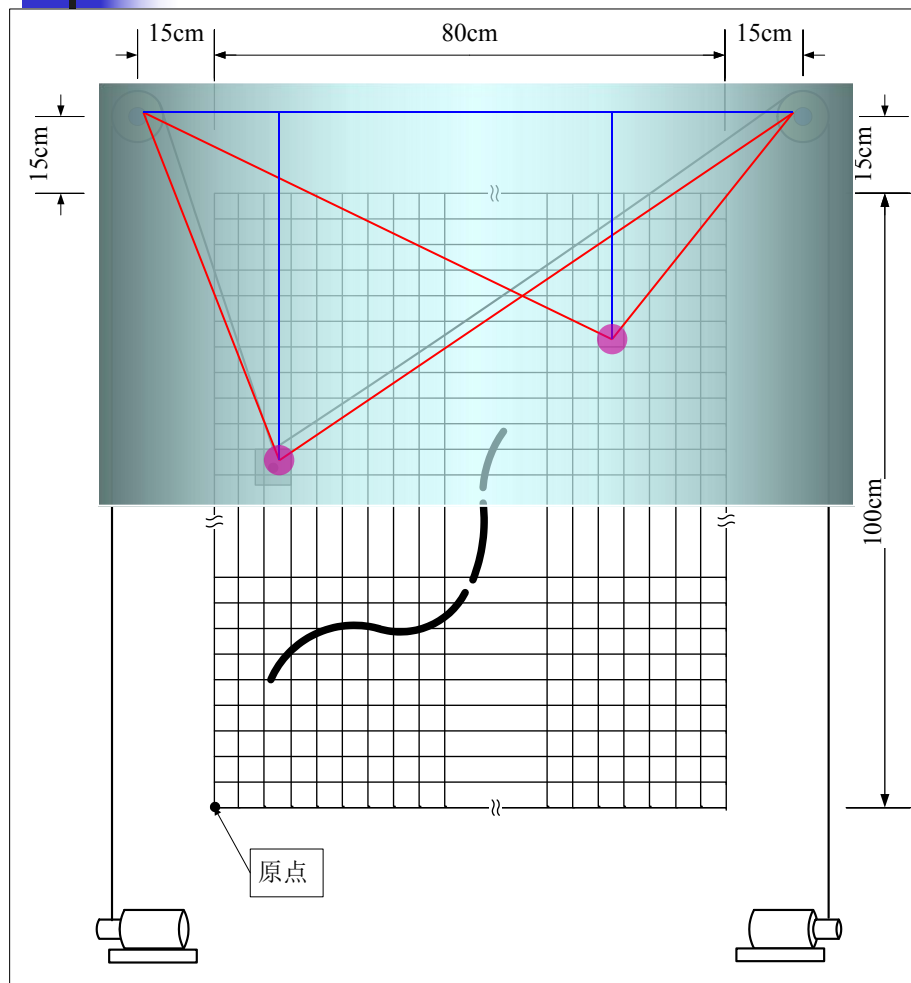
一、任务

通过两只电机控制物体在倾斜板上运动画出指定的运动轨迹。

二、要求

- ◆可控，到达指定目标
- ◆按指定轨迹运动；
- ◆控制运动速度；
- ◆标识当前位置；
- ◆循迹运动，运动趋势判断；

2005-悬挂运动控制系统



控制方法

- 连接轨迹点与两线轴
- 过轨迹点向两线轴作垂线
- 计算两三角形的斜线
- 两个轨迹点的对应斜线差即为需收放的线长

路径规划：

- 将路径细分成N小线段
- 计算每一线段的起始点与终点坐标
- 计算移动每一线段时两电机收放距离
- 注意电机线轴直径的变化



2005-悬挂运动控制系统

- 步进电机控制与驱动
- 起始定位
- 循迹运动：光电传感器、轨迹趋势预测

2007-电动车跷跷板

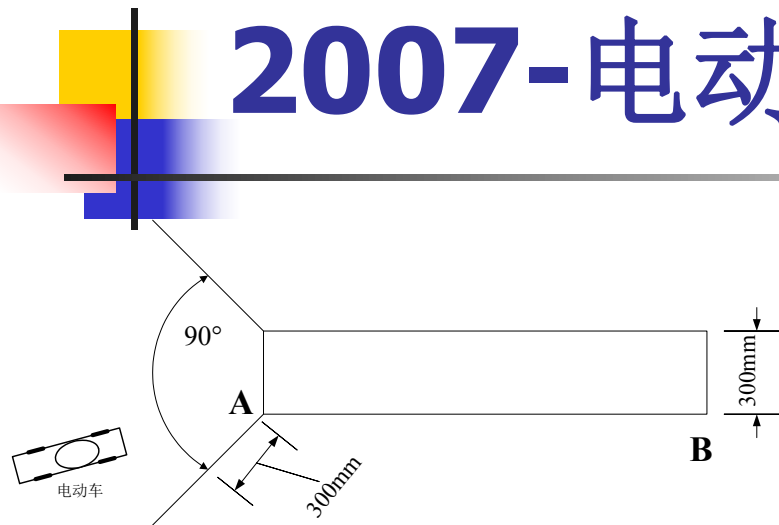


图3 自动驶上跷跷板示意图

一、任务

设计并制作一个电动车跷跷板，起始端A一侧装有可移动的配重。电动车从起始端A出发，可以自动在跷跷板上行驶。跷跷板半圆轴上能转动。

二、要求

- ◆ 电动车在跷跷板上往复行驶；
- ◆ 通过行驶使跷跷板保持平衡；
- ◆ 控制速度，计时；
- ◆ 平衡状态间的调整。

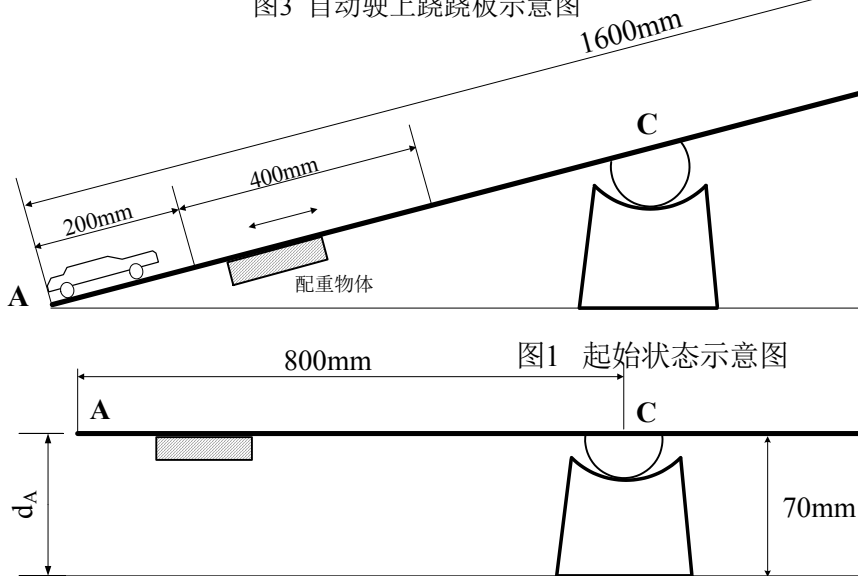


图2 平衡状态示意图

2007-电动车跷跷板

- 水平度检测：用电位器自制的倾角传感器、不同倾斜度放置的水银开关、倾角传感器、加速度传感器
- 让小车保持直线运行，行程记录
- 车速控制：步进式控制；车速与水平度相关
- 小车行进速度与行进距离矛盾的协调

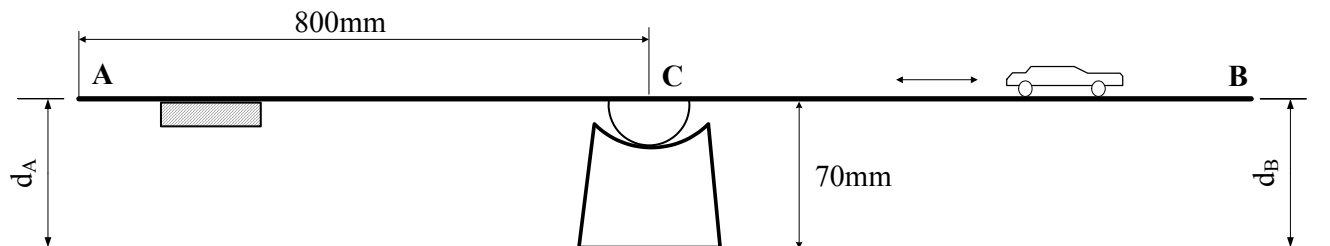


图2 平衡状态示意图

2009-声音导引系统

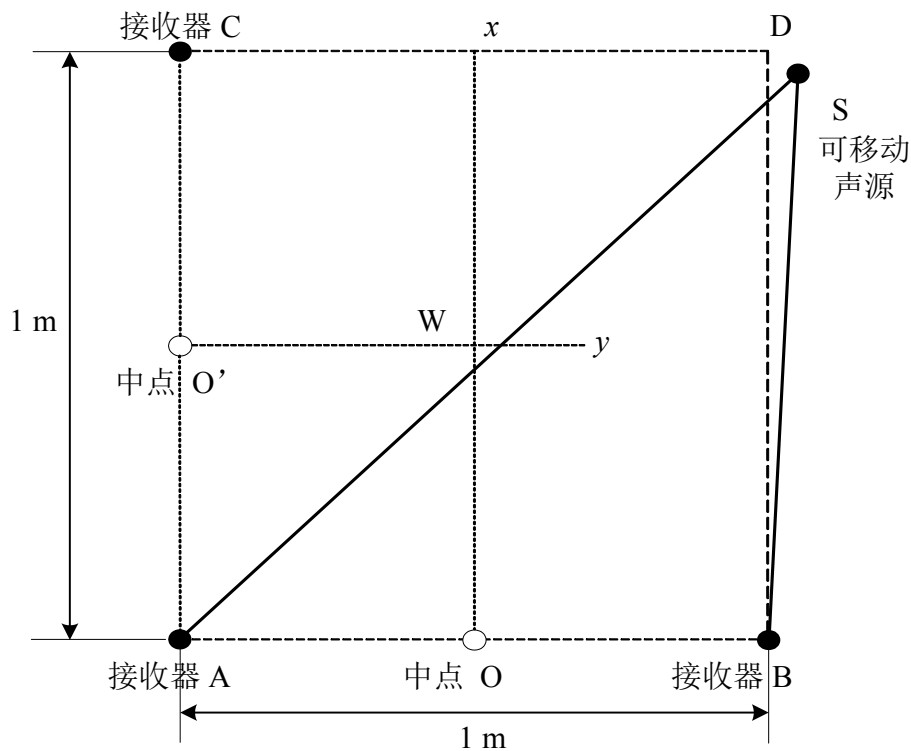


图1 系统示意图

一、任务

设计并制作一声音导引系统，一个可移动声源S，三个声音接收器A、B和C，用无线方式传输信号，引导运动。接收器和声源间无线通信。

二、要求

- 以声音作为引导运动到指定位置，定位准确；
- 控制运动速度、运动方向。

2009-声音导引系统

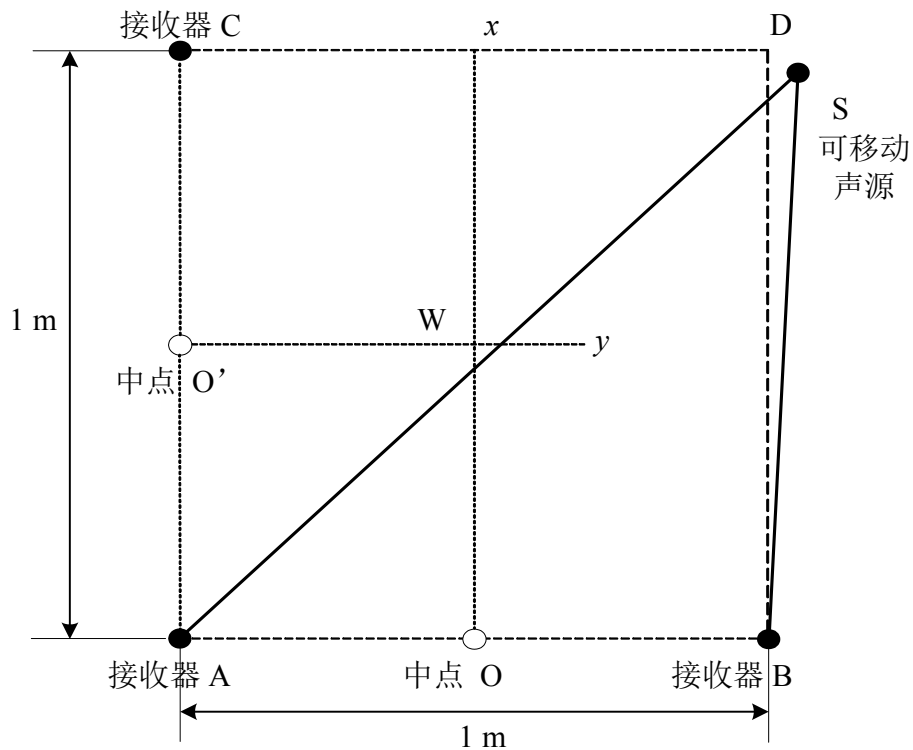


图1 系统示意图

□ 工作原理

根据A、B接收到信号的时间差引导移动声源作左右运动；根据A、C接收到信号的时间差引导移动声源作上下运动；

□ 运动位置精度要求1cm

时间测量精度：
 $(340 \times 100)^{-1}$



2009-声音导引系统

- 采用间歇式发声、音量适中
- 声响传感器的灵敏度
- 在不同控制阶段选择不同接收器的信号
- 车速的控制：速度与偏离度相关
- **难点：**
 - 环境噪声的影响
 - 接收器灵敏度设定
 - 自适应能力

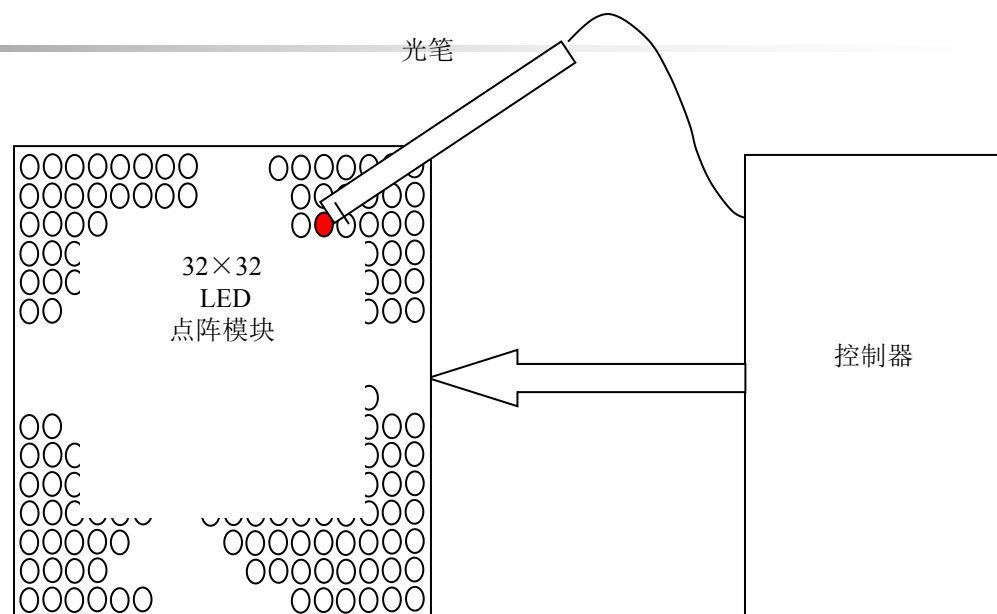
2009-LED点阵书写显示屏

一、任务

- 设计并制作一个基于 32×32 点阵LED模块的书写显示屏。
- LED点阵模块显示屏工作在肉眼不易觉察的扫描微亮和肉眼可见的显示点亮两种模式下；当光笔触及LED点阵模块表面时，检测扫描信号以获取其行列坐标。

二、要求

- ◆获得并显示光笔位置；
- ◆实现“点亮、划亮、反显、整屏擦除、笔画擦除、连写多字、对象拖移”等书写显示功能；
- ◆当环境光强改变时，能自动连续调节屏上显示亮度；超时不操作时进入休眠状态。





2009-LED点阵书写显示屏

- 题目的理解
- 光电传感器的灵敏度及响应速度
- 扫描点的定位
- 动作指令的识别

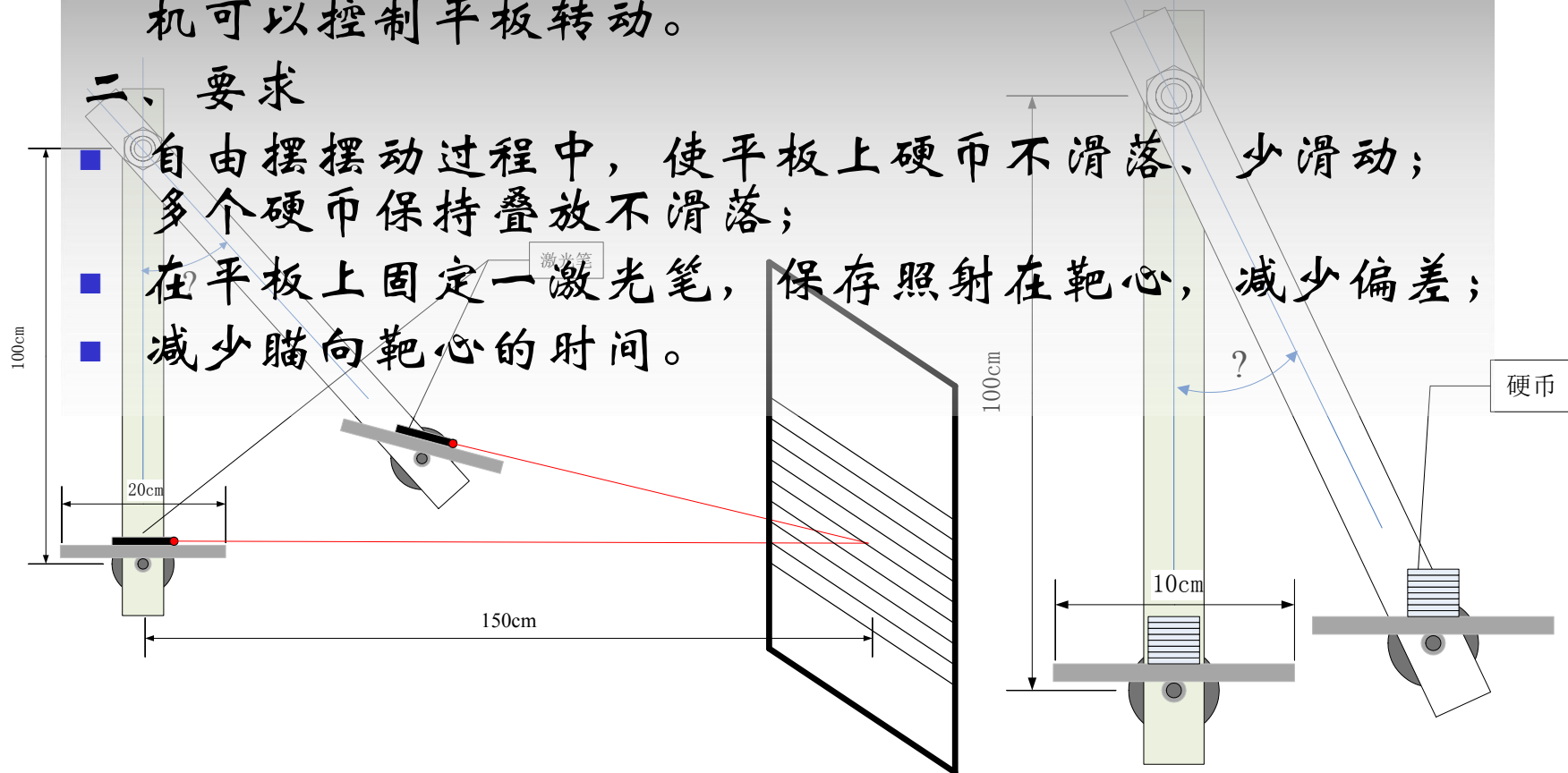
2011-基于自由摆的平板控制系统

一、任务

设计并制作一个自由摆上的平板控制系统，驱动电机可以控制平板转动。

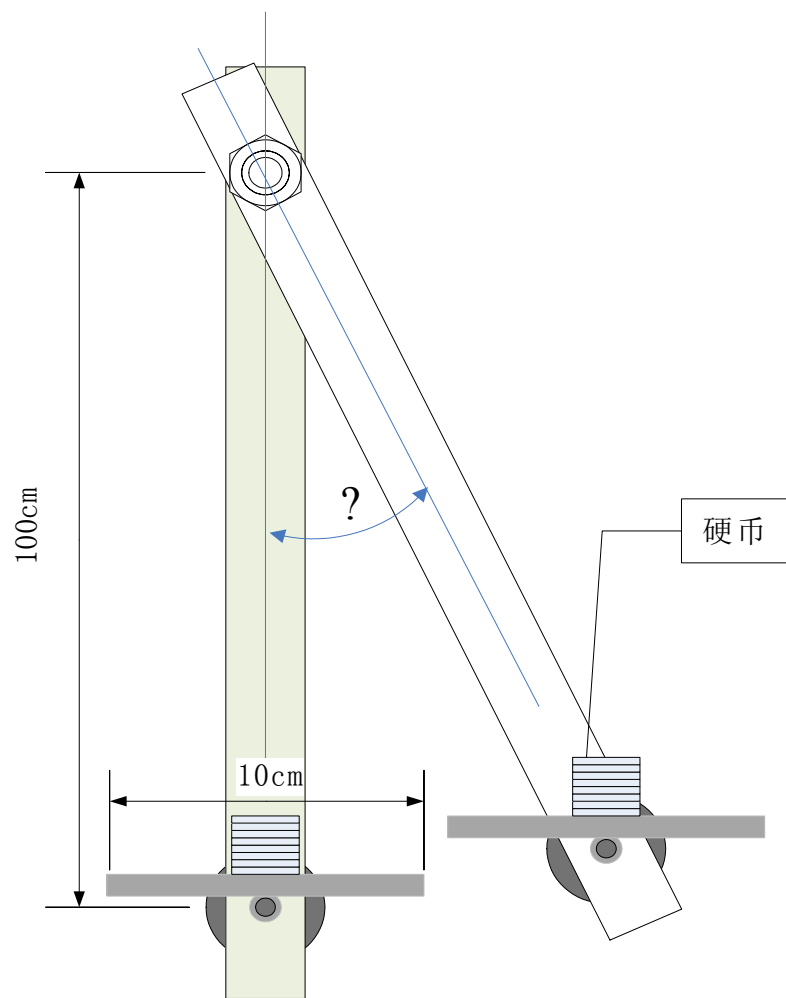
二、要求

- 自由摆摆动过程中，使平板上硬币不滑落、少滑动；
- 多个硬币保持叠放不滑落；
- 在平板上固定一激光笔，保持照射在靶心，减少偏差；
- 减少瞄向靶心的时间。



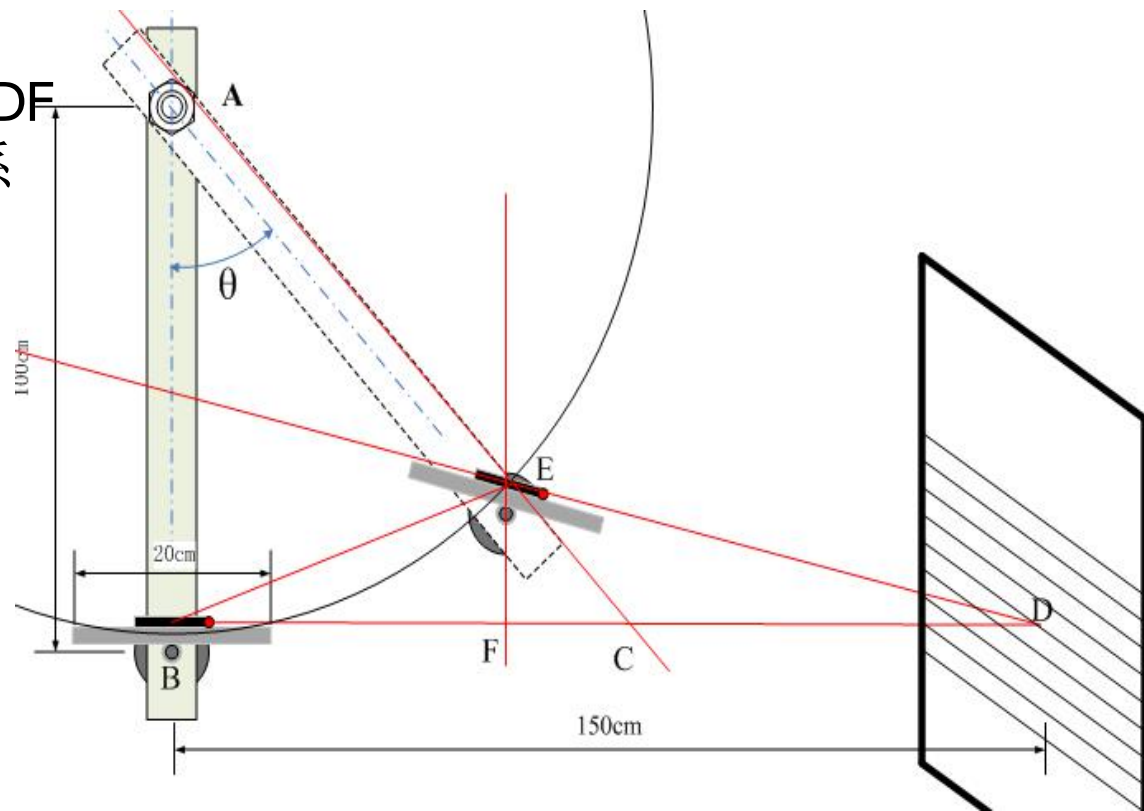
2011-基于自由摆的平板控制系统

- 摆动中平板状态应该如何控制而让硬币不跌落？
- 起始位置角度的检测
- 电机转动的响应速度与控制精度
- 开始摆动的检测
- 起摆时平板的预调整
- 摆动过程中电机如何控制？



2011-基于自由摆的平板控制系统

- 根据摆角 θ ，计算激光笔与水平线之间夹角
 - AB、BD已知
 - 根据 θ 可知BE，进而得知BF、EF
 - $FD=BD-BF$
 - 根据FD、FE可知 $\angle EDF$
 - 建立 θ 与 $\angle EDF$ 间关系



2011-帆板控制系统

一、任务

设计制作一个帆板控制系统，通过控制风扇转速，调节风力大小，改变帆板偏转角 θ

二、要求

- ◆检测显示偏转角
- ◆设置并控制实现偏转角
- ◆在一定距离范围内设置并控制实现偏转角

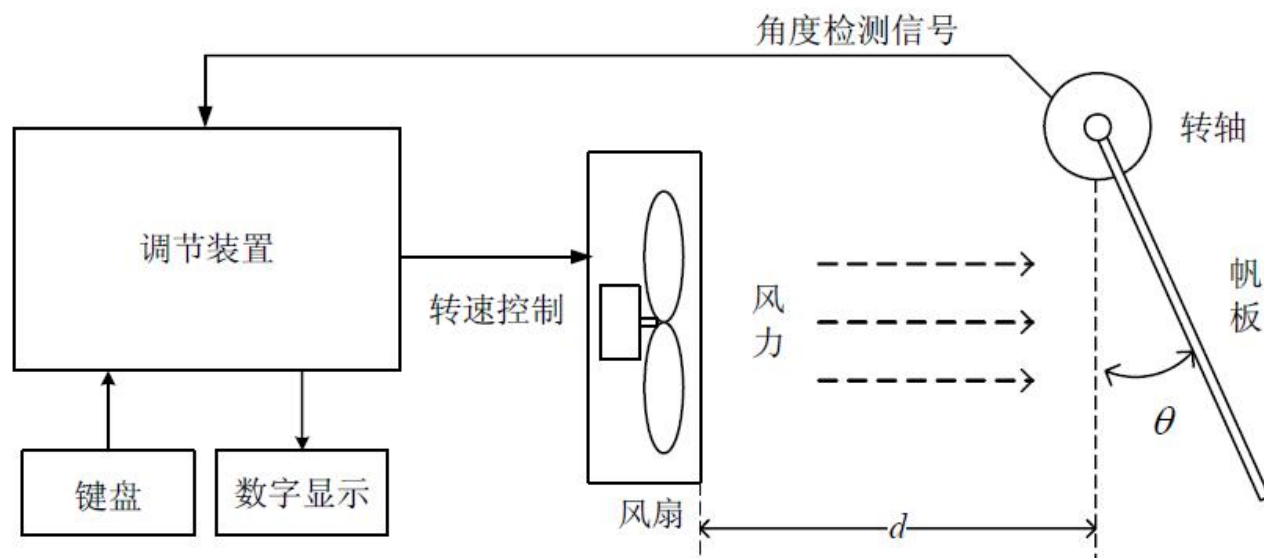


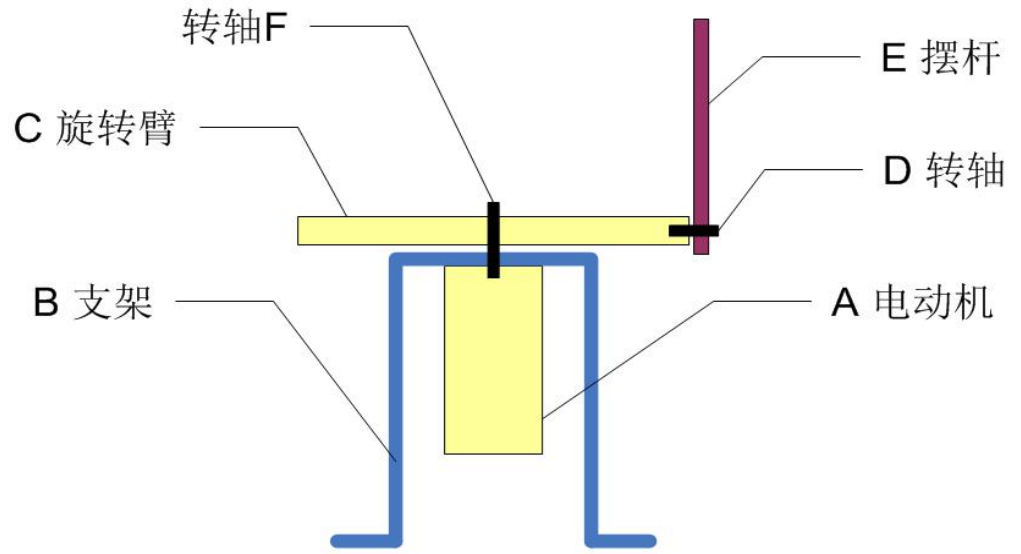
图1 帆板控制系统示意图



2011-帆板控制系统

- 在帆板上安装角度传感器，测量偏转角
- 调节电压（数字、模拟方式）控制风扇转速
- 形成偏转角测量—风扇转速控制闭环
- 误区：开环控制

2013-简易旋转倒立摆及控制装置



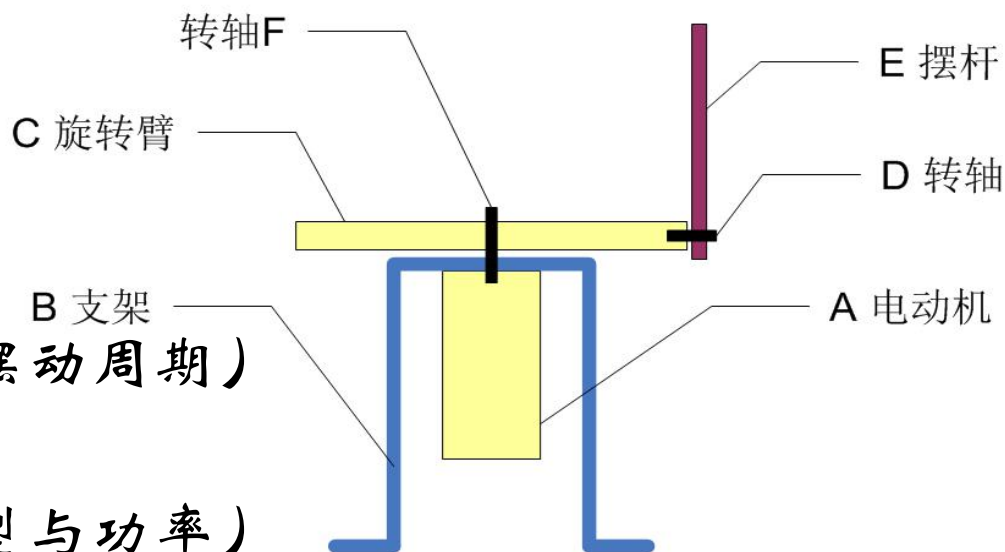
一、要求

设计制作旋转倒立摆

二、要求

- ◆ 控制旋转臂复旋转运动控制摆杆摆动完成圆周运动，直至使摆杆摆起倒立；
- ◆ 摆杆倒立状态下，施加干扰后能继续保持倒立；
- ◆ 摆杆倒立状态下，旋转臂作圆周运动。

2013-简易旋转倒立摆及控制装置



设计概要

- ◆ 掌握起摆的节奏（固有摆动周期）
- ◆ 快速测量摆杆位置
- ◆ 驱动快速有力（电机选型与功率）
- ◆ 系统结构稳定
- ◆ 控制算法：模糊控制，PID
- ◆ 抗撞击干扰：根据撞击后摆杆的角速度变化速度控制电机转动
- ◆ 摆杆质量选择

2013-简易旋转倒立摆及控制装置

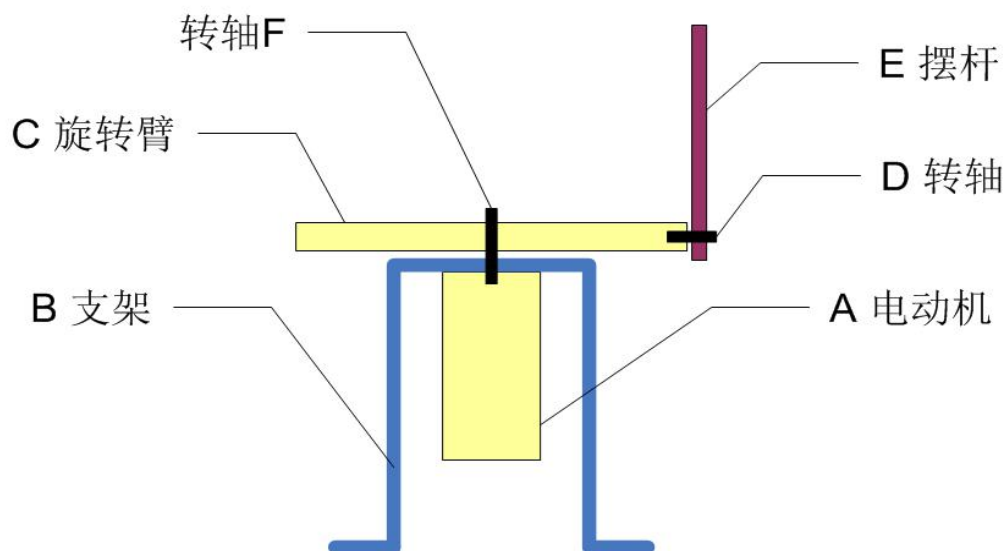
设计概要

◆ 传感器选择:

- 电阻式角位移传感器
- 光电编码器
- 加速度计
- 倾角传感器
- 电子陀螺仪

◆ 电机的选择

- 步进电机
- 带减速器的直流电机

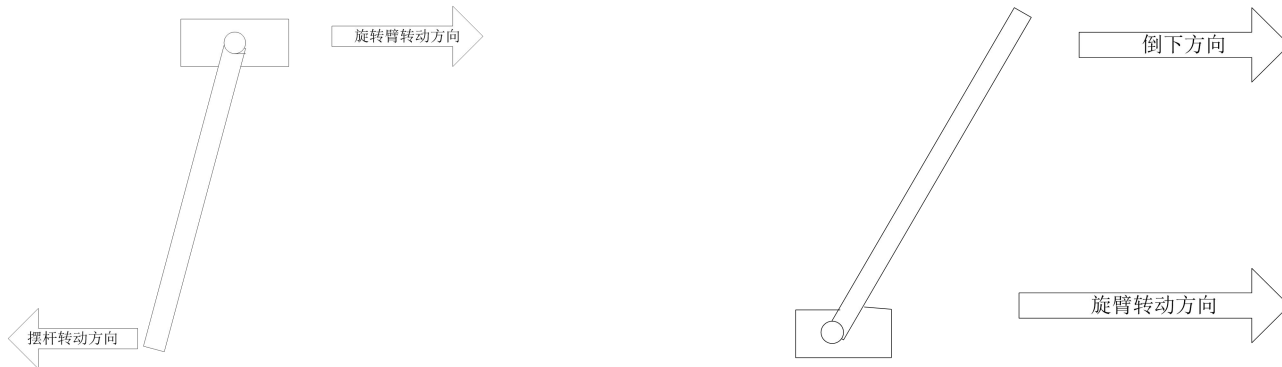
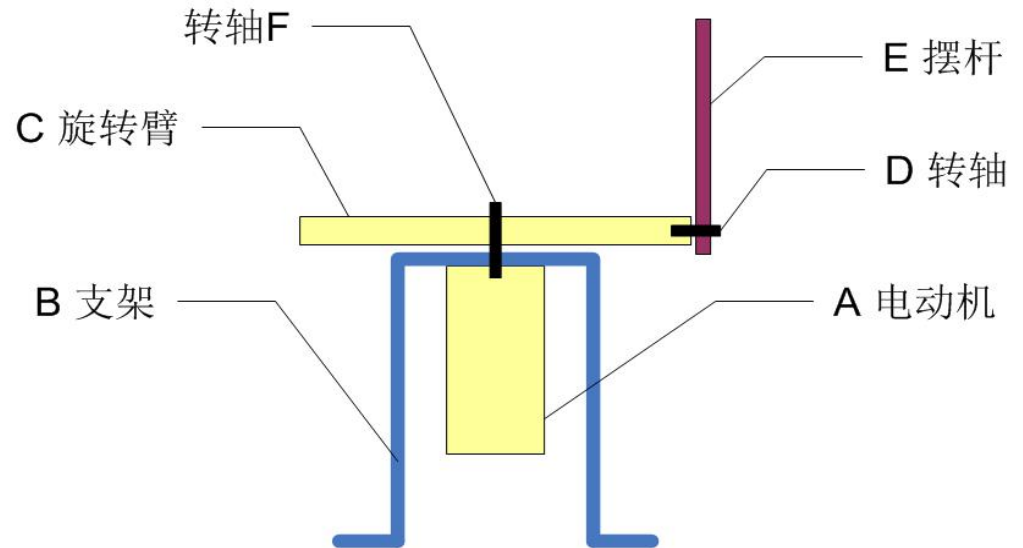


2013-简易旋转倒立摆及控制装置

设计概要

◆ 控制方法

- 起摆
- 保持倒立
- 抗冲击干扰
- 旋转倒立



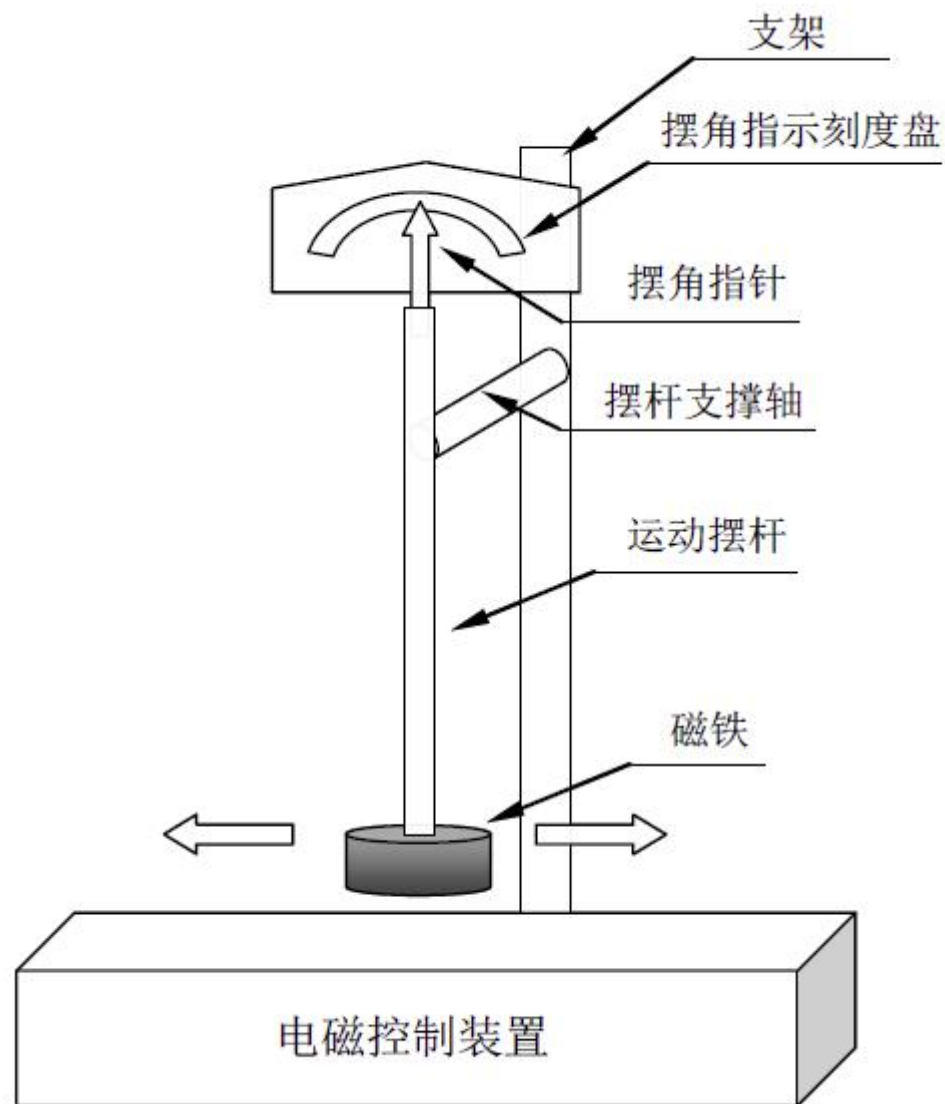
2013- 电磁控制运动装置

一、要求

设计并制作一套电磁控制运动装置

二、要求

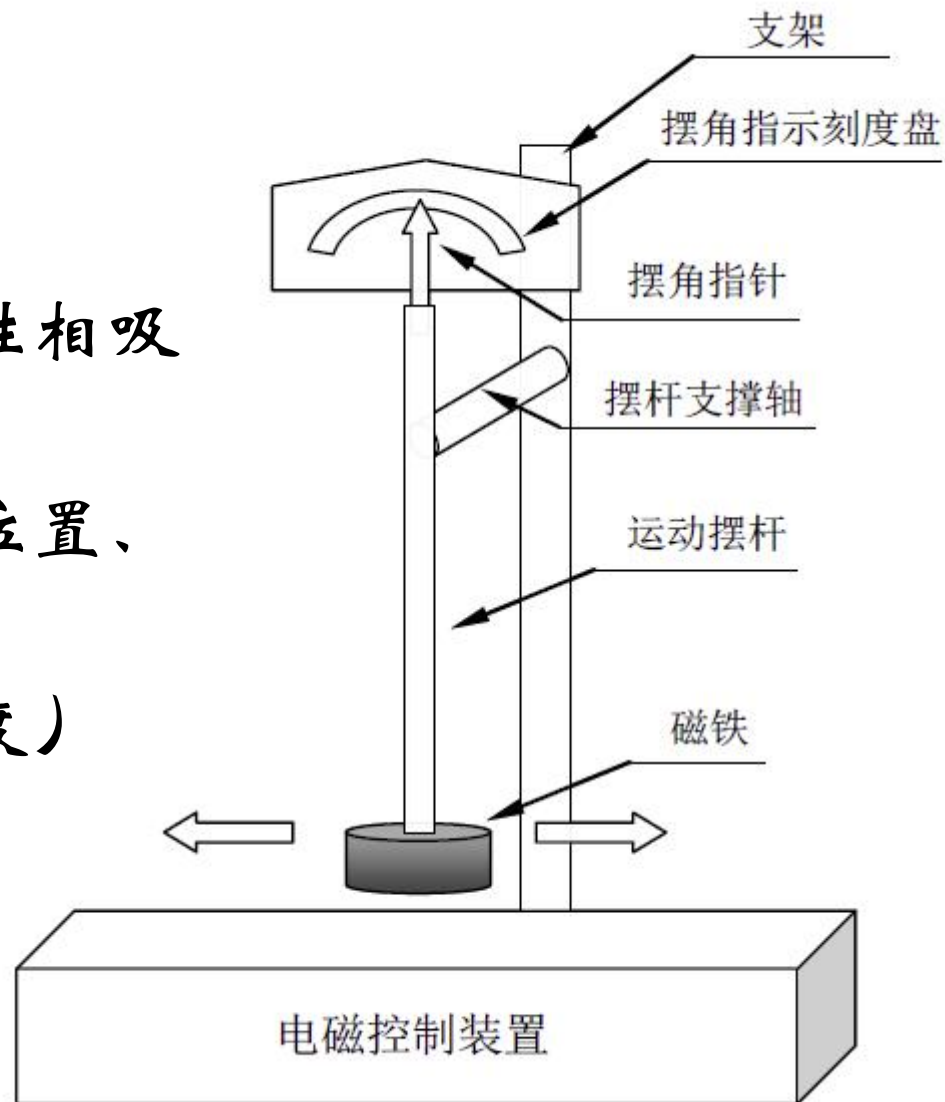
- ◆ 由静止点开始，控制摆杆摆动；
- ◆ 控制摆杆在指定的摆角范围内摆动；
- ◆ 控制摆杆摆动的周期
- ◆ 同时控制摆杆的摆动幅度及周期
- ◆ 控制摆杆在指定时间内平稳停在静止点。



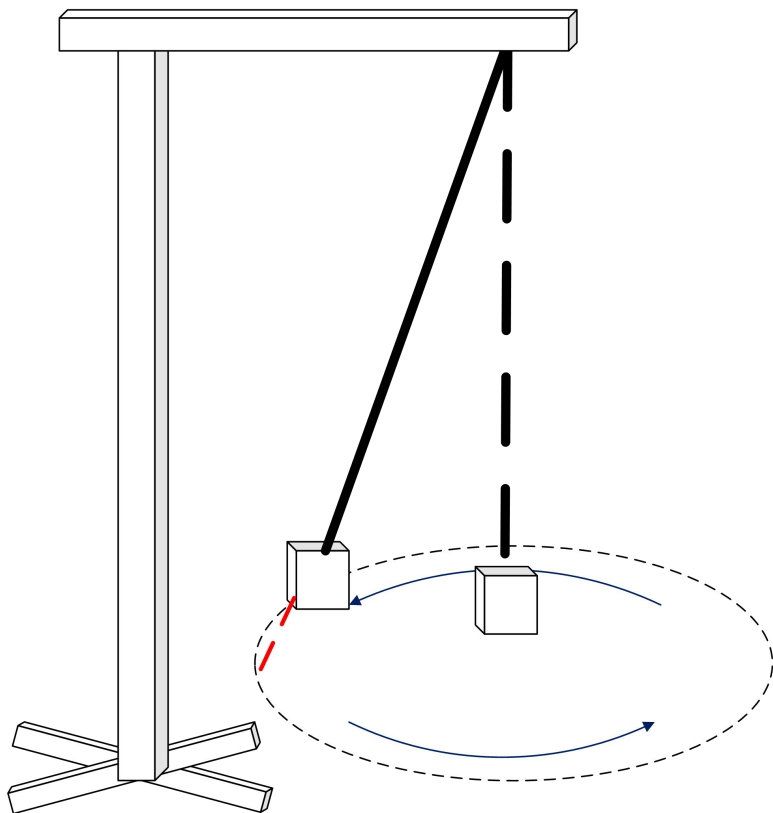
2013- 电磁控制运动装置

设计概要

- ◆ 利用磁场同性相斥、异性相吸的原理（类似步进电机）
- ◆ 采用多个电磁线圈产生位置、方向、强度可控的磁场
- ◆ 快速测量摆杆位置（角度）



2015-风力摆控制系统



一、任务

一组直流风机，构成一风力摆，驱动各风机使风力摆按照一定规律运动。

二、要求

- ◆ 直线摆动
- ◆ 摆幅可控
- ◆ 摆动方向可控
- ◆ 制动
- ◆ 画圆
- ◆ 抗外界干扰



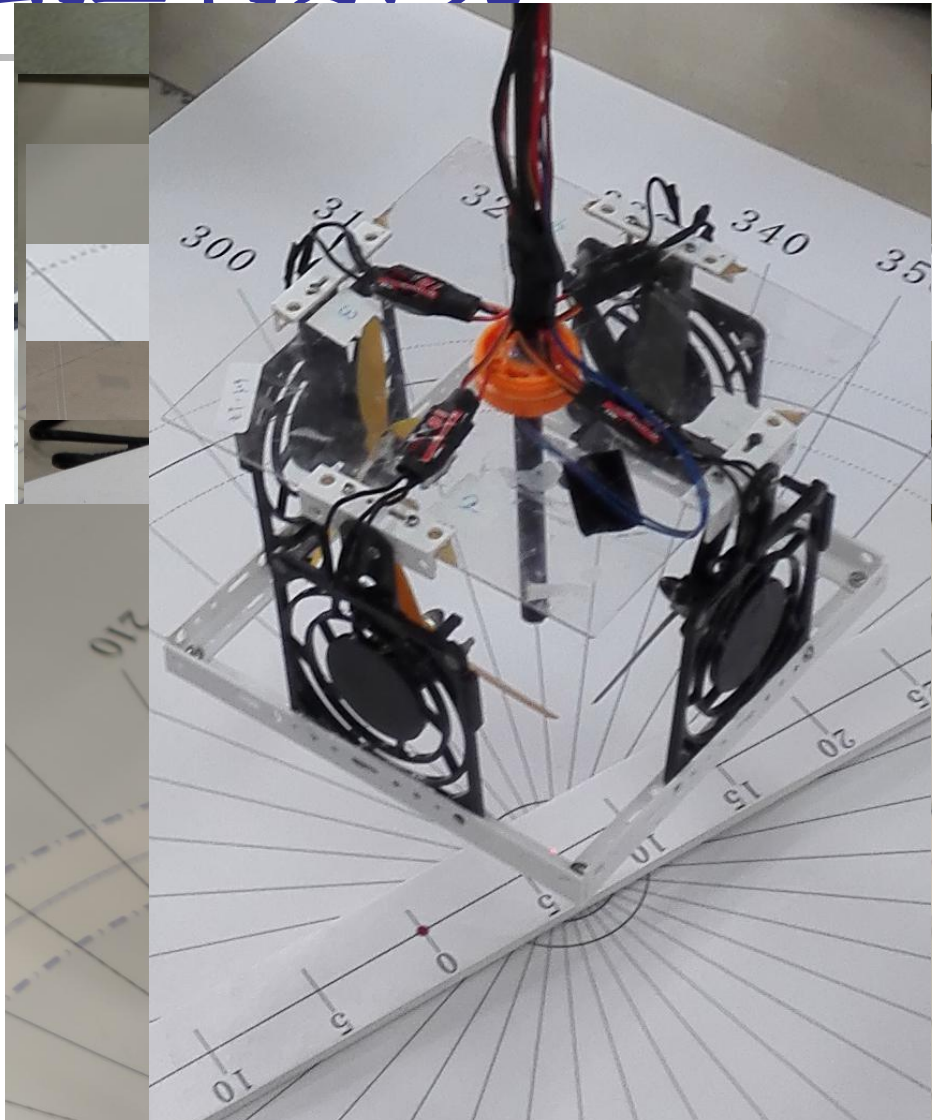
2015-风力摆控制系统

- 直流风机选择
- 风机布局
- 悬挂结构
- 处理器选择
- 姿态检测
- 电机驱动
- 各项功能的实现

2015-风力摆控制系统

➤ 直流风机选择

- 轴流风机
- 涵道风机
- 空心杯电机+扇叶
- 直流无刷电机+扇叶
- 直流电机+扇叶
- 其他



2015-风力摆控制系统

➤ 直流风机选择

■ 小型轴流风扇

- ◆ 风力小，推重比低；
- ◆ 启动较慢，死区较大，调节滞后
- ◆ 启动制动过程较长

■ 高速轴流风扇, 涵道风机

- ◆ 电流大，风速高
- ◆ 重量大，约为低速风扇的数倍
- ◆ 加速时间长，动态特性差，不利

■ 直流无刷电机+扇叶

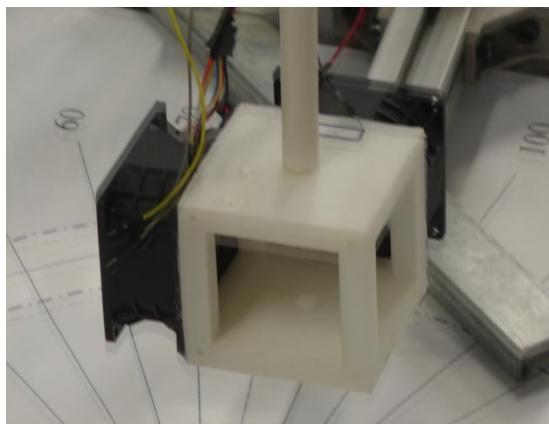
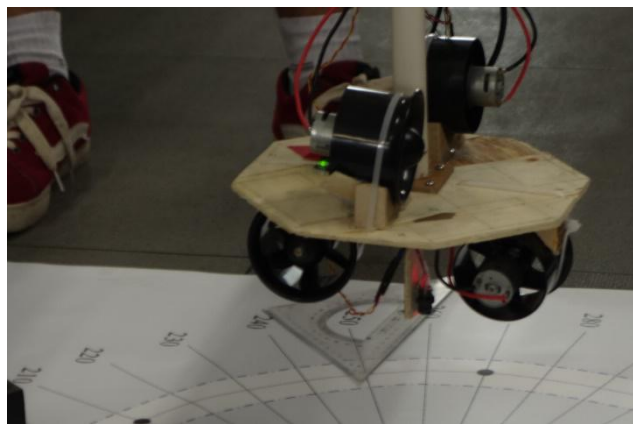
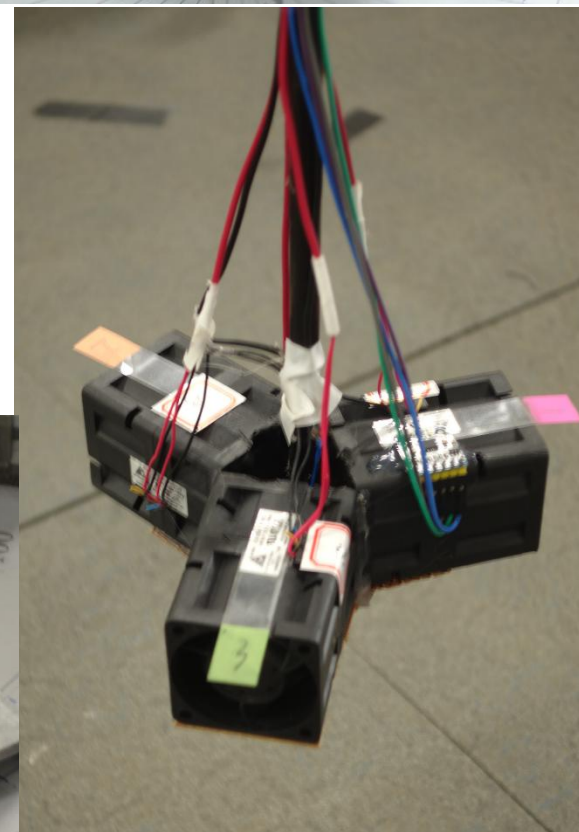
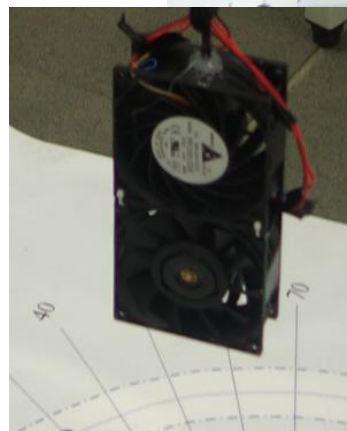
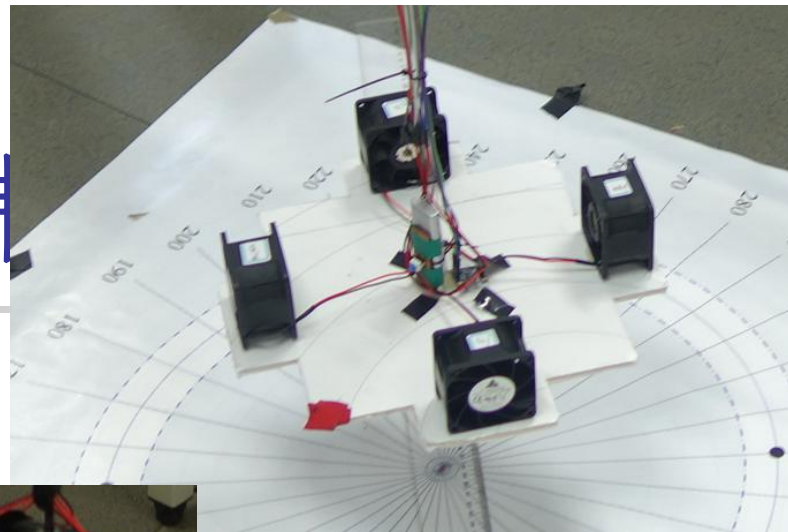
- ◆ 风力大，推重比高
- ◆ 电机体积小，质量轻
- ◆ 起动、制动迅速，响应极快
- ◆ 调速性能好，可靠性高，

推重比
可控性
响应速度

2015-风力摆控制

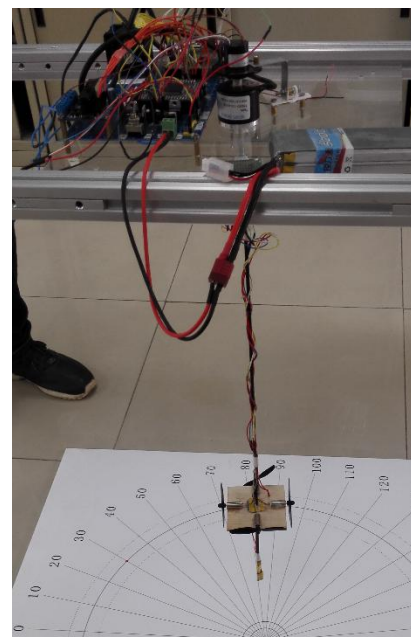
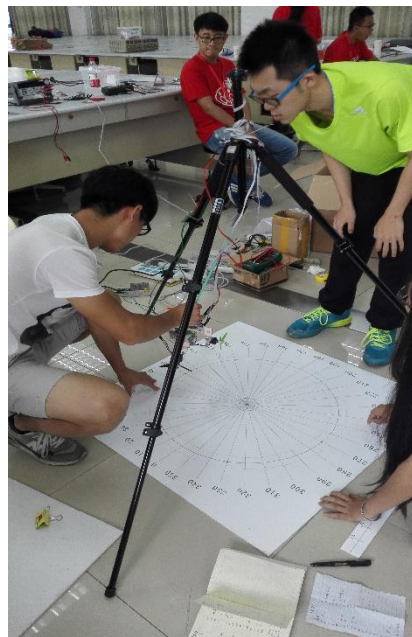
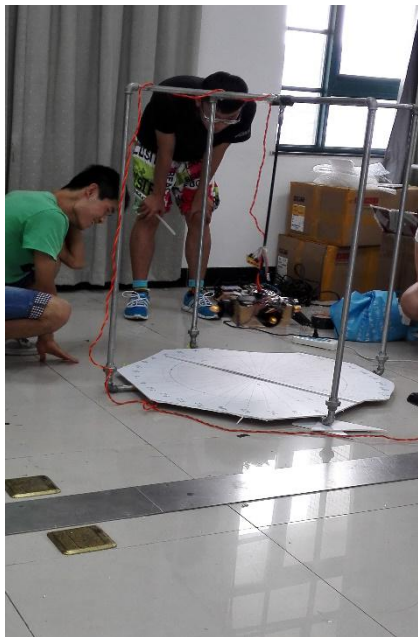
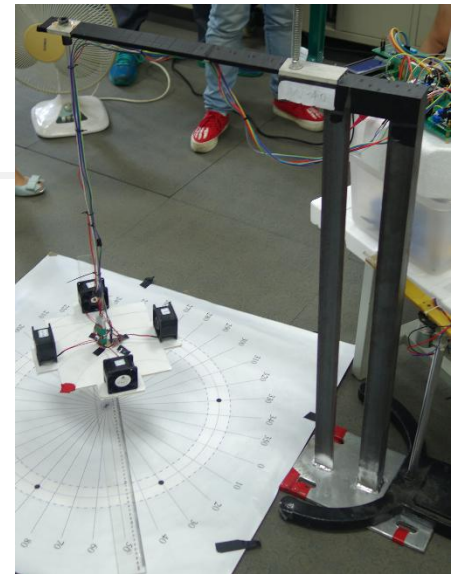
➤ 风机布局

- 四只风机
- 三只风机
- 两只风机
- 水平放置
- 上下分层放置



2015-风力摆控制系统

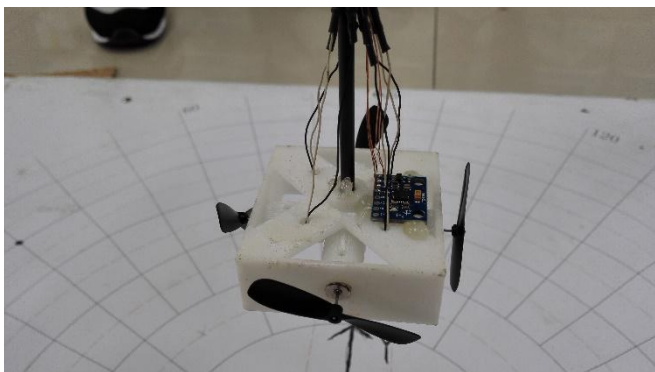
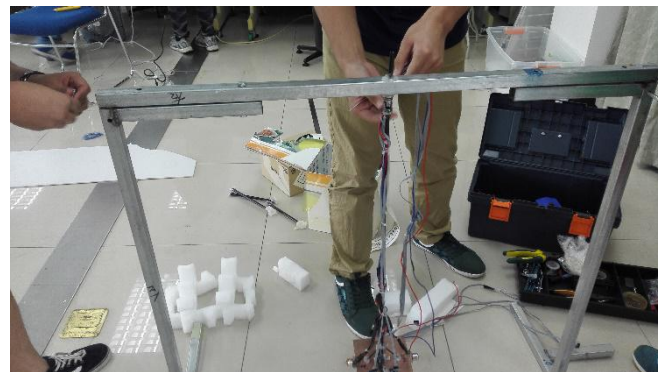
- **悬挂结构** 机械结构影响到控制算法控制效果；制作越稳定可靠，系统的稳定性越强，系统运行中受到的扰动越少
- **悬臂梁**
 - **单横梁**
 - **双横梁**



2015-风力摆控制系统

➤ 悬挂结构

- 悬臂梁
- 单横梁
- 双横梁
- 三脚架
- 其他



2015-风力摆控制系统

➤ 悬挂结构

■ 万向节问题

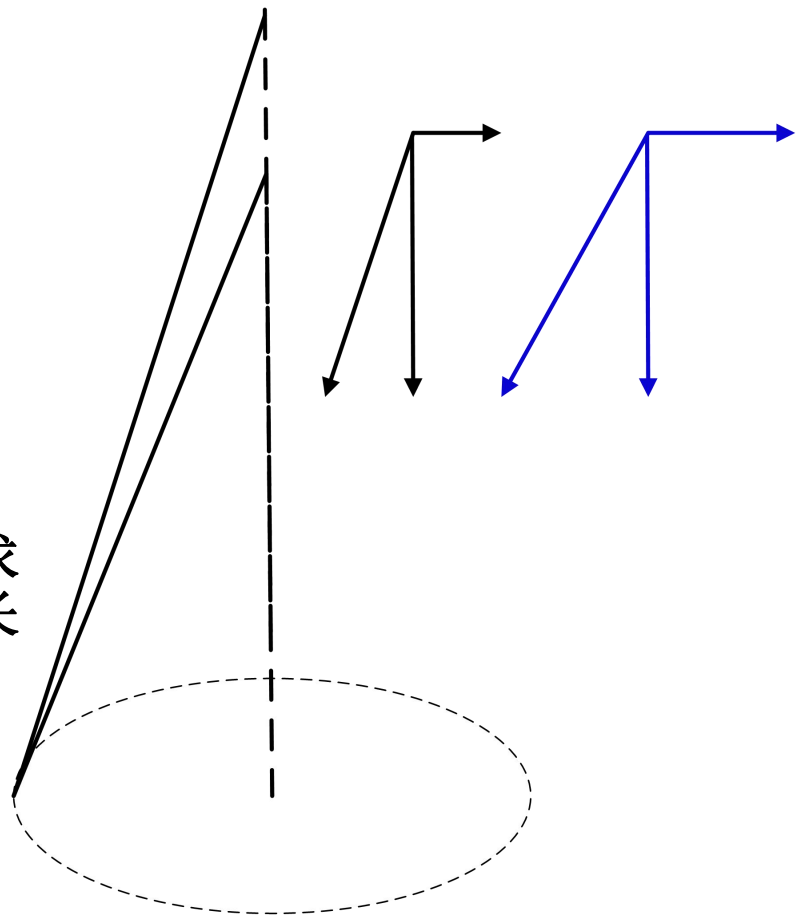
- ◆ 摆角较小时不影响灵活性

■ 摆杆材质

- ◆ 碳纤维摆杆易于加工，强度大，不会弯曲

■ 摆杆长度

- ◆ 地面摆幅及轨迹位置要求一致的情况下，摆杆越长摆角越小
- ◆ 摆角越小风力要求越小，可靠性越好





2015-风力摆控制系统

➤ 处理器选择

算法相对复杂、控制响应快，要求选择运算速度快、内存空间大、输入输出通道性能较高的单片机作为控制器。

- STM32系列微控制器（STM32F407、STM32F4）
- MSP430单片机（5529、6638）



2015-风力摆控制系统

➤ 姿态检测

- 三维角度传感器MPU6050，高精度惯性导航模块，可准确追踪快速和慢速角度变化，测量精度高，响应速度快，稳定性高
- MPU9250由6轴加速度陀螺仪和3轴地磁传感器
- 欧姆龙E6A2旋转编码器
- 采用角度传感器。由UZZ9001和KMZ41组成角度测量模块
- 三维数字罗盘仪和三维数字加速度仪LSM303D，具有较宽的加速度检测范围
- 三维角速度传感器L3GD20，量程宽，供电电压低，工作温度范围宽。
- 采用摄像头检测风力摆所在位置



2015-风力摆控制系统

➤ 电机驱动

■ BTS7960 :

- ◆ 大电流半桥高集成度芯片；
- ◆ 两片芯片组成全桥驱动直流电机正反转。
- ◆ 工作电压为6~24V，输出电流可达到40A；
- ◆ 加速、减速性能、稳定性比较好

■ L298 :

- ◆ 高电压，电流较小，四通道驱动
- ◆ 可直接对电机进行控制；

■ 四轴飞行器电调:

- ◆ 通过PWM波控制信号调整输出功率;
- ◆ 电调功率高，最大电流可达30A.



2015-风力摆控制系统

➤ 各项功能的实现

■ 摆幅控制

- ◆ 风力摆有固有周期，幅度控制应基于其固有周期；
- ◆ 在摆动最高点测量振幅
- ◆ 根据振幅的偏差在摆动最低点开始进行驱动控制

■ 摆动方向控制

- ◆ 设立一个基准方向
- ◆ 静止时测量风力摆当前方向
- ◆ 根据设置角度控制风机转速产生所需合力
- ◆ 运动再调整



2015-风力摆控制系统

➤ 各项功能的实现

■ 快速制动

- ◆ 检测当前摆动方向
- ◆ 反方向控制风机
- ◆ 根据摆幅改变驱动力

■ 圆周运动

- ◆ 实现圆周运动：根据风力摆当前位置，通过驱动四个风机产生切向推力和径向推力；
- ◆ 控制半径：根据摆角计算

■ 悬停控制

风力摆可以在任意位置保持静止

- ◆ 作出风力摆在指定点的受力状况；
- ◆ 将该力的反作用力分配给不同风扇；
- ◆ 控制各个风扇的转速；

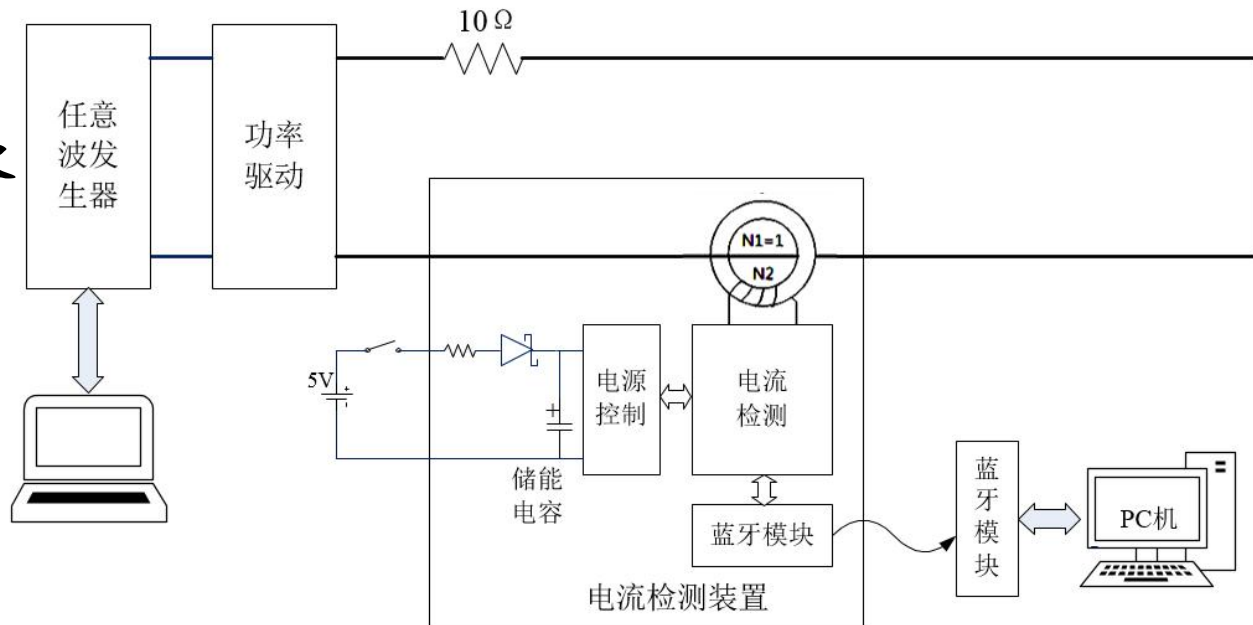
2016-无线电流传感装置

一、任务

低功耗非接触式电流检测，通过蓝牙传输给PC，通过Lan汇集数据。

二、要求

- ◆ 设计制作传感器
- ◆ 测量基波及2、3次谐波分量幅度；
10mA~1000mA，
测量精度优于1%
- ◆ 用蓝牙传输数据
- ◆ 用储能电容供电
- ◆ 考察持续工作时间





2016-无线电流传感装置

- 现场学习使用TI CC2650蓝牙通信模块。
- 用磁芯及漆包线制作电流传感器，实现检测电流功能；处理好量程与灵敏度关系。
- 测量基波及2、3次谐波电流幅度；软件分析计算或硬件滤波。
- 宽输入范围升压型DC/DC变换器设计；效率。
- 测量节点的低功耗工作模式



测控类赛题设计概要

❖ 硬件准备条件

- 仪器设备、配件及工作状态
- 处理器平台：I/O接口资源、主频、计算速度
- 信号输出通道：DAC、PWM
- 模拟输入通道：ADC转换速度、精度
- 信息显示：LCD
- 系统电源：工作电源、模拟电路电源、基准电源
- 传感器：温度、声、光、磁、速度、距离、
加速度、角度、
- 执行机构：电流驱动、电压控制、电磁机构
直流电机、步进电机、伺服电机



测控类赛题设计概要

❖ 软件准备

- 信号处理、分析、识别
- 数值计算
- 控制算法
- 菜单显示、数据显示、曲线显示
- 低功耗设计



测控类赛题设计概要

- ▶ 难易是相对的
- ▶ 仔细审题，分析核心技术
- ▶ 了解自身优势、特长，前期准备、支持条件
- ▶ 全局观念
 - 同校、同题全国奖不超过4项，一等奖不超过2项
- ▶ 需求分析研究
 - 目标：功能、指标
 - 方法：技术方法限定、实现方法限定
 - 条件：仪器、器件、模块、组件、软件、程序



测控类赛题设计概要

➤ 抬头看路+埋头拉车

- 理论分析、实现机理、技术方案
- 设计、实现、调试、测试

➤ 进程安排

- 结构设计、外部协作、采购
- 硬件设计实现，软件模块调试
- 系统联调测试、总结



测控类赛题设计概要

❖ 审题

- 竞赛题提供：**任务、要求、评分、说明**
- 了解题目明确要求完成的工作；
- 仔细阅读**任务、说明**部分文字，往往对题目的实现方法、测试方法、元器件有限定；
- **任务**中的要求一般是全局性的
- **任务**部分的图往往给定系统结构，**说明**中的图一般是解释性或建议性的



测控类赛题设计概要

❖ 审题

- SPWM方式产生正弦信号：用电子线路方法实现强电概念下的功能；
- 四旋翼飞行器控制：自主；一键式启动；飞行器不得遥控，飞行过程中不得人为干预。
- 旋转倒立摆：能够实现自主倒立，但需要手扶倒立下抗干扰及保持倒立旋转
- 电动车跷跷板：测试过程中不允许人为控制电动车运动
- 简易频率特性测试仪：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。



测控类赛题设计概要

❖ 自主发挥创新

- 主要精力放在**基本要求与发挥部分**
- **功能**：题目中没有要求的，又与题目相关；实现具有难度。一般情况下，**参数输入、显示方式不算**；
- **指标**：速度、精度、量程明显超出题目要求；
- **技术路线、实现方法**与众不同，有创意；



测控类赛题设计概要

❖ 提示

- 成品部件的使用：
 - 一般可以使用最小系统
 - 集成器件可以使用
 - 尽量使用自制部件
 - 注意题目提出的限制
- 杜绝“复制”、“移植”、“拆机”
- 做好测试“条件”、“思想”准备
- 切忌“小聪明”、不要“钻空子”
- 注意把握“临场发挥”的度及时机



设计报告的撰写

■ 设计方案工作原理

- ◆ 预期实现目标定位、技术方案分析比较、系统结构工作原理、功能指标实现方法、测量控制分析处理

■ 核心部件电路设计

- ◆ 关键器件性能分析、电路结构工作机理、核心电路设计仿真、电路实现调试测试、关键电路驱动接口

■ 系统软件设计分析

- ◆ 系统总体工作流程、主要模块程序设计、关键模块程序清单（加注释）

■ 竞赛工作环境条件

- ◆ 设计分析软件环境、仪器设备硬件平台、配套加工安装条件、前期设计使用模块



设计报告的撰写

■ 作品成效总结分析

- ◆ 系统测试性能指标、成效得失对比分析、创新特色总结展望

■ 附件材料

- ◆ 参赛队员专业特长、竞赛相关图纸资料、程序清单、作品图片（JPG格式）、教师学生照片、作品演示视频资料（MP4格式）

■ 图文的规范性

- ◆ 文字简练准确、版面清晰美观、格式整齐规范



测控类赛题设计概要

❖ 测试前准备

- 作品的稳定可靠性：固定、连接、焊接
- 测试方法：仪器判别、测试方法、测试次序
- 测试点引出：电流、电压、更换负载

测试点标注

- 了解不同仪器的使用特性：匹配阻抗、特殊使用方法
- 争议投诉



测试相关注意事项

■ 前期准备

备品封存
标注测试点
根据题目要求制定测试方案

■ 测试前

尽快恢复参赛作品的工作状态
自行测试主要参数
尽量不要做临时性调整、改变作品参数

■ 测试中

按照评委要求尽快完成规范测试项目
申请测试自主发挥项目
主动与评委交流
有争议时现场及时提出，作品不要离开现场

谢谢！