

南华大学黄智伟 备战 2015 全国大学生电子设计竞赛

控制类赛题分析

七、控制类作品

7.1 “控制类”赛题分析

7.1.1 历届的“控制类”赛题

“控制类”赛题是全国大学生电子设计竞赛中的一大类，在 11 届电子设计竞赛中，“控制类”赛题除了 1994、1995 和 1999 年外，其它每届都有，共有 15 题，仅次于“仪器仪表类”赛题（16 题）。历届的“控制类”赛题^[1]如下所示：

- ① 水温控制系统（第 3 届，1997 年 C 题）
- ② 自动往返电动小汽车（第 5 届，2001 年 C 题）
- ③ 简易智能电动车（第 6 届，2003 年 E 题）
- ④ 液体点滴速度监控装置（第 6 届，2003 年 F 题）
- ⑤ 悬挂运动控制系统（第 7 届，2005 年 E 题）
- ⑥ 电动车跷跷板（第 8 届，2007 年 F 题，本科组）
- ⑦ 电动车跷跷板（第 8 届，2007 年 J 题，高职高专组）
- ⑧ 声音引导系统（第 9 届，2009 年 B 题，本科组）
- ⑨ 模拟路灯控制系统（第 9 届，2009 年 I 题，高职高专组）
- ⑩ 基于自由摆的平板控制系统（第 10 届，2011 年 B 题，本科组）
- 11 智能小车（第 10 届，2011 年 C 题，本科组）
- 12 帆板控制系统（第 10 届，2011 年 F 题，高职高专组）
- 13 四旋翼自主飞行器（第 11 届，2013 年，B 题，本科组）
- 14 简易旋转倒立摆及控制装置（第 11 届，2013 年，C 题，本科组）
- 15 电磁控制运动装置（第 11 届，2013 年，J 题，高职高专组）

从历届“控制类”赛题可以看到，在“控制类”赛题中，控制对象从一个的发展到多个（例如，2011 年 C 题，智能小车就要求控制 2 台电动小车），从地上发展到天上（例如，2013 年 B 题，四旋翼自主飞行器），从单方向、单轴运动发展到多方向、多轴向运动（例如，2013 年 C 题，简易旋转倒立摆及控制装置）。在这 15 个赛题中，与电动小车有关的有 6 届 7 题。赛题的要求也是越来越高，例如：

- ① 四旋翼自主飞行器（第 11 届，2013 年，B 题，本科组）

设计并制作一个四旋翼自主飞行器，能够按照赛题要求，在指定飞行区域内进行飞行。四旋翼自主飞行器一键式从 A 区飞向 B 区降落并停机，飞行时间不大于 45s。一键式从 B 区飞向 A 区降落并停机，飞行时间不大于 45s。

飞行器摆在 A 区，飞行器下面放置一个铁片，一键式启动，飞行器拾起铁片，并从 A 区飞向 B 区，保持一定高度，并将铁片投向 B 区，并返回 A 区降落并停机，飞行时间不大于 30s。

- ② 简易旋转倒立摆及控制装置（第 11 届，2013 年，C 题，本科组）

设计并制作一个简易旋转倒立摆及控制装置。旋转倒立摆的结构如图 7.1.1 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。

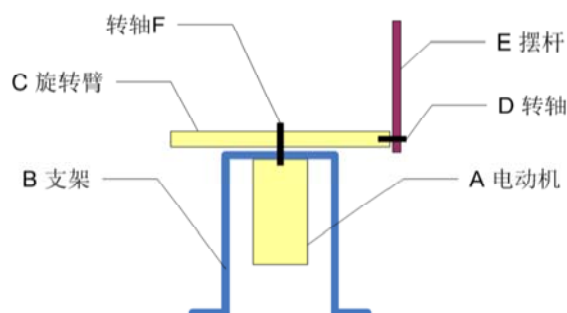


图 7.1.1 旋转倒立摆的结构

7.1.2 历届“控制类”赛题中使用的传感器

传感器及传感器模块是“控制类”赛题必不可少的组成部分。一些获奖赛题中所使用的传感器如下：

- ① 水温控制系统（1997 年 C 题）：Cu100 铜热电阻，AD590M/K（检测温度）
- ② 电动小车类：自动往返电动小汽车（2001 年 C 题），简易智能电动车（2003 年 E 题），智能小车（2011 年 C 题，本科题），电动车跷跷板（2007 年 F 题本科组，J 题高职高专组）等：OPT-033 红外发射接收对管，E3F-DS10C4 光电检测器（黑线检测），反射式红外传感器 ST188 或者 ST178H2（黑线检测），霍尔传感器（转速测量），鼠标光电码盘（转速测量，路径检测），脉冲调制的反射式红外发射接收器 E3F-DS10C4 或者反射取样式红外传感器 ST188（黑线检测），单光束直射取样式红外传感器 ST120（车速路径检测），超声波传感器 UCM40T/UCM40R（障碍物检测，距离检测），光敏电阻（光源检测），金属探测器 LJ18A3-8-Z/BY 或者 J12-D4NK，红外避障模块（防止两车碰撞），旋转编码器 E6A2-WC5C（车辆转弯角度检测），激光传感器（识别路径）。
- ③ 液体点滴速度监控装置（2003 年 F 题）：脉冲调制的红外对射接收器 ST-178（检测点滴）。
- ④ 悬挂运动控制系统（2005 年 E 题）：反射式红外传感器 T602，CMUcam 视觉板（摄像头）
- ⑤ 电动车跷跷板（2007 年 F 题本科组，J 题高职高专组）：倾角传感器 SCA103T（倾斜角度检测），单轴倾角传感器 SCA60C（倾斜角度检测），Accustar 电子倾角传感器（倾斜角度检测），光电码盘 TCST1030+码盘（行驶距离检测），AME-B002 角度传感器（检测角度），CCT001 角度传感器（检测角度），光电传感器 TCRT5000 漫反射型光电开关（循线），RPR220（循线），反射式红外传感器 ST178（循线），E3F-DS30C4 光电传感器（循线）。
- ⑥ 声音引导系统（2009 年 B 题，本科组）：话筒+LM293 比较器（声音接收），驻极体话筒+LM567（声音接收），KZ-502A 拾音器+NE5532P+LM311（声音接收）。
- ⑦ 模拟路灯控制系统（2009 年 I 题，高职高专组）：红外光电传感器（移动物体检测），光敏电阻（环境光检测），霍尔传感器（移动物体检测）。
- ⑧ 基于自由摆的平板控制系统（2011 年 B 题，本科组）：光电编码器 LEC-S15-S360BM-G05L（摆杆角度测量），线性度 0.1%单圈精密电位器（摆杆角度测量），HEDL-5540 正交编码器+ADXRS610 角速度传感器（摆杆角度测量），SAT61T 倾角传感器（摆杆角度测量），SCA100T-D02 倾角传感器（平板角度测量）。
- ⑨ 帆板控制系统（2011 年 F 题，高职高专组）：SCA60C 倾角传感器（帆板角度测量），ADXL345-gy-29（帆板角度测量）。

⑩ 四旋翼自主飞行器（2013年，B题，本科组）：超声波传感器UCM40T/UCM40R（障碍物检测，距离检测）。

11 简易旋转倒立摆及控制装置（2013年，C题，本科组）：光电编码器（检测旋转杆角度和摆杆角度）。

12 电磁控制运动装置（2013年，J题，高职高专组）：光电编码器 LEC-S15-S360BM-G05L（摆杆角度测量），线性度 0.1%单圈精密电位器（摆杆角度测量），HEDL-5540 正交编码器+ADXRS610 角速度传感器（摆杆角度测量）。

以上传感器有些可以采用现成的模块，有些需要自己设计制作电路。建议做一些训练中，掌握其特性与使用方法。

7.1.3 历届“控制类”赛题中所用到的微控制器

根据历届赛题的要求来看，赛题没有专门指定需要使用哪一种微控制器，单片机、FPGA、ARM（嵌入式微处理器）、DSP 在控制类赛题中都可以使用^[3~12]。微控制器使用的型号众多，有 AT89xx 系列、ATmegaxxx 系列、STM32Fxxxx 系列、SPCE061A 系列、SST89xx 系列、LPC21xx 系列、LM3Sxxxx 系列、MSP430Fxx 系列、MC9S12xxxx 系列、C8051Fxx 系列、STC89C 系列等。同一获奖赛题，使用的微控制器也是多种多样。

由于赞助公司的原因，通常会在个别赛题中指定使用一种该公司提供的芯片，例如：2009 年 B 题，声音导引系统，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。2013 年 B 题，四旋翼自主飞行器，飞行器控制板的 MCU 必须使用组委会统一下发的 R5F100LEA（瑞萨 MCU）。

在控制类赛题中，使用自己熟悉的、对硬件和软件掌握程度较好的微控制器是一个正确的选择。

1. 单片机

单片机是大学生电子设计竞赛中应用最多的微控制器，从往届获奖作品中来看，有各种不同型号的单片机在作品中被使用，如：AT89C52、AT89S51、AT89S52、MSP430F1611、MSP430F2274、Atmega128、PIC16F628A、ADuC841、C8051F022、W78E51B 等等。

根据竞赛要求，单片机（包括 FPGA、ARM、DSP）最小系统是可以采用成品板的，通常在赛题要求中会对其提出一些限制性的要求，如“最小系统”主要包含单片机、ADC、DAC、存储器等。

随着新技术、新器件的出现，2009 年全国大学生电子设计竞赛全国专家组讨论认为竞赛涉及的“最小系统”内涵应随着技术发展而变化，对于这个问题要本着与时俱进的原则，可以通过竞赛命题具体的约束条件予以调控。责任专家们建议不宜统一给出明确的“最小系统”定义，这样可能会限制学生、束缚命题，但也必须以合适的方式及早向社会表明专家组的基本态度，如竞赛命题对竞赛作品将增加“性价比”与“系统功耗”指标要求，以此方式间接调控参赛学校对准备“万能化”竞赛装置的攀比追逐。在命题要求中引入“性价比”指标要求，这项建议对于调控“最小系统”使用具有积极作用。本着节能原则，专家提出设计作品应有“系统功耗”的指标要求。“系统功耗”是“性价比”的某一量化评测指标，增加这两项指标要求，得到了专家们的普遍首肯。

根据增加的“性价比”与“系统功耗”这两个指标的要求，设计时应根据赛题需要选择合适的单片机（包括FPGA、ARM、DSP）最小系统，采用不同的最小系统满足设计要求。

2. FPGA

FPGA 是现场可编程门阵列（Field Programable Gate Array）的简称，主要生产厂商有 Altera、Xilinx、Lattice 和 Actel 等，其中 Altera 和 Xilinx 占有了 60%以上的市场份额，能提供器件的种类非常丰富。

FPGA 有集成度高、体积小、灵活、可重配置等优点，在控制系统中得到了越来越广泛的应用。FPGA 器件选型应注意的一些问题有：

- ① 选择主流器件（Xilinx 公司、Altera 公司、Lattice 公司和 Actel 公司）
- ② 根据应用要求选择器件（不同型号的 FPGA 适合不同的应用范围，需要根据设计要求选择）
- ③ 能够获得开发工具的支持（Xilinx, Altera, Lattice, Actel 等公司都可以提供了优秀的开发工具）
- ④ 选择器件的硬件资源（硬件资源包括逻辑资源、I/O 资源、布线资源、DSP 资源、存储器资源、锁相环资源、串行收发器资源和硬核微处理器资源等）
- ⑤ 注意器件的电气接口标准
- ⑥ 选择器件的速度等级（注意：在满足应用需求的情况下，尽量选用速度等级低的器件）
- ⑦ 选择器件的温度等级、封装、价格
- ⑧ 选择成品的开发板（在电子设计竞赛中，对于初学 FPGA 的学生来说，选择成品的 FPGA 开发板是一个不错的选择，有不少的厂商可以提供可用于电子设计竞赛的 FPGA 开发板，例如康芯公司的电子竞赛板 KX-DVP3F，达尔 EDA 实验室的 DL2C58 等等）。

3. ARM（嵌入式微处理器）

近年来，嵌入式系统在控制类赛题中也有使用，而且逐年增多，如：ARM LPC2138、ARM LPC2132、STM32F 32 位闪存微控制器等。但基本上没有使用操作系统，而是作为一个性能优良的单片机在使用，直接在芯片级进行开发，对内部的寄存器、接口等进行编程控制。

要选择好一款适合的嵌入式微处理器，需要考虑的因素很多，除了考虑硬件接口以外，还需要考虑与其相关的操作系统、开发软件的支持、配套的开发工具、仿真器和资料，以及使用者对该微处理器的了解程度、工作经验等。

目前国内有许多公司生产 ARM（嵌入式微处理器）开发板（例如，周立功公司），并且能够提供相关的开发工具与参考资料，对于参加电子设计竞赛的初学者而言是一个正确的选择。

4. DSP

近年来，DSP 系统在控制类赛题中也有使用，但很少，如：TM320LF240A 等。但基本上是直接在芯片级进行开发，对内部的寄存器、接口等进行编程控制。

DSP 的主要供应商目前主要有 TI, ADI 等公司，其中 TI 占有最大的市场份额。DSP 选型时主要考虑处理速度、功耗、程序存储器和数据存储器的容量、以及片内的资源（如定时器的数量、I/O 口数量、中断数量、DMA 通道数）等。

目前国内有许多公司生产 DSP 开发板，并且能够提供相关的开发工具与参考资料，对于参加电子设计竞赛的初学者而言是一个正确的选择。

7.1.4 历届“控制类”赛题中所用到的微控制器外围电路模块

1. 键盘及 LED 显示器

键盘及 LED 显示器电路是最常用的输入和显示电路，通常根据控制系统需要设置键和 LED 显示器的多少。也有采用数码管显示驱动及键盘扫描管理芯片（如 ZLG7290B）构成的键盘及 LED 显示器电路。

2. 汉字图形液晶显示器

汉字图形点阵液晶显示器也是最常用的显示器，通常采用带控制电路的显示器模块（如 YM12864、RT12864M、FYD12864-0402B 等）。

3. 触摸屏

触摸屏在“控制类”赛题中也获得应用。触摸屏多采用带控制器的触摸屏模块。例如，北京迪文科技有限公司生产的DMT32240S035_01WT触摸屏，其分辨率为320×240，该模块共有33MB字库空间，可存放60个字库，96MB的图片存储空间，最多可存储384幅全屏图片，触摸屏模块采用异步、全双工串口（UART）。

4. ADC 和 DAC

ADC 和 DAC 是“控制类”赛题必不可少的电路^[2~12]。例如摆杆角度测量，采用 ADC AD574A+电位器，ADC ADS1256+ADXRS610 角速度传感器+HEDL-5540 正交编码器。

常用电路结构形式有采用：ADC+DAC+单片机（如 AT89S52+10 位 ADC TLC1543，12 位 ADC MAX191，DAC TLC5618 等），一些带有 ADC 的单片机+DAC（如 ATmega128 等），带有 ADC 和 DAC 的嵌入式微处理器（LPC214x、STM32F 等）。

5. 无线收发模块

在“声音引导系统（2009 年 B 题）”和智能小车（2011 年 C 题）赛题中，用到了无线收发模块（如 nRF9005、nRF24L01、nRF2401、CC1100 无线收发模块等）^[7~12]。控制系统设计与制作时，无线收发模块通常采用成品。目前有一些生产厂商能够提供成品的无线收发模块，以“无线收发模块”为关键词，可以在相关网站查询到无线收发模块的资料。

6. 语音模块

在“控制类”赛题中，语音模块通常用来实现语音播报功能，使系统更人性化，属于加分项目。

通常采用专用的语音芯片实现，如 ISD1420、ISD4004、ISD2560 等。例如，ISD2560 是 ISD 系列录放语音集成电路之一，芯片内部包含有语音电路、大容量 E²PROM 存储器、功率放大器等等。录音过程即可以完成语音固化，所录音的内容可以永久保存，能重复录放达 10 万次^[2~12]。

也可以采用成品的语音模块实现，例如，SK-SDMP3 语音模块+音频功率放大器（如 LM386 音频功率放大器）实现。SK-SDMP3 语音模块直接支持 MP3 语音文件，支持四种工作模式：标准模式、按键模式、并口模式、串口模式；可以播放背景音乐，广告语；可以进行任意段语音的播放；模块尺寸为 44×4×08（mm³），电源电压为直流 5~9V，可以适用于各种复杂的场合^[2~12]。

7.1.5 历届的“控制类”赛题中的控制对象

1. 加热器控制

在“水温控制系统（1997 年 C 题）”赛题中，加热器采用 AC220V 供电，加热器（温度）控制采用继电器或者双向可控硅。由微控制器（如单片机）产生的 PWM 信号，通过光耦合器（如 MOC3041、TIL113）控制双向可控硅（如 BTA20/600V）导通和关断^[2,8~12]。

2. 直流电机和步进电机驱动与控制

直流电机和步进电机是控制类赛题必不可少的部分。直流电机驱动可以采用晶体管或者场效应管（如 IRF9540 等）构成的 H 桥式驱动电路、专用直流电机驱动集成电路芯片（如 LM18200T 等），以及 L298 N 双全桥驱动器电路。直流电机的速度控制通常采用 PWM 形式^[3~12]。

步进电机是一种将电脉冲转化为角位移的执行机构。当步进电机接收到一个脉冲信号，它就按设定的方向转动一个固定的角度（称为“步距角”）。可以通过控制脉冲个数来控制角位移量，从而达到准确定位的目的；同时可以通过控制脉冲频率实现步进电机的调速。步进电机的驱动控制方式与电机的结构有关，对于步进电机（如 JCQC00037、17PM-K037、35BYJ26 等）通常采用 L297+L298N 构成的步进电机驱动电路^[3~12]。

为避免电机启动时电流过大,造成电源电压下降,影响控制系统正常工作。电机驱动电路与控制系统通常采用两组供电,控制器的电机控制信号通过光电耦合器(如 TLP521、OPT04 等)控制电机驱动电路^[3~12]。

电机可以购买,驱动电路有些可以采用现成的模块,有些需要自己设计制作电路。建议做一些训练,掌握其特性与使用方法。

一些获奖赛题中所使用的电机及驱动电路如下:

① 电机:直流电机、步进电机和连续旋转伺服电机等,用来提供运动动力、平衡控制等。型号有:步进电机 KP6P8-701, 17PM-K307 四相 6 线步进电机, JCQC00037 4 相步进电机, 步进电机 PM35S-048, 步进电机 57BYG202, 步进电机 RD-023MS 等。

② 驱动电路形式: H型PWM直流电机驱动电路, 晶体管5610PNP和5609NPN互补型对管(直流电机驱动), 晶体管8050和8550(直流电机驱动), TIP122/127达林顿晶体管(直流电机驱动), IRF640/RF9540或者TIP41/TIP42(电机驱动), 直流电机+BTS7960, 直流电机+IR2104, 直流电机+L298N, MMS-1(NEC提供的电机驱动芯片)+L293D(直流电机驱动), MMS-1+6N137+L298(直流电机驱动), GAL16V8+L293B步进电机驱动器, MDA-2-15步进电机驱动器, SH-20402A型两相混合式步进电机细分驱动器, 步进电机细分驱动芯片 THB6064H, 步进电机细分驱动芯片THB7128, 步进电机驱动BA6845FS, L298N(四相步进电机驱动)等形式。

③ 隔离:用来隔离电机电路与主控制器电路。采用的型号有 4N25 光耦, OPT04 光耦, TIL113 光耦, MOC3041 光耦, JY043W 光耦, TLP521-4 光耦等。

7.1.6 系统控制方案和算法设计

“控制类”赛题中所涉及到的一些知识点,特别是有关自动控制理论与算法方面,对有些专业的同学来讲,在专业课程中是没有的,需要自己去搞清楚。这一点很重要。理论用来指导行动。没有理论基础,盲人摸象,行动一定会有困难。

“系统控制方案和算法设计”是控制类赛题的重点,对于不同的赛题,控制目的和要求都是不相同的,其“系统控制方案和算法设计”也都是不相同的。而“系统控制方案和算法设计”往往决定该赛题能否成功的关键之一。在训练过程中可以选择一些往届的赛题,适当做一些修改,进行培训。

系统方案的确定,可以分为总体实现方案、子系统实现方案、部件实现方案几个层次进行。

1. 确定设计的可行性

方案论证最重要的一点是要确定设计的可行性,需要考虑的问题有:

- 原理的可行性? 解决同一个问题,可以有许多种方法,但有的方法是不能够达到设计要求的,千万要注意。
- 元器件的可行性? 如采用什么器件? 微控制器? 可编程逻辑器件? 能否采购得到?
- 测试的可行性? 有无所需要的测量仪器仪表?
- 设计、制作的可行性? 如难度如何? 本组队员是否可以完成?
- 时间的可行性? 4 天 3 晚能否完成?

设计的可行性需要查阅有关资料,充分地进行讨论、分析比较后才能确定。在方案设计过程中要提出几种不同的方案,从能够完成的功能、能够达到的技术性能指标、元器件材料采购的可能性和经济性、采用元器件、设计技术的先进性、以及完成时间等方面进行比较,要敢于创新,敢于采用新器件新技术,对上述问题经过充分、细致的考虑和分析比较后,拟订较切实可行的方案。

2. 明确方案的内容

拟订的方案要明确以下内容：

a. 系统的外部特性

- 系统具有的主要功能？
- 引脚数量？功能？
- 输入信号和输出信号形式（电压？电流？脉冲？等）、大小（量级？）、相互之间的关系？
- 输入信号和输出信号相互之间的关系？函数表达式？线性？非线性？
- 测量仪器仪表与方法？

b. 系统的内部特性。

- 系统的基本工作原理？
- 系统的实现方法？数字方式？模拟方式？数字模拟混合方式？
- 系统的方框图？
- 系统的控制流程？
- 系统的硬件结构？
- 系统的软件结构？
- 系统中各子系统、部件之间的关系？接口？尺寸？安装方法？

c. 系统的测量方法和仪器仪表

作品设计制作是否成功是通过能够实现的功能和达到的技术性能指标来表现的。在拟订方案时，应认真讨论系统功能和技术性能指标的测量方法和测量用仪器仪表。需要考虑的问题有：

- 仪器仪表的种类？
- 仪器仪表的精度？
- 测量参数形式？测量方法？测试点？
- 测量数据的记录与处理？表格形式？数据处理工具？matlab？

3. 示例 1：水温控制系统（1997 年 C 题）的控制方案和算法^[1]

水温控制系统以 AT89S52 单片机最小系统为核心，由传感器检测电路、A/D 转换电路、单片机系统、加热控制电路、键盘显示器电路、打印机接口电路等组成。在“水温控制系统”中采用的控制算法有：DDC 控制算法、分段非线性加积分分离 PI 算法、模糊控制算法等。DDC 控制算法利用三阶多项式拟合 $t-T$ 曲线，建立系统数学模型，然后采用递归差分算法实现系统控制。在分段非线性加积分分离 PI 算法中，分段点是设定温度的函数。模糊控制算法利用典型的模糊控制系统规则和 PWM 技术实现温度的自动调节和控制。

4. 示例 2：悬挂运动控制系统（2005 年 E 题）的控制方案和算法^[4]

根据赛题要求，悬挂运动控制系统应包含有控制和信号检测两部分，其中信号检测部分通过光电传感器检测黑色轨迹，并将检测信号传回控制器进行处理；控制部分接收并处理检测信号以及键盘输入的控制信息，通过控制步进电机的转动改变吊绳长度，实现对悬挂物体的运动控制，并实时显示悬挂物体的坐标。

控制模块为系统的核心，可以采用主、从单片机控制方式。其中，主单片机通过键盘与显示器与用户沟通，读入键盘控制信息，控制画笔伸缩模块；而从单片机控制电机的驱动和寻黑线，以及实时显示笔的坐标位置。

悬挂物体的运动控制通过控制步进电机的转动改变吊绳长度实现。两个步进电机的驱动可以采用 L298N 芯片实现。控制悬挂物体运动的关键是根据目标点的当前坐标和目标坐标计算出两个步进电机所需要转动的步数。

根据赛题要求,以 80 cm×100 cm 图纸的左下角口点为坐标原点,水平向右为 x 轴正方向,竖直向上为 y 轴正方向。并设两滑轮的中心分别为 A , B , 笔尖的位置为 C 点, L_1 和 L_2 可确定其结点(即重物)的位置。因此,要想使重物运动到给定的位置 C' ,只需要确定 L_1' 和 L_2' 的长度。通过单片机精确控制步进电机 1 和步进电机 2 的转动角度,使 L_1 和 L_2 收缩或者伸长相应的距离,则可使重物在整个平面内任意运动。

在悬挂运动控制系统(2005 年 E 题)中需要按照赛题给出的要求计算笔尖的位置为 C 点的坐标。

5. 示例 3: 电动车跷跷板(2007 年 F 题)【本科组】的控制方案和算法^[5]

根据赛题要求,一个典型的系统以两片单片机作为电动车运动控制系统的核心,两片单片机协同工作,利用角度传感器、光电传感器等检测电动车运动状态,对步进电机或者直流减速电机进行控制,实现小车在跷跷板上的往返运动、寻找平衡点以及自动循迹驶上跷跷板等功能。

在电动车跷跷板(2007 年 F 题)【本科组】中,采用的控制算法有:PID 控制算法、模糊控制算法等。

6. 示例 4: 声音引导系统(2009 年 B 题)【本科组】的控制方案和算法^[6]

分析赛题要求,将声音导引系统可以分为两部分,一部分是主控制台,另一部分是以小车为载体的可移动声源。可移动声源的音频信号发生模块用于产生一定频率的音频信号,声光提示模块用于定位后的提示;主控制台的 3 个接收器模块用于接收音频信号,人机界面模块用于输入指示信号和显示系统数据,语音模块用于播报提示信息,无线收发模块用于两部分之间数据通信。

在声音引导系统(2009 年 B 题)【本科组】中,通过对声源的检测与计算,控制小车达到赛题指定的位置。

7.1.7“控制类”赛题使用的电源

电源是每个电子设计竞赛作品必须的。作为控制类赛题使用的电源,因为使用电机等功率较大的元器件,建议采用分离式的电源分别供电,功率较大的元器件采用一组电源供电,微控制器部分采用另外一组电源供电,两组电源相互隔离。微控制器可以采用开关稳压器供电。如果控制系统中有小的传感器信号(模拟信号)需要处理,这一部分电路建议采用线性稳压器电路对其进行供电。采用分离式(隔离式)供电的系统,控制信号采用光耦进行传输。对于移动式作品,如电动小车、飞行器等,建议采用锂电池供电。

建议做一些电源供电形式方面的实验(训练),掌握供电电源特性与正确的使用方法。

7.1.8 主攻“控制类”赛题方向的同学需要了解和掌握的知识

从历届的赛题来看,主攻“控制类”赛题方向的同学需要了解和掌握:

- ① 系统控制方案和算法设计
- ② 微控制器电路模块制作和编程:如:AT89S52、MSP430F1611、MSP430F2274、Atmega128、PIC16F628A、ADuC841、C8051F022、W78E51B、STM32F103VET6 等等。
- ③ 微控制器外围电路模块制作和编程:如键盘及 LED 数码管显示器模块、RS-485 总线通信模块、CAN 总线通信模块、无线收发器电路模块、ADC 模块、DAC 模块等等。
- ④ 传感器电路模块制作和编程:如光电传感器模块、超声波发射与接收模块、温湿度传感器模块、倾角传感器模块、角度传感器模块、音频信号检测模块等等。
- ⑤ 电机控制电路模块制作和编程:如直流电机驱动模块(L298 N)、步进电机驱动模块(L297+L298N,TA8435H)、舵机控制模块、光电隔离模块等等。
- ⑥ 放大器电路模块制作:小信号放大器电路模块、滤波器电路模块、音频放大器

- ⑦ 电源电路模块制作
- ⑧ 电动小车制作
- ⑨ 四旋翼自主飞行器制作

7.1.9“控制类”赛题培训的一些建议

“控制类”赛题中所涉及到的一些知识点，特别是有关自动控制理论与算法方面，对有些专业的同学来讲，在专业课程中是没有的，需要自己去搞清楚。这一点很重要。理论用来指导行动。没有理论基础，盲人摸象，行动一定会有困难。

“系统控制方案和算法设计”是控制类赛题的重点，对于不同的赛题，控制目的和要求都是不相同的，其“系统控制方案和算法设计”也都是不相同的。而“系统控制方案和算法设计”往往决定该赛题能否成功的关键之一。在训练过程中可以选择一些往届的赛题，适当做一些修改，进行培训。

电动小车是一个较好的培训载体。2011 年赛前网上传说没有电动小车，结果赛题出来，不仅有电动小车，而且还需要两部电动小车。2013 年终于没有了电动小车，但从地上发展到天上了，四旋翼自主飞行器出来了，2013 年四旋翼自主飞行器的赛题要求相对还是比较简单的，估计四旋翼自主飞行器在今后的赛题中还会出现，控制要求会更高一些。天上+地上（四旋翼自主飞行器+电动小车）一起来的赛题也是可能的。

多个控制对象，多方向、多轴向运动控制在训练中也是必须加强的。

机械结构是控制类赛题的不可缺少的重要组成部分，如小车、摆杆、风帆、飞行器等。这一部分设计制作的好坏也是影响竞赛成绩的关键。采用玩具级的模型（例如玩具小车、飞行器等）是不行的，往往在调试过程中就问题多多，如电机烧毁、齿轮损坏等，而且技术参数指标和功能实现的重复性也不好。要想获得好的成绩，必须采用专业的或者自己制作的机械结构部分（例如小车、飞行器等）。

随着全国大学生电子设计竞赛的深入和发展，电子设计竞赛从题目要求的深度、难度都有很大的提高，在竞赛规则中对微控制器选型、电路模块的采用的限制、“最小系统”的定义、“性价比”与“系统功耗”指标要求等也出现了一些变化。根据目前的竞赛规则，训练过程中制作的一些功能模块是可以在竞赛中使用的。建议训练过程中，对历届赛题中经常出现的基本电路和功能模块（如直流电机驱动模块、步进电机驱动模块、传感器模块等）进行设计与制作，制作和掌握这些模块的使用，为竞赛做好充分的准备。

根据我们在培训过程中对学生的了解，主攻“控制类”赛题方向的同学通常对数字信号处理掌握较好，而对模拟电路、小信号处理（如 2009 的音频信号）缺乏训练。模拟电路知识是电子设计竞赛中的一个重点。控制类赛题也不会是纯数字量处理（如全部都是开关动作），控制类赛题也是一个模数混合的系统，从 2007、2009、2011 的赛题就可以看到这个趋势。主攻“控制类”赛题方向的同学需要注意和加强模拟电路方面的训练。看一下 2011 年和 2013 年综合测评题，要想获得国家一等奖，模拟电路方面的训练是必须加强的。

主攻“控制类”赛题方向的同学还可以发挥自己的想象力，考虑一下还有可能出现什么控制类的赛题，还有可能出现什么样的控制算法，还有哪些传感器可能被使用（如图像识别传感器模块、色彩传感器模块、电子罗盘模块等），在培训过程中事先训练一下。