

# 电动车跷跷板

## 方案设计报告

### 指导老师

赵建

### 队员

周天（05级） 郭世忠 刘东林 王康

### 学校院系

西安电子科技大学 测控技术与仪器

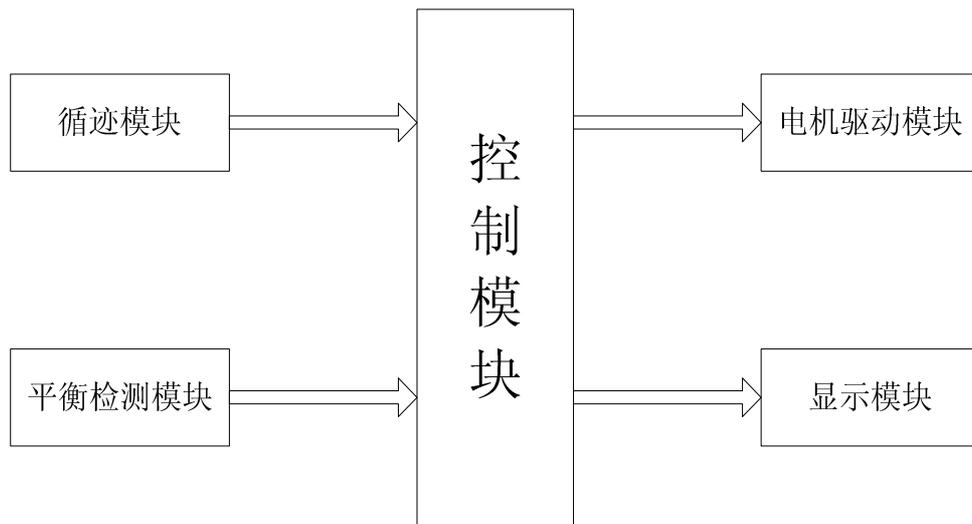
## 摘要

本作品以 07 年全国电子设计大赛中的题目“电动车跷跷板”为目标，完成其基本要求和发挥部分。小车设计成以 MSP430 单片机作为主控芯片，结合外围传感器，使小车在跷跷板上完成寻找平衡点、往返等任务。

## 方案设计与论证

通过车载倾角传感器对跷跷板倾角的高精度测量，实时的向控制系统反馈倾斜状态，系统根据跷跷板状态做出前进或后退动作，使跷跷板保持平衡及实现所要求的其他功能。为保证小车在板上平稳行使，以及从地面任意位置找到跷跷板起点，在小车的前后四角各安装了一对红外发射接收传感器，通过设定合适的光强和角度，可以探测板边界的位置，配合上软件分析引导小车行驶。

根据题目要求系统可分为五部分，分别为控制模块、光电检测模块、平衡检测模块、电机驱动模块、显示模块，如下图所示。



### 1、小车硬件平台选择

方案一：使用自制的 PCB 板小车，后两轮双轴驱动，前轮使用万向轮，左右两轮差动控制，可原地转弯。

方案二：购买市场上的玩具合适的遥控车模进行改装，后轮驱动，前轮使用舵机，使其能精确控制转弯角度，或者使用坦克车，左右两轮差动控制。

考虑方案二省去了制作的麻烦，且稳定性和各种性能均优于自制小车，所以这里采用成品玩具四驱车，移动控制更为平滑，且前轮使用舵机可更精确的控制方向。

## 2、控制芯片选择

本小车采用 MSP430F149 低功耗单片机主控芯片，该单片机 I/O 接口数量多，内部资源丰富，如包涵 12 位 AD 转换、16 位定时器、PWM 控制、USART 接口等，处理能力强大，能够轻松胜任此任务。

## 3、驱动电机选择

方案一：使用步进电机，控制精确且可测量行进距离。

方案二：使用减速电机。

考虑步进电机驱动复杂，体积大成本高，故使用减速电机外加普通直流电机驱动芯片，由 MSP430 产生 PWM 信号控制转速。

## 4、平衡检测方案

方案一：使用自制的传感器，如平衡杆、悬挂重锤、检测气泡位置等方案。

方案二：使用成品的倾角传感器，由单片机处理传感器输出的数据。

考虑自制传感器基本只能得出开关量结果，但倾角传感器能精确的反映出角度，便于应用算法使小车最快最稳的找到平衡点，故使用方案二。

## 5、倾角传感器选择

方案一：采用 SCA60C 倾角传感器，此芯片只有模拟输出，所以结合 MSP430 内部 AD 模块或者采用专用 AD 芯片采样如 ADS7813 来采集传感器信号，并转换为倾斜角度送给单片机处理。

方案二：采用 SCA100T 高精度双轴倾角传感器，此传感器为数字 SPI 输出模式，测量分辨率可达 0.003 度，具有灵敏度极高，抗冲击，抗震动等诸多优点。

比较得方案二精度高，且省去模拟量的采样，简化了系统结构，故采用方案二。

## 6、小车引导方式选择

为了使小车不至于掉下跷跷板且能平稳的走直线，有两种引导方式。

方案一：在跷跷板面上描绘黑线，使用红外对射传感器探测黑线，引导小车走过跷跷板。

方案二：在小车边缘设置数个光电探测传感器对木板边沿定位，使小车沿中线前进保证不跌落板面。

虽然方案一实现比较简单，但对跷跷板的要求方案二较为通用，只需使用普通木板或颜色较浅的板面即可，故采用方案二。

## 7、光电探测模块

方案一：使用电探测器光成品，如微型红外传感器 TCRT 或 ST 系列，体积小且开关

量输出，但有效距离一般不超过 10mm；而工业上使用的光电开关距离较长但体积过大。

方案二：使用红外发光二极管和一体化接收器自制反射式或对射型的传感器。

小车到板边沿需要距离为 100mm 左右的探测，且为了避免环境光以及杂讯干扰故用方案二。

## 8、显示模块

方案一：采用多位 LED 显示当前状态与时间等信息，并安装蜂鸣器指示状态。

方案二：使用 LCD1602 液晶显示屏显示当前状态与时间等信息，并安装蜂鸣器指示状态。

使用 LED 只能显示几位数字，其信息量有限，故采用方案二。

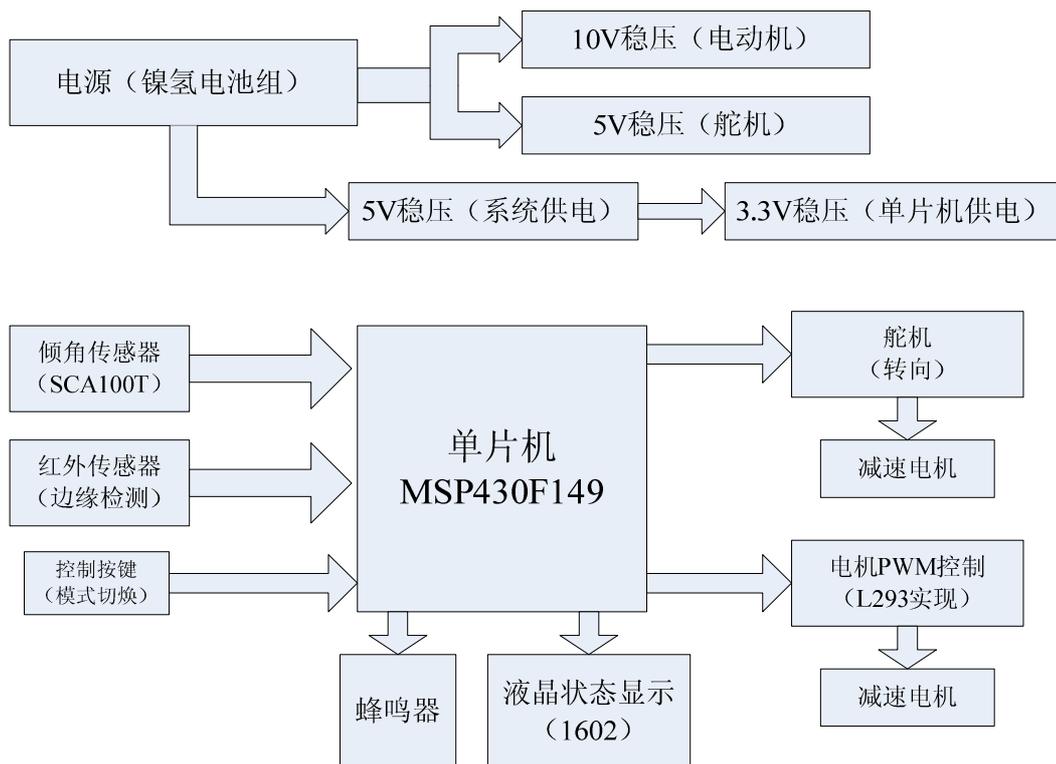
## 9、电源模块

方案一：单电源供电，由于小车体积和重量的限制，只使用单电池组。

方案二：采用控制、驱动两部分分离供电，中间采用光耦隔离，最大限度降低信号干扰。

通过体积、重量、系统功耗、电压稳定性等多方面研究，一组电池供电已经可以满足设计需要，故采用方案一。

## 系统总体设计



# 主要单元电路介绍

## 1、控制芯片——MSP430F149

MSP430F149 的性能特点如下：

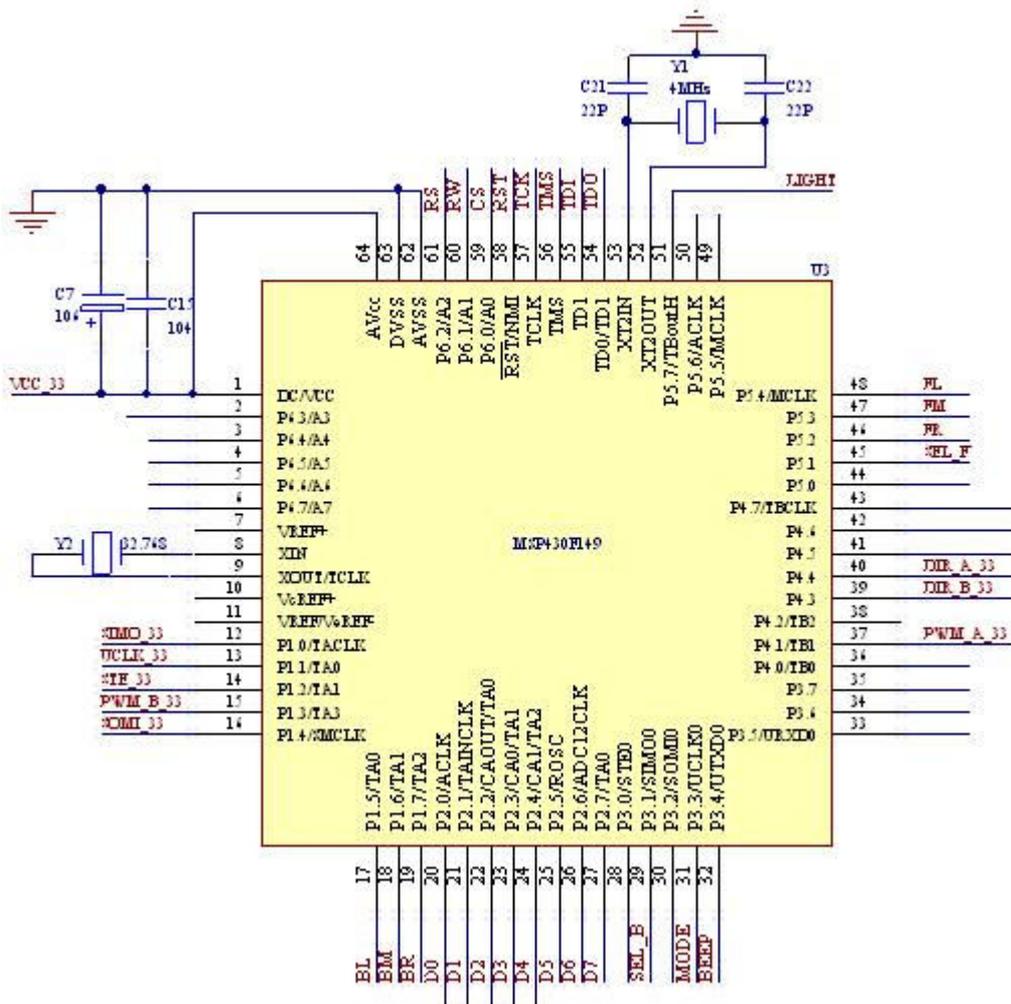
① 6 个八位并行接口；完全可以实现该系统所有信号的输入、输出，无须硬件扩展，其中 P1、P2 八位并行端口的每根口线都具有中断功能，使键盘的软、硬件设计变的非常简单。

②强大的定时器功能；TIMER-A3、TIMER-B7 分别为带有 3 个和 7 个捕捉/比较寄存器的 16 位定时器，外加看门狗定时器，可以满足系统速度的设定及各种定时需求。

③ 内置 2KB RAM、60KB 的 FLASH；

MSP430F149 所提供的丰富资源，外围硬件扩展只需做很少的工作，不仅设计变得非常简单，而且该芯片体积小、可靠性高。本方案中由于单片机为 3.3V 通信标准，所以电平转换采用 74LVC07 芯片。

本方案实际电路设计如下：





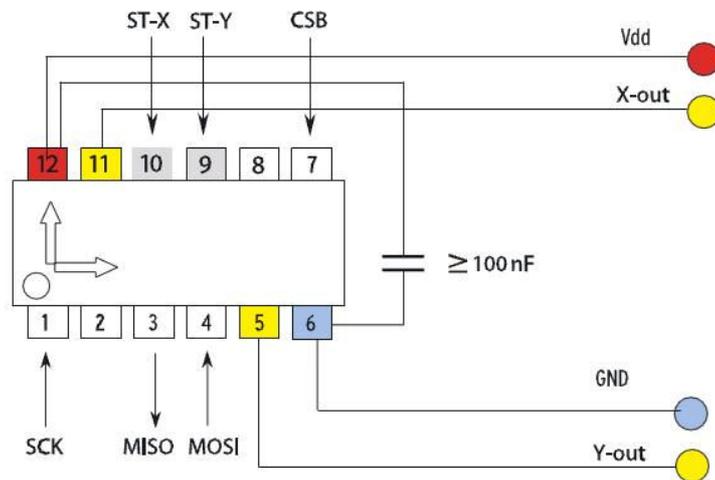
### 3、平衡检测电路

双轴高精度倾角传感器 SCA100T 由芬兰 TVI 公司生产，具有如下特点：

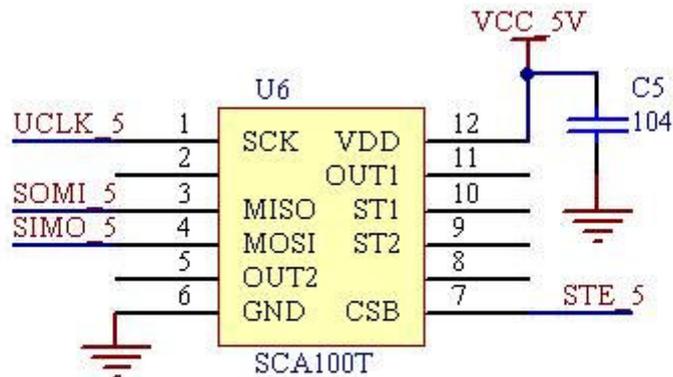
1. 双轴倾角传感器
2. 测量范围 0.5g(±30 度)
3. 单极 5V 供电
4. 高分辨率，低噪声，工作温度范围宽
5. 11bit 数据 SPI 或模拟输出
6. 内置温度传感器
7. 长期稳定性非常好



由 MSP430F149 的 IO 模拟 SPI 接口与其通信，接口电路简单。



方案实际使用电路如下：



倾角传感器

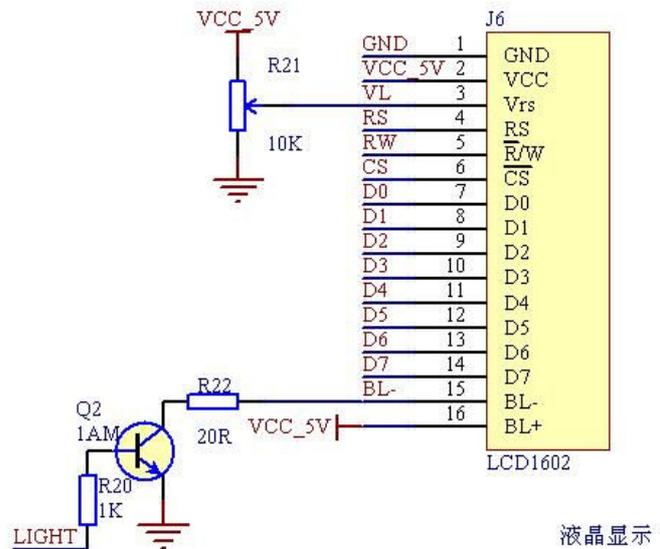


## 5、LCD 显示模块

标准 LCD1602 液晶，驱动芯片 HD44780，可以显示 16 x 2 个字符 每行显示 16 个字符，显示 2 行。可以使用 8/4 根数据线连接方式。

具体时序命令由 MSP430 通用 IO 口模拟。

其中三极管用于 IO 口控制液晶背光是否开启。



## 6、电源电路

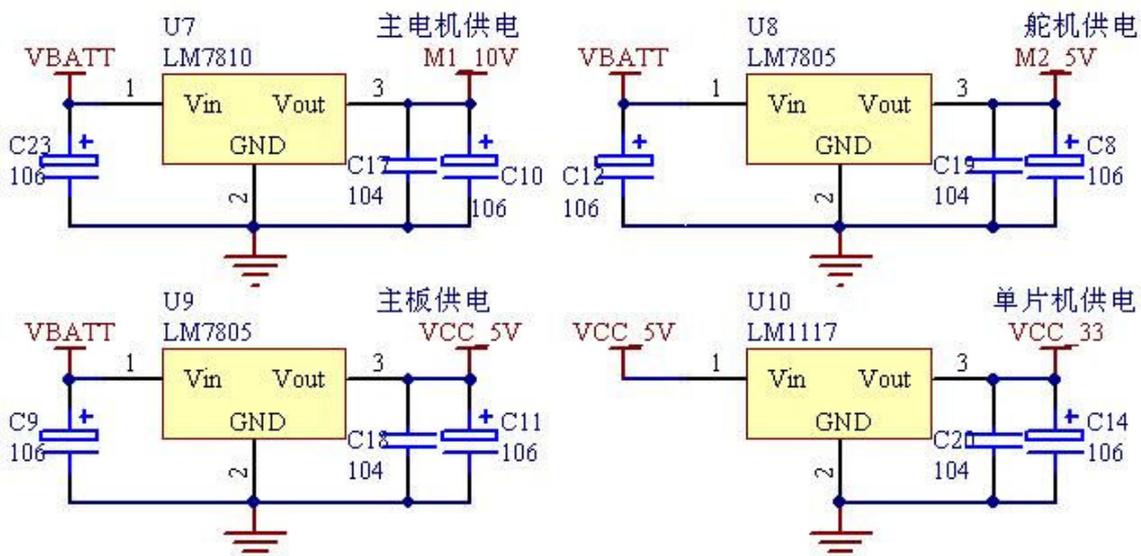
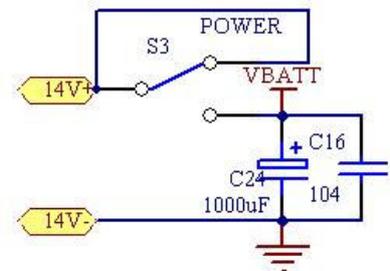
电源芯片使用 TI 的 LDO 标准三端稳压器 TLV1117、UA7805 和 UA7810，其中：

TLV1117-3.3: 800mA，内部电流限制、过热保护，低压降。主要给 MSP430 供电。

UA7805: 5V, 1.5A，为了尽量避免干扰，一路给 430 等数字器件供电，一路专给舵机供电。

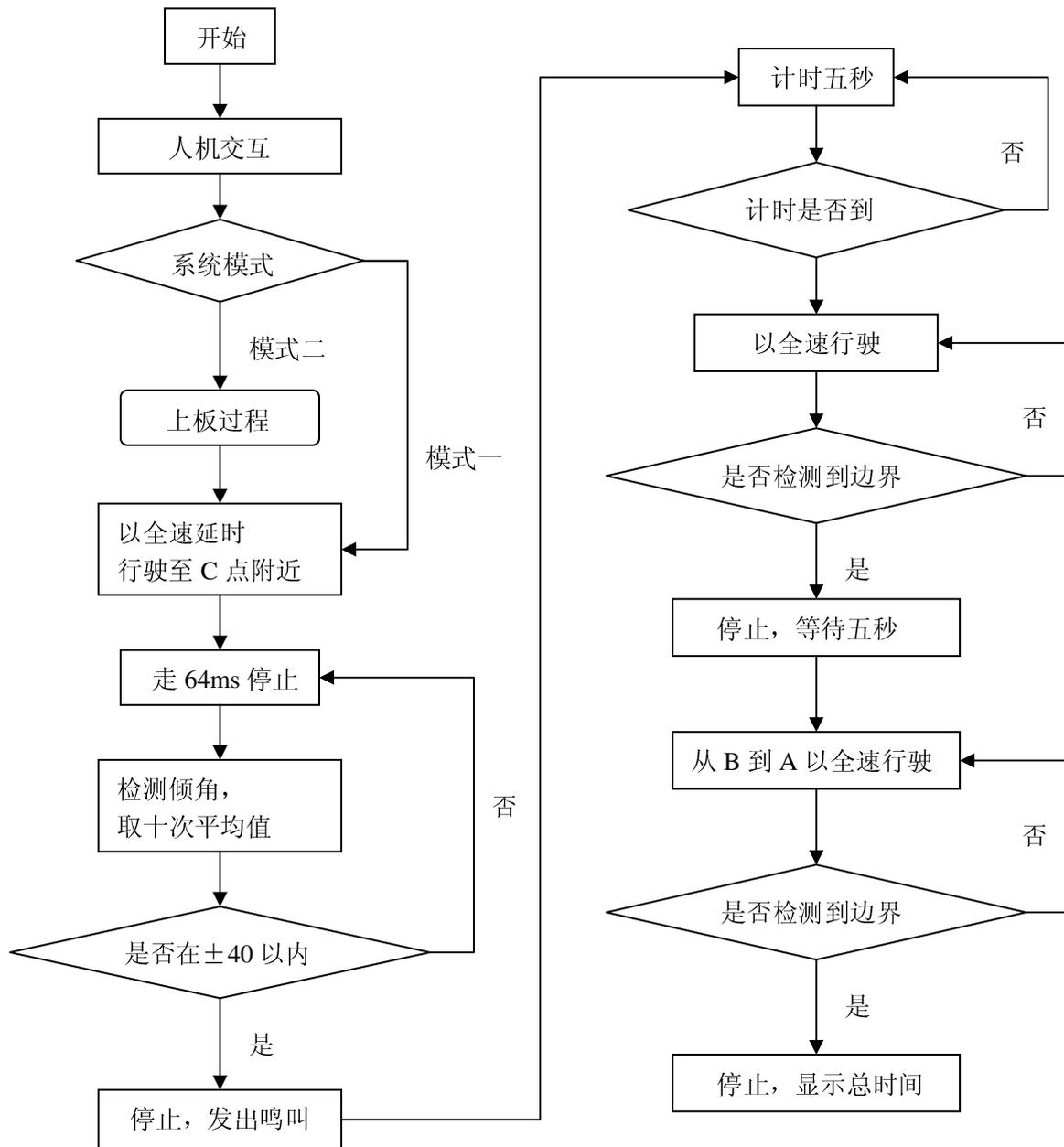
UA7810: 10V, 1.5A，考虑到本题对电机精确控制的要求，为了防止因电池电量不同而对电机速度有所影响，专门使用 7810 对电机供电。

此外，因使用单电源供电，电气干扰不可避免，设计时增加了许多大电容和滤波电容，如 14V 电池两端的 2200uF 电解，三端稳压器的 106 钽电容，和各芯片 VCC 处的 104。



# 软件设计与主要模块工作流程

## 1、整体流程图



## 2、边界扫描

为了鉴别板面和地面（最小距离只差板高 16mm），需要对红外发射和接收光路精确控制，接收和发射管都套上了遮光用的黑色热缩管，同时光斑面积和接收面积都减小到需要提高发射光强才能正常工作。

这里引用  $I_p = I_m \times \sqrt{\frac{T_0}{t_d}}$ ，式中  $T_0$  为脉冲周期， $t_d$  为脉冲宽度。通常发射管所能

承受的  $I_m$  是一定的，提高  $T_0/t_d$  的比值就可以提高  $I_p$  的值，即红外发出的瞬间功率可以提高。假设  $I_m=30mA$ ，在小车行进的同时我们使用定时中断 96ms 扫描数据， $T_0=96ms$ ， $t_d$  实测只有 400us，则  $I_p$  约为 465ma，我们采用 5V 供电，33 欧姆限流电阻，可以达到瞬间 110ma 的电流强度，而不会烧掉，同时由于功率增加，也起到避免环境光干扰的作用。

### 3、转向控制

由于采用了边界检测，事实上所采回的只是开关量：0 或者 1。这样就不能根据车的偏斜程度予以不同角度的校正。为解决这一弊端，我们通过建立一个数组，用于存储前五次的边界情况，这样就可以根据舵机的出界情况及时间长短做出相应的反应。

倒车的算法和正走不同，因为用后轮调整方向存在很大的滞后性，这里设计倒退算法分为 3 步，最后还要依据出界的情况进行大角度校正，使小车回到直线行使状态。

## 系统测试

表 1 基本要求部分

次数	A→C 时间		平衡用时		C→B 时间		B→A 时间		全程时间	平衡高度差	
	指标	实测	指标	实测	指标	实测	指标	实测		实测	指标
1	30	7.8	60	27.2	30	5.8	60	13.7	64	40	34
2	30	7.8	60	20.2	30	5.8	60	13.8	57	40	10
3	30	7.8	60	22.3	30	5.8	60	13.7	59	40	0

表 2 扩展要求部分

次数	平衡 1		平衡 2		全程时间	
	时间	高度差	时间	高度差	指标	实测
1	37.8	10	23.4	20	180	105
2	14.0	4	24.2	10	180	82
3	33.4	10	16.6	4	180	94

从以上实测数据看，本系统很好的完成了题中的各项要求，各项数据都比指标有较大提高，且实物做工精美，这说明本设计是成功的，具有优良的性能。