

# 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

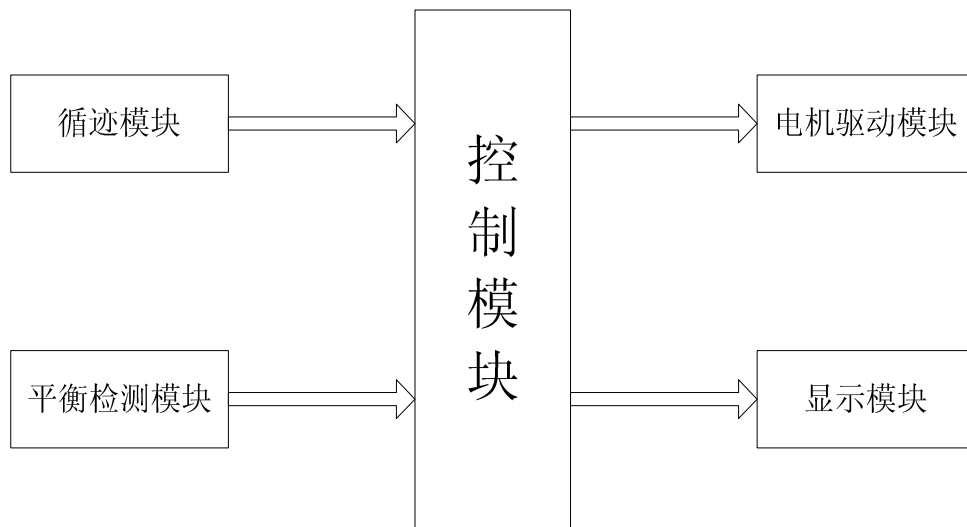
## 摘要

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，测量分辨力可达 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。

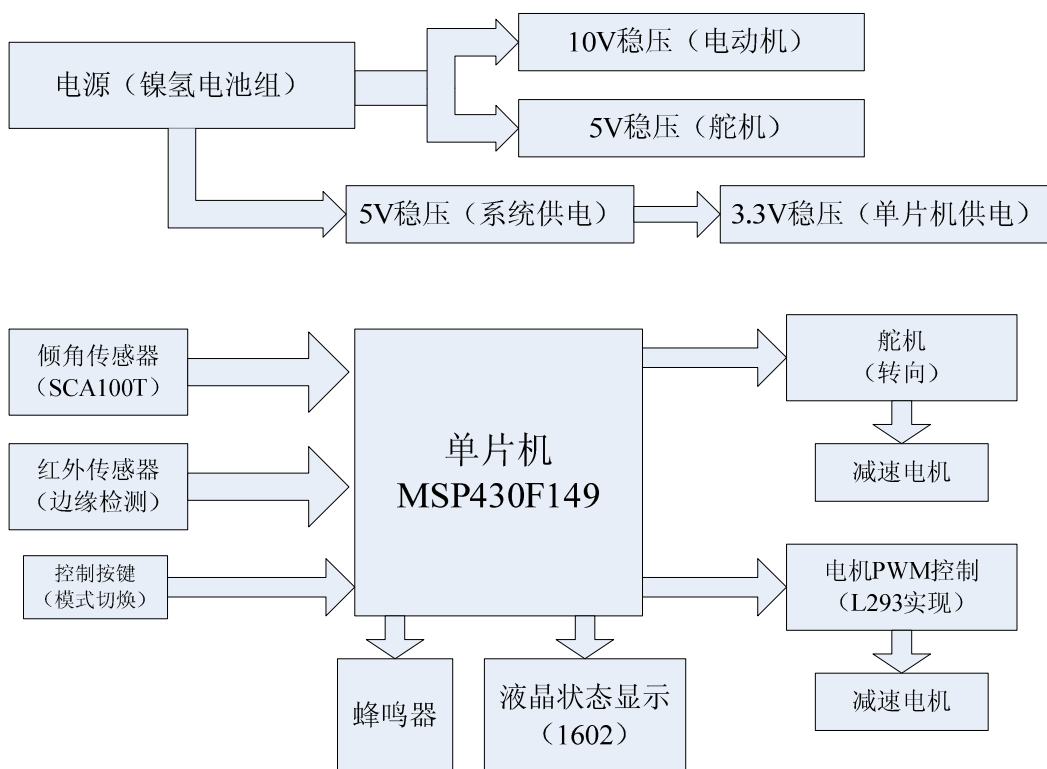
## 9、电源模块

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：

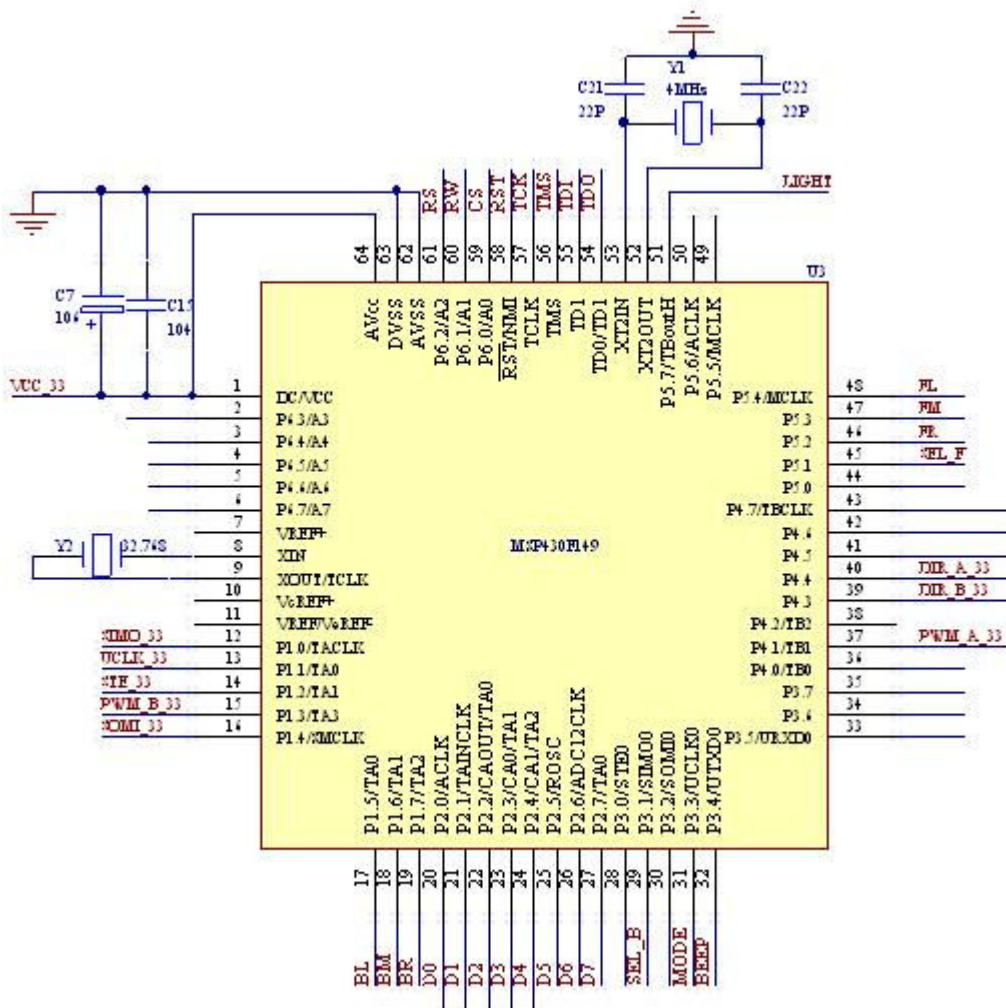
① 6 个八位并行接口；完全可以实现该系统所有信号的输入、输出，无须硬件扩展，其中 P1、P2 八位并行端口的每根口线都具有中断功能，使键盘的软、硬件设计变的非常简单。

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。

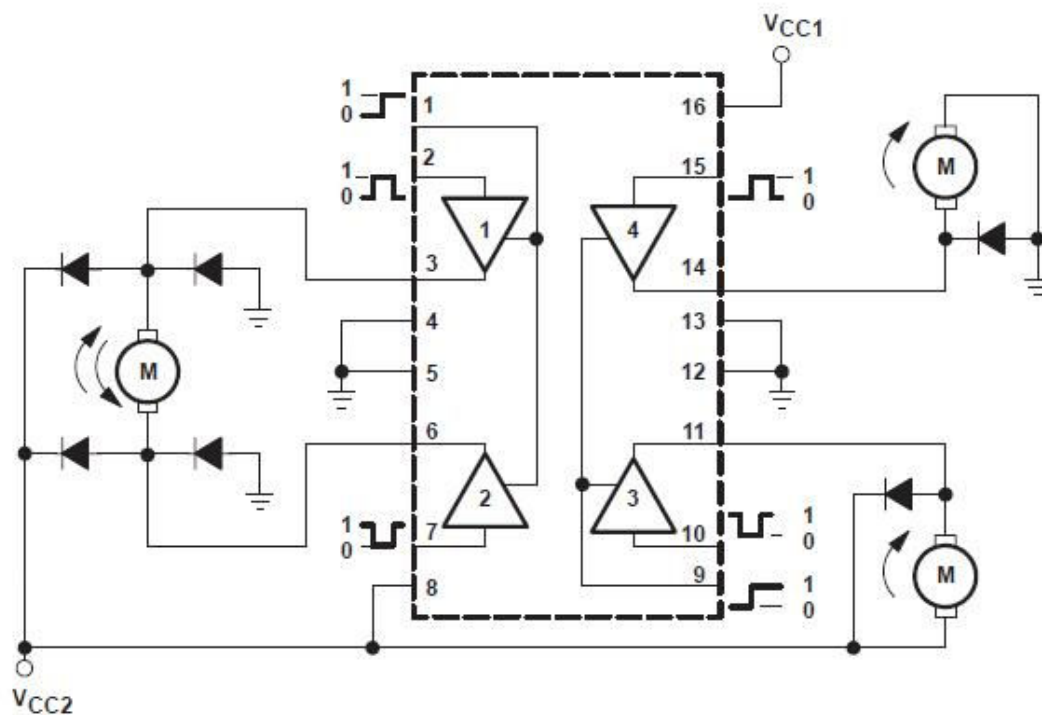
本方案实际电路设计如下：



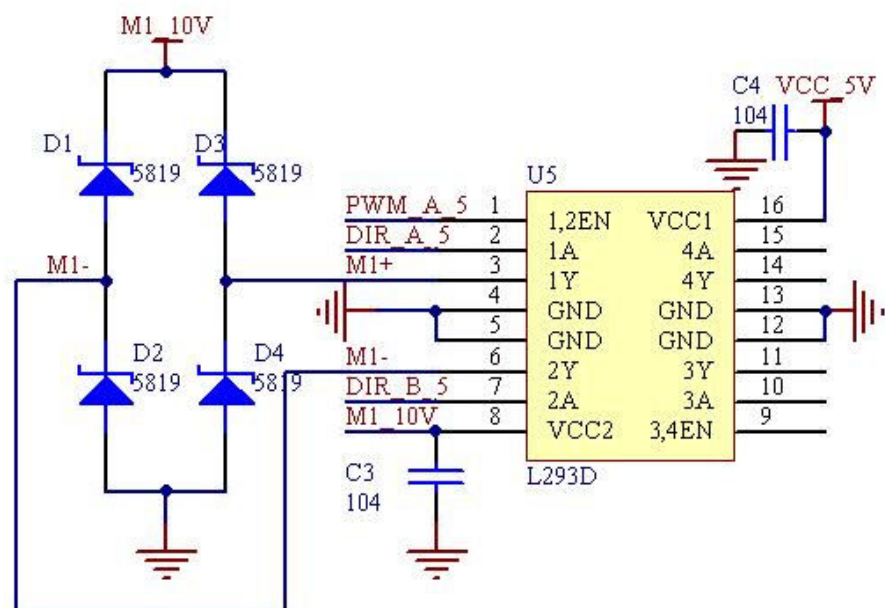
## 2、电机驱动模块

使用 H 桥芯片 L293 控制直流电机，它是典型的 H 桥型电机驱动，可利用 PWM 控制实现电机的转速调整，控制方便，经济易用。

由两引脚控制电机正转和反转，有使能端控制电机通断，由 MSP430 产生的 PWM 波控制电机的转速。



本方案实际使用电路连接如下：



直流电机驱动

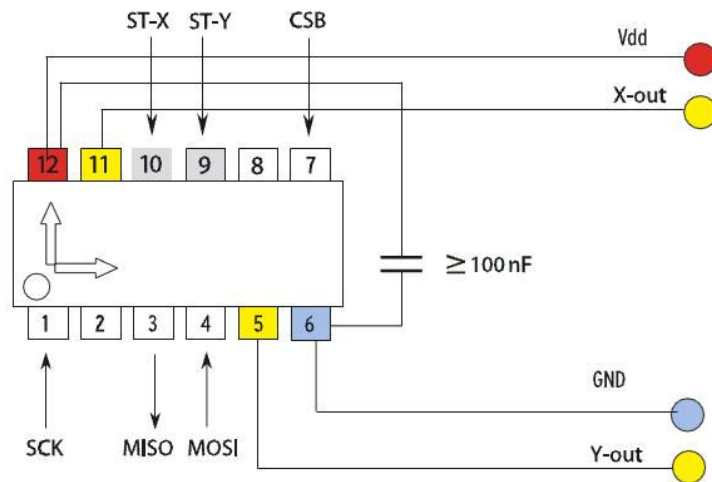
### 3、平衡检测电路

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：

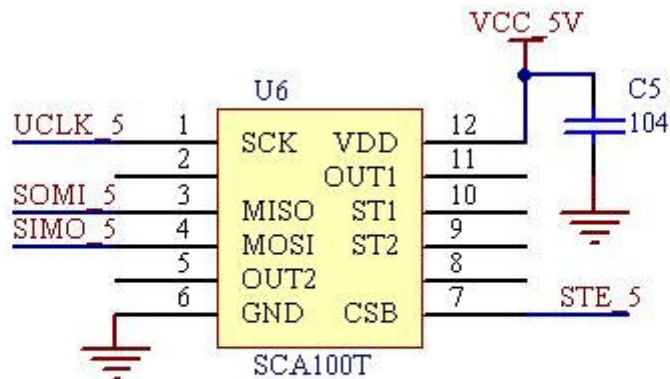
1. 双轴倾角传感器
2. 测量范围 0.5g(±30 度)
3. 单极 5V 供电
4. 高分辨率，低噪声，工作温度范围宽
5. 11bit 数据 SPI 或模拟输出
6. 内置温度传感器
7. 长期稳定性非常好



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



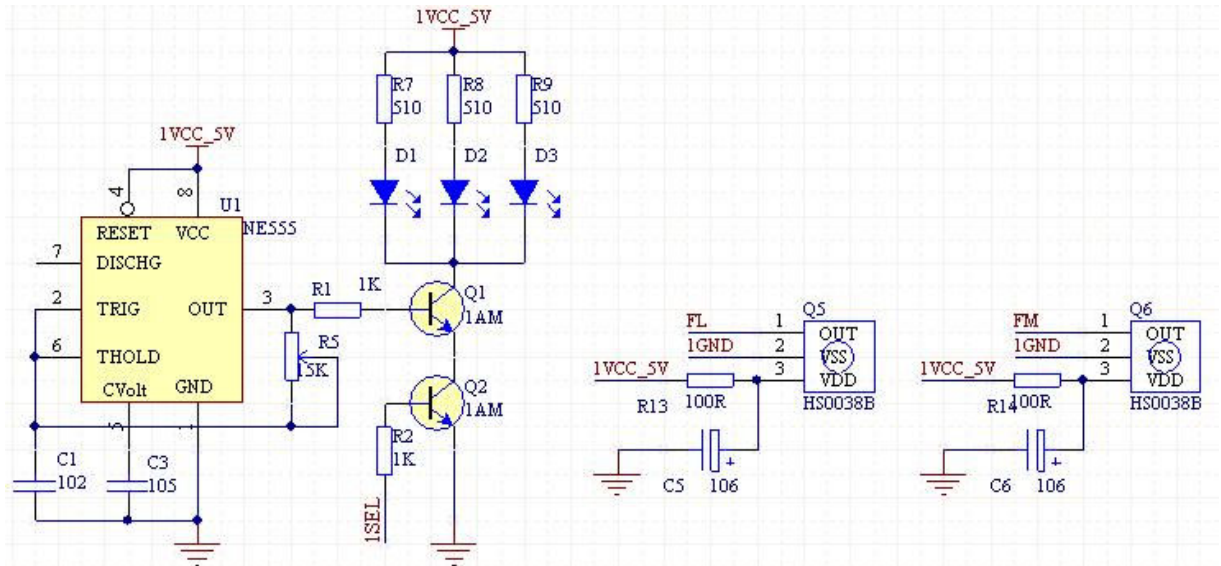
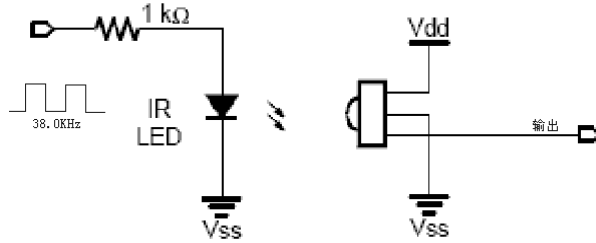
方案实际使用电路如下：



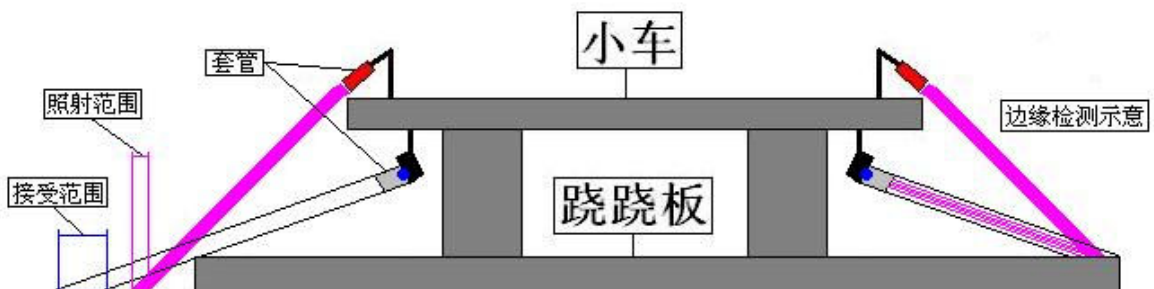
倾角传感器

#### 4、光电检测电路

这里考虑到体积问题，决定自制漫反射型的红外光电传感器。为了避免环境光以及杂讯干扰，接收端使用只对 38kHz 信号敏感的一体化红外接收头，38kHz 信号由 NE555 震荡产生，并使用普通红外发光二极管发射，这里使用三极管控制红外发光瞬间大电流发光。



原理如下图所示，在小车的两侧分别在车头车尾设立 1 对反射型红外传感器，只有发射管的光照到板上才能发生反射，所以调整好两对传感器的各自角度后，只有小车距离板边缘一定距离时发射管照射到板面的同时接收管才能能够接收到信号，这样就能对板的边沿定位。同样的小车四个角上都装上这样的传感器，用软件判断反馈的信息便能纠正小车的行使方向。



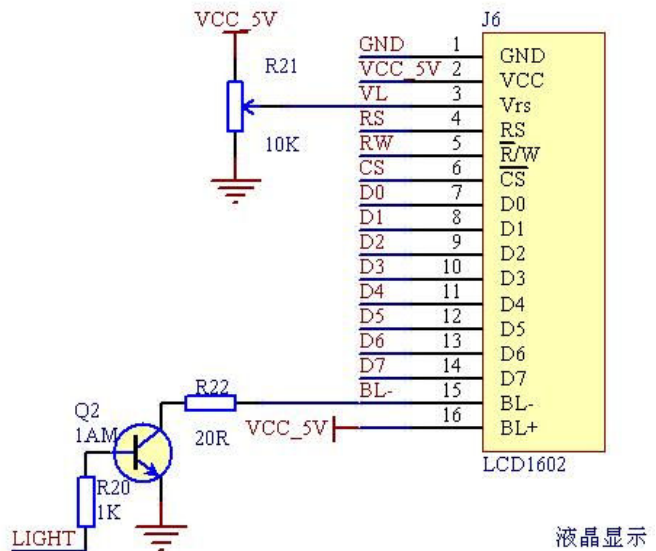


## 5、LCD 显示模块

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

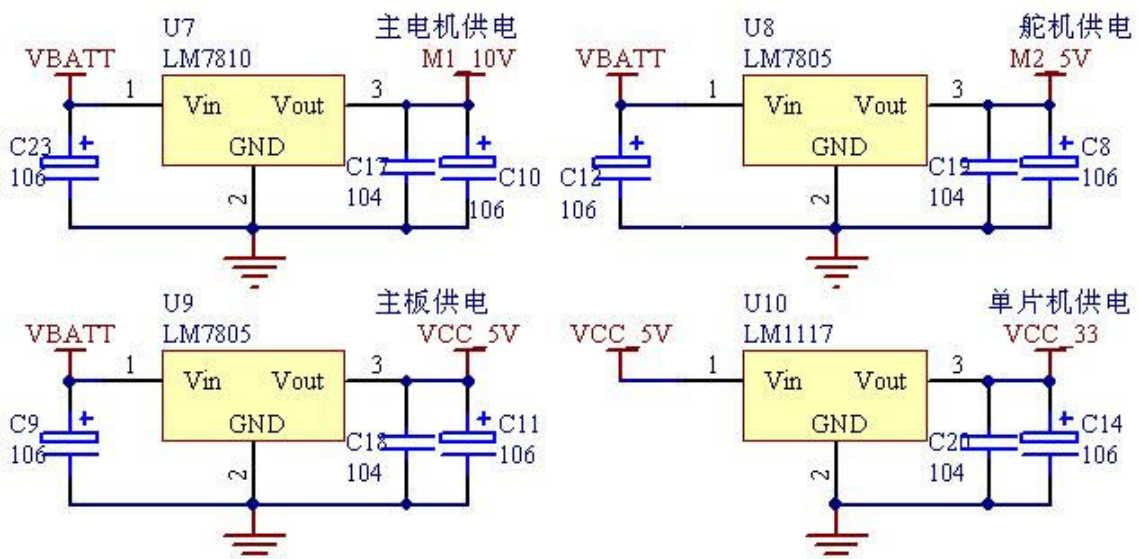
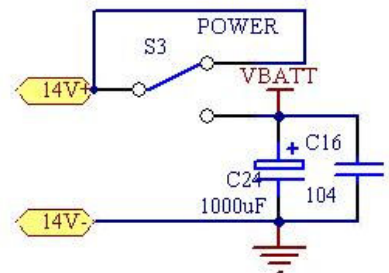
电源芯片使用 TI 的 LDO 标准三端稳压器 TLV1117、UA7805 和 UA7810，其中：

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。

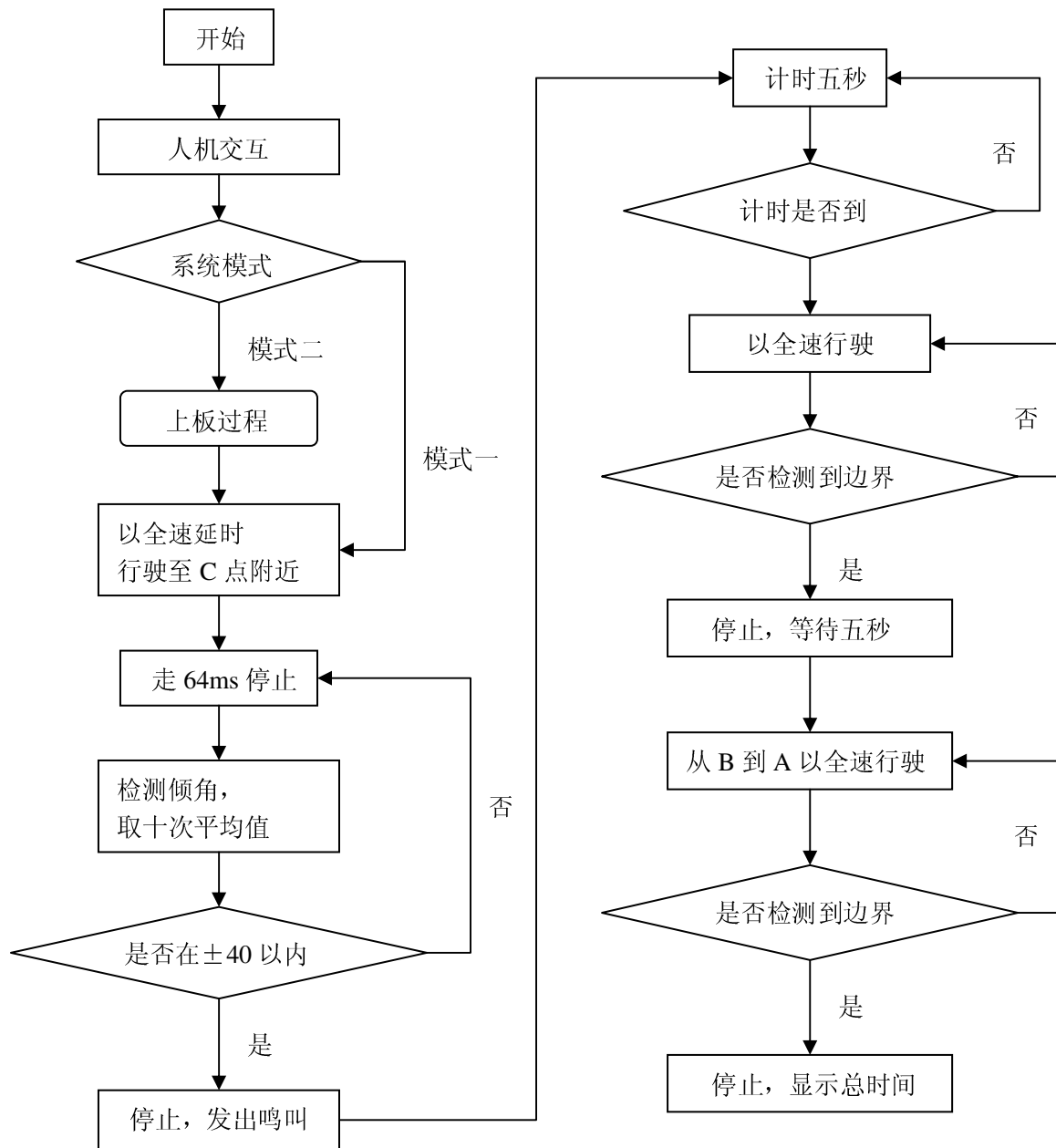
UA7810: 10V, 1.5A，考虑到本题对电机精确控制的要求，为了防止因电池电量不同而对电机速度有所影响，专门使用 7810 对电机供电。

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	实测
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。