

关于电磁智能车电路设计

林得志 刘齐更

(安徽理工大学 机械工程学院, 安徽 淮南 232001)

【摘要】由教育部高等教育司委托教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会主办的“飞思卡尔杯”全国大学生智能车竞赛在大学生中广泛的普及, 认识和参加的高校越来越多。智能车的主要模块分为硬件和软件, 硬件电路是保证智能车稳定运行的基础, 良好的硬件设计能提高智能车的性能, 本文硬件模块分为: 电源模块、电机驱动模块、MCU 模块、传感器模块和车速检测模块。通过自己的测试和使用, 整个硬件模块能良好的工作, 给智能车提供了稳定运行的环境。

【关键词】电磁智能车; 电路设计; 硬件模块

“飞思卡尔杯”全国大学生智能车竞赛由教育部高等教育司委托教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会主办, 涉及学科专业: 自动控制、模式识别、传感技术、电子、电气、计算机、机械与汽车等, 竞赛使用飞思卡尔微控制器作为核心控制模块, 通过增加道路传感器、电机驱动电路等, 制作一个能够自主识别道路模型汽车, 使车按照规定路线行进。随着比赛的逐年举办, 参加的高校越来越多, 在大学生中普及率和受欢迎程度很高。

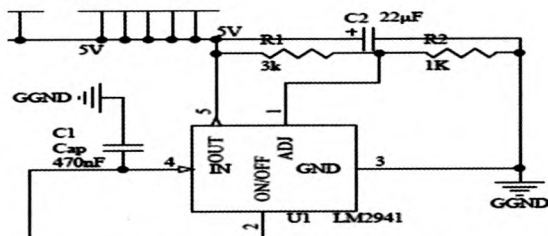
赛车的设计主要是硬件电路和软件编写, 硬件电路是整个赛车能正常运行的基础, 做好硬件电路能大大提高车的稳定性和可靠性。电磁组的硬件电路主要分为 5 大块: 电源模块、电机驱动模块、MCU 模块、传感器模块和车速检测模块。还有一些模块起辅助作用, 在调试赛车时使用。为了制作方便, 故把电源、MCU、显示和无线模块整合在一起。

1 电源模块

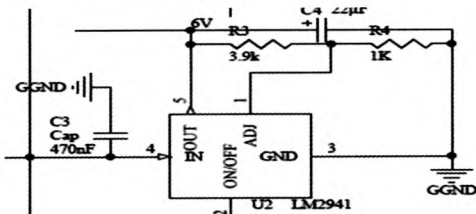
电源模块为系统的各个模块提供所需要的电源, 是小车的“心脏”。对于电源, 不但需要考虑电压范围和电流容量等参数之外, 也要在电源转换效率、降低噪声、防止干扰和电路等方面进行优化。可靠的电源模块是整个硬件电路稳定可靠运行的基础。

智能小车采用组委会提供的 7.2V2000mAh Ni-cd 电池直接供电, 而 MCU 需要 5V 供电, 舵机是 6V 电压, 无线 NRF905 则需 3.3V 电压等。需要不同的稳压芯片实现不同电压的提供, 选择两个 LM2941 分别提供 5V 和 6V 的电压, 而 LM1117 提供 3.3V 电压。

LM2941 具有短路保护、热过载保护和自我保护功能, 当电池反装或电池之间电压发生跳变时, 芯片内部的保护电路使 LM2941 和其调节电路受到保护; 发生在线瞬变, 如负载突降时, 输入电压可以暂时超过规定的最高工作电压, 这时 LM2941 芯片将自动关闭, 以保护内部电路和负载。如图 1 电路, 分别通过两个电阻调节 LM2941-ADJ, 使其输出图 1(a)5V 和图 1(b)6V:



(a) LM2941-ADJ 产生 5V 电压原理图



(b) LM2941-ADJ 产生 6V 电压原理图

图 1 电压原理图

LM1117 具有稳压性能好、噪声低、纹波抑制比高等优点并提供电

流限制和热保护。如图 2 电路, LM1117 直接输出 3.3V 电压。

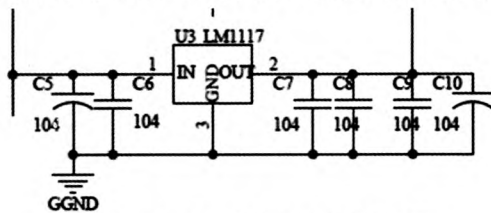


图 2 LM1117 产生 3.3V 电压原理图

2 电机驱动

电机驱动模块需要控制电机正反转和刹车, 要具有高转矩重量比、宽调速范围和高可靠性才能保证对电机良好的控制, 故驱动芯片选用的是 BTS7960。智能功率芯片 BTS7960 是应用于电机驱动的大电流半桥高集成芯片, 它带有一个 P 沟道的高边 MOSFET、一个 N 沟道的低边 MOSFET、一个驱动 IC 和带电流检测功能的 IS。

BTS7960 的应用电路比较简单, 只需要向芯片第 2 引脚 IN 输入 PWM 波就能控制。当系统中只需要单向控制时, 只需要让电机一端接地, 另一端接 BTS7960 第 4 引脚 OUT。如果需要电机双向旋转控制, 则需要另一片 BTS7960 共同组成全桥。因为要控制电机正反转, 故我们需要 2 个 BTS7960, 其原理图如图 3。

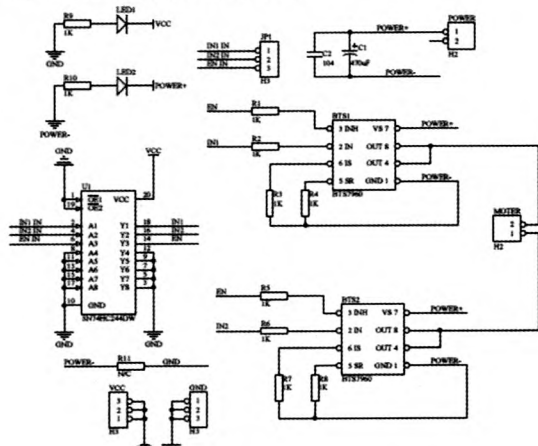


图 3 电机驱动原理图

在使用过程中, 发现要做好一定的散热的措施, 避免长时间使用, 但该芯片稳定性很好, 不会因为过热而出现种种问题。

3 MCU 模块

MCU 就是智能车的“大脑”, 指挥车如何行使, 通过程序处理传感器送来的数据, 控制舵机的方向和电机的转速, 使赛车在跑道上进行修正。为了保证 MCU 的稳定性, 直接购买了 MC9S12XS128 最小系统板, 其原理图如图 4 所示, 其中包括了外设的时钟电路、电源电路、复位电路和 BDM 引脚, 其中各部分功能如下:

1) 时钟电路给单片机提供一个外接的 16MHz 的石英晶振;

- 2) 电源电路主要是给单片机提供 5V 电源;
- 3) 复位电路在电压达到正常值时给单片机一个复位信号;
- 4) BDM 接口让用户可以通过 BDM 头向单片机下载和调试程序。

MC9S12X 系列单片机是 HCS12 系列的增强型产品, 基于 S12CPU 内核, 可达到 25MHz 的 HCS12 的 2—5 倍的性能。S12X 系列增加了 172 条额外指令, 可以执行 32 位计算, 总线频率最高可达 40MHz, 并且具备完全的 CAN 功能, 改进了中断处理能力。S12X 系列的 CPU 以复杂指令集 CISC 架构, 集成了中断控制器, 有丰富的寻址方式。中断有 7 个优先级并且内核支持优先级的调度, 最多可有 117 个中断源。

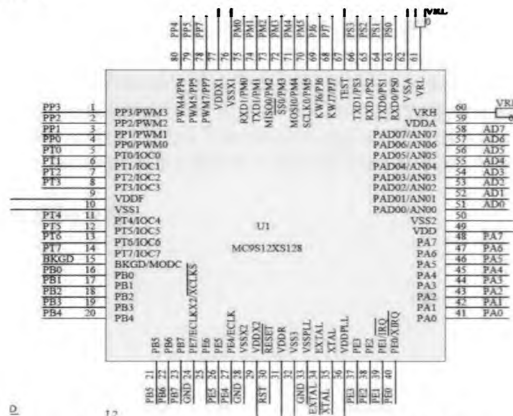


图 4 MC9S12XS128 最小系统板原理图

4 传感器模块

传感器是智能车的“眼睛”, 它负责采集信号, 给智能车指引方向, 并通过信号选频、放大和整流将其传送给 MCU, 由 MCU 处理和修正赛车的状态。电磁组的赛道信息是由 20kHz、100mA 的交流电源流经导线产生的交变磁场, 如何将电磁波能量转换为电压信号供 AD 采样成了本小车上最为关键的部分。

1) 电感的选择

市面上 10mH 的工字形电感有 6*8mm、8*10mm、10*18mm, 通过多次实验和检测, 发现电感越大, 采集的数值越容易突变, 且重量会稍大, 不利于智能车稳定运行。通过比较, 最终选择 8*10mm 的工字形电感后, 在 100mA 直导线电流时它能检测到峰峰值为 40mV 左右的电压值, 能够满足我们控制的要求。

2) 信号的选频、放大和整流

选频方式利用 LC 并联电路来实现选频电路, 对感应信号进行有效的放大。根据 LC 并联谐振公式: $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, 可求得电容值为 6.33nF, 市面上最接近的是 6.8nF 的电容, 但精度不够, 通过计算进行电容的串联, 得到 6.35nF 的电容, 因此在实际的电路中, 选用了 10mH 工字形电感和经过串联得到的 6.35nF 电容并联实现信号的选频。

信号放大是信号传输至 MCU 过程中最重要的步骤, 信号放大有两种选择: 三极管和运放。三极管放大精度低、高精度的三极管放大电路复杂而且对电路要求较高; 运放的技术成熟, 稳定性高, 放大倍数大; 故选择运放为放大器。

运放的种类有很多, 例如 LM358、LM386、NE5532、OPA627 等等, 集成运放、分立元件放大电路, 单运放、双运放, 不同的运放实现不同的功能, 经过测试, 确定了最适合的运放 LM358。

LM358 内部包括有两个独立的、高增益、内部频率补偿的双运算放大器, 适合于电源电压范围很宽的单电源使用, 也适用于双电源工作模式, 是市面上使用的最多的运放之一, 使用 LM358 能获得理想的放大值。

在电路设计过程中, 为了能获得最合适的增益, 故在引脚 3 和引脚 4 之间加了一个可调电位器, 以保证在使用时可以通过电位器选择自己需要的传感器参数值, 利用电压跟随器输入阻抗高而输出阻抗低的特点, 保证输出电压与输入电压相等, 再通过二级放大, 获得最终的信号。而且通过电压跟随器也可以避免由负载的变化而引起输出稳定性的变化, 以使负载效应最小化。传感器的最终电路图如图 5 所示。

元器件分为直插式和贴片式, 贴片式元器件相对于直插式元器件能提高传感器的稳定性和灵敏度, 电路的性能也有所提高, 干扰也有所减少。另外, 还要注意电源对传感器信号的干扰, 干扰的减少, 才能

获得较稳定的 AD 值。

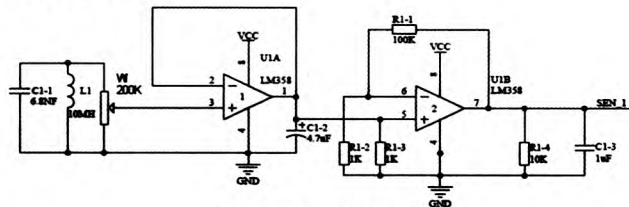


图 5 单个传感器原理图

3) 传感器的布局

布局的不同对传感器测量精度的影响也不同。排列的方式有单排、双排, X、Y 方向垂直排列。通过比较, 采用单排的方法, 均匀分布 6 个电感进行测量, 使用此方案精度高, 可以检测到更宽的赛道横向距离, 计算位置的能力也更加精确, 在小范围的变化也能产生较大的偏差, 这利于速度控制, 同是也益于舵机的及时拐弯。传感器电路图如图 6 所示。



图 6 传感器 PCB 图

4) 起跑检测

干簧管和霍尔传感器都能作为起跑检测的传感器, 干簧管的结构简单, 体积小、速度高、工作寿命长, 与电子开关相比, 它又有抗负载冲击能力强等特点, 工作可靠性很高; 霍尔传感器的价格较低, 但需要加上昂贵的电源电路和放大电路。故选用干簧管。原理图如图 7 示。

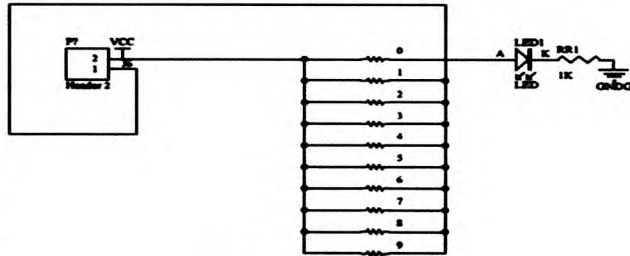


图 7 起跑检测原理图

5 车速检测模块

光电编码器是使用最广泛的车速检测模块。我们利用增量式光电编码器进行速度的测量, 反馈给单片机, 构成速度的闭环。根据不同的测速精度要求, 可以选择不同线的编码器, 线数越高, 测速精度就越高。欧姆龙出品的 500 线编码器, 该编码器不但能满足检测精度需求, 且输出量为数字信号, 直接供单片机采样以获得实际速度值, 实物图如图 8 所示。



图 8 光电编码器实物图

6 其余模块

显示模块采用的是 NOKIA5110, 用来显示 AD 值, 以便通过电位器调节, 还显示一圈需要的时间和实时速度。键盘模块和拨码开关是用来设置速度, 通过拨码开关设置固定速度, 再通过键盘模块进行小范围调节, 以设定最佳速度和最稳定速度。无线模块也是用来实时检测传感器采集值和速度, 可以更容易的找到合适的 AD 值。

这些模块只在测试时起到作用, 在正式比赛时, 就可以去掉, 以减轻车子的重量。让赛车发挥最佳性能。

7 总结

最终主控板集成了电源模块、MCU 接口、显示屏接口、拨码开关等,整体如图 9 所示。

