



廣州南方學院（中山大学南方学院）

NANFANG COLLEGE · GUANGZHOU

# 本科生课程论文（设计）

题    目： 基于 STM32 的电机状态检测系统

院    系： 电气与计算机工程学院

专    业： 电气工程及其自动化

学生姓名： 冯帅龙

学    号： 2020150145

指导教师： 王俊惠

（职 称） 教授

二〇二二 年 十二 月

## 摘 要

针对电机在运行过程中可能会出现的问题。设计一款以 STM32 微处理器为主控，具备对电机的当前转速、温度和姿态角度实时检测的系统。STM32 微处理器采集温度传感器、霍尔传感器和陀螺仪传感器，将当前的信息显示在 OLED 显示屏上。实现对电机状态的实时检测。

**关键词：**STM32；转速；温度；姿态角度；OLED

## ABSTRACT

Aiming at the problems that may occur during the operation of the motor. A system with STM32 microprocessor as the main control and real-time detection of current motor speed, temperature and attitude angle is designed. STM32 microprocessor collects temperature sensor, Hall sensor and gyroscope sensor, and displays current information on OLED display. Real time detection of motor status is realized.

**Key words:** STM32; Rotating speed; Temperature; Attitude angle; OLED

## 目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	I
目 录.....	1
第 1 章 绪论.....	1
1.1 研究背景和意义.....	1
1.2 论文研究的内容.....	2
1.3 论文的结构层次.....	2
第 2 章 总体方案的设计.....	2
2.1 设计目标.....	2
2.2 设计框图.....	3
第 3 章 硬件电路设计.....	4
3.1 STM32F1038T6 核心模块.....	5
3.2 OLED 液晶显示模块.....	6
3.3 DS18B20 温度检测模块.....	7
3.4 MPU6050 姿态传感器模块.....	8
3.5 电机驱动电路.....	8
第 4 章 软件设计.....	9
4.1 液晶显示驱动程序.....	10
4.2 DS18B20 温度传感器驱动程序.....	10
4.3 MPU6050 姿态传感器驱动程序.....	10
4.4 电机驱动程序.....	11
第 5 章 调试结果分析.....	12
5.1 电路焊接及检测.....	12
5.2 系统调试.....	13
总 结.....	13
参考文献.....	15

## 第1章 绪论

### 1.1 研究背景和意义

单片机构成的小型控制系统以其功能强大、工作稳定等优点 在近十年来的控制系统中得到越来越广泛的应用。由于电机自身故障、电机调速电路故障、电源电压的不正常变化等都可能使电机运行出现异常。对电机来说上述故障造成电机运行异常的大部分直观表现是电机的温度升高（各种故障使电机的温度升高的速度不同） 加上环境温度以及电机自身由于长期运行所产生的热量 所以如果能够快速准确地测量出电机的温度并加以控制 则可以在很大程度上保证系统的正常运行。采用单片机构成的控制系统结构简单工作稳定加之采用成熟的集成电路使系统几乎免维护符合作为检测报警系统的工程要求充分体现了其小型化、智能化的优点。而采用 C51 编写可读性较高使程序编写简单运行可靠在小型的控制系统中应用很广。

电机起初是通过模拟器的作用实现其控制系统功能的，以模拟器为核心构件的电机控制系统结构较为简单、成本低，这在一定程度上推动了电机的广泛应用，但在实际的操作使用中发现其不具备可扩展性，使电机控制系统运行效率难以保证。正是基于模拟器的应用缺陷，数字式控制芯片应运而生，其具备的可扩展性功能使得电机控制系统的运行效率得以保证。而数控式芯片也经历了一个逐步优化、不断发展的工程，使其性能不断优化、提高，更具实用性和便捷性。本文主要介绍了数字式嵌入式单片机的硬件及软件应用，通过研究表明嵌入式单片机具有较好的使用优势，能够提升电机控制系统的运行效率和安全性。

根据霍尔效应设计的霍尔传感器，在磁场中能检测磁场并能感应周围磁场的变化。霍尔传感器小体积、高灵敏度、高精度度、高可靠性的特点，广泛应用于转轴测速系统中获取脉冲信号，计算转速值。霍尔传感器有线性型和开关型两种类型，线性霍尔传感器输出的是模拟信号，而开关型霍尔传感器输出的是数字信号。该系统运用的单极型开关型霍尔传感器（A3144E），霍尔传感器的组成由电压调整器、霍尔电压发生器、差分放大器、史密特触发器，温度补偿电路和集电极开路的输出级几部分组成。在一定条件下，当有磁感应强度输入时，就会有一个数字电压信号的输出。在动力机械性能测试中，转速是其中重要的特性参数，也是电子控制系统其它参数计算的依据，同时在工业生产领域都有极为广泛的应用。对于多类传感器都可以对不同要求下的转速进行测量， 由于自动控制系统必须精准地控制发动机正常工作，所以要求传感器需要能够稳定工作，因此选定合适的传感器至关重要。

基于以上问题的分析，本课题希望设计一个基于 STM32 的电机状态检测系统，其中包括对电机的实时温度、转速和当前姿态的检测，能直观地观察到当前电机的状态，对电机的使用和养护有很大的辅助作用。

## 1.2 论文研究的内容

设计一个基于 STM32 的电机检测系统，包括信号采集模块、主控模块、动力输出模块和显示模块。整体设计思路为以 STM32F1038T6 作为主控模块。主控模块控制动力输出模块中的电机的转动、处理信号采集模块中 MPU6050 姿态传感器传来的姿态角数据、采集霍尔传感器和温度传感器的数据，最后经过处理后通过显示模块进行显示，从而得知电机的当前状态。具体分为三个部分。第一是信号采集：通过单总线协议读取 DS18B20 寄存器中的温度数据，经过处理形成温度数据；使用 MPU6050 内置的 DMP，实现载体的姿态解算，获得 Pitch 轴、Yaw 轴和 Roll 轴的数据；读取霍尔传感器中的数字信号，经处理后计算出电机转速。第二是主控：STM32F103C8T6 主控首先通过控制动力输出模块驱动电机，随后读取各传感器中的数据，经过统一数据处理后显示在 OLED 显示屏上。第三是熟悉单片机开发环境，合理分配软硬件资源，做到数据实时更新并准确显示。

## 1.3 论文的结构层次

论文的第一部分主要论述了设计电机状态检测系统的研究背景和意义，以及对其功能原理进行简单的介绍。

论文的第二部分是对设计的方案进行构思，要达到什么样的设计目标，再对此做出合理的设计框图。

论文的第三部分是对整个硬件部分的各个模块运用的技术和原理进行分析。

论文的第四部分是对所编写的软件代码及其所用到及相关技术和进行分析。

论文的第五部分是对设计出的电机状态检测这个系统进行调试，及时发现调试中遇到的问题，做出合理的解决方案。

# 第 2 章 总体方案的设计

## 2.1 设计目标

旨在设计一款具备电机转速、温度和姿态角度检测的系统，以下是设计要达到的目标。

1. 将温度传感器贴近电机，实时检测电机外表面温度。
2. 电机的扇叶上粘贴磁铁供霍尔传感器检测，通过主控接收数据并计算每分钟电机的转速

3. 配置陀螺仪姿态传感器与电机齐平，实时检测电机当前的姿态角度。
4. 将电机的当前温度、转速和姿态角度通过 OLED 显示屏显示。

## 2.2 设计框图

根据设计的目标需求，主要将电路分为电源电路、STM32F103C8T6 核心板、DS18B20 温度传感器、MPU6050 姿态传感器、霍尔传感器和 0.96 寸 OLED 显示屏。

系统工作流程：电源电路负责给整个电机状态检测系统供电，系统以 STM32F103C8T6 核心板为核心，DS18B20 温度传感器、霍尔传感器和 MPU6050 姿态传感器的信息传入 STM32 微处理器，微处理器将一系列信息经处理后显示在 0.96 寸 OLED 显示屏上进行显示。具体设计框图如图 2.1 所示

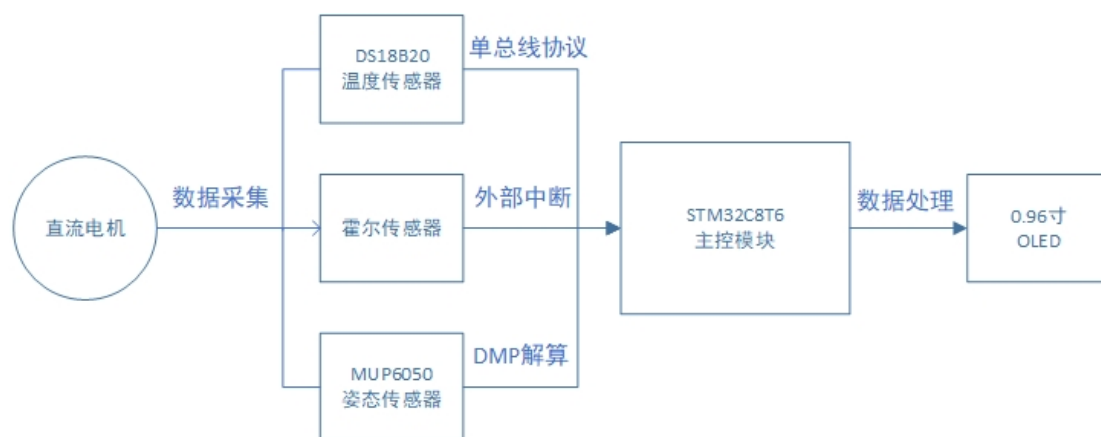


图 2.1 系统设计框图

## 第 3 章 硬件电路设计

### 3.1 硬件电路的总体设计

设计硬件电路涉及到硬件选型、系统原理图绘制和硬件 PCB 绘制。绘制选用的软件是嘉立创 EDA，电路模块主要分为以下几个模块：

1. STM32F103C8T6 核心模块；
2. OLED 液晶显示模块；
3. DS18B20 温度检测模块；
4. MPU6050 姿态传感器模块；
5. 电机驱动电路。

### 3.2 STC89C52RC 核心板模块

在本设计中采用的是意法半导体公司生产的 STM32F103C8T6 芯片为核心的核心板，核心板的实物图如图 3.1 所示；核心板在 PCB 上的引脚定义的接口图如图 3.2 所示。STM32F103C8T6 基于 ARM 32 位 Cortex™-M3 内核，电压使用范围是 2.0V ~ 3.6V，工作频率最高可以达到 72MHz，内部采用 64K 或 128K 字节 Flash 程序存储器，以及高达 20K 字节的 SRAM 数据存储器；内置 CRC 循环冗余校验以及 96 位编码（24 位的十六进制数）的芯片唯一序列号。它的主系统由 4 个控制单元（DCode 总线 D-bus、系统总线 S-bus、通用 DMA1、通用 DMA2）以及 4 个受控单元（内部 SRAM、内部 Flash、FSMC、AHB 到 APB 的桥 AHB2APBx）组成，它们通过一个多级的 AHB 总线相互进行连接。



图 3.1 核心板实物图



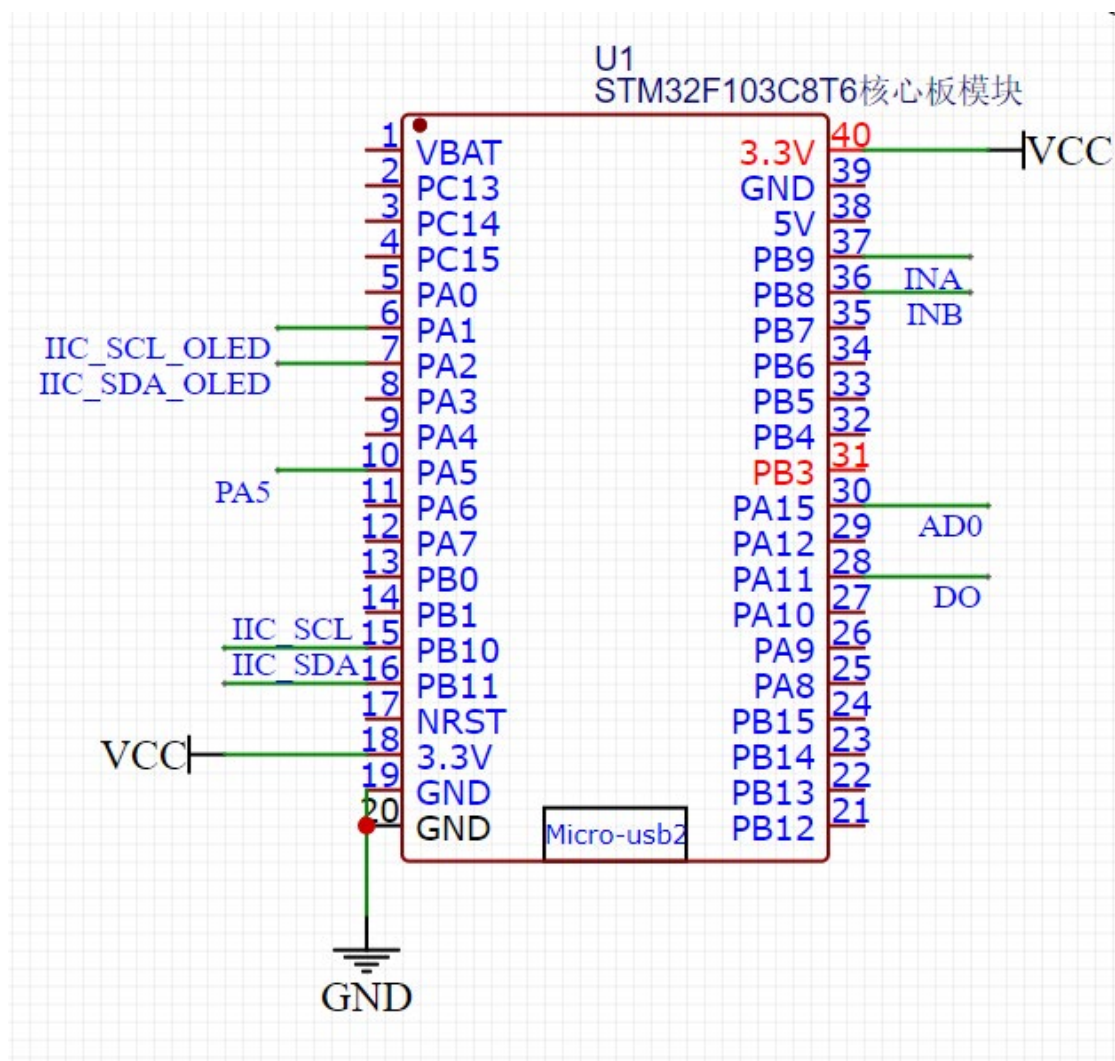


图 3.2STM32F103C8T6 接口原理图

### 3.3 OLED 液晶显示模块

OLED，即有机发光二极管（Organic Light Emitting Diode）。OLED 由于同时具备自发光，不需背光源、对比度高、厚度薄、视角广、反应速度快、可用于挠曲性面板、使用温度范围广、构造及制程较简单等优异之特性，内部 SSD1306 芯片。LCD 都需要背光，而 OLED 不需要，因为它是自发光的。这样同样的显示 OLED 效果要来得好一些。屏幕分辨率为 128\*64。本系统选用的 0.96OLED 液晶显示屏使用的是 IIC 通信协议，只需要四根线就能组成 OLED 液晶显示电路。具体电路图图 3.3 所示。



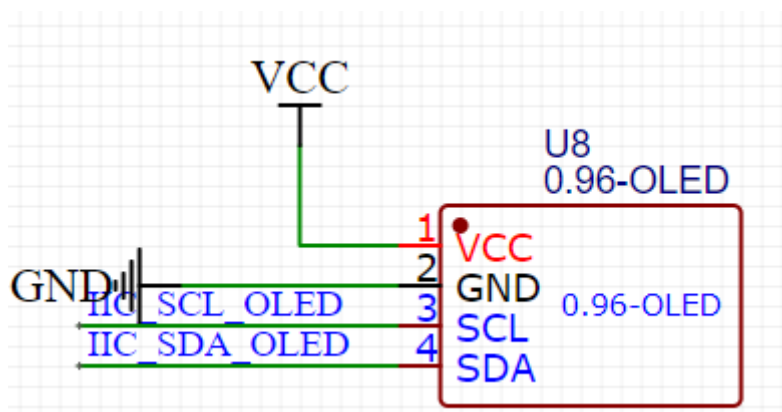


图 3.3 OLED 显示屏电路图

### 3.4 温度传感器模块

采用了 DS18B20 温度传感器检测 温度；DS18B20 可以程序设定 9~12 位分辨率，精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，可 选更小的封装方式，更宽的电压适用范围。其输出的是数字信号，具有体积小、抗干扰能力强、精度高等特点。在连接时仅需一条口 线即可实现微处理器与 DS18B20 的双向通讯。具体电路接线图如图 3.4 所示。

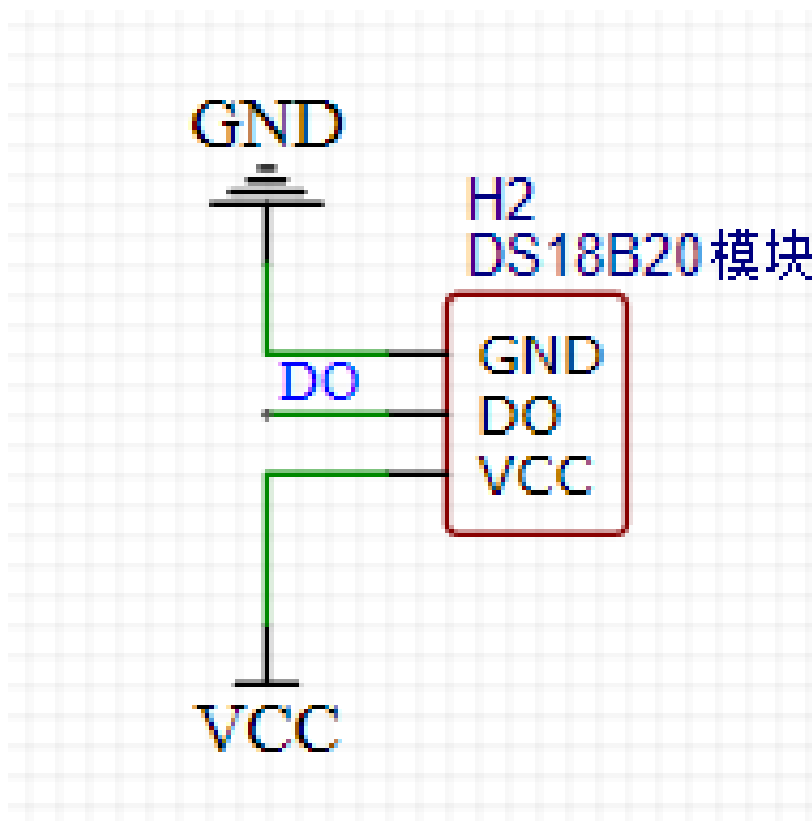


图 3.4 DS18B20 接线原理图

### 3.5 MPU6050 姿态传感器模块

MPU6050，能同时检测三轴加速度、三轴陀螺仪(三轴角速度)的运动数据以及温度数据。利用其内部的 DMP 模块（Digital Motion Processor 数字运动处理器），可对传感器数据进行滤波、融合处理，直接通过 IIC 接口向主控器输出姿态解算后的数据，降低主控器的运算量。其姿态解算频率最高可达 200Hz。本系统使用 IIC 通信进行数据传输获取数据，使用到 SCL、SDA 和 AD0 端口，具体接线图如图 3.5 所示。

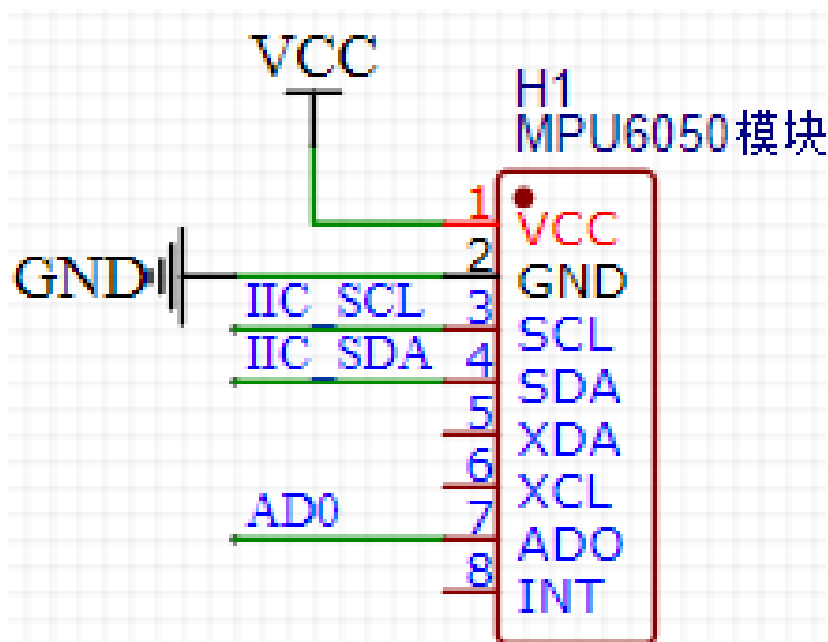


图 3.5 MPU6050 姿态传感器接线原理图

### 3.6 电机驱动

为了能实现对现实电机的状态检测，本系统还带有一个可调速的直流电机。电机类型为空心杯电机，其特性为转速较快但带载能力较弱。电机还配备了 TC214B 芯片，可以使用 PWM 技术进行调速，本系统中使用的是 100% 占空比即全速转动时的状态检测。具体原理图如图 3.6 所示。

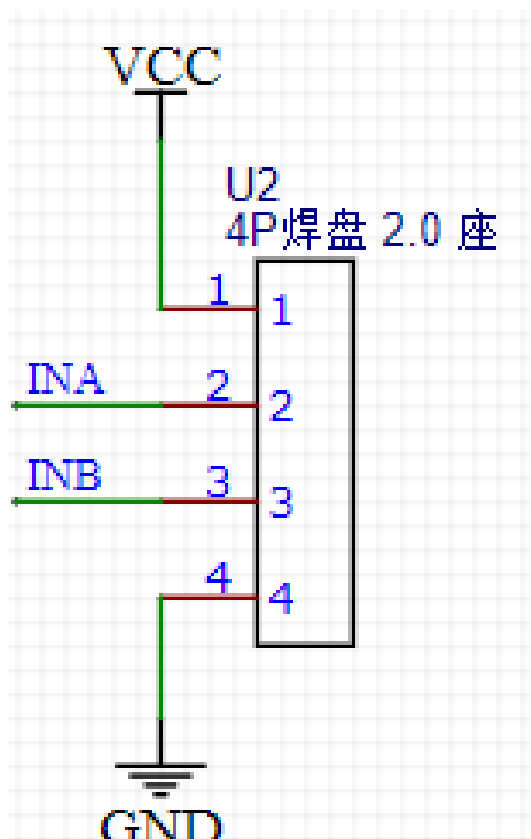


图 3.6 电机驱动电路原理图

## 第 4 章 软件设计

本设计采用的是软硬件结合进行设计的，软件部分主要是对代码的编写，主要使用到了 KEIL 和整个软件部分的代码都是使用 C 语言进行编程[。为了实现代码的模块化管理，这里将分成四个模块进行编写，分别为：

- (1) 液晶显示驱动程序；
- (2) DS18B20 温度传感器驱动程序；
- (3) MPU6050 姿态传感器驱动程序；
- (4) 电机驱动程序

### 4.1 液晶显示屏驱动程序

液晶显示屏驱动操作可以分为几步：1、发送开始信号；2、发送 OLED 的地址（第 8 位为 1 表示读，0 表示写）；4、等待应答；5、发送控制字节；6、等待应答；7、发送数据/命令；8、等待应答；参考 OLED 技术手册可知，控制字节为 0x00 时表示接下来写入的是命令；为 0x40 时表示接下来写入的是数据。如手册上关于 I2C 地址的描述，根据 DC 引脚电平的不同，地址为 0111100 和 0111101 两种，通常我们设置 DC 引脚接地，所以作为 I2C 从机的七位地址为 0111100；又因为我们与驱动 IC 交互时，都是主机发送命令或者数据到 IC，也就是只有写数据，

没有读数据，所以从机地址为 0x78。具体时序图如图 4.1 所示。

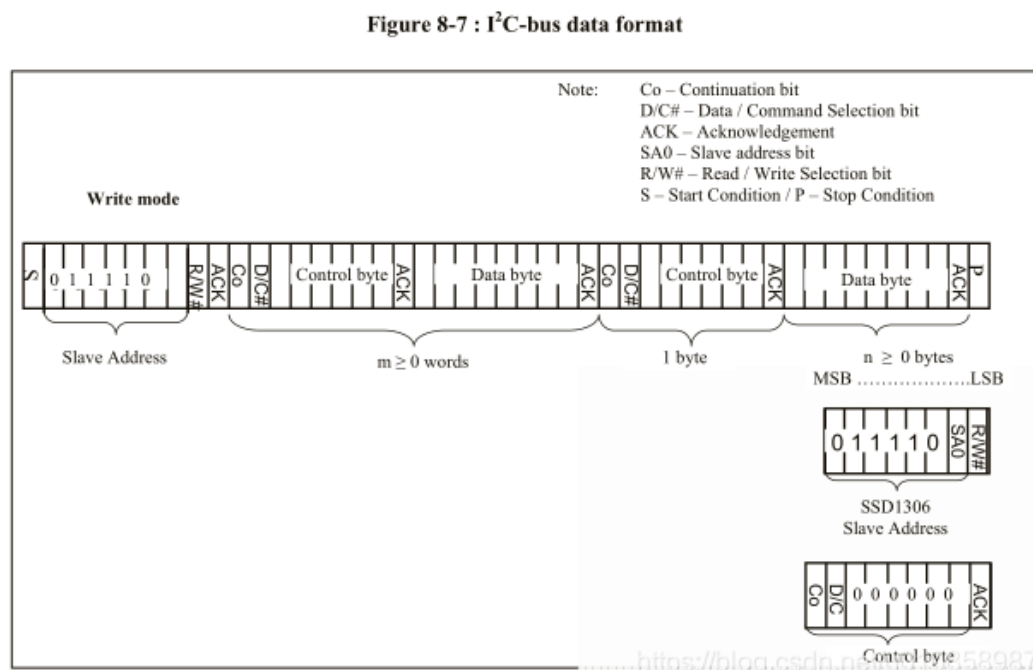


图 4.1 驱动时序图

## 4. 2DS18B20 温度传感器驱动程序

DS18B20 采用 16 位补码的形式来存储温度数据，温度是摄氏度。当温度转换命令发布后，经转换所得的温度值以二字节补码形式存放在高速暂存存储器的第 0 和第 1 个字节。高字节的五个 S 为符号位，温度为正值时 S=1，温度为负值时 S=0。剩下的 11 位为温度数据位，对于 12 位分辨率，所有位全部有效，对于 11 位分辨率，位 0 (bit0) 无定义，对于 10 位分辨率，位 0 和位 1 无定义，对于 9 位分辨率，位 0，位 1，和位 2 无定义。具体寄存器位图如图 4.2 所示。

	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
低字节	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$	$2^{-1}$	$2^{-2}$	$2^{-3}$	$2^{-4}$
	bit15	bit14	bit13	bit12	bit11	bit10	bit9	bit8
高字节	S	S	S	S	S	$2^6$	$2^5$	$2^4$

图 4.2 DS18B20 寄存器位图

当五个符号位 S=0 时，温度为正值，直接将后面的 11 位二进制转换为十进制，再乘以 0.0625(12 位分辨率)，就可以得到温度值；当五个符号位 S=1 时，温度为负值，先将后面的 11 位二进制补码变为原码(符号位不变，数值位取反后加 1)，再计算十进制值。再乘以 0.0625(12 位分辨率)，就可以得到温度值；

## 4. 3 MPU6050 姿态传感器驱动程序

MPU6050 驱动的系统机构图如图 4.3 所示。

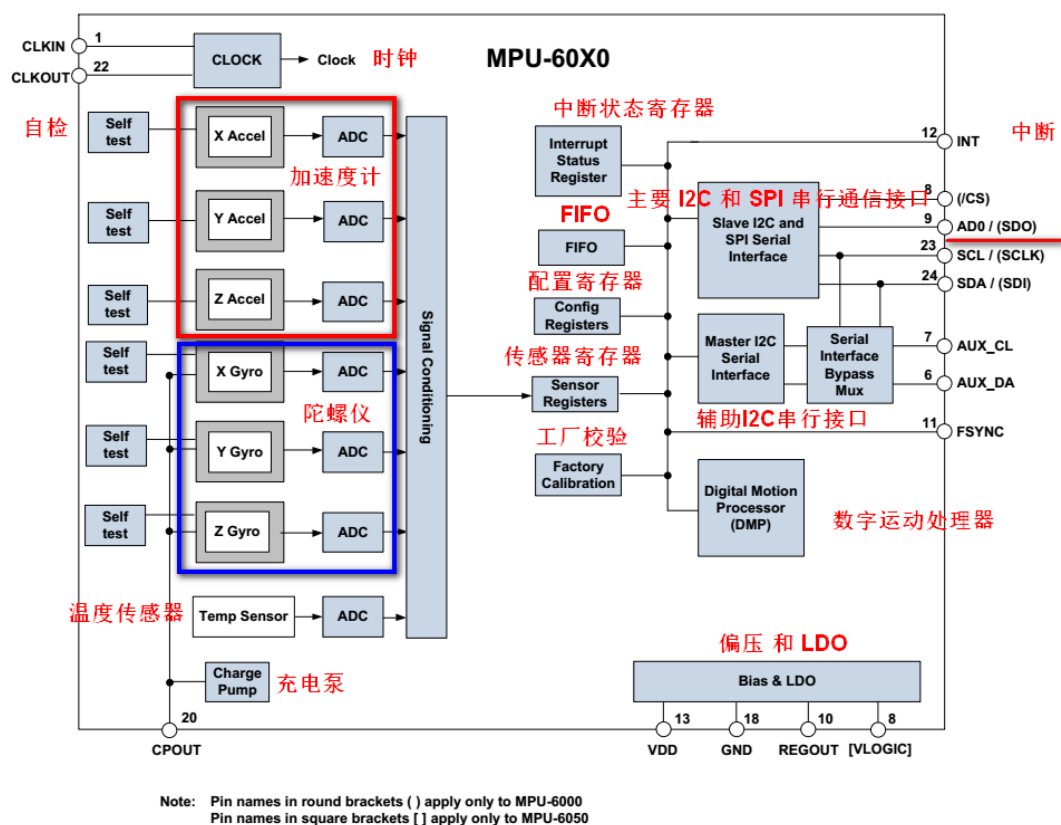


图 4.3

根据系统结构图可进行具体寄存器配置：电源管理寄存器 1（0x6B）、电源管理寄存器 2（0x6C）、陀螺仪配置寄存器（0x1B）、加速度传感器配置寄存器（0x1C）、FIFO 使能寄存器（0x23）、陀螺仪采样率分频寄存器（0x19）、配置寄存器（0x1A）、加速度传感器数据输出寄存器（0x3B~0x40）、陀螺仪数据输出寄存器（0x43~0x48）和温度传感器数据输出寄存器（0x41~0x42）。

#### 4.4 电机驱动程序

电机驱动主要是对 TC214B 芯片进行引脚信号配置，芯片的手册图如图 4.4 所示。

## TC214B (文件编号: S&CIC0964) 单通道直流马达驱动器

### 一、特点

- 单通道内置功率 MOS 全桥驱动
- 驱动前进、后退、停止及刹车功能
- 内置迟滞热效应过流保护功能
- 低导通电阻 (1.0Ω)
- 无需外围滤波电容
- 采用 SOP-8 封装形式

### 二、产品应用

- 玩具马达驱动

### 三、管脚图及管脚说明

OUTA 1 8 GND  
VCC 2 7 INB  
VCC 3 6 INA  
OUTB 4 5 GND

SOP-8

序号	符号	I/O	功能说明
1	OUTA	O	全桥输出 A 端
2	VCC	P	电源正极
3	VCC	P	电源正极
4	OUTB	O	全桥输出 B 端
5	GND	G	地
6	INA	I	接合 INB 决定状态
7	INB	I	接合 INA 决定状态
8	GND	I	地

输出信号引脚

输入信号引脚

图 4.4 TC214B 芯片手册图

根据芯片手册可知，MCU 控制 TC214B 从而进行直流电机转动方向，方向控制（即前进/后退）主要是通过控制 MCU 输出两路 PWM 在同一时刻的高低电平决定，速度控制主要是通过 PWM 输出脉冲的占空比决定。本系统中使用是是将 INA 引脚配置为高电平，INB 引脚配置为低电平，对应的是电机在 PWM 占空比为 100%时的正转状态。

## 第 5 章 调试结果分析

### 5.1 电路焊接及检测

根据设计的目标进行需求分析，选择相应的元器件，使用嘉立创 EDA 设计好原理图和 PCB 图稿，根据 PCB 图稿设计出对应的电路板，并焊接进行测试。为方便元器件拆卸和调试，使用母头的排针接口将各焊点引出将元器件接入相应位置后的实物图如图 5.1 所示。

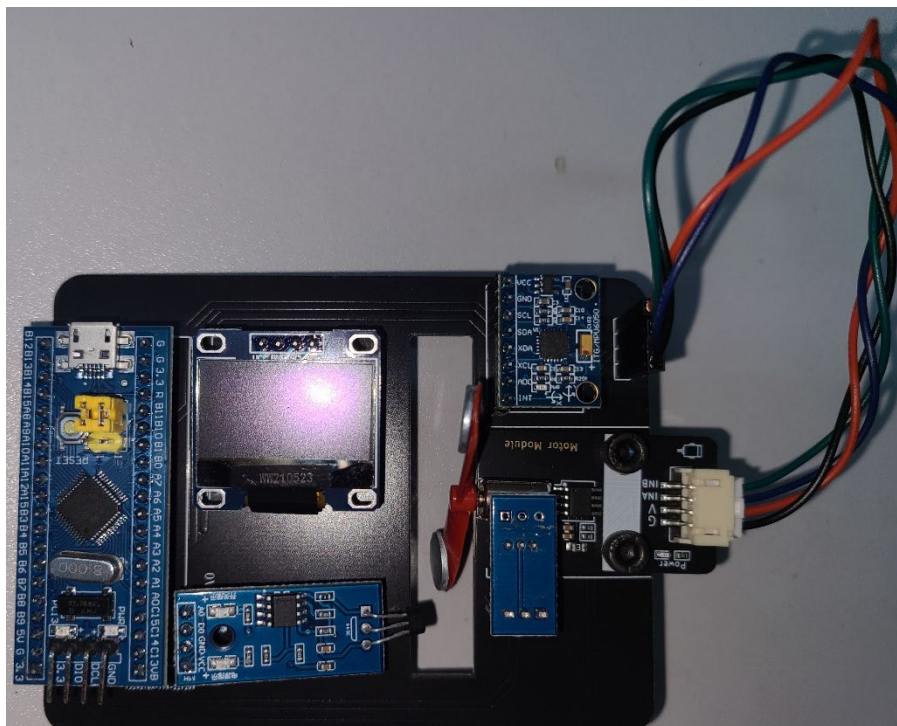


图 5.1 实物图

## 5.2 系统调试

程序成功下载到芯片中后，按下复位键进行复位，程序开始执行。在 OLED 上显示电机当前的姿态角、温度和转速。具体效果如图 5.2 所示。

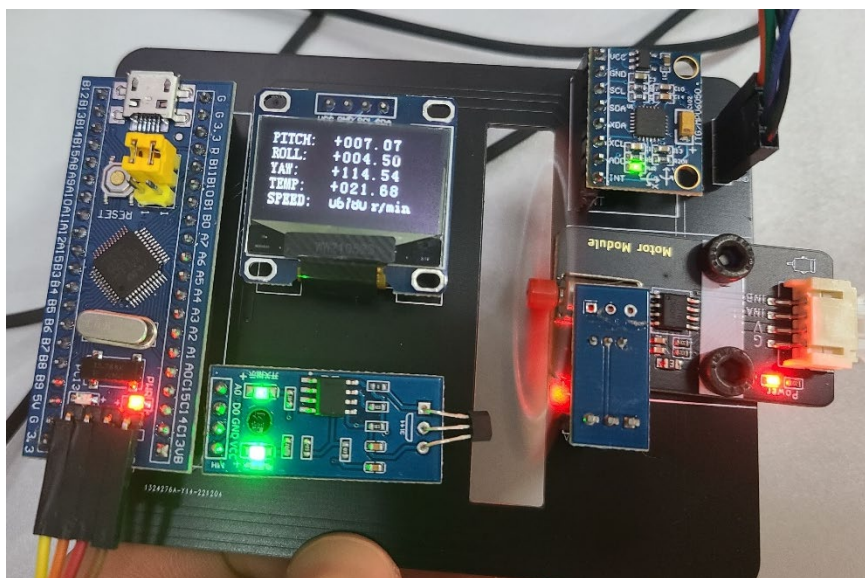


图 5.2 电机状态检测图

## 第六章 总结

本次设计是基于 STM32 的电机状态检测系统，能实时检测电机的转速、温



度和姿态角度。在设计中使用到了霍尔传感器、DS18B20 温度传感器、MPU6050 姿态传感器 0.96 寸 OLED 显示屏。通过微处理器对这些模块的控制，实现了一下几个功能：

- （1）将温度传感器贴近电机，实时检测电机外表面温度。
- （2）电机的扇叶上粘贴磁铁供霍尔传感器检测，通过主控接收数据并计算每分钟电机的转速
- （3）配置陀螺仪姿态传感器与电机齐平，实时检测电机当前的姿态角度。
- （4）将电机的当前温度、转速和姿态角度通过 OLED 显示屏显示。

我在本次课程设计中负责电机状态检测系统全程的设计和调试。在我设计和调试的过程中，不但提高了的原理图绘制和代码编写的能力，而且培养了分析问题和解决问题的思维，以及动手能力和焊接能力也得到了很大的提升。在实践中我也越来越有经验，感谢老师一个学期的悉心指导！

## 参考文献

- [1]胡向东.基于 STM32 的步进电机运动状态闭环检测系统设计[J].科技视界,2020(13):73-74.DOI:10.19694/j.cnki.issn2095-2457.2020.13.28.
- [2]徐夏怡,宫瑶,李玉衡,姚磊,易映萍.基于 MPU6050 和步进电机的高精度转动控制方法[J].软件,2020,41(02):39-43.
- [3]郭红梅.浅析新经济环境下大学生正确价值观的培养[J].现代营销(信息版),2019(12):212-213.
- [4]朱维琳.基于霍尔传感器在转速测量方面的应用[J].电子技术与软件工程,2018(22):75.
- [5]张仲明,郭东伟,吕巍,张立明.基于 DS18B20 温度传感器的温度测量系统设计[J].实验技术与管理,2018,35(05):76-79+88.DOI:10.16791/j.cnki.sjg.2018.05.020.
- [6]周正华.嵌入式单片机在电机控制系统中的应用[J].电子世界,2017(16):195.DOI:10.19353/j.cnki.dzsj.2017.16.145.
- [7]龙彬,罗维平,陈璐露.基于嵌入式系统的直流电机转速检测系统研究[J].武汉纺织大学学报,2017,30(03):60-63.
- [8]李臣龙,强俊.基于 STM32 和 MPU6050 姿态解算的研究与实现[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2017,35(02):295-298+316.
- [9]段斌.基于霍尔传感器的转速与转向测量方法[J].通信电源技术,2014,31(03):55-57+61.DOI:10.19399/j.cnki.tpt.2014.03.018.
- [10].不倒翁电动车 靠陀螺仪与电机保持平衡[J].汽车实用技术,2014(04):45.
- [11]董建军,孟涛,符悦,李志宏,何旭中,莱恩刚.直流电机转速检测与脉宽调速电路设计的探讨[J].实验室科学,2010,13(03):69-71.
- [12]陈旭高,杨正理.电机温度检测与控制系统[J].华北电力技术,2003(09):40-42.DOI:10.16308/j.cnki.issn1003-9171.2003.09.012.