

例
说

TI ARM Cortex-M3

——基于LM3S9B96



孙雪飞 胡 巍 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



例说 TI ARM Cortex - M3 ——基于 LM3S9B96

孙雪飞 胡 巍 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书共分为3篇,第1篇为硬件篇,介绍HelloM3-9B9X平台;第2篇为软件篇,介绍开发软件的使用以及下载调试的技巧,并详细介绍了驱动库的使用方法;第3篇为实践篇,通过28个实例带领读者深入学习LM3S9B96微控制器。

本书附带的光盘中包含HelloM3-9B9X平台的原理图以及所有实例的完整代码,并且都有详细的注释。对于其他型号的微控制器(如LM3S811)只须修改很少部分便可运行,有些外设功能代码甚至不需要改动。

本书条理清楚,实践性强,主要面向Cortex-M3的初学者,尤其对LM3S9B96微控制器感兴趣的读者。

图书在版编目(CIP)数据

例说TI ARM Cortex-M3:基于LM3S9B96/孙雪飞
胡巍编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2013.1
ISBN 978-7-5124-1028-2

I. ①例… II. ①孙… ②胡… III. ①单片微型计算机 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第291218号

版权所有,侵权必究。

例说 TI ARM Cortex-M3

——基于LM3S9B96

孙雪飞 胡 巍 编著

责任编辑 董立娟

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:19 字数:405千字

2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷 印数:3 000册

ISBN 978-7-5124-1028-2 定价:45.00元(含光盘1张)

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前言

Cortex - M3 处理器采用 ARMv7 - M 架构,包括所有的 16 位 Thumb 指令集和基本的 32 位 Thumb - 2 指令集架构。Thumb - 2 在 Thumb 指令集架构(ISA)上进行了大量的改进,具有更高的代码密度并提供 16/32 位指令的更高性能。

德州仪器(TI)拥有 170 款以上基于 ARM Cortex - M3 的 Stellaris 系列微控制器。Stellaris 系列微控制器具有运行速度高达 80 MHz 的 Cortex - M3 内核、嵌入式闪存、SRAM 和 ROM、32 通道 DMA、低压降稳压器、电池备份低功耗休眠功能、集成掉电复位和上电复位功能、模拟比较器、同步双路 ADC 功能、GPIO、看门狗和通用计时器(包括适用于安全关键型应用、具有独立时钟的秒表看门狗定时器)、一个 16 MHz 软件微调 1% 精密振荡器以及一个多用途外围设备接口(拥有支持 SDRAM、SRAM/闪存、主机总线和 M2M 的模式)。此系列还集成了多种串行接口,其中包括 10/100M 以太网、MAC+PHY、CAN、USB OTG、USB 主机/设备、SSI/SPI、UART、I²C 和 I²S。最后,Stellaris 系列还具有专为密集型工业电机控制(包括运动控制 PWM 和正交编码器输入)而设计的外设。

为什么选择 ARM 架构?

嵌入式系统的设计人员能以其当前 8 位和 16 位微控制器设计的价格购买到 32 位 ARM 内核微控制器,从而获得更高的性能。

为什么选择 Cortex - M3?

Cortex - M3 是 MCU 版本的 ARMv7 - M 指令集架构系列内核,特点如下:

- 针对单周期闪存的使用进行了优化;
- 确定的快速中断处理:始终为 12 个周期,或仅为 6 个周期(使用末尾连锁);
- 具有时钟门控的用于实现低功耗的 3 种休眠模式;
- 单周期乘法指令和硬件除法;
- 连动运算;
- ARM Thumb2 混合 16/32 位指令集;

- 1.25 DMIPS/MHz 优于 ARM7 和 ARM9;
- 为微控制器市场提供了 ARM7 所不具有的额外调试支持(包括数据监视点和闪存修复功能)。

为什么选择德州仪器的 Stellaris 系列?

- Stellaris 系列拥有超过 170 款成员器件供用户选择;
- 实时 MCU GPIO, 所有 GPIO 都可以产生中断, 并且具有 5 V 容限和可编程驱动强度及转换率控制;
- 高级通信功能, 包括 10/100M 以太网 MAC/PHY 和 CAN 控制器;
- 硬件和软件中的精密运动控制支持;
- 模拟比较器和 ADC 功能提供了用于平衡硬件和软件性能的片上系统选项;
- 可使用 StellarisWare 软件的高级 API 接口轻松进行开发, 该接口可与 Stellaris 外设集相连。

因此, 本书选择 Stellaris 系列微控制器作为本书的实验平台, 而 LM3S9B96 又是 Stellaris 系列中性能非常出色的微控制器, 可以完成以太网、USB、CAN 等复杂的实验功能。

全书配有 28 个例程, 每个例程均配有软、硬件设计, 并在光盘中附上例程代码(带有详细注释和说明)。28 个例程几乎涵盖了 LM3S 系列单片机的全部内部资源, 不论您是初学者, 还是经验丰富的工程师, 本书都非常适合阅读。书中的每个例程笔者都在开发板上调试通过。本书使用 HelloM3-9B9X 开发板作为实验平台, 对于没有该开发板的读者, 也可以使用自己的一套开发板, 代码一般都是可以通用的, 读者只需把底层驱动稍作修改即可。

最后, 衷心感谢北京航空航天大学出版社的大力支持; 感谢北京锐鑫同创科技有限公司胡巍、岳彩领、杨毕宣的技术支持及提供开发板; 感谢大连奥飞电子有限公司吴学洙、赵崇的技术支持; 还要感谢日冲信息有限公司戚喜译的技术支持; 也要特别感谢我的爱人给予支持和帮助。

由于时间有限, 以及笔者水平所限, 难免会有出错的地方, 如果大家在阅读过程中发现了错误或者不了解的地方, 请大家不吝指教, 我的联系方式: reayfei@163.com。在这里向大家表示真心的感谢!

作者

2012.10

目 录

第 1 篇 硬件篇

第 1 章 实验平台简介	2
1.1 HelloM3-9B9X 开发板简介	2
1.2 HelloM3-9B9X 接口	2
1.3 HelloM3-9B9X 开发板资源	2
第 2 章 LM3S9B96 和 JTAG 接口	10
2.1 LM3S9B96 性能	10
2.2 LM3S9B96 引脚图	12
2.3 JTAG 接口	13

第 2 篇 软件篇

第 3 章 Keil RealView MDK	16
3.1 概 述	16
3.2 新建工程	16
3.3 基本使用方法	20
3.3.1 编译快捷按钮	20
3.3.2 调试快捷按钮	21
3.3.3 配置快捷按钮	21
3.3.4 目标工具选项	22
3.4 Keil RealView MDK 使用技巧	24
3.4.1 快速定位函数/变量被定义的地方	24
3.4.2 快速注释与快速消注释	25
第 4 章 调试和下载	27
4.1 工程配置	27
4.1.1 设置晶振频率	27
4.1.2 设置硬件仿真	28
4.1.3 设置软件仿真	28
4.2 硬件仿真调试	30
4.3 软件仿真调试	30
4.4 映像文件下载	30

4.5 下载软件 LM Flash Programmer	31
第 5 章 驱动库	32
5.1 外围程序库.....	32
5.2 源代码.....	33
5.3 编程模型.....	34
5.4 图形驱动库.....	34
5.4.1 显示驱动层.....	35
5.4.2 基本图形层.....	36
5.4.3 控件层.....	36
5.4.4 在工程中添加图形库.....	36
5.4.5 基本图形绘制.....	36
5.5 USB 库	39

第 3 篇 实践篇

第 6 章 系统时钟配置	41
第 7 章 跑马灯实验	48
第 8 章 UART 实验	54
第 9 章 A/D 按键实验	64
第 10 章 看门狗实验.....	69
第 11 章 基于 Timer 的蜂鸣器实验.....	76
第 12 章 模拟比较器实验.....	83
第 13 章 低功耗实验.....	90
第 14 章 定时器中断实验.....	96
第 15 章 PWM 输出实验	101
第 16 章 SysTick 实验.....	113
第 17 章 EPI 实验	117
第 18 章 LCD 显示实验	126
第 19 章 触摸屏实验	131
第 20 章 外部中断实验	136
第 21 章 μDMA 实验	146
第 22 章 Flash 改写实验.....	160
第 23 章 ADC 实验	167
第 24 章 内部温度传感器实验	179
第 25 章 I²C 实验	186
第 26 章 SSI 实验	198
第 27 章 SD 卡实验.....	210

第 28 章	I ² S 实验	224
第 29 章	CAN 通信实验	230
第 30 章	USB 实验	244
第 31 章	以太网实验	256
第 32 章	μ C/OS - II 移植	267
第 33 章	IQmath 实验	276
第 34 章	Bootloader 实验	286
参考文献		295

第 1 篇 硬件篇

第 1 章

实验平台简介

本书选用 HelloM3 - 9B9X 开发板作为实验平台。下面介绍该开发板的详细配置,为以后的实验提供硬件基础。

1.1 HelloM3 - 9B9X 开发板简介

HelloM3 - 9B9X 开发板是锐鑫同创公司推出的一款基于 TI 德州仪器 Stellaris 系列高端 LM3S9B96 微控制器(Cortex - M3 内核)的全功能开发平台,是通过 EPI 接口支持 SDRAM 的 Cortex - M3 开发评估平台。LM3S9B96 是 TI 推出的 Stellaris 系列 Tempest 家族中功能最强大的一款,速度高达 80 MHz(100M MIPS)、256 KB 的程序存储区 ROM、96 KB 的数据存储区 RAM,同时支持 10/100M 以太网、USB OTG、2.8 英寸 TFT 触摸屏、SD 卡、I²S 音频,通过底板扩展支持 2 路 CAN、2 路 232、1 路 485、1 路 IrDA、6 个功能按键、4 个 LED、SPI 接口 FLASH、I²C 接口 EEPROM、蜂鸣器、电机控制接口等资源,功能强大,接口丰富,配套丰富的例程,几乎可评估和学习 Stellaris 系列的所有功能。

1.2 HelloM3 - 9B9X 接口

HelloM3 - 9B9X 开发板底板的接口如图 1.1 所示。HelloM3 - 9B9X 开发板核心板的接口如图 1.2 所示。

1.3 HelloM3 - 9B9X 开发板资源

1. 电 源

HelloM3 - 9B9X 开发板有外部 5 V 直流电源或 USB 接口两种供电方式,通过

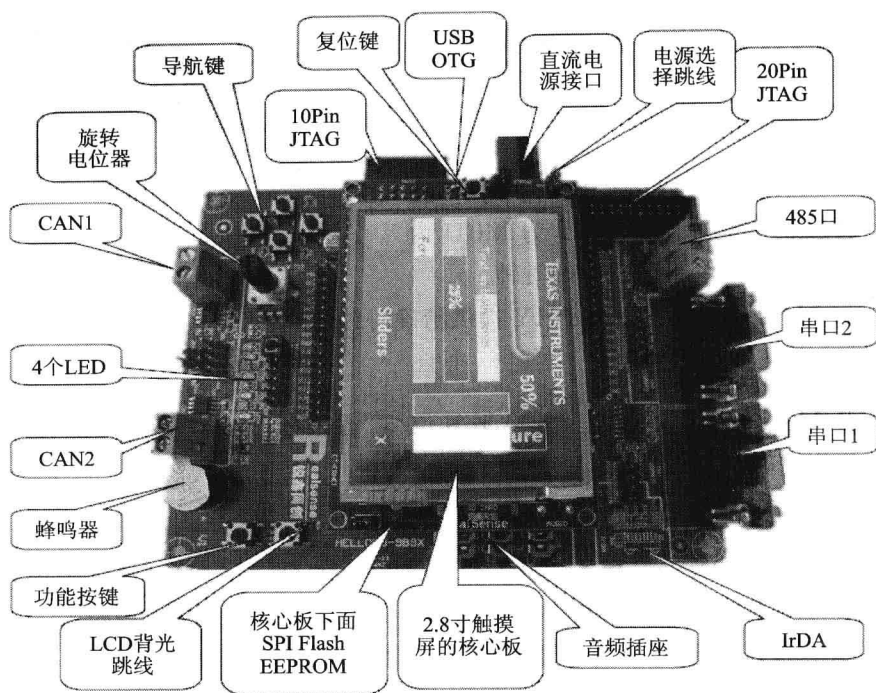


图 1.1 底板接口示意图

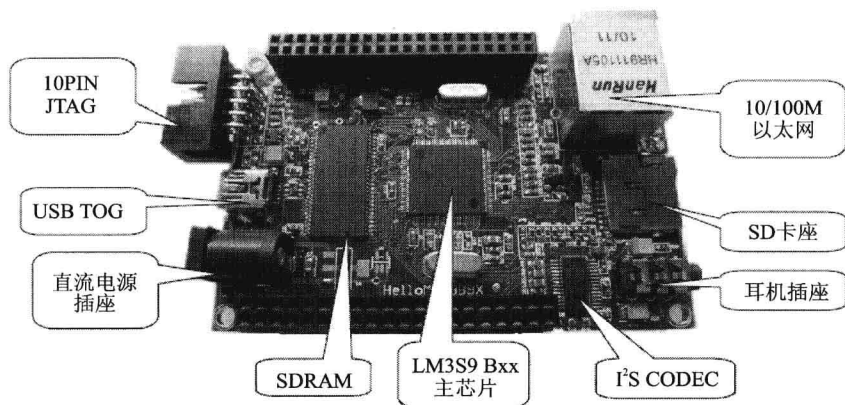


图 1.2 核心板接口示意图

核心板 JP19 选择：

- 将电源选择跳线插到核心板 JP19 的 EXT 端，选择外部供电方式，当使用 USB 的 Host 模式时，只能采用外部供电方式；
- 将电源选择跳线插到核心板 JP19 的 USB 端，选择 USB 供电方式，供电电流

小于 500 mA。

注:电源插座为内正外负型,如图 1.3 所示。

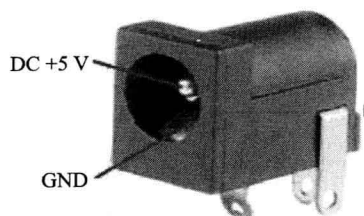


图 1.3 电源接口

2. 时 钟

- 16 MHz 晶振作为 MCU 的主时钟,可通过软件配置内部 PLL,为 MCU 内核和外设提供更高频率的时钟。
- 25 MHz 晶振为以太网 PHY 提供精确时钟。

3. 复 位

HelloM3 - 9B9X 开发板为低电平复位,可通过核心板上的复位按键 RESET (SW1)复位。

4. USB

HelloM3 - 9B9X 开发板的全速 USB 支持 Host、Device、OTG 这 3 种模式,5 脚的 MINI - AB USB OTG 插座可通过提供的 USB 线支持所有这 3 种模式。

- USB 接口具有 ESD 防护器件,可高达 15 kV ESD 防护。
- 板载 TPS2051 电流限制电源开关,监测 Host 模式下的 USB 口。当 USB 外设电流超过 1 A 或长时间超过 500 mA 时,电源开关将迅速切断电源,并通过 USB0PFLT 将故障状态告知 MCU。

MCU 引脚与 USB 接口对应关系如表 1.1 所列。

表 1.1 MCU 引脚 USB 对应功能

MCU 引脚	功 能	MCU 引脚	功 能
Pin 70 USB0DM	USB Data-	Pin 67 USB0VBUS	VBUS 电平监测
Pin 71 USB0DP	USB Data+	Pin 72 USB0EPE	Host 电源使能信号(高有效)
Pin 73 USB0RBIAS	USB 偏置电阻	Pin 65 USB0PFLT	Host 电源故障信号(低有效)
Pin 66 USB0ID	OTGID 信号		

5. 人机接口 LCD

HelloM3 - 9B9X 开发板提供了带有触摸的 2.8 英寸、26 万色 QVGA TFT 液晶屏(分辨率 320×240)。MCU 通过 PD 口与液晶屏数据口并行连接,其余接口如表 1.2 所列。

注:LCD 的背光默认由核心板上的 JP21 控制,安装短路环打开背光,去掉短路环关闭背光;也可由 I/O 口 PH7 控制背光,需要将核心板上的 JP11 短路,同时去除 JP21 的短路环。

表 1.2 MCU 引脚 LCD 对应功能

MCU 引脚	功 能	MCU 引脚	功 能
PE2/AIN9	Touch X+	PH6	LCD Write
PE3/AIN8	Touch Y+	PJ7	LCD Read
PE6	Touch Y-	PF0	LCD Data/Control Select
PE7	Touch X-	PH7	Backlight Control
PB7	LCD Reset		

6. 10/100M 以太网

得益于 LM3S9B9X 集成了 MAC 和 PHY 的强大功能,HelloM3-9B9X 只增加了集成变压器的 RJ45 网口和一些阻容器件,便构成了完整的 10/100M 以太网接口;TX 和 RX 采用差分布线连接到 RJ45 网口上,LM3S9B9X 集成的 PHY 具有 MDI/MDI-X 交叉切换功能,TX 和 RX 可以通过软件设置进行交换,既可以直连接入互联网,也可以与其他以太网设备互连,而不需要交叉网线,只需要通过软件设置 TX 和 RX 交换。

7. SDRAM

HelloM3-9B9X 通过 LM3S9B9X 的高速并行总线接口 EPI 扩展了 8 MB 的 SDRAM(4M×16 bit),可通过软件将 SDRAM 地址映射到 0x60000000 或 0x80000000。

8. I²S 音频

HelloM3-9B9X 配合 TI 的 CODEC 芯片 TLV320AIC23,具有高性能音频播放能力,标准的 3.5 耳机输出插座,可直接连接所有标准耳机,而 LINE OUT 输出可连接外部音响。

9. MICRO SD 卡

HelloM3-9B9X 采用 SPI(SSIO)方式与 MICRO SD 卡槽连接,支持 TF 卡,用于存储图片、数据等。

10. 2 路 CAN

HelloM3-9B9X 通过底板扩展了 2 路 CAN2.0A/B 总线通信接口,最高支持 1 Mbit/s 的稳定高速传输。2 路 CAN 总线的支持可方便评估和学习 CAN 总线通信。CAN 相关跳线见表 1.3。

11. RS232 串口

HelloM3-9B9X 通过底板扩展了 2 路 RS232 通信接口 CN0 和 CN1,为 DB9 公头;与计算机相连使用母-母交叉线。RS232 相关跳线见表 1.4。

表 1.3 CAN 相关跳线

跳线编号	默认状态	描述说明
JP11	断开	将 CAN1 的收发数据通过收发器接入 MCU,使用 CAN1 时需短路该跳线
JP13	断开	
JP12	短路	终端电阻选择跳线,当 CAN1 不是终端节点时,应断开该跳线
JP14	断开	将 CAN2 的收发数据通过收发器接入 MCU,使用 CAN2 时需短路该跳线
JP16	断开	
JP15	短路	终端电阻选择跳线,当 CAN2 不是终端节点时,应断开该跳线

表 1.4 RS232 相关跳线

跳线编号	默认状态	描述说明
JP21	短路	将串口 USART1 的收发数据通过电平转换芯片接入 LM3S9B9X 的 UART0
JP22	短路	
JP14	断开	将串口 USART2 的收发数据通过电平转换芯片接入 LM3S9B9X 的 UART1,使用 USART2 时需短路该跳线
JP16	断开	

12. RS485

HelloM3 - 9B9X 通过底板扩展了 1 路 RS485 通信接口。RS485 相关跳线见表 1.5。

表 1.5 RS485 相关跳线

跳线编号	默认状态	描述说明
JP17	短路	将 RS485 的收发数据通过电平转换芯片接入 LM3S9B9X 的 UART1
JP20	短路	
JP18	短路	连接到 RS485 的收发控制端

13. IrDA

HelloM3 - 9B9X 通过底板扩展了 1 路 IrDA 红外通信接口。IrDA 相关跳线见表 1.6。

表 1.6 IrDA 相关跳线

跳线编号	默认状态	描述说明
JP8	断开	将 IrDA 的收发数据通过红外收发芯片接入 LM3S9B9X 的 UART0,使用 IrDA 功能时需短路该跳线,同时将 UART0 配置为 IrDA 模式
JP10	断开	

14. 功能按键

HelloM3-9B9X 通过底板扩展了 6 个 AD 按键,通过 AD 采样识别键值,大大节省了 LM3S9B9X 并不宽裕 I/O 口,底板上的 SW1、SW2 可用于用户功能按键,SW3、SW4、SW5、SW6 可用于导航,方便用户学习和开发人机界面的应用。

功能按键相关跳线见表 1.7。

表 1.7 功能按键相关跳线

跳线编号	默认状态	描述说明
JP4	短路	通过 AD 采样识别键值,实现 6 个用户按键

15. LED 灯

HelloM3-9B9X 通过底板扩展了 4 个 LED。LED 相关跳线见表 1.8。

表 1.8 LED 灯相关跳线

跳线编号	默认状态	描述说明
JP3	短路	通过 GPIO 点亮 LED
JP5	短路	通过 GPIO 点亮 LED
JP6	断开	通过 GPIO 点亮 LED
JP7	断开	通过 GPIO 点亮 LED

16. 旋转电位器

HelloM3-9B9X 通过底板扩展杆状旋转电位器。旋转电位器相关跳线见表 1.9。

表 1.9 旋转电位器相关跳线

跳线编号	默认状态	描述说明
JP1	短路	通过 AD 采样识别电位器的分压

17. SPI 串行 Flash

HelloM3-9B9X 在底板上通过 SSI0 扩展了 1 MB 的串行 Flash,可用于存储图片、网页映像、字体等数据。SPI Flash 相关跳线见表 1.10。

表 1.10 SPI 串行 Flash 相关跳线

跳线编号	默认状态	描述说明
JP23	短路	SPI 串行 Flash 的片选信号

18. I²C EEPROM

HelloM3 - 9B9X 在底板上通过 I2C0 扩展了 256 B 的串行 Flash, 可用于参数存储等。

19. 蜂鸣器

HelloM3 - 9B9X 在底板上扩展了蜂鸣器。蜂鸣器相关跳线见表 1. 11。

表 1. 11 蜂鸣器相关跳线

跳线编号	默认状态	描述说明
JP2	断开	通过 GPIO 控制蜂鸣器发声

20. JTAG 接口

HelloM3 - 9B9X 核心板具有 10 PIN 简化 JTAG 调试接口, 可在核心板单独使用时进行仿真调试; 底板上扩展 20 PIN 标准 JTAG 调试接口, 方便使用标准接口的调试工具。

10 PIN 的简化 JTAG 接口如图 1. 4 所示, 20 PIN 的标准 JTAG 接口如图 1. 5 所示。

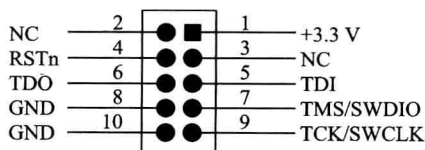


图 1. 4 简化 JTAG 接口

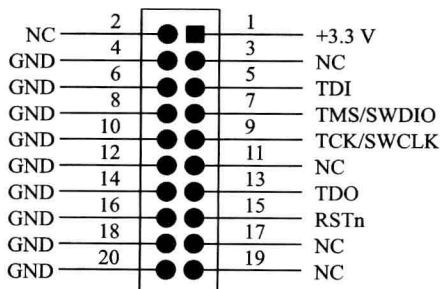


图 1. 5 标准 JTAG 接口

21. 电机控制接口

HelloM3 - 9B9X 预留了 26 PIN 的电机控制接口, 用于扩展电机控制的应用。电机控制接口见表 1. 12。

表 1.12 电机控制接口

接口序号	功 能	MCU 引脚	接口序号	功 能	MCU 引脚
1	PWM0	PG0	14	霍尔传感器输入	PJ5
2	PWM1	PG1	15	霍尔传感器输入	PJ6
3	PWM2	PH0	16	GND	
4	PWM3	PH1	17	正交编码器 PHA	PC4
5	PWM4	PE0	18	正交编码器 PHB	PC6
6	PWM5	PE1	19	正交编码器 IDX	PD7
7	PWM6	PA4	20	GND	
8	PWM7	PA5	21	AD 输入	PB4
9	FAULT 紧急刹车信号	PH3/PH5/PH6/PB6	22	AD 输入	PB5
10	GND		23	AD 输入	PE4
11	霍尔传感器输入	PJ2	24	AD 输入	PE5
12	霍尔传感器输入	PJ3	25	5V 输出	
13	霍尔传感器输入	PJ4	26	GND	