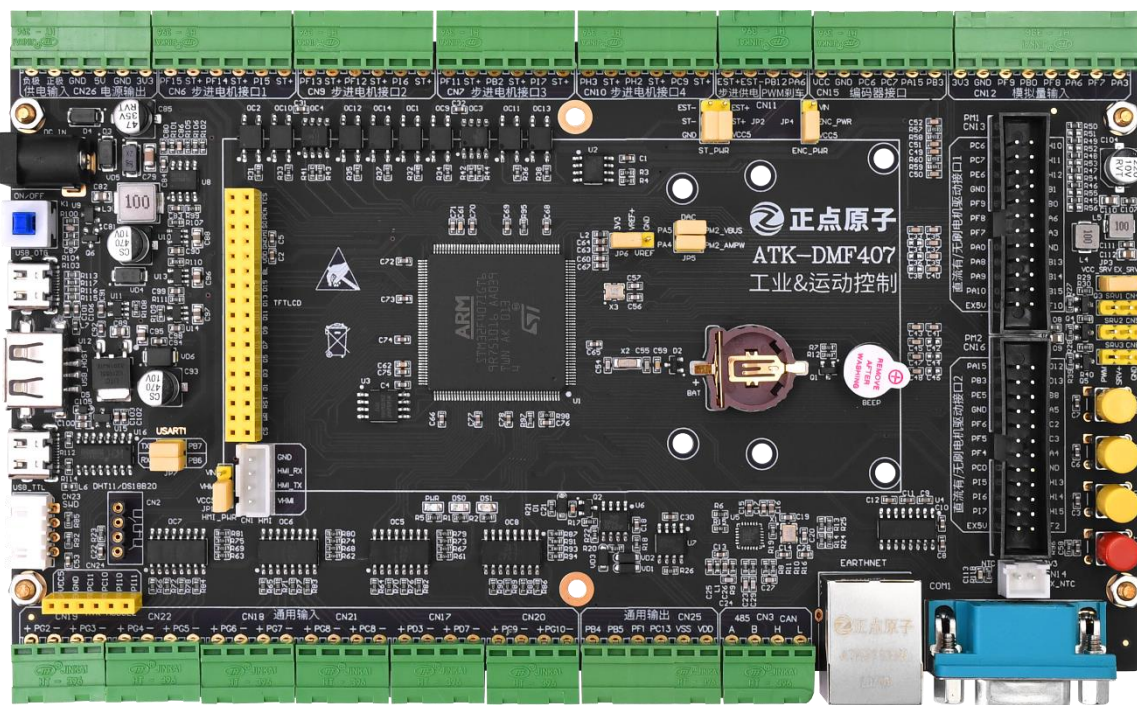


DMF407 电机开发板硬件 参考手册 V1.0

—正点原子 DMF407 电机开发板教程



修订历史:

版本	日期	修改内容
V1.0	2021/12/18	第一次发布



正点原子公司名称：广州市星翼电子科技有限公司

原子哥在线教学平台：www.yuanzige.com

开源电子网 / 论坛：www.openedv.com

正点原子官方网站：www.alientek.com

正点原子淘宝店铺：<https://openedv.taobao.com>

正点原子 B 站视频：<https://space.bilibili.com/394620890>

电话：020-38271790 传真：020-36773971

请下载原子哥 APP，数千讲视频免费学习，更快更流畅。

请关注正点原子公众号，资料发布更新我们会通知。



扫码关注正点原子公众号



扫码下载“原子哥”APP

内容简介	6
第一章 实验平台简介	7
1.1 ATK-DMF407 电机开发板资源初探	7
1.1.1 ATK-DMF407 电机开发板硬件设计特点	7
1.1.2 ATK-DMF407 电机开发板硬件基本参数	7
1.1.3 ATK-DMF407 电机开发板硬件资源分布	8
1.1.4 ATK-DMF407 电机开发板硬件资源列表	8
1.2 ATK-DMF407 电机开发板资源说明	10
1.2.1 硬件资源说明	10
1.2.2 ATK-DMF407 电机开发板引脚分配	14
第二章 实验平台硬件资源详解	18
2.1 电机开发板原理图详解	18
2.1.1 MCU	18
2.1.2 LCD 接口和 HMI 串口屏接口	20
2.1.3 EEPROM	21
2.1.4 SPI FLASH	22
2.1.5 LED	22
2.1.6 按键	22
2.1.7 以太网接口 (RJ45)	23
2.1.8 RS232 串口	24
2.1.9 RS485 接口	24
2.1.10 CAN 接口	25
2.1.11 有源蜂鸣器	25
2.1.12 温湿度传感器	26
2.1.13 4 路隔离步进电机驱动器接口	26
2.1.14 3 路舵机接口	27
2.1.15 2 路直流有/无刷电机驱动器接口	28
2.1.16 刹车输入和步进电机驱动器信号外接电源接口	30
2.1.17 编码器接口	30
2.1.18 6 路模拟量采集接口	31
2.1.19 扩展 NTC 接口	31
2.1.20 12 路通用隔离输入接口	32
2.1.21 4 路通用隔离输出接口	32

2.1.22 ATK 模块接口	33
2.1.23 SWD 接口	33
2.1.24 电源接口	34
2.1.25 电源系统	35
2.1.26 电源保护电路	35
2.1.27 USB 串口	36
2.1.28 USB 主从机接口	37
2.1.29 5V 电源扩展	38
2.2 电机开发板使用注意事项	39

内容简介

本手册主要介绍 STM32F407 电机开发板的硬件资源，包括：实验平台简介、实验平台硬件资源详解以及使用注意事项等。通过本手册的学习，大家将会对 STM32F407 电机开发板的硬件有一个比较全面的了解，对后续的软件学习及程序设计非常有帮助。

本手册是《电机控制板基础教程》和《电机控制板专题教程》的重要补充教程，强烈建议大家在学习相关例程前，先学习本手册！

第一章 实验平台简介

本章主要介绍我们的实验平台：正点原子 DMF407 电机开发板。通过本章的学习，您将对我们后面使用的实验平台有个大概了解，为后面的学习做铺垫。

本章将分为如下两节：

1.1, ATK-DMF407 电机开发板资源初探；

1.2, ATK-DMF407 电机开发板资源说明；

1.1 ATK-DMF407 电机开发板资源初探

自从 2011 年上市以来，正点原子推出了多款包括 M3、M4 以及 M7 内核的 STM32 开发板，这些开发板广受客户好评，MiniSTM32 和战舰 STM32 开发板，常年稳居淘宝 STM32 系列开发板销量冠军。最新的 STM32F407 电机开发板，既可以用于各类电机的驱动开发和学习，又可以应用于工业场合，下面我们开始介绍 STM32F407 电机开发板。

1.1.1 ATK-DMF407 电机开发板硬件设计特点

ATK-DMF407 电机开发板硬件设计特点包括：

- 1) **接口丰富。**作为一款专用电机开发板，我们尽可能多的引出了多种电机（直流有刷，直流无刷，步进电机，舵机等）控制接口、编码器接口以及通用输入输出接口，重要接口均采用光耦隔离，以增加接口的安全性。
- 2) **设计灵活。**板上很多资源都可以灵活配置，以满足不同条件下的使用。DMF407 电机开发板最板载 2 路直流有刷/无刷电机驱动器接口、4 路步进电机驱动器接口，3 路舵机接口，通过对接口的灵活配置，可同时控制多种不同的电机，而且部分接口支持多种类型电机，极大的方便大家学习和开发各种类型电机。
- 3) **资源充足。**主芯片采用自带 1024K 字节 FLASH 以及 192K 字节 RAM 的 STM32F407IGT6，并外扩 16M 字节 FLASH，满足大内存需求和大数据存储。板载 RS232 串口、百兆网卡、CAN 以及 RS485 等各种接口芯片，满足各种应用需求。
- 4) **人性化设计。**各个接口都有丝印标注，且用方框框出，使用起来一目了然；部分常用外设大丝印标出，方便查找；接口位置设计合理，方便顺手。资源搭配合理，物尽其用。
- 5) **国产化程度高。**为了支持国产芯片的发展和推广，正点原子优选国产好芯，STM32F407 电机开发板上凡是能用国产替代的芯片，全部使用国产芯片，国产化率达到 85%（数量）。

1.1.2 ATK-DMF407 电机开发板硬件基本参数

ATK-DMF407 电机开发板硬件基本参数如表 1.1.2.1 所示：

项目	说明
产品型号	ATK- DMF407 V1.0
CPU	STM32F407IGT6, LQFP176
外形尺寸	110mm*196.5mm
工作电压	5V（USB）、DC6V~24V（DC005）
工作电流	100mA~140mA ¹ （@5V）
工作温度	0℃~+70℃

表 1.1.2.1 ATK-DMF407 电机开发板硬件基本参数

注 1: 100mA 对应 CPU 在复位情况下, 裸板的工作电流; 140mA 对应 CPU 正常运行时裸板的工作电流。

1.1.3 ATK-DMF407 电机开发板硬件资源分布

ATK-DMF407 电机开发板的硬件资源分布如图 1.1.3.1 所示:

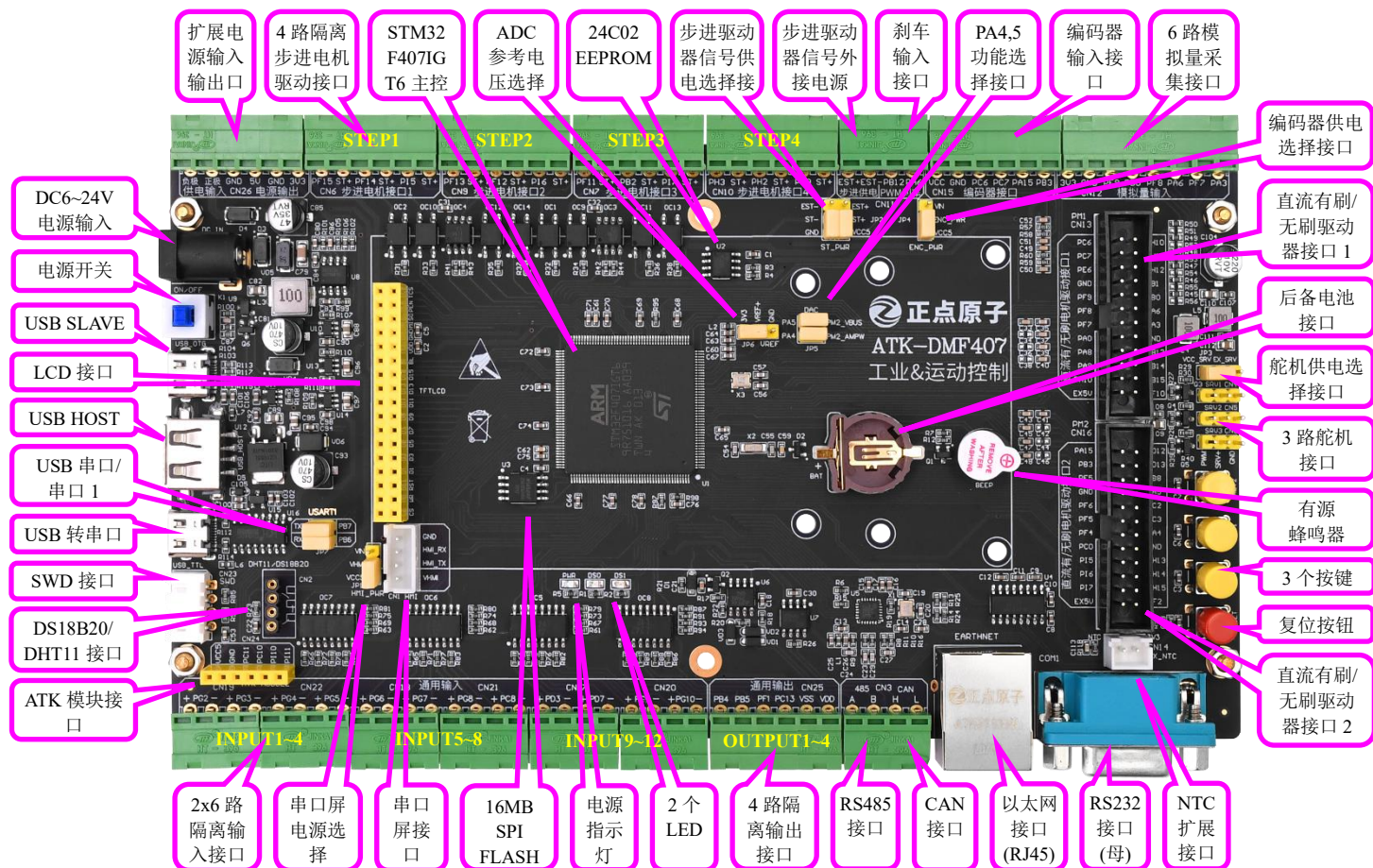


图 1.1.3.1 STM32F407 电机开发板硬件资源分布图

1.1.4 ATK-DMF407 电机开发板硬件资源列表

ATK-DMF407 电机开发板的硬件资源列表如表 1.1.4.1 所示:

资源	数量	说明
CPU	1 个	STM32F407IGT6; FLASH: 1024KB; SRAM: 192KB;
SPI FLASH	1 个	16MB
EEPROM	1 个	2Kb (256B)
光耦隔离型步进电机控制接口	4 路	HT396R(6P)端子接口, 用于连接步进电机驱动器
直流有刷/无刷驱动器接口	2 路	2.54 牛角座(2*12P)接口, 用于连接直流有刷/无刷驱动器
带电平转换舵机控制接口	3 路	2.54 排针接口, 用于连接舵机
电机编码器接口	2 路	HT396R(6P)端子接口, 用于连接电机编码器
模拟量采集接口	6 路	HT396R(8P)端子接口, 用于测量外部模拟量信号

光耦隔离型通用输入接口	12 路	6 组 HT396R(4P)端子, 用于检测外部传感器信号
光耦隔离型通用输出接口	4 路	HT396R(6P)端子, 用于输出控制信号
步进驱动器外接电源接口	1 路	HT396R(4P/2)端子, 可外接步进驱动器电源 ($\leq 7V$)
定时器刹车接口	2 路	HT396R(4P/2)端子, 用于关闭定时器 PWM 输出
带 120R 终端电阻 CAN 接口	1 个	HT396R(4P/2)端子, 用于 CAN 通信
带 120R 终端电阻 RS485 接口	1 个	HT396R(4P/2)端子, 用于 RS485 通信
10M/100M 网口	1 个	ATK91105A 网口, 用于以太网通信
RS232 接口	1 个	DB9 母口, 用于 RS232 通信
NTC 扩展接口	1 个	XH2.54 接口, 可外接 NTC 温度传感器, 用于电机测温等
数字温湿度传感器接口	1 个	支持 DS18B20、DHT11 等数字温湿度传感器
ATK 模块接口	1 个	支持正点原子各种模块产品 (蓝牙/GPS/MPU6050 等)
LCD 接口	1 个	支持正点原子 2.8/3.5/4.3/7 寸等多种 TFTLCD 模块
HMI 串口屏接口	1 个	用于连接串口屏
USB TypeC 转串口	1 个	用于 USB 转 TTL 串口通信
USB TypeC 从机接口	1 个	用于 USB SLAVE (从机) 通信
USB-A 主机接口	1 个	用于 USB HOST (主机) 通信
SWD 调试口	1 个	用于仿真调试、下载代码等
DC005 直流电源输入接口	1 个	支持 DC6V~24V 直流电源输入
板载 5V/3A DCDC 电源	1 路	带 TVS 保护的 5V 电源
板载 3.3V/2A LDO 电源	1 路	带 TVS 保护的 3.3V 电源
功率保护开关	4 路	DCDC 5V(2 路)、VUSB(1 路)和 3.3V(1 路)限流保护开关
电源输入输出接口	1 路	HT396R(6P)端子, 6-24V 输入, 5V/1.5A 和 3.3V/1.5A 输出
MCU ADC 参考电压设置接口	1 个	2.54 排针(1*3P), 设置 MCU ADC 参考电压(3.3V/外接)
步进电机驱动器控制信号参考电压选择	1 个	2.54 排针(2*3P), 用于选择步进驱动器控制信号参考电压(5V/外接)
电机编码器电源设置接口	1 个	2.54 排针(1*3P), 用于选择编码器供电电源(5V/VIN)
舵机电源设置接口	1 个	2.54 排针(1*3P), 用于选择舵机电源(板载 5V/外接)
HMI 串口屏电源设置接口	1 个	2.54 排针(1*3P), 用于选择 HMI 屏电源(5V/VIN)
串口 1 (PB6, 7) 设置接口	1 个	2.54 排针(2*2P), 可设置为串口模块独立工作
PA4, PA5 设置接口	2 路	2.54 排针(2*2P), 设置 PA4, 5 为 DAC 或者 ADC
0805 电源指示灯	1 个	蓝色 (PWR)
0805 状态指示灯	2 个	红色 (DS0); 绿色 (DS1);
复位按键	1 个	用于 MCU&LCD 的复位
功能按键	3 个	KEY0、KEY1、KEY2
电源开关	1 个	控制整个板子供电
蜂鸣器	1 个	有源蜂鸣器, 用于发出提示音
后备电池接口	1 个	用于 RTC 后备电池

表 1.1.4.1 STM32F407 电机开发板的硬件资源列表

1.2 ATK-DMF407 电机开发板资源说明

ATK-DMF407 电机开发板资源说明，我们将分为两个部分：硬件资源说明和引脚分配。

1.2.1 硬件资源说明

这里我们详细介绍 ATK-DMF407 电机开发板的各个部分（图 1.1.3.1 中的标注部分）的硬件资源，我们将按逆时针的顺序依次介绍。

1. DC6~24V 电源输入

这是开发板板载的一个外部电源输入口（DC_IN），采用标准的直流电源插座。开发板板载了 DC-DC 芯片，用于给开发板提供高效、稳定的 5V/3A 电源。由于采用了 DC-DC 芯片，所以开发板的供电范围比较宽，大家可以很方便的找到合适的电源（只要输出范围在 DC6~24V 的基本都可以）来给开发板供电。在耗电比较大的情况下，比如用到 4.3 屏/7 寸屏/网口的时候，建议使用外部电源供电，可以提供足够的电流给开发板使用。

2. 电源开关

这是开发板板载的电源开关（K1）。该开关用于控制整个开发板的供电，如果切断，则整个开发板都将断电，电源指示灯（PWR）会随着此开关的状态而亮灭。

3. USB SLAVE

这是开发板板载的一个 Type C USB 头（USB_SLAVE），用于 USB 从机（SLAVE）通信，一般用于 STM32 与电脑的 USB 通信。通过此接口，开发板就可以和电脑进行 USB 通信了。

开发板总共板载了 2 个 Type C USB 头，一个（USB_TTL）用于 USB 转串口，连接 CH340 芯片；另外一个（USB_SLAVE）用于 STM32 内带的 USB。开发板也可以通过此接口供电。

4. LCD 接口

这是开发板板载的 LCD 模块接口，该接口兼容正点原子全系列 TFTLCD 模块（MCU 屏），包括：2.8 寸、3.5 寸、4.3 寸和 7 寸等 TFTLCD 模块，并且支持电阻/电容触摸功能。

5. USB HOST 接口

这是开发板板载的一个 USB 主机接口（USB-A 座），由于 STM32F407 的 USB 是支持 HOST 的，所以我们可以通过这个 USB-A 座来连接：U 盘、USB 鼠标、USB 键盘、USB 手柄等 USB 从设备，从而实现 USB 主机功能。

6. USB 串口/串口 1

这是 USB 串口同 STM32F407 的串口 1 进行连接的跳线帽接口（JP7），标号 RXD 和 TXD 是 USB 转串口的 2 个数据口（对 CH340 来说），而 PB6(TXD)和 PB7(RXD)则是 STM32 的串口 1 的两个数据口（复用功能下）。通过跳线帽这种设计，则是出于使用方便的考虑，接上跳线帽，就和开发板连接在一起了，从而实现 STM32F407 的串口通信；拔掉跳线帽，你可以把开发板当成一个 USB 转 TTL 串口模块，来和其他板子通信，而其他板子的串口，也可以方便地接到 F407 电机开发板上。

7. USB 转串口

这是开发板板载的另外一个 Type C USB 头（USB_TTL），通过 USB 连接 CH340 芯片，从而实现 USB 转 TTL 串口。开发板也可以通过此接口供电。

8. SWD 接口

这是开发板板载的 SWD 下载调试接口。使用方便的同时，节约了 IO，所以大家基本都是使用 SWD 接口对 MCU 进行下载和调试。

9. DS18B20/DHT11 接口

这是开发板的一个复用接口（CN2），该接口由 4 个镀金排孔组成，可以用来接

DS18B20/DS1820 等数字温度传感器。也可以用来接 DHT11 这样的数字温湿度传感器。实现一个接口, 2 个功能。不用的时候, 大家可以拆下上面的传感器, 放到其他地方去用, 使用上是十分方便灵活的。

10. ATK 模块接口

这是开发板板载的一个正点原子通用模块接口(CN24), 目前可以支持正点原子开发的 GPS、蓝牙、LORA、手势识别、激光测距和 MPU6050 等模块, 直接插上对应的模块, 就可以进行开发。后续我们将开发更多兼容该接口的其他模块, 实现更强大的扩展性能。

11. 2x6 路隔离输入接口

这是开发板板载的带光耦隔离的通用输入接口, 总共 2x6 路(CN19、CN22、CN18、CN21、CN17、CN20), 可方便用于检测开关量信号, 比如光电传感器, 限位开关信号等。

12. 串口屏电源选择接口

这是开发板 HMI 串口屏供电跳线帽选择接口(JP1), 因为不同的串口屏, 供电有差异, 所以我们预留了 2 种供电方式: 5V 或者 VIN, 用户可根据自己的串口屏参数, 选择相应供电方式, 默认使用 5V。

13. 串口屏幕接口

这是开发板板载的串口屏接口(CN1), 因为串口屏的特有优势, 已被大量的用户使用, 所以我们预留这个接口, 我们正点原子也将在 2022 年发售自己的串口屏。

14. 16MB SPI FLASH

这是开发板外扩的 SPI FLASH 芯片(U3), 容量为 128Mbit, 也就是 16M 字节, 可用于存储字库和其他用户数据, 满足大容量数据存储要求。

15. 电源指示灯

开发板板载的一个 0805 LED 灯(PWR), PWR 是蓝色的, 该灯为电源指示灯, 只要板子一上电电源灯就会亮, 用于指示供电状态。

16. 2 个 LED

这是开发板板载的两个 0805 LED 灯(DS0 和 DS1), DS0 是红色的, DS1 是绿色的, 主要是方便大家识别。

我们一般的应用 2 个 LED 足够了, 在调试代码的时候, 使用 LED 来指示程序状态, 是非常不错的一个辅助调试方法。电机开发板几乎每个实例都使用了 LED 来指示程序的运行状态。

17. 4 路隔离输出接口

这是开发板板载的带光耦隔离的通用输出接口(CN25), 总共 4 路, 可方便用于控制外部开关量信号, 比如传感器使能信号等:

18. RS485 总线接口

这是开发板板载的 RS485 总线接口(CN3_485), 通过 2 个端口和外部 485 设备连接。这里提醒大家, RS485 通信的时候, 必须 A 接 A, B 接 B。否则可能通信不正常! 另外, 开发板自带了终端电阻(120Ω)。

19. CAN 接口

这是开发板板载的 CAN 总线接口(CN3_CAN), 通过 2 个端口和外部 CAN 总线连接, 即 CANH 和 CANL。这里提醒大家: CAN 通信的时候, 必须 CANH 接 CANH, CANL 接 CANL, 否则可能通信不正常! 这里, 开发板也是自带了终端电阻(120Ω)。

20. 以太网接口(RJ45)

这是开发板板载的网口(EARTHNET), 可以用来连接网线, 实现网络通信功能。因为 STM32F4 内部自带网络 MAC 控制器, 所以只需要加一个 PHY 芯片, 即可实现网络通信功能, 这里我们使用 LAN8720A 作为网络 PHY 芯片, 该芯片采用 RMII 接口与 STM32F4 通信, 支持

10M/100M 网络。

21. RS232 接口（母）

这是开发板板载的一个 RS232 接口（COM1），通过一个标准的 DB9 母头和外部的串口连接。通过这个接口，我们可以连接带有串口的电脑或者其他设备，实现串口通信。

22. NTC 扩展接口

这是开发板预留的 NTC 接口（CN14），可外接一个 NTC 温度传感器，方便用户测量物体温度，比如电机温度等。

23. 直流有刷/无刷电机驱动器接口 2

这是开发板板载的直流有刷/无刷电机驱动器接口 PM2（CN16），这个是专用接口，用于连接正点原子直流无刷驱动板（ATK-PD6010B）或者直流有刷驱动板（ATK-PD6010D），从而驱动直流无刷电机和直流有刷电机。

24. 复位按钮

这是开发板板载的复位按键（RESET），用于复位 STM32，还具有复位液晶的功能，因为液晶模块的复位引脚和 STM32 的复位引脚是连接在一起的，当按下该键的时候，STM32 和液晶一并被复位。

25. 3 个按键

这是开发板板载的 3 个机械式输入按键（KEY0、KEY1、KEY2），这 3 个按键是直接连接在 STM32 的 IO 口上的。3 个按键 IO 默认上拉，所以是低电平有效。

26. 有源蜂鸣器

这是开发板板载的有源蜂鸣器（BEEP），可以实现简单的报警/闹铃等功能。

27. 3 路舵机接口

这是开发板板载的 3 路舵机接口 SRV1（CN4）、SRV2（CN5）、SRV3（CN8），3 路舵机控制信号都带有电平转换功能，可方便用户测试不同电压类型的舵机。

28. 舵机供电选择接口

这是开发板板载的舵机电源跳帽选择接口（JP3），通过跳帽选择舵机电源：板载 5V 或者外接电源，用户可根据舵机参数选择合适的电压，默认使用 5V。

29. 后备电池接口

这是 STM32 后备区域的供电接口（BAT），可安装 CR1220 电池（默认安装了），可以用来给 STM32 的后备区域提供能量，在外部电源断电的时候，维持后备区域数据的存储，以及 RTC 的运行。

30. 直流有刷/无刷电机驱动器接口 1

这是开发板板载的直流有刷/无刷电机驱动器接口 PM1（CN13），这个是专用接口，用于连接正点原子直流无刷驱动板（ATK-PD6010B）或者直流有刷驱动板（ATK-PD6010D），从而驱动直流无刷电机和直流有刷电机。

31. 编码器供电选择接口

这是开发板板载的编码器供电跳帽选择接口（JP4），因为不同的电机编码器供电有差异，我们余量 2 种供电方式：板载 5V 和电源输入 VIN，用户可根据电机参数选择合适的电压，默认使用 5V。

32. 6 路模拟量采集接口

这是开发板板载一组模拟量采集接口（CN12），支持同时采集 6 路模拟信号，因为是 MCU 直接采集，所以模拟信号幅值不能超过 3.3V。

33. 编码器输入接口

这是开发板板载电机编码器接口（CN15），共 2 组编码器（包含 A 相和 B 相），因为我们

电机开发板可以同时控制 2 路直流（有刷/无刷）电机，所以 2 组编码器接口也可以同时使用。

34. PA4, PA5 功能选择接口

这是开发板板载的用于选择 PA4, PA5 功能的接口（JP5），PA4, PA5 既可用作 ADC 采集信号，又可以做 DAC 输出信号，用户可根据需要选择对应功能，默认用作 ADC 信号采集。

35. 定时器刹车输入接口

这是开发板板载的 2 路定时器刹车接口（CN11），通过这个接口可直接关断定时器 PWM 输出，从而关断驱动器。

36. 步进电机驱动器信号外接电源接口

这是开发板板载的步进电机驱动器外接电源接口（CN11），为了增加驱动器控制信号电平的灵活性，我们预留了这个可外接的驱动器控制信号的电源接口，范围 4.5V~7V（高速光耦 EL0631 最大供电电压 7V）。

37. 步进电机驱动器信号供电选择接口

这是开发板板载的步进电机驱动器信号供电跳帽接口（JP2），可选择板载 5V 供电或者外部电源供电，默认使用 5V。

38. 24C02 EEPROM

这是开发板板载的 EEPROM 芯片（U2），容量为 2Kb，也就是 256 字节。用于存储一些掉电不能丢失的重要数据，比如系统设置的一些参数/触摸屏校准数据等。有了这个就可以方便的实现掉电数据保存。

39. 参考电压选择接口

这是 STM32 的参考电压选择端口（JP5），我们默认是接开发板的 3.3V（3V3）。如果大家想设置其他参考电压，只需要把你的参考电压源接到 VREF+和 GND 即可。

40. STM32F407IGT6 主控

这是开发板的主控芯片（U1），型号为 STM32F407IGT6。该芯片集成 FPU 和 DSP 指令，并具有 192KB SRAM、1024KB FLASH、12 个 16 位定时器、2 个 32 位定时器、2 个 DMA 控制器（共 16 个通道）、3 个 SPI、2 个全双工 I2S、3 个 IIC、6 个串口、2 个 USB（支持 HOST/SLAVE）、2 个 CAN、3 个 12 位 ADC、2 个 12 位 DAC、1 个 RTC（带日历功能）、1 个 SDIO 接口、1 个 FSMC 接口、1 个 10/100M 以太网 MAC 控制器、1 个摄像头接口、一个硬件随机数生成器、以及 140 个通用 IO 口。

41. 4 路隔离步进电机驱动接口

这是开发板板载的 4 路（CN6、CN9、CN7、CN10）带光耦隔离的步进电机驱动器接口，接口信号采用共阳极接法，信号供电支持外接电源，默认使用板载 5V。

42. 扩展电源输入输出口

这是开发板扩展的电源输入输出口（CN26），输入电压范围为 DC6~24V，输出电压为 5V/1A 和 3.3V/1A。

1.2.2 ATK-DMF407 电机开发板引脚分配

为了让大家更快更好的使用我们的电机开发板，这里特地将电机开发板主芯片：STM32F407IGT6 的 IO 资源分配做了一个总表，同时，我们对重要的接口和外设也单独分出了 excel 表格，方便用户快速方便的查看。大家可以打开 A 盘→2，电机开发板原理图 文件夹里的“ATK-DMF407_V1.0 IO 以及接口分配表.xlsx”进行查看。ATK-DMF407 的 IO 引脚分配总表如表：1.2.2.1 所示：

ATK-DMF407 IO 资源分配表					
说明： 1，ATK-DMF407 电机开发板 IO 分配，重要接口按照不同的颜色予以区分（和原理图同步），用户可根据颜色快速方便查找对应的接口： <u>直流有/无刷驱动板 1 接口相关 IO 使用橙色表示；</u> <u>直流有/无刷驱动板 2 接口相关 IO 使用青色表示；</u> <u>4 路步进电机驱动器接口相关 IO 使用粉色表示；</u> <u>3 路舵机 IO 使用淡紫色表示；</u> <u>LCD 屏幕相关 IO 使用蓝色表示；</u> <u>网络 PHY LAN8720A 相关 IO 使用紫罗兰色表示；</u> 2，作为一款电机开发板，我们尽可能多的引出电机控制接口和外设功能，也尽可能少的减少 IO 复用，IO 复用仅有 3 处： PA4,PA5：通过 JP5 选择用作 ADC、DAC、通用 IO PD5:可用作 LCD 的 FSMC_NWE、HMI 串口屏的 TX(USART2_TX) PI5~7(TIM8_CH1~3):可用作直流有/无刷驱动板 2 上桥 PWM 信号、步进电机驱动器（ST1~3）脉冲信号、舵机（SERVO1~3）脉冲信号					
引脚编号	GPIO	连接资源		是否复用	连接关系说明
40	PA0	ADC1_IN0	PM1_VTEMP	Y	直流有/无刷驱动板 1-温度采集
41	PA1	RMII_REF_CLK		Y	LAN8720A 的 REFCLKO
42	PA2	ETH_MDIO		Y	LAN8720A 的 MDIO
47	PA3	ADC2_IN3	PM1_AMPW	Y	直流有/无刷驱动板 1-W 相电流采集
50	PA4	DAC_OUT1 ADC2_IN4	PM2_AMPW	N	1,DAC 输出 1 2,直流有/无刷驱动板 2-W 相电流采集
51	PA5	DAC_OUT2 ADC1_IN5	PM2_VBUS	N	1,DAC 输出 2 2,直流有/无刷驱动板 2-电源电压采集
52	PA6	ADC12_IN6	PM1_AMPV	Y	直流有/无刷驱动板 1-V 相电流采集
53	PA7	RMII_CRS_DV		Y	接 LAN8720 的 CRS_DV 脚
119	PA8	TIM1_CH1	PM1_PWM_UH	Y	直流有/无刷驱动板 1-U 相上桥 PWM 信号
120	PA9	TIM1_CH2	PM1_PWM_VH	Y	直流有/无刷驱动板 1-V 相上桥 PWM 信号
121	PA10	TIM1_CH3	PM1_PWM_WH	Y	直流有/无刷驱动板 1-W 相上桥 PWM 信号
122	PA11	USB_D-		Y	USB 主从机 D-引脚
123	PA12	USB_D+		Y	USB 主从机 D+引脚
124	PA13	SWDIO		Y	SWD 接口数据引脚
137	PA14	SWDCLK		Y	SWD 接口时钟引脚
138	PA15	TIM2_CH1	PM2_ENCA	Y	直流有/无刷驱动板 2-编码器 A 相
56	PB0	ADC1_IN8	PM1_AMPV	Y	直流有/无刷驱动板 1-U 相电流采集
57	PB1	ADC1_IN9	PM1_VBUS	Y	直流有/无刷驱动板 1-电源电压采集
58	PB2	BOOT1	ST3_DIR	Y	步进电机驱动器 3-方向信号
161	PB3	TIM2_CH2	PM2_ENCB	Y	直流有/无刷驱动板 2-编码器 B 相
162	PB4	SPI1_MISO	OUTPUT1	Y	通用输出接口 1
163	PB5	SPI1_MOSI	OUTPUT2	Y	通用输出接口 2
164	PB6	USART1_TXD		Y	串口 1-TX 脚，默认连接 CH340 的 RX(JP7 设置)

165	PB7	USART1_RXD		Y	串口 1-RX 脚，默认连接 CH340 的 TX(JP7 设置)
167	PB8	TIM4_CH3	PM2_HALLW	Y	直流有/无刷驱动板 2-霍尔传感器 W 相
168	PB9	CAN1_TX		Y	CAN 芯片 TXD 引脚
79	PB10	USART3_TXD	RS485_RX	Y	RS485 芯片 DI 脚
80	PB11	USART3_RXD	RS485_TX	Y	RS485 芯片 RO 脚
92	PB12	TIM1_BKIN	TIM1_BKIN	Y	直流有/无刷驱动板 1-刹车信号
93	PB13	TIM1_CH1N	PM1_PWM_UL	Y	直流有/无刷驱动板 1-U 相下桥 PWM 信号
94	PB14	TIM1_CH2N	PM1_PWM_VL	Y	直流有/无刷驱动板 1-V 相下桥 PWM 信号
95	PB15	TIM1_CH3N	PM1_PWM_WL	Y	直流有/无刷驱动板 1-W 相下桥 PWM 信号
32	PC0	ADC1_IN10	PM2_VTEMP	Y	直流有/无刷驱动板 2-温度采集
33	PC1	ETH_MDC		Y	LAN8720A 的 MDC
34	PC2	ADC1_IN12	PM2_AMPV	Y	直流有/无刷驱动板 2-U 相电流采集
35	PC3	ADC12_IN13	PM2_AMPV	Y	直流有/无刷驱动板 2-V 相电流采集
54	PC4	RMII_RXD0		Y	LAN8720A 的 RXD0
55	PC5	RMII_RXD1		Y	LAN8720A 的 RXD1
115	PC6	TIM3_CH1	PM1_ENCA	Y	直流有/无刷驱动板 1-编码器 A 相
116	PC7	TIM3_CH2	PM1_ENCB	Y	直流有/无刷驱动板 1-编码器 B 相
117	PC8		INPUT8	Y	通用输入接口 8
118	PC9	TIM8_CH4	ST4_PUL	Y	步进电机驱动器 4-脉冲信号
139	PC10	UART4_TXD		Y	ATK-MODLE 接口(CN19)TXD 脚
140	PC11	UART4_RXD		Y	ATK-MODLE 接口(CN19)RXD 脚
141	PC12	UART5_TXD	RS232_RX	Y	RS232 芯片信号接收脚
8	PC13		OUTPUT4	Y	通用输出接口 4
9	PC14	OSC32_IN		Y	接 32.768K 无源晶振,不可用作 IO
10	PC15	OSC32_OUT		Y	接 32.768K 无源晶振,不可用作 IO
142	PD0	FSMC_D2		Y	FSMC 总线数据线 D2
143	PD1	FSMC_D3		Y	FSMC 总线数据线 D3
144	PD2	UART5_RXD	RS232_TX	Y	RS232 芯片信号发送脚
145	PD3		INPUT9	Y	通用输入接口 9
146	PD4	FSMC_NOE		Y	FSMC 总线 NOE(RD)
147	PD5	FSMC_NWE USART2_TXD	HMI_TX	N	1,FSMC 总线 NWE(WR) 2,HMI 串口屏-TX
150	PD6	USART2_RXD	HMI_RX	Y	HMI 串口屏-RX
151	PD7		INPUT10	Y	通用输入接口 10
96	PD8	FSMC_D13		Y	FSMC 总线数据线 D13
97	PD9	FSMC_D14		Y	FSMC 总线数据线 D14
98	PD10	FSMC_D15		Y	FSMC 总线数据线 D15
99	PD11		T_MISO	Y	TFTLCD 接口触摸屏 MISO 信号
100	PD12	TIM4_CH1	PM2_HALLU	Y	直流有/无刷驱动板 2-霍尔传感器 U 相
101	PD13	TIM4_CH2	PM2_HALLV	Y	直流有/无刷驱动板 2-霍尔传感器 V 相
104	PD14	FSMC_D0		Y	FSMC 总线数据线 D0
105	PD15	FSMC_D1		Y	FSMC 总线数据线 D1
169	PE0		LED0	Y	LED 灯 DS0(红色)
170	PE1		LED1	Y	LED 灯 DS1(绿色)
1	PE2		KEY0	Y	按键 KEY0
2	PE3		KEY1	Y	按键 KEY1
3	PE4		KEY2	Y	按键 KEY2

4	PE5	TIM9_CH1	PM2_ENCZ	Y	直流有/无刷驱动板 2-编码器 Z 相
5	PE6	TIM9_CH2	PM1_ENCZ	Y	直流有/无刷驱动板 1-编码器 Z 相
68	PE7	FSMC_D4		Y	FSMC 总线数据线 D4
69	PE8	FSMC_D5		Y	FSMC 总线数据线 D5
70	PE9	FSMC_D6		Y	FSMC 总线数据线 D6
73	PE10	FSMC_D7		Y	FSMC 总线数据线 D7
74	PE11	FSMC_D8		Y	FSMC 总线数据线 D8
75	PE12	FSMC_D9		Y	FSMC 总线数据线 D9
76	PE13	FSMC_D10		Y	FSMC 总线数据线 D10
77	PE14	FSMC_D11		Y	FSMC 总线数据线 D11
78	PE15	FSMC_D12		Y	FSMC 总线数据线 D12
16	PF0		BEEP	Y	有源蜂鸣器控制脚
17	PF1		OUTPUT3	Y	通用输出接口 3
18	PF2		PM2_CTRL_SD	Y	直流有/无刷驱动板 2-停机控制信号
19	PF3	ADC3_IN9	EX_NTC	Y	扩展 NTC 采集接口
20	PF4	ADC3_IN14	PM2_BEMFW	Y	直流有/无刷驱动板 2-W 相反向电动势采集
21	PF5	ADC3_IN15	PM2_BEMFV	Y	直流有/无刷驱动板 2-V 相反向电动势采集
24	PF6	ADC3_IN4	PM2_BEMFU	Y	直流有/无刷驱动板 2-U 相反向电动势采集
25	PF7	ADC3_IN5	PM1_BEMFW	Y	直流有/无刷驱动板 1-W 相反向电动势采集
26	PF8	ADC3_IN6	PM1_BEMFV	Y	直流有/无刷驱动板 1-V 相反向电动势采集
27	PF9	ADC3_IN7	PM1_BEMFU	Y	直流有/无刷驱动板 1-U 相反向电动势采集
28	PF10	ADC3_IN8	PM1_CTRL_SD	Y	直流有/无刷驱动板 1-停机控制信号
59	PF11		ST3_EN	Y	步进电机驱动器 3-使能信号
60	PF12		ST2_DIR	Y	步进电机驱动器 2-方向信号
63	PF13		ST2_EN	Y	步进电机驱动器 2-使能信号
64	PF14		ST1_DIR	Y	步进电机驱动器 1-方向信号
65	PF15		ST1_EN	Y	步进电机驱动器 1-使能信号
66	PG0	FSMC_A10		Y	FSMC 总线地址线 A10
67	PG1		T_CS	Y	TFTLCD 接口触摸屏 CS 信号
106	PG2		INPUT1	Y	通用输入接口 1
107	PG3		INPUT2	Y	通用输入接口 2
108	PG4		INPUT3	Y	通用输入接口 3
109	PG5		INPUT4	Y	通用输入接口 4
110	PG6		INPUT5	Y	通用输入接口 5
111	PG7		INPUT6	Y	通用输入接口 6
112	PG8		INPUT7	Y	通用输入接口 7
152	PG9		INPUT11	Y	通用输入接口 11
153	PG10		INPUT12	Y	通用输入接口 12
154	PG11	RMII_TX_EN		Y	LAN8720A 的 TXEN
155	PG12	FSMC_NE4		Y	FSMC 总线的片选信号 4, 为 LCD 片选信号
156	PG13	RMII_TXD0		Y	LAN8720A 的 TXD0
157	PG14	RMII_TXD1		Y	LAN8720A 的 TXD1
160	PG15		1WIRE_DQ	Y	单总线接口(CN2)数据线, 接 DS18B20/DHT11
29	PH0	OSC_IN		Y	接 8M 外部无源晶振, 不可做 IO 用
30	PH1	OSC_OUT		Y	接 8M 外部无源晶振, 不可做 IO 用
43	PH2		ST4_DIR	Y	步进电机驱动器 4-方向信号
44	PH3		ST4_EN	Y	步进电机驱动器 4-使能信号
45	PH4	I2C2_SCL		Y	I2C2 时钟, 连接 24C02

46	PH5	I2C2_SDA		Y	I2C2 数据, 连接 24C02
83	PH6	TIM12_CH1	T_SCK	Y	TFTLCD 接口触摸屏 SCK 信号
84	PH7		T_PEN	Y	TFTLCD 接口触摸屏 PEN 信号
85	PH8		T_MOSI	Y	TFTLCD 接口触摸屏 MOSI 信号
86	PH9	TIM12_CH2	LCD_BL	Y	TFTLCD 接口触摸屏背光信号
87	PH10	TIM5_CH1	PM1_HALLU	Y	直流有/无刷驱动板 1-U 相霍尔传感器
88	PH11	TIM5_CH2	PM1_HALLV	Y	直流有/无刷驱动板 1-V 相霍尔传感器
89	PH12	TIM5_CH3	PM1_HALLW	Y	直流有/无刷驱动板 1-W 相霍尔传感器
128	PH13	TIM8_CH1N	PM2_PWM_UL	Y	直流有/无刷驱动板 2-U 相下桥 PWM 信号
129	PH14	TIM8_CH2N	PM2_PWM_VL	Y	直流有/无刷驱动板 2-V 相下桥 PWM 信号
130	PH15	TIM8_CH3N	PM2_PWM_WL	Y	直流有/无刷驱动板 2-W 相下桥 PWM 信号
131	PI0	SPI2_CS		Y	SPI FLASH 的 CS 脚
132	PI1	SPI2_SCK		Y	SPI FLASH 的 SCK 脚
133	PI2	SPI2_MISO		Y	SPI FLASH 的 MISO 脚
134	PI3	SPI2_MOSI		Y	SPI FLASH 的 MOSI 脚
173	PI4	TIM8_BKIN	TIM8_BKIN	Y	直流有/无刷驱动板 2-刹车信号
174	PI5	TIM8_CH1	PM2_PWM_UH ST1_PUL SERVO1	N	1, 直流有/无刷驱动板 2-U 相上桥 PWM 信号 2, 步进电机驱动器 1-脉冲信号 3, 舵机 1-脉冲信号
175	PI6	TIM8_CH2	PM2_PWM_VH ST2_PUL SERVO2	N	1, 直流有/无刷驱动板 2-V 相上桥 PWM 信号 2, 步进电机驱动器 2-脉冲信号 3, 舵机 2-脉冲信号
176	PI7	TIM8_CH3	PM2_PWM_WH ST3_PUL SERVO3	N	1, 直流有/无刷驱动板 2-W 相上桥 PWM 信号 2, 步进电机驱动器 3-脉冲信号 3, 舵机 3-脉冲信号
7	PI8		ETH_RESET	Y	LAN8720A 的复位引脚
11	PI9	CAN1_RX		Y	CAN 芯片 RXD 引脚
12	PI10		GBC_KEY	Y	ATK-MODLE 接口(CN19)KEY 脚
13	PI11		GBC_LED	Y	ATK-MODLE 接口(CN19)LED 脚

表 1.2.2.1 ATK-DMF407 电机开发板 IO 资源分配总表

表 1.2.2.1 中, 引脚栏即 STM32F407IGT6 芯片封装对应的引脚编号; GPIO 栏则表示 GPIO; 连接资源栏表示了对应 GPIO 所连接到的网络; 独立栏, 表示该 IO 是否复用(多个功能)使用, Y 表示 IO 只用到单一功能, N 表示 IO 有多个功能; 连接关系栏, 则对每个 IO 的连接做了简单的介绍。

该表在: A 盘→2, 电机开发板原理图 文件夹下有提供 Excel 格式, 并注有详细说明和使用建议, 大家可以打开该表格的 Excel 版本, 详细查看。

第二章 实验平台硬件资源详解

本章，我们将向大家详细介绍正点原子 DMF407 电机开发板各部分的硬件原理图，让大家对该开发板的各部分硬件原理有个深入理解，并向大家介绍开发板的使用注意事项，为后面的学习做好准备。

本章将分为如下两节：

2.1，开发板原理图详解；

2.2，开发板使用注意事项；

2.1 电机开发板原理图详解

2.1.1 MCU

正点原子 DMF407 电机开发板选择的是 STM32F407IGT6 作为 MCU，该芯片是 STM32F407 里面配置非常强大的了，它拥有的资源包括：集成 FPU 和 DSP 指令，并具有 192KB SRAM、1024KB FLASH、12 个 16 位定时器、2 个 32 位定时器、2 个 DMA 控制器（共 16 个通道）、3 个 SPI、2 个全双工 I2S、3 个 IIC、6 个串口、2 个 USB（支持 HOST/SLAVE）、2 个 CAN、3 个 12 位 ADC、2 个 12 位 DAC、1 个 RTC（带日历功能）、1 个 SDIO 接口、1 个 FSMC 接口、1 个 10/100M 以太网 MAC 控制器、1 个摄像头接口、一个硬件随机数生成器、以及 140 个通用 IO 口等，该芯片的配置十分强悍，很多功能相对 STM32F1 来说进行了重大改进，比如 FSMC 的速度，F4 刷屏速度可以达到 3300W 像素/秒，而 F1 的速度只有 500W 左右。

MCU 部分的原理图如图 2.1.1.1-1~2.1.1.1-4（由于 MCU 引脚比较多，因此我们把原理图分成 4 部分，方便查看，如果看不清，可以打开 A 盘→2，电机开发板原理图 文件夹里的原理图进行查看）所示：

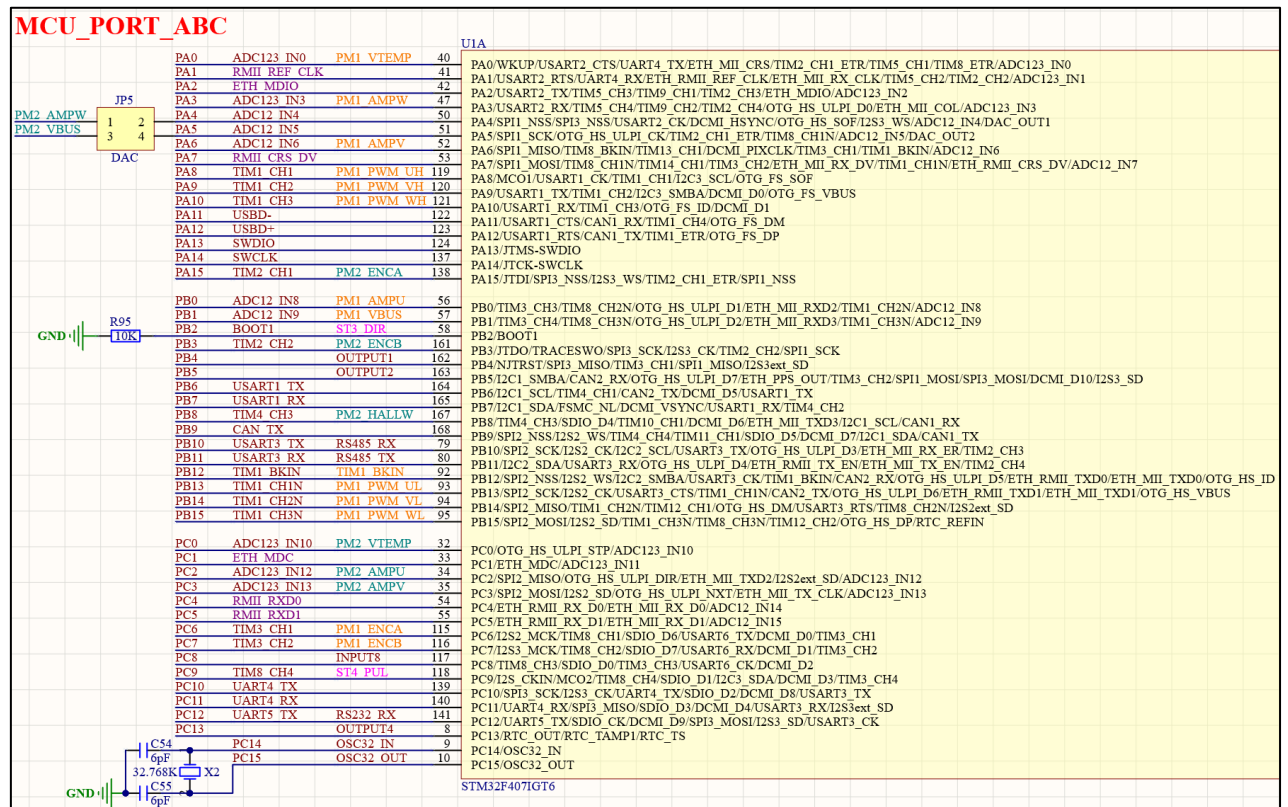


图 2.1.1.1-1 MCU 部分原理图 (A)

MCU_PORT_DEF				U1B
PD0	FSMC D2		142	PD0/FSMC D2/CAN1_RX
PD1	FSMC D3		143	PD1/FSMC D3/CAN1_TX
PD2	UART5_RX	RS232_TX	144	PD2/TIM3_ETR/UART5_RX/SDIO_CMD/DCMI_D11
PD3		INPUT9	145	PD3/FSMC_CLK/USART2_CTS
PD4	FSMC NOE		146	PD4/FSMC_NOE/USART2_RTS
PD5	FSMC NWE	HMI_TX	147	PD5/FSMC_NWE/USART2_TX
PD6		HMI_RX	150	PD6/FSMC_NWAIT/USART2_RX
PD7		INPUT10	151	PD7/USART2_CK/FSMC_NE1/FSMC_NCE2
PD8	FSMC D13		96	PD8/FSMC_D13/USART3_TX
PD9	FSMC D14		97	PD9/FSMC_D14/USART3_RX
PD10	FSMC D15		98	PD10/FSMC_D15/USART3_CK
PD11		T_MISO	99	PD11/FSMC_CLE/FSMC_A16/USART3_CTS
PD12	TIM4_CH1	PM2_HALLU	100	PD12/FSMC_ALE/FSMC_A17/TIM4_CH1/USART3_RTS
PD13	TIM4_CH2	PM2_HALLV	101	PD13/FSMC_A18/TIM4_CH2
PD14	FSMC D0		104	PD14/FSMC_D0/TIM4_CH3
PD15	FSMC D1		105	PD15/FSMC_D1/TIM4_CH4
PE0		LED0	169	PE0/TIM4_ETR/FSMC_NBL0/DCMI_D2
PE1		LED1	170	PE1/FSMC_NBL1/DCMI_D3
PE2		KEY0	1	PE2/TRACCLK/FSMC_A23/ETH_MII_TXD3
PE3		KEY1	2	PE3/TRACED0/FSMC_A19
PE4		KEY2	3	PE4/TRACED1/FSMC_A20/DCMI_D4
PE5	TIM9_CH1	PM2_ENCZ	4	PE5/TRACED2/FSMC_A21/TIM9_CH1/DCMI_D6
PE6	TIM9_CH2	PM1_ENCZ	5	PE6/TRACED3/FSMC_A22/TIM9_CH2/DCMI_D7
PE7	FSMC D4		68	PE7/FSMC_D4/TIM1_ETR
PE8	FSMC D5		69	PE8/FSMC_D5/TIM1_CH1N
PE9	FSMC D6		70	PE9/FSMC_D6/TIM1_CH1
PE10	FSMC D7		73	PE10/FSMC_D7/TIM1_CH2N
PE11	FSMC D8		74	PE11/FSMC_D8/TIM1_CH2
PE12	FSMC D9		75	PE12/FSMC_D9/TIM1_CH3N
PE13	FSMC D10		76	PE13/FSMC_D10/TIM1_CH3
PE14	FSMC D11		77	PE14/FSMC_D11/TIM1_CH4
PE15	FSMC D12		78	PE15/FSMC_D12/TIM1_BKIN
PF0		BEEP	16	PF0/FSMC_A0/I2C2_SDA
PF1		OUTPUT3	17	PF1/FSMC_A1/I2C2_SCL
PF2		PM2_CTRL_SD	18	PF2/FSMC_A2/I2C2_SMBA
PF3	ADC3_IN9	EX_NTC	19	PF3/FSMC_A3/ADC3_IN9
PF4	ADC3_IN14	PM2_BEMFW	20	PF4/FSMC_A4/ADC3_IN14
PF5	ADC3_IN15	PM2_BEMFV	21	PF5/FSMC_A5/ADC3_IN15
PF6	ADC3_IN4	PM2_BEMFU	24	PF6/TIM10_CH1/FSMC_NIORD/ADC3_IN4
PF7	ADC3_IN5	PM1_BEMFW	25	PF7/TIM11_CH1/FSMC_NREG/ADC3_IN5
PF8	ADC3_IN6	PM1_BEMFV	26	PF8/TIM13_CH1/FSMC_NIOWR/ADC3_IN6
PF9	ADC3_IN7	PM1_BEMFU	27	PF9/TIM14_CH1/FSMC_CD/ADC3_IN7
PF10	ADC3_IN8	PM1_CTRL_SD	28	PF10/FSMC_INTR/ADC3_IN8
PF11		ST3_EN	59	PF11/DCMI_D12
PF12		ST2_DIR	60	PF12/FSMC_A6
PF13		ST2_EN	63	PF13/FSMC_A7
PF14		ST1_DIR	64	PF14/FSMC_A8
PF15		ST1_EN	65	PF15/FSMC_A9

图 2.1.1.1-2 MCU 部分原理图 (B)

MCU_PORT_GHI				U1C
PG0	FSMC A10		66	PG0/FSMC A10
PG1		T_CS	67	PG1/FSMC A11
PG2	INPUT1		106	PG2/FSMC A12
PG3	INPUT2		107	PG3/FSMC A13
PG4	INPUT3		108	PG4/FSMC A14
PG5	INPUT4		109	PG5/FSMC A15
PG6	INPUT5		110	PG6/FSMC INT2
PG7	INPUT6		111	PG7/FSMC_INT3/USART6_CK
PG8	INPUT7		112	PG8/USART6_RTS/ETH_PPS_OUT
PG9	INPUT11		152	PG9/USART6_RX/FSMC_NE2/FSMC_NCE3
PG10	INPUT12		153	PG10/FSMC_NCE4_1/FSMC_NE3
PG11	RMII_TX_EN		154	PG11/FSMC_NCE4_2/ETH_MII_TX_EN/ETH_RMII_TX_EN
PG12	FSMC NE4		155	PG12/FSMC_NE4/USART6_RTS
PG13	RMII_TXD0		156	PG13/FSMC_A24/USART6_CTS/ETH_MII_TXD0/ETH_RMII_TXD0
PG14	RMII_TXD1		157	PG14/FSMC_A25/USART6_TX/ETH_MII_TXD1/ETH_RMII_TXD1
PG15		1WIRE_DQ	160	PG15/USART6_CTS/DCMI_D13
PH0	OSC_IN		29	PH0/OSC_IN
PH1	OSC_OUT		30	PH1/OSC_OUT
PH2		ST4_DIR	43	PH2/ETH_MII_CRS
PH3		ST4_EN	44	PH3/ETH_MII_COL
PH4	I2C2_SCL		45	PH4/I2C2_SCL/OTG_HS_ULPI_NXT
PH5	I2C2_SDA		46	PH5/I2C2_SDA
PH6	TIM2_CH1	T_SCK	83	PH6/I2C2_SMBA/TIM12_CH1/ETH_MII_RXD2
PH7		T_PEN	84	PH7/I2C3_SCL/ETH_MII_RXD3
PH8		T_MOSI	85	PH8/I2C3_SDA/DCMI_HSYNC
PH9	TIM2_CH2	LCD_BL	86	PH9/I2C3_SMBA/TIM12_CH2/DCMI_D0
PH10	TIM5_CH1	PM1_HALLU	87	PH10/TIM5_CH1/DCMI_D1
PH11	TIM5_CH2	PM1_HALLV	88	PH11/TIM5_CH2/DCMI_D2
PH12	TIM5_CH3	PM1_HALLW	89	PH12/TIM5_CH3/DCMI_D3
PH13	TIM8_CH1N	PM2_PWM_UL	128	PH13/TIM8_CH1N/CAN1_TX
PH14	TIM8_CH2N	PM2_PWM_VL	129	PH14/TIM8_CH2N/DCMI_D4
PH15	TIM8_CH3N	PM2_PWM_WL	130	PH15/TIM8_CH3N/DCMI_D11
PI0	SPI2_CS		131	PI0/TIM5_CH4/SPI2_NSS/I2S2_WS/DCMI_D13
PI1	SPI2_SCK		132	PI1/SPI2_SCK/I2S2_CK/DCMI_D8
PI2	SPI2_MISO		133	PI2/TIM8_CH4/SPI2_MISO/DCMI_D9/I2S2ext_SD
PI3	SPI2_MOSI		134	PI3/TIM8_ETR/SPI2_MOSI/I2S2_SD/DCMI_D10
PI4	TIM8_BKIN	TIM8_BKIN	173	PI4/TIM8_BKIN/DCMI_D5
PI5	TIM8_CH1	PM2_PWM_UH	174	PI5/TIM8_CH1/DCMI_VSYNC
PI6	TIM8_CH2	PM2_PWM_VH	175	PI6/TIM8_CH2/DCMI_D6
PI7	TIM8_CH3	PM2_PWM_WH	176	PI7/TIM8_CH3/DCMI_D7
PI8		ETH_RESET	7	PI8/RTC_TAMP1/RTC_TAMP2/RTC_TS
PI9	CAN_RX		11	PI9/CAN1_RX
PI10		GBC_KEY	12	PI10/ETH_MII_RX_ER
PI11		GBC_LED	13	PI11/OTG_HS_ULPI_DIR

图 2.1.1.1-3 MCU 部分原理图 (C)

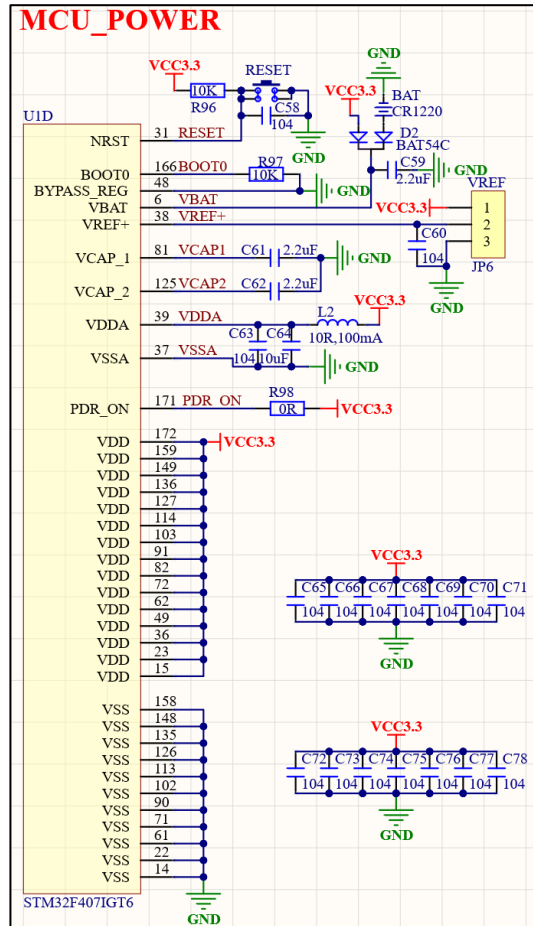


图 2.1.1.1-4 MCU 部分原理图（D）

图中 U1 为我们的主芯片：STM32F407IGT6（原理图将其分成 A/B/C/D 四部分），可以看到，不同的接口，我们以不同的颜色予以区分（和 IO 分配表同步，电源用红色标识，GND 用绿色标识），方便用户快速查找。

这里主要讲解以下 4 个地方：

- 1, JP5 为 PA4, PA5 功能选择脚，可分别用作 ADC、DAC 以及通用 IO。
- 2, 后备区域供电脚 VBAT 脚的供电采用 CR1220 纽扣电池和 VCC3.3 混合供电的方式，在有外部电源（VCC3.3）的时候，CR1220 不给 VBAT 供电，当外部电源断开时则由 CR1220 给其供电。这样，VBAT 总是有电的，以保证 RTC 的走时以及后备寄存器的内容不丢失。
- 3, 图中的第四部分包含了复位电路，RESET 按键为复位按键，因为 STM32 是低电平复位的，所以我们设计的电路也是低电平复位的，这里的 R96 和 C58 构成了上电复位电路。同时，开发板把 TFT_LCD 的复位引脚也接在 RESET 上，这样这个复位按钮不仅可以用来复位 MCU，还可以复位 LCD。
- 4, 图中 JP6 是参考电压选择端口。我们开发板默认是接板载的 3.3V 作为参考电压，如果大家想用自己的参考电压，则把你的参考电压接入 VREF+ 和 GND 即可。

2.1.2 LCD 接口和 HMI 串口屏接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载的 LCD 接口和 HMI 串口屏接口电路如图 2.1.2.1 所示：

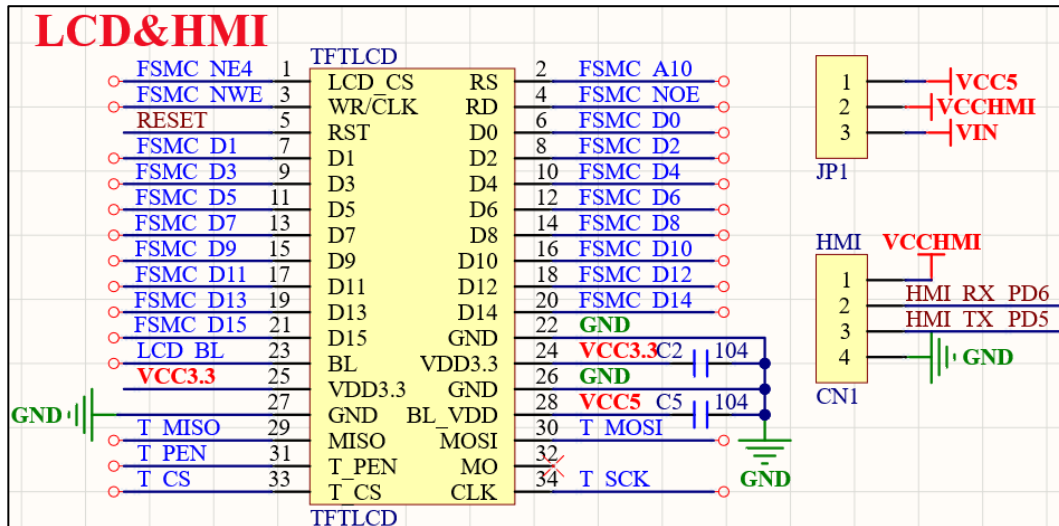


图 2.1.2.1 LCD 接口和 HMI 串口屏接口

图中 TFT_LCD 是一个通用的液晶模块接口，接口为 2*17P 的 2.54 间距排母，支持正点原子全系列 TFTLCD 模块，包括：2.4 寸、2.8 寸、3.5 寸、4.3 寸和 7 寸等尺寸的 TFTLCD 模块。LCD 接口连接在 STM32F407IGT6 的 FSMC 总线上面，可以显著提高 LCD 的刷屏速度。

图中的触摸屏信号包含 T_MISO(PD11)、T_MOSI(PH8)、T_PEN(PH7)、T_SCK(PH6)、T_CS(PG1)，这些信号用来实现对液晶触摸屏的控制（支持电阻屏和电容屏）。LCD_BL(PH9)则用于控制 LCD 的背光。液晶复位信号 RESET 则是直接连接在开发板的复位按钮上，和 MCU 共用一个复位电路。

因为 ATK-DMF407 电机开发板定位工业应用，所以预留了串口屏，接口为 4P 的 XH2.54 端子，只需一组串口 PD5(USART2_TX)，PD6(USART2_RX)即可实现通信，此接口兼容市面上大部分串口屏。另外，在工业环境中部分触摸屏是 RS232 接口的，这一类屏幕可使用我们开发板的 RS232 串口。

需要注意的是，FSMC_NEW 也用到 PD5，所以 2 者不能同时使用。另外串口屏支持 2 种供电方式，板载 5V (VCC5) 或者电源输入电压 VIN (DC6~24V)，用户可根据屏参数选择合适电压，默认使用板载 5V 供电。

2.1.3 EEPROM

正点原子 DMF407 电机开发板板载的 EEPROM 电路如图 2.1.3.1 所示：

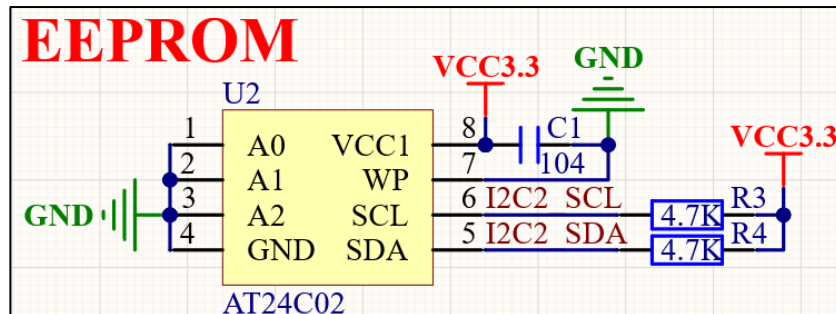


图 2.1.3.1 EEPROM

EEPROM 芯片我们使用的是 24C02，该芯片的容量为 2Kb，也就是 256 个字节，对于我们普通应用来说是足够的。当然，你也可以选择换大容量的芯片，因为我们的电路在原理上是兼容 24C02~24C512 全系列 EEPROM 芯片的。

这里我们把 A0~A2 均接地，对 24C02 来说也就是把地址位设置成了 0 了，写程序的时候要注意这点。I2C2_SCL 接在 MCU 的 PH4 上，I2C2_SDA 接在 MCU 的 PH5 上，这里我们虽然接到了 STM32 的硬件 IIC 上，但是我们并不提倡使用硬件 IIC，因为 STM32 的 IIC 是鸡肋！请谨慎使用。

2.1.4 SPI FLASH

正点原子 DMF407 电机开发板板载的 SPI FLASH 电路如图 2.1.4.1 所示：

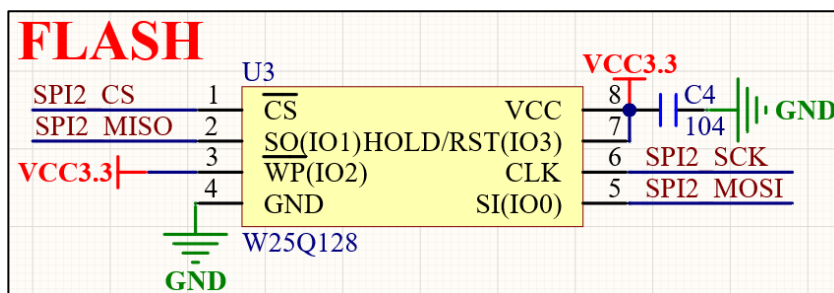


图 2.1.4.1 SPI FLASH

SPI FLASH 芯片型号为 25Q128（可选品牌为：诺存、华邦、博雅等都可以），该芯片的容量为 128Mb，也就是 16M 字节。

图中 SPI2_CS 连接在 MCU 的 PI0 上，SPI2_SCK/SPI2_MOSI/SPI2_MISO 则分别连接在 MCU 的 PI1/PI3/PI2 上。

2.1.5 LED

正点原子 DMF407 电机开发板板载了 3 个 LED，其原理图如图 2.1.5.1 所示：

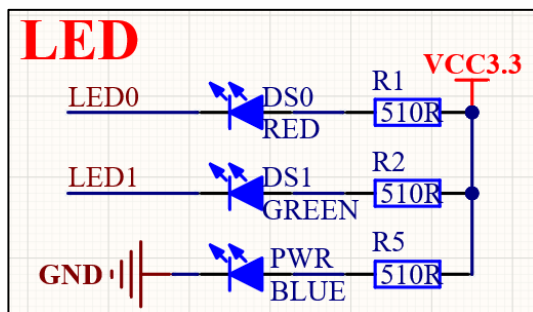


图 2.1.5.1 LED

其中 PWR 是系统电源指示灯，为蓝色。LED0(DS0)和 LED1(DS1)分别接在 PE0 和 PE1 上。为了方便大家判断，我们选择了 DS0 为红色的 LED，DS1 为绿色的 LED。

2.1.6 按键

正点原子 DMF407 电机开发板板载了 3 个输入按键，其原理图如图 2.1.6.1 所示：

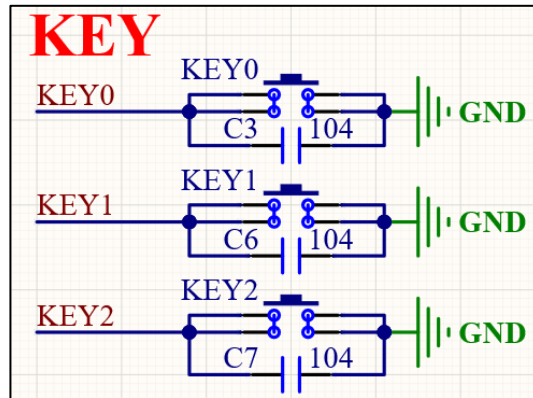


图 2.1.6.1 输入按键

KEY0、KEY1 和 KEY2 用作普通按键输入，分别连接在 PE2、PE3 和 PE4 上，这里并没有使用外部上拉电阻，但是 STM32 的 IO 作为输入的时候，可以设置上下拉电阻，所以我们使用 STM32 的内部上拉电阻来为按键提供上拉，每个按键并联的 104 电容则是用于消抖。

2.1.7 以太网接口 (RJ45)

正点原子 DMF407 电机开发板板载了 1 个以太网接口(RJ45)，其电路如图 2.1.7.1 所示：

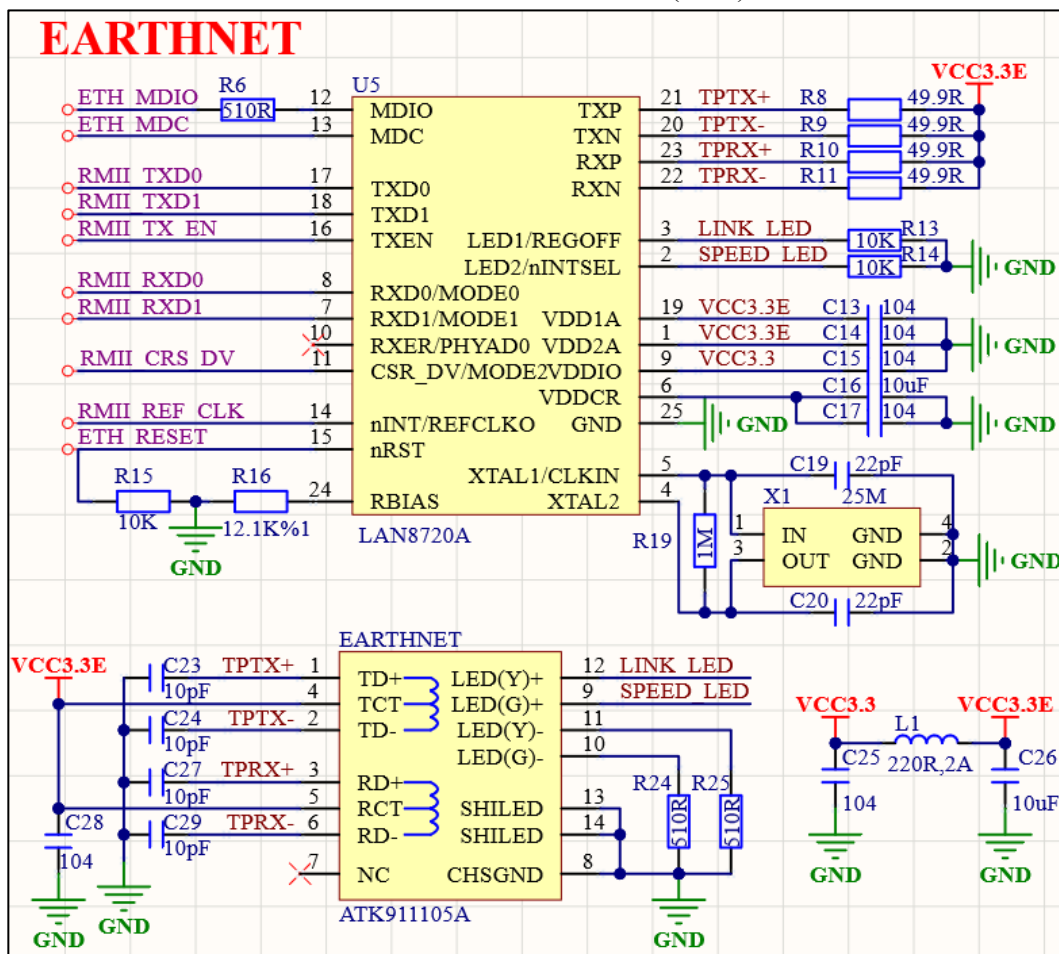


图 2.1.7.1 以太网接口(RJ45)

STM32F4 内部自带网络 MAC 控制器，所以只需要外加一个 PHY 芯片，即可实现网络通信功能。这里我们选择的是 LAN8720A 这颗芯片作为 STM32F4 的 PHY 芯片，该芯片采

用 RMII 接口与 STM32F4 通信，占用 IO 较少，且支持 auto mdix（即可自动识别交叉/直连网线）功能。板载一个自带网络变压器的 RJ45 头（ATK91105A），一起组成一个 10M/100M 自适应网卡。

图中的信号和 MCU 的关系：ETH_MDIO(PA2)、ETH_MDC(PC1)、RMII_TXD0(PG13)、RMII_TXD1(PG14)、RMII_TX_EN(PG11)、RMII_RXD0(PC4)、RMII_RXD1(PC5)、RMII_CRS_DV(PA7)、RMII_REF_CLK(PA1)、ETH_RESET(PI8)。

2.1.8 RS232 串口

正点原子 DMF407 电机开发板板载了 RS232（母头）接口，其电路如图 2.1.8.1 所示：

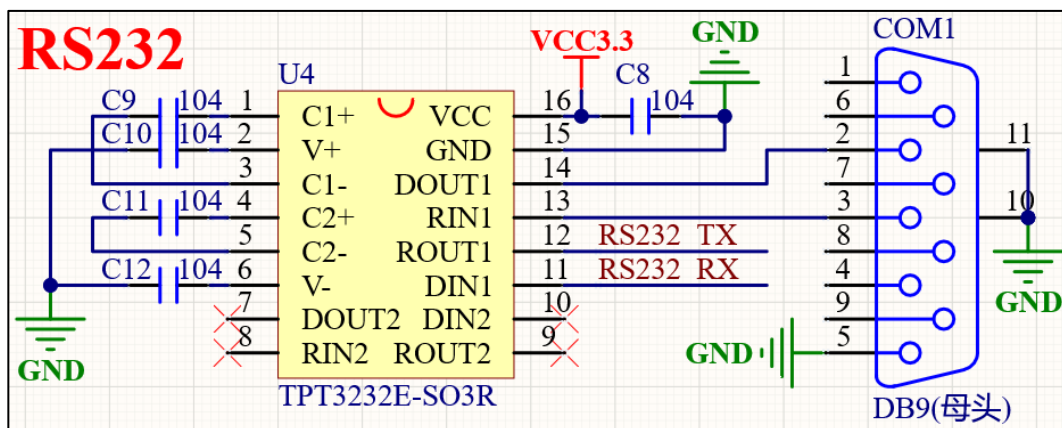


图 2.1.8.1 RS232 接口

可以看到 RS232 接口 COM1，使用的是 DB9 母头。因为 RS232 电平不能直接连接到 STM32，所以需要有一个电平转换芯片。这里我们选择的是 TPT3232E（也可以用 SP3232）来做电平转换，图中 RS232_TX/RS232_RX 分别连接在 MCU 的 PD2 (UART5_RX) 和 PC12 (UART5_TX) 上。

2.1.9 RS485 接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载的 RS485 接口电路如图 2.1.9.1 所示：

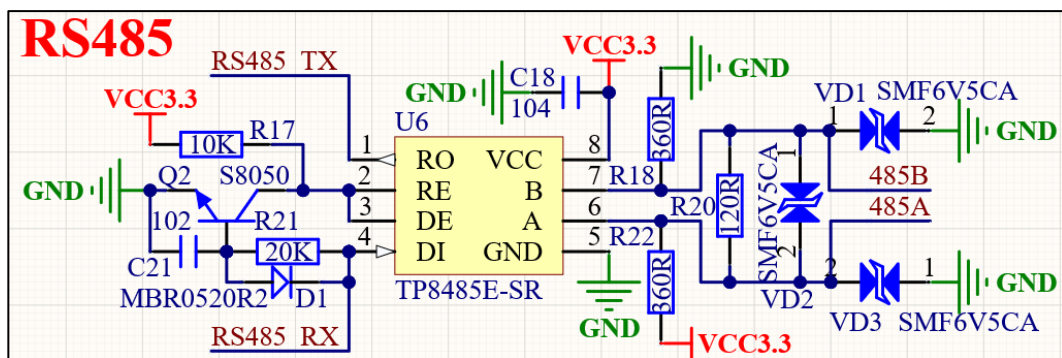


图 2.1.9.1 RS485 接口

RS485 电平也不能直接连接到 STM32，同样需要电平转换芯片。这里我们使用 TP8485 来做 485 电平转换，其中 R20 为终端匹配电阻，而 R18(下拉)，R22(上拉)，则是两个偏置电阻，以保证静默状态（A-H；B-L）时，485 总线表现逻辑 1，另外在总线上以及总线之间分别使用了双向 TVS 管，以保护芯片 IO，从而保护芯片。

RS485_RX/RS485_TX 分别连接在 MCU 的 PB10(USART3_TX)和 PB11(USART3_RX)上面，可以看到我们没有用到单独的收发使能控制脚，而是做了一个自动收发电路，其工作原理如下：

可以看到 RE 和 DE 接一起的，默认 10K 上拉，所以默认发送模式（高电平为发送模式，低电平为接收模式），RS485_RX(连接 USART3_TX)通过芯片 DI 脚发送数据，发送 0 数据的时候，自动收发电路不动作，所以驱动输出 A=L，B=H，总线表现逻辑 0；当发送 1 数据的时候，因为 R21 和 C21 组成的 RC 电路，当发送速率很高的时候，NPN 三极管 Q2 来不及导通，RE 和 DE 仍为高电平，驱动输出 A=H，B=L，总线表现逻辑 1；当发送速率比较低的时候，NPN 三极管 Q2 会缓慢导通，RE 和 DE 变为低电平，485 芯片进入接收模式，驱动端 DI 高阻态，但是因为偏置电阻 R18(下拉 B=0)，R22(上拉 A=1)，所以总线仍然表现逻辑 1。而肖特基二极管 MBR0520 用于加速 Q2 关断，保证 DI 由高变低时，芯片可以快速进入发送模式。

当我们需要进行接收时，只需要拉高 RS485，RE 和 DE 变为低电平，数据(RO)通过 RS485_TX(连接 USART3_RX)传输给 MCU。

2.1.10 CAN 接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载的 CAN 接口电路如图 2.1.10.1 所示：

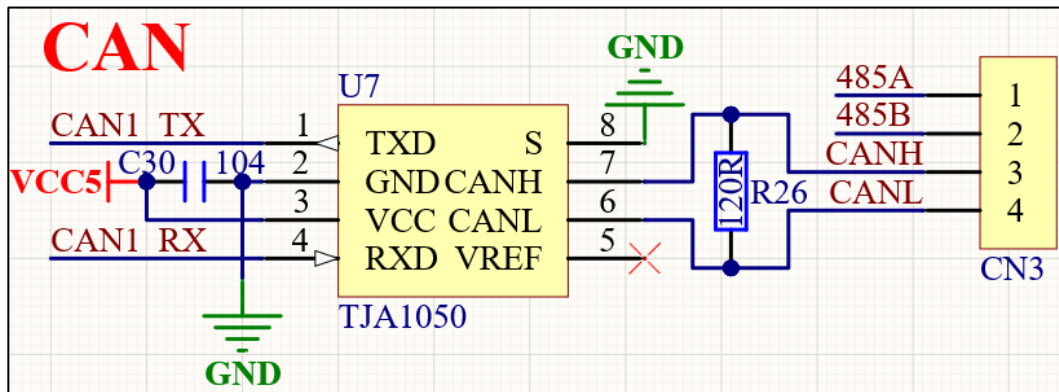


图 2.1.10.1 CAN 接口

CAN 总线电平也不能直接连接到 STM32，同样需要电平转换芯片。这里我们使用 TJA1050 来做 CAN 电平转换，其中 R26 为终端匹配电阻。CAN_TX 和 CAN_RX 分别连接在 MCU 的 PB9（CAN1_TX）和 PI9（CAN1_RX）上面。

另外可以看到，CAN 和 RS485 共用一个端子 4P HT396R 端子 CN3。

2.1.11 有源蜂鸣器

正点原子 DMF407 电机开发板板载的有源蜂鸣器电路如图 2.1.11.1 所示：

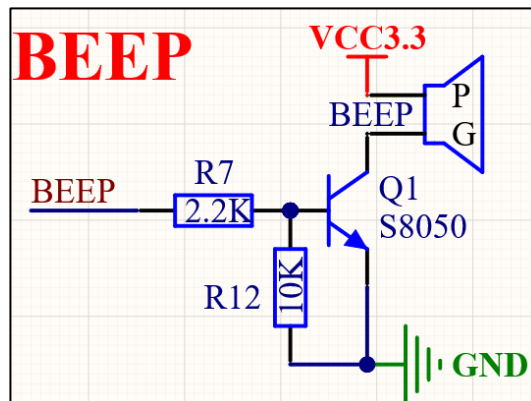


图 2.1.11.1 有源蜂鸣器

有源蜂鸣器是指自带了震荡电路的蜂鸣器，这种蜂鸣器一接上电就会自己震荡发声。而如

果是无源蜂鸣器，则需要外加一定频率（2~5KHz）的驱动信号，才会发声。这里我们选择使用有源蜂鸣器，方便大家使用。

图中 Q1 是用来扩流，R12 则是一个下拉电阻，避免 MCU 复位的时候，蜂鸣器可能发声的现象。BEEP 信号直接连接在 MCU 的 PF0 上面。

2.1.12 温湿度传感器

正点原子 DMF407 电机开发板板载的温湿度传感器接口电路如图 2.1.12.1 所示：

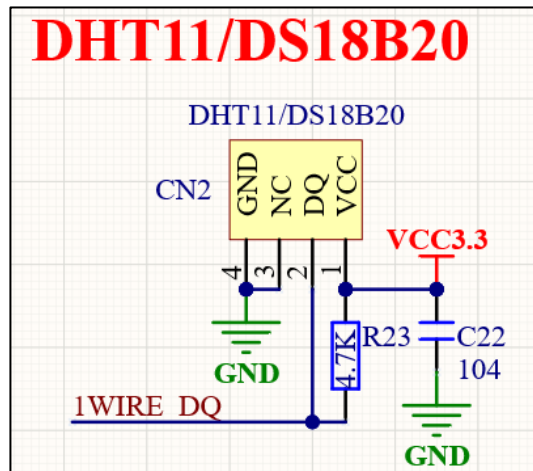


图 2.1.12.1 温湿度传感器

该接口（CN2）为 1*4P 的 2.54 圆孔排母，支持 DS18B20/DS1820/DHT11 等单总线数字温湿度传感器。1WIRE_DQ 是传感器的数据线，该信号连接在 MCU 的 PG15 上。

2.1.13 4 路隔离步进电机驱动器接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载了 4 路隔离型步进电机驱动器接口，其电路如图 2.1.13.1 所示：

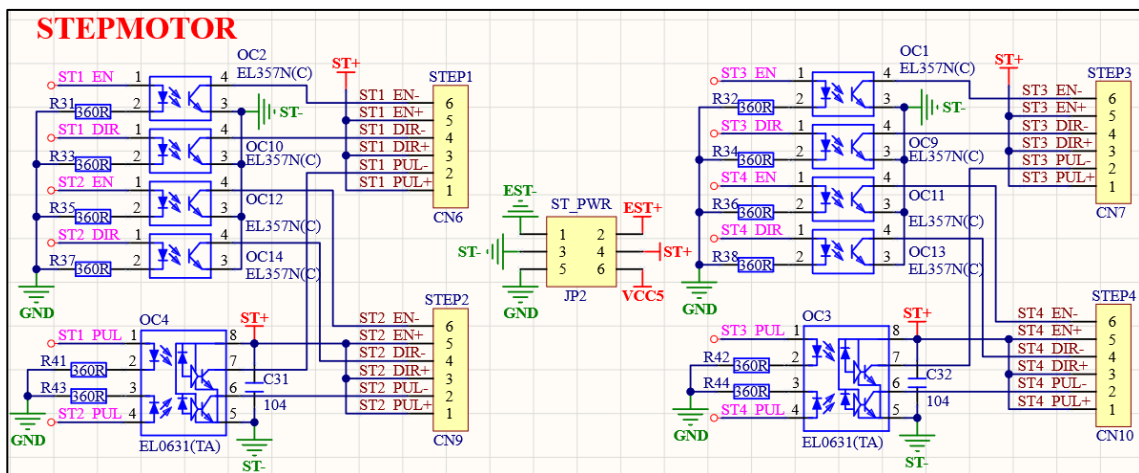


图 2.1.13.1 4 路步进电机驱动器接口

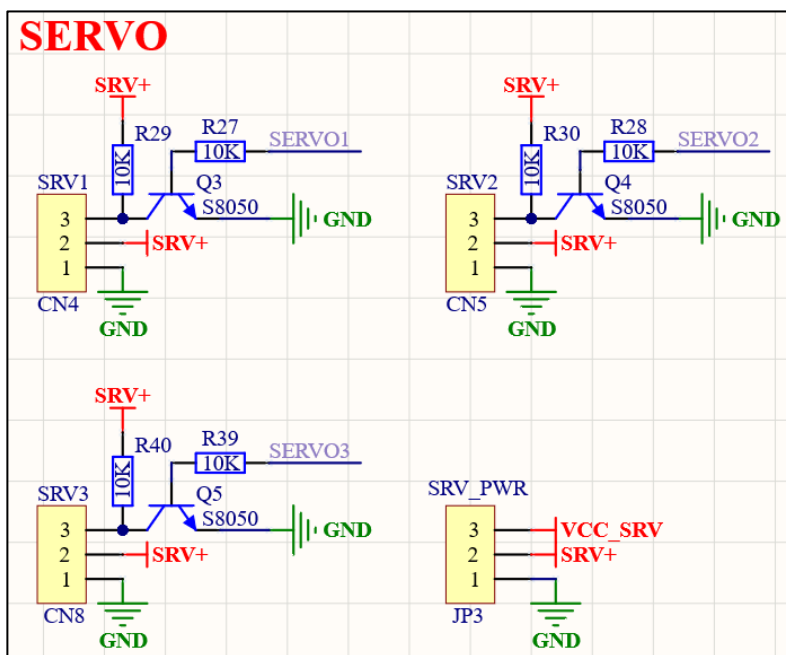
图中，4 路（STEP1~4）步进电机驱动器接口(CN6、CN9、CN7、CN10)完全独立，互不影响，接口采用 6P 的 HT396R 端子，接口线序和正点原子步进电机驱动器(ATK-2MD5050)接口相同，可通过一根 6P 线连接。

其中 EN 使能信号和 DIR 方向信号使用通用光耦 EL357N 隔离，PUL 脉冲信号则使用双路

可以看到驱动器信号供电为 ST+和 ST-，开发板预留了供电选择接口（JP2），可使用板载 5V(VCC5)电源或者外接电源 EST+，EST-（ $\leq 7V$ ，因为 EL0631 供电电压不能超过 7V），默认使用板载 5V 电源。

4路步进驱动器用到IO有ST1_EN(PF15)、ST1_DIR(PF14)、ST1_PUL(PI5);ST2_EN(PF13)、ST2_DIR(PF12)、ST2_PUL(PI6);ST3_EN(PF11)、ST3_DIR(PB2)、ST3_PUL(PI7);ST4_EN(PH3)、ST4_DIR(PH2)、ST4_PUL(PC9), 另外ST1_PUL、ST2_PUL、ST3_PUL和3路舵机控制信号以及直流有/无刷驱动接口2的3相上桥驱动PWM信号共用PI5~7, 在上面的IO资源分配表里也有说到, 所以大家注意分开使用。

正点原子 DMF407 电机开发板板载了 3 路舵机接口，电路如图 2.1.14.1 所示：



图中可以看到总共 3 路舵机接口 (SRV1~3), 接口采用 1*3P 的 2.54 排针, 可以直连舵机。

舵机控制信号 SERVO1~3 并不是直接控制舵机，而是经过电平转换来控制舵机，这样既隔离了 IO，又可以控制各种不同电平的舵机。电平转换电路实际就是一个反向器，因为是反向器，

所以控制电平需要反过来，比如要给舵机一个 2ms 高电平，周期 20ms 的信号，控制信号实际需要输出 2ms 低电平+18ms 高电平。

控制信号 SERVO1~3 分别连接在 MCU 的 PI5~7(TIM8_CH1~3)上，需要注意的是，步进电机驱动器 1~3 的脉冲信号 PUL 以及直流有/无刷电机驱动 2 的 3 相上桥 PWM 都使用到 PI5~7，在上面的 IO 资源分配表里也有说到，所以大家注意分开使用。

2.1.15.2 路直流有/无刷电机驱动器接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载了 2 路直流有/无刷电机驱动器接口，电路如图 2.1.15.1 所示：

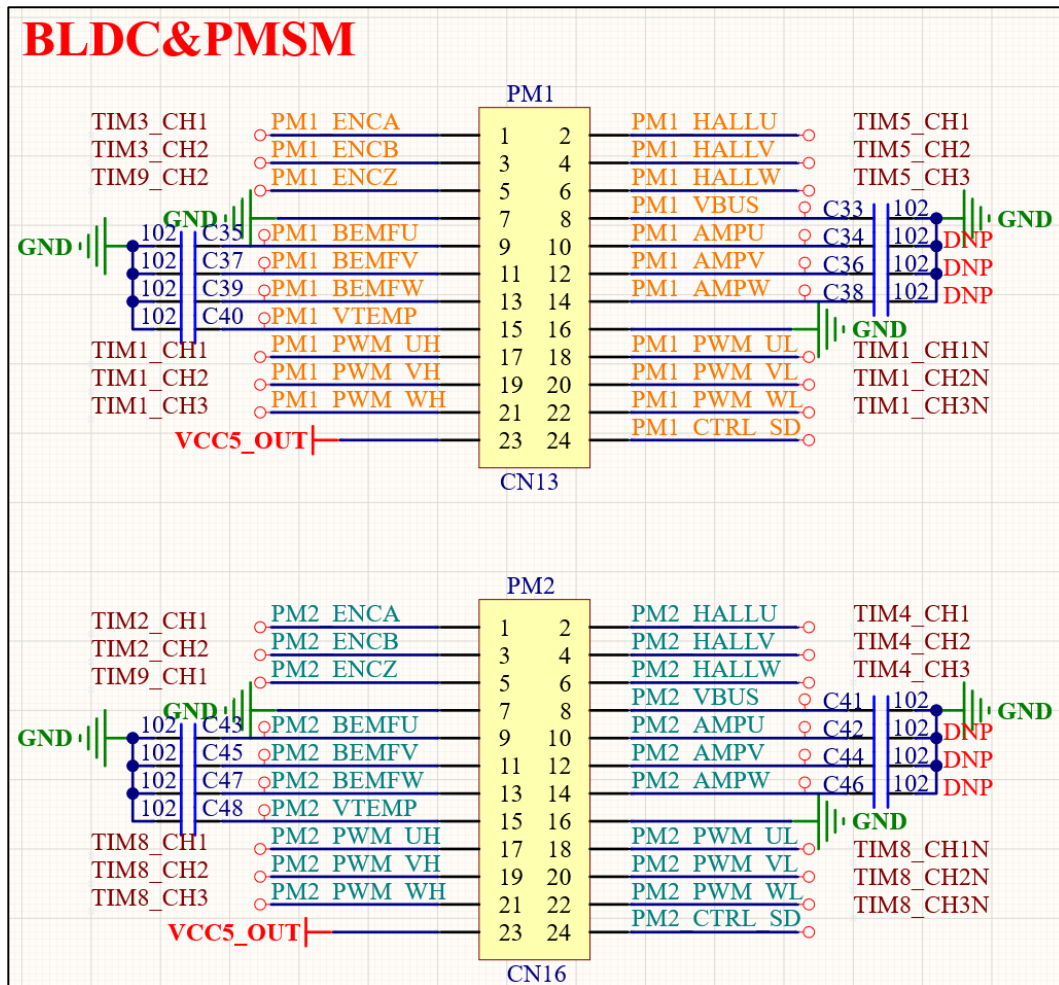


图 2.1.15.1 2 路直流有/无刷电机驱动器接口

可以看到图中包含 2 路 (PM1, PM2) 全功能型直流无刷电机驱动器接口 (CN13, CN16)，接口为 2*12P 的 2.54 间距直脚牛角座，可通过一根 24P 专用排线和正点原子的直流无刷驱动板 (ATK-PD6010B) 以及直流有刷驱动板 (ATK-PD6010D) 直连。ADC 采集引脚上接了 102 电容，这个是用来滤除信号上的高频杂波，保证采集的信号更准确。

接口每一路包含 3 路互补定时器 (6 路 PWM) 信号、3 相霍尔传感器信号、3 相编码器信号、3 路电流信号、3 路反向电动势信号、驱动器电压采集信号、及温度信号以及停机信号。从 MCU 外设的角度来说，每一路需要用到 3~4 组定时器，8 路 ADC 以及一个通用 IO，那么 2 路就需要 6~7 组定时器，16 路 ADC。经过我们对 IO 完全充分的分配，做到了 7 组定时器和 16 路 ADC 完全独立，互不干扰，所以我们可以同时使用 2 路直流无刷驱动板。

如果连接直流驱动板，则只需要用到 3 相编码器信号、3 路 ADC、1 路互补定时器信号以及停机信号。因为使用的资源少了，所以如果使用单独接线的方式，至少可以接 4 路直流有刷驱动板。

我们知道，永磁同步电机是包含编码器和霍尔传感器的，如果 IO 分配不恰当，定时器没分配好，这个驱动器接口就只能留出霍尔传感器接口，或者编码器接口，那用户在使用永磁同步电机的时候就只能选一个接口使用了，要么编码器要么霍尔传感器。这也就是我们做全功能驱动器接口的原因。另外，我们知道 ST 的 FOC，对定时器和 ADC 是有特殊要求的，如果没分配好，驱动板是没法跑 ST 的 FOC 的，正点原子 DMF407 电机开发板不但支持 ST 的 FOC，而且支持 2 路同时跑 ST 的 FOC。

2 路直流驱动器接口占用的 IO 以及外设如表 2.1.15.2 所示：

引脚编号	GPIO	连接资源		是否复用	连接关系说明
40	PA0	ADC1_IN0	PM1_VTEMP	Y	直流有/无刷驱动板 1-温度采集
47	PA3	ADC2_IN3	PM1_AMPW	Y	直流有/无刷驱动板 1-W 相电流采集
50	PA4	DAC_OUT1 ADC2_IN4	PM2_AMPW	N	1,DAC 输出 1 2,直流有/无刷驱动板 2-W 相电流采集
51	PA5	DAC_OUT2 ADC1_IN5	PM2_VBUS	N	1,DAC 输出 2 2,直流有/无刷驱动板 2-电源电压采集
52	PA6	ADC12_IN6	PM1_AMPV	Y	直流有/无刷驱动板 1-V 相电流采集
119	PA8	TIM1_CH1	PM1_PWM_UH	Y	直流有/无刷驱动板 1-U 相上桥 PWM 信号
120	PA9	TIM1_CH2	PM1_PWM_VH	Y	直流有/无刷驱动板 1-V 相上桥 PWM 信号
121	PA10	TIM1_CH3	PM1_PWM_WH	Y	直流有/无刷驱动板 1-W 相上桥 PWM 信号
138	PA15	TIM2_CH1	PM2_ENCA	Y	直流有/无刷驱动板 2-编码器 A 相
56	PB0	ADC1_IN8	PM1_AMPV	Y	直流有/无刷驱动板 1-U 相电流采集
57	PB1	ADC1_IN9	PM1_VBUS	Y	直流有/无刷驱动板 1-电源电压采集
161	PB3	TIM2_CH2	PM2_ENCB	Y	直流有/无刷驱动板 2-编码器 B 相
167	PB8	TIM4_CH3	PM2_HALLW	Y	直流有/无刷驱动板 2-霍尔传感器 W 相
92	PB12	TIM1_BKIN	TIM1_BKIN	Y	直流有/无刷驱动板 1-刹车信号
93	PB13	TIM1_CH1N	PM1_PWM_UL	Y	直流有/无刷驱动板 1-U 相下桥 PWM 信号
94	PB14	TIM1_CH2N	PM1_PWM_VL	Y	直流有/无刷驱动板 1-V 相下桥 PWM 信号
95	PB15	TIM1_CH3N	PM1_PWM_WL	Y	直流有/无刷驱动板 1-W 相下桥 PWM 信号
32	PC0	ADC1_IN10	PM2_VTEMP	Y	直流有/无刷驱动板 2-温度采集
34	PC2	ADC1_IN12	PM2_AMPV	Y	直流有/无刷驱动板 2-U 相电流采集
35	PC3	ADC12_IN13	PM2_AMPV	Y	直流有/无刷驱动板 2-V 相电流采集
115	PC6	TIM3_CH1	PM1_ENCA	Y	直流有/无刷驱动板 1-编码器 A 相
116	PC7	TIM3_CH2	PM1_ENCB	Y	直流有/无刷驱动板 1-编码器 B 相
100	PD12	TIM4_CH1	PM2_HALLU	Y	直流有/无刷驱动板 2-霍尔传感器 U 相
101	PD13	TIM4_CH2	PM2_HALLV	Y	直流有/无刷驱动板 2-霍尔传感器 V 相
4	PE5	TIM9_CH1	PM2_ENCZ	Y	直流有/无刷驱动板 2-编码器 Z 相
5	PE6	TIM9_CH2	PM1_ENCZ	Y	直流有/无刷驱动板 1-编码器 Z 相
18	PF2		PM2_CTRL_SD	Y	直流有/无刷驱动板 2-停机控制信号
20	PF4	ADC3_IN14	PM2_BEMFW	Y	直流有/无刷驱动板 2-W 相反向电动势采集
21	PF5	ADC3_IN15	PM2_BEMFV	Y	直流有/无刷驱动板 2-V 相反向电动势采集
24	PF6	ADC3_IN4	PM2_BEMFU	Y	直流有/无刷驱动板 2-U 相反向电动势采集
25	PF7	ADC3_IN5	PM1_BEMFW	Y	直流有/无刷驱动板 1-W 相反向电动势采集
26	PF8	ADC3_IN6	PM1_BEMFV	Y	直流有/无刷驱动板 1-V 相反向电动势采集

27	PF9	ADC3_IN7	PM1_BEMFU	Y	直流有/无刷驱动板 1-U 相反向电动势采集
28	PF10		PM1_CTRL_SD	Y	直流有/无刷驱动板 1-停机控制信号
87	PH10	TIM5_CH1	PM1_HALLU	Y	直流有/无刷驱动板 1-U 相霍尔传感器
88	PH11	TIM5_CH2	PM1_HALLV	Y	直流有/无刷驱动板 1-V 相霍尔传感器
89	PH12	TIM5_CH3	PM1_HALLW	Y	直流有/无刷驱动板 1-W 相霍尔传感器
128	PH13	TIM8_CH1N	PM2_PWM_UL	Y	直流有/无刷驱动板 2-U 相下桥 PWM 信号
129	PH14	TIM8_CH2N	PM2_PWM_VL	Y	直流有/无刷驱动板 2-V 相下桥 PWM 信号
130	PH15	TIM8_CH3N	PM2_PWM_WL	Y	直流有/无刷驱动板 2-W 相下桥 PWM 信号
173	PI4	TIM8_BKIN	TIM8_BKIN	Y	直流有/无刷驱动板 2-刹车信号
174	PI5	TIM8_CH1	PM2_PWM_UH ST1_PUL SERVO1	N	1, 直流有/无刷驱动板 2-U 相上桥 PWM 信号 2, 步进电机驱动器 1-脉冲信号 3, 舵机 1-脉冲信号
175	PI6	TIM8_CH2	PM2_PWM_VH ST2_PUL SERVO2	N	1, 直流有/无刷驱动板 2-V 相上桥 PWM 信号 2, 步进电机驱动器 2-脉冲信号 3, 舵机 2-脉冲信号
176	PI7	TIM8_CH3	PM2_PWM_WH ST3_PUL SERVO3	N	1, 直流有/无刷驱动板 2-W 相上桥 PWM 信号 2, 步进电机驱动器 3-脉冲信号 3, 舵机 3-脉冲信号

表 2.1.15.2: 直流有/无刷电机驱动器接口 IO 分配

2.1.16 刹车输入和步进电机驱动器信号外接电源接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载的 PWM 刹车输入和步进电机驱动器信号外接电源接口接口，电路如图 2.1.16.1 所示：

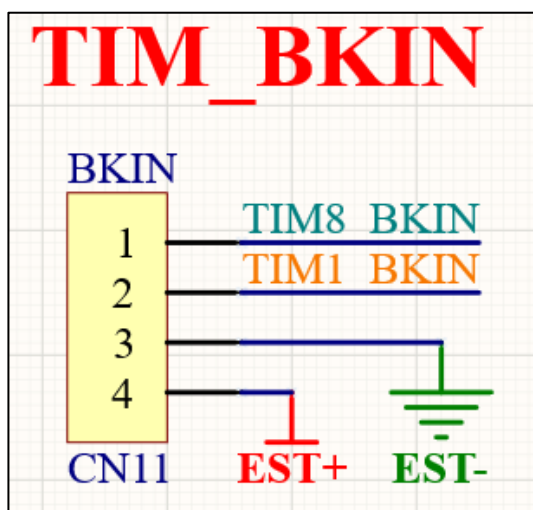


图 2.1.16.1 刹车输入和步进电机驱动器信号外接电源接口

接口为 4P HT396R 端子，包含了 2 个高级定时器的刹车输入引脚 TIM1_BKIN(PB12) TIM8_BKIN(PI4)和步进电机驱动器信号外接电源(EST+ EST-)。因为这个外接电源可选给高速光耦 EL0631(最高电压 7V)供电，所以 EST+和 EST-这组外接电源不能超过 7V。

2.1.17 编码器接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载的编码器接口，电路如图 2.1.17.1 所示：

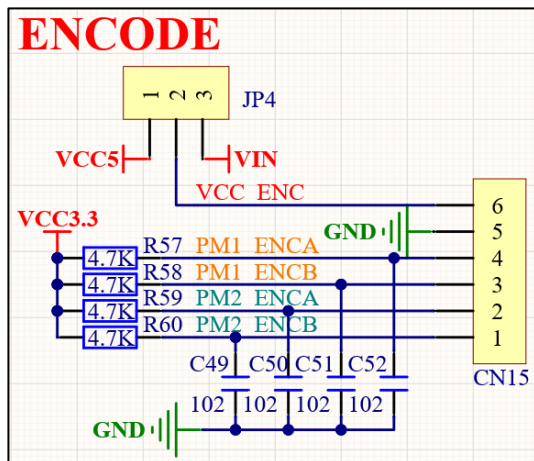


图 2.1.17.1 编码器接口

图中 CN15 接口为 6P HT396R 端子。接口上包含 2 路包含 A, B 相的编码器接口以及编码器供电接口。这 2 路编码器接口正是直流有/无刷电机驱动板接口上的编码器接口，它们是连在一起的。因为正点原子的直流无刷驱动板（ATK-PD6010B）和直流有刷驱动板（ATK-PD6010D）已经板载了编码器接口，无需再单独接线到开发板，但如果使用其他不带编码器接口的驱动板，那开发板预留的这个编码器接口就可以派上用场了。

还可以看到编码器供电有 2 种方式，通过跳线帽 JP4 选择，可以使用板载 5V 或者电源输入 VIN，默认使用板载 5V。

信号默认经过 4.7K 上拉到 3.3V，同时 102 电容对地，目的是让输入的编码器信号更稳定。

2.1.18 6 路模拟量采集接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载了 6 路模拟量采集接口，其原理图如图 2.1.18.1 所示：

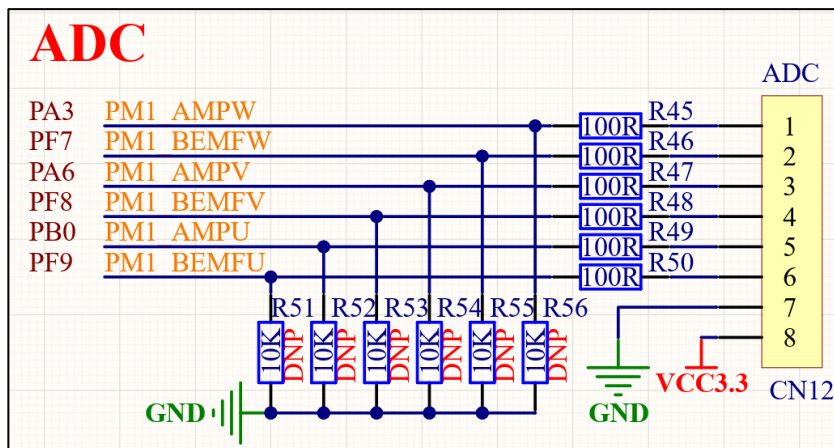


图 2.1.18.1 6 路模拟量采集接口

图中 CN12 接口为 8P HT396R 端子。接口上包含 6 路模拟采集脚以及一组 3.3V 供电接口。可以看到，6 路 ADC 采集口和直流有/无刷驱动器接口的电流采集信号以及反向电动势采集信号共用，所以不能同时使用。

注意：接口信号通过 100R 电阻直接接到 MCU 的 ADC，所以接口信号不能超过 3.3V。

2.1.19 扩展 NTC 接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载了 1 路 NTC 接口，其原理图如图 2.1.19.1 所示：

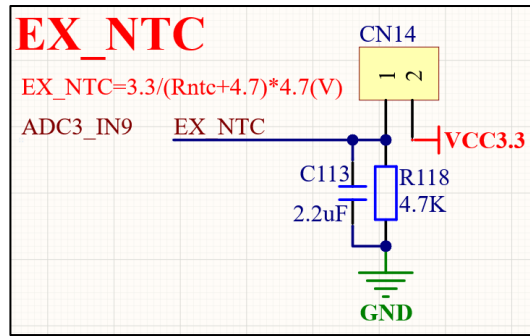


图 2.1.19.1 扩展 NTC 接口

图中 CN14 接口为 2P XH2.54 端子，用来外接 NTC 温度传感器，以便测量电机表面温度，水温等，该接口接到了 ADC3_IN9(PF3)上面。EX_NTC 引脚电压= $3.3 / (R_{ntc} + 4.7) * 4.7$ ，单位 V，其中 Rntc 表示 NTC 温度传感器的当前电阻值，2.2uF 电容则是用于信号滤波。

2.1.20 12 路通用隔离输入接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载了 2x6 路通用隔离输入接口，原理图如图 2.1.20.1 所示：

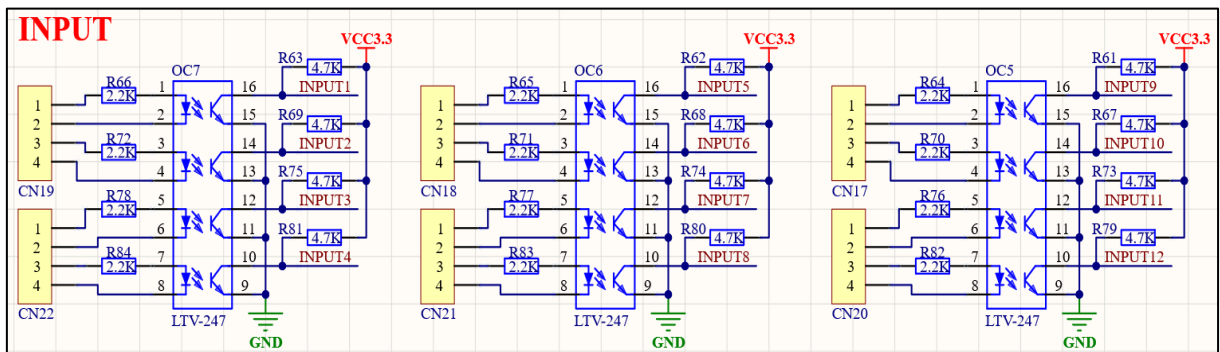


图 2.1.20.1 隔离输入接口

可以看到总共 6 组（每组 2 路）通用隔离输入接口，每一组接口都使用一个 4P HT396R 端子。使用了 3 个 4 路通用型光耦 LTV-247。光耦输入端子全部引出，方便用户使用不同的接法，串接了 2.2K 电阻可保证检测 24V 以内的开关信号，比如接近传感器，限位开关传感器等。光耦的输入端则连接到 MCU 的 IO 上，并使用 4.7K 电阻上拉（默认高电平），当输入信号有效时，变为低电平。

输入信号和 MCU 的 IO 对应关系是：INPUT1~7->PG2~8、INPUT8->PC8、INPUT9->PD3、INPUT10->PD7、INPUT11->PG9、INPUT12->PG10。

注意：开发板明确标明了输入信号正负极，不能反接。

2.1.21 4 路通用隔离输出接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载了 4 路通用隔离输出接口，原理图如图 2.1.21.1 所示：

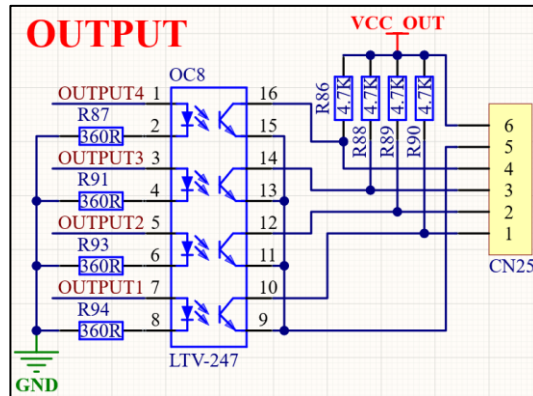


图 2.1.21.1 隔离输出接口

图中 CN25 为 6P HT396R 端子，使用 1 个 4 路通用光耦 LTV-247，光耦输入采用共阴极接法，限流电阻 360R，光耦输入正极接 MCU，推挽输出高电平可以让光耦导通。光耦输出也是共阴极接法，电压由外部提供（ $\leq 24V$ ），默认 4.7K 上拉。当光耦输入高电平时，输出低电平。

输出信号和 MCU 的 IO 对应关系是：OUTPUT1->PB4、OUTPUT2->PB5、OUTPUT3->PF1、OUTPUT4->PC13。

注意：开发板明确标明了外接电源正负，不能反接。

2.1.22 ATK 模块接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载了，其原理图如图 2.1.22.1 所示：

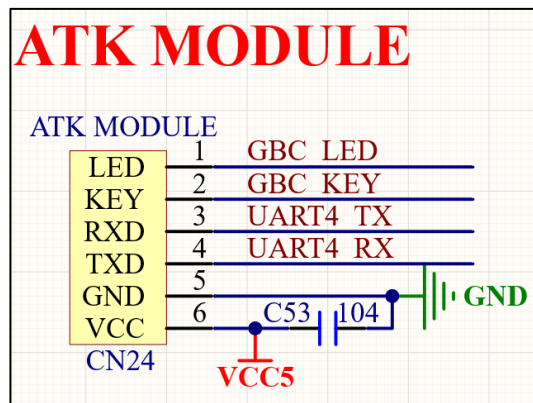


图 2.1.22.1 ATK 模块接口

如图所示，CN24 是一个 1*6P 的 2.54 排座，可以用来连接正点原子推出的一些模块，比如：蓝牙串口模块、GPS 模块、MPU6050 模块等。有了这个接口，我们连接模块就非常简单，插上即可工作。

信号和 MCU 的连接关系是：GBC_LED->PI11、GBC_KEY->PI10、UART4_TX->PC10、UART4_RX->PC11。

2.1.23 SWD 接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载了 SWD 下载调试接口，其原理图如图 2.1.23.1 所示：

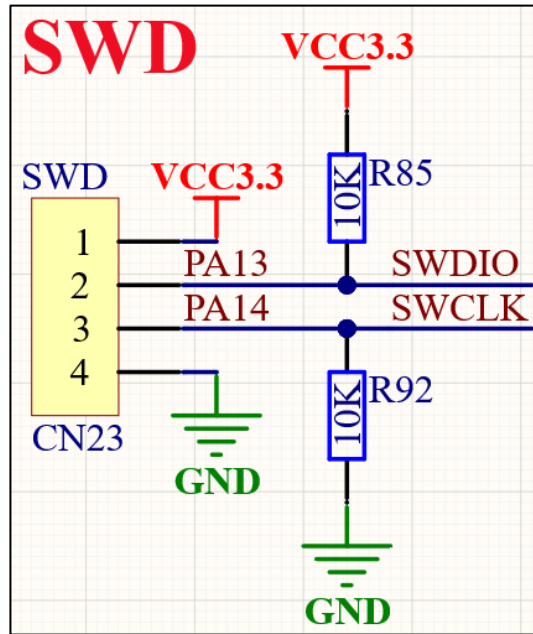


图 2.1.23.1 SWD 接口

图中 CN23 为 4P XH2.54 端子，因为 SWD 使用方便还节省 IO，所以我们使用这种接口来对 MCU 进行仿真调试。这个接口支持正点原子的 DAP 仿真器和 STLINK 仿真器。

2.1.24 电源接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载了 1 组电源接口，其原理图如图 2.1.24.1 所示：

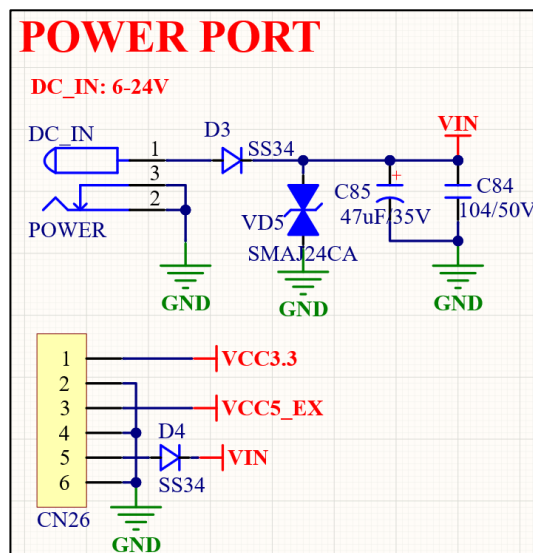


图 2.1.24.1 电源接口

可以看到，有 2 种电源接口，DC-005 和 6PHT396R。其中电源输入有 2 种方式，DC_IN 和 CN26 接口 5、6 脚，供电范围 DC6~24V，输入电源分别经过 D3 和 D4 肖特基二极管，以起到防反接作用，双向 TVS 管 VD5 用于过压保护（24V），C84、C85 则是输入电源滤波电容，C85 采用 47uF/35V 的电解电容，可有效抑制输入电源的尖峰干扰。

注意 VCC5_EX，只能通过 DCDC 5V 获取（详细说明请看 2.1.25 和 2.1.26 小节），CN26 端子输出有 2 组电源，板载 5V 和 3.3V。为了安全起见，对外输出的电源，电流不要超过 1.5A。

2.1.25 电源系统

正点原子 DMF407 电机开发板板载的电源系统，其原理图如图 2.1.25.1 所示：

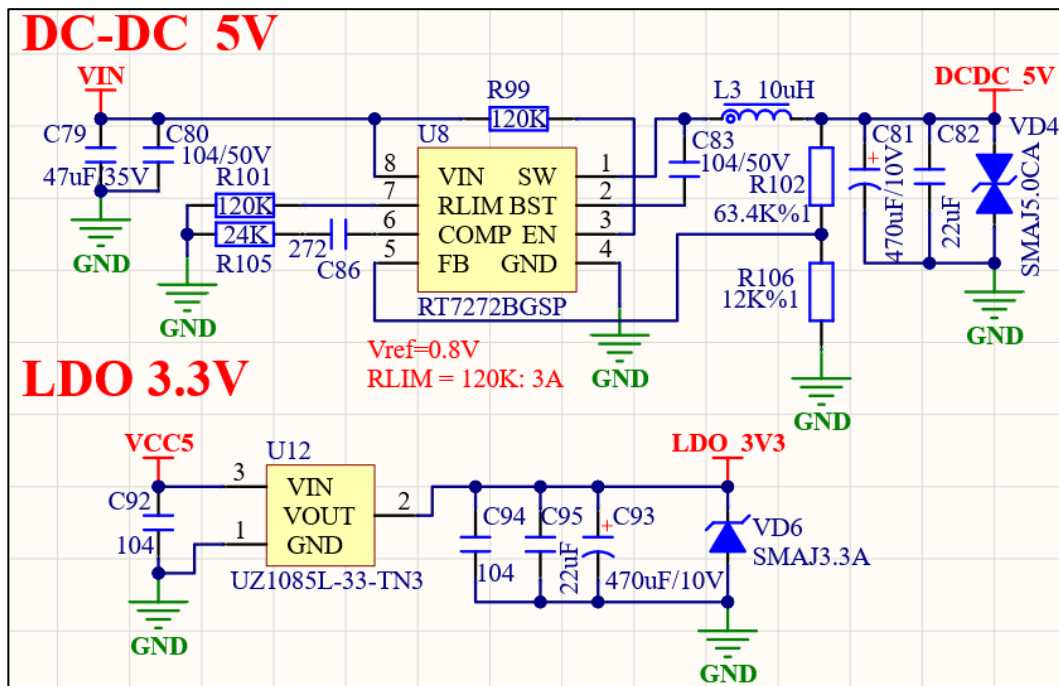


图 2.1.25.1 电源系统

图中总共 2 组电源，5V DCDC 和 3.3V LDO。其中 DCDC 芯片 U8 采用高效大电流同步降压芯片 RT7272BGSP(SOP8 封装，带散热焊盘)，同步降压的方式省掉了大体积的续流二极管，提高转换效率以及降低发热，最大可输出 3A 电流，为供电系统提供充沛的电力。输入和输出都使用了组合滤波电容的方式，保证了电源更低的纹波，双向 TVS VD5 则是用于过压保护(5V)。

线性稳压芯片 U12 采用 UZ1085L-33(TO252 封装，带散热焊盘)芯片，它将 5V 转换为 3.3V，电流输出可以到 2A。线性稳压电源的好处，可进一步降低电源纹波，因为我们电机开发板用了大量的 AD 采集，所以电源纹波越小越好。输出同样采用了电解电容+陶瓷电容的方式，进一步降低了电源高频干扰和纹波，TVS 管 VD6 同样用于过压保护(3.3V)。

2.1.26 电源保护电路

正点原子 DMF407 电机开发板板载的电源保护电路，其原理图如图 2.1.26.1 所示：

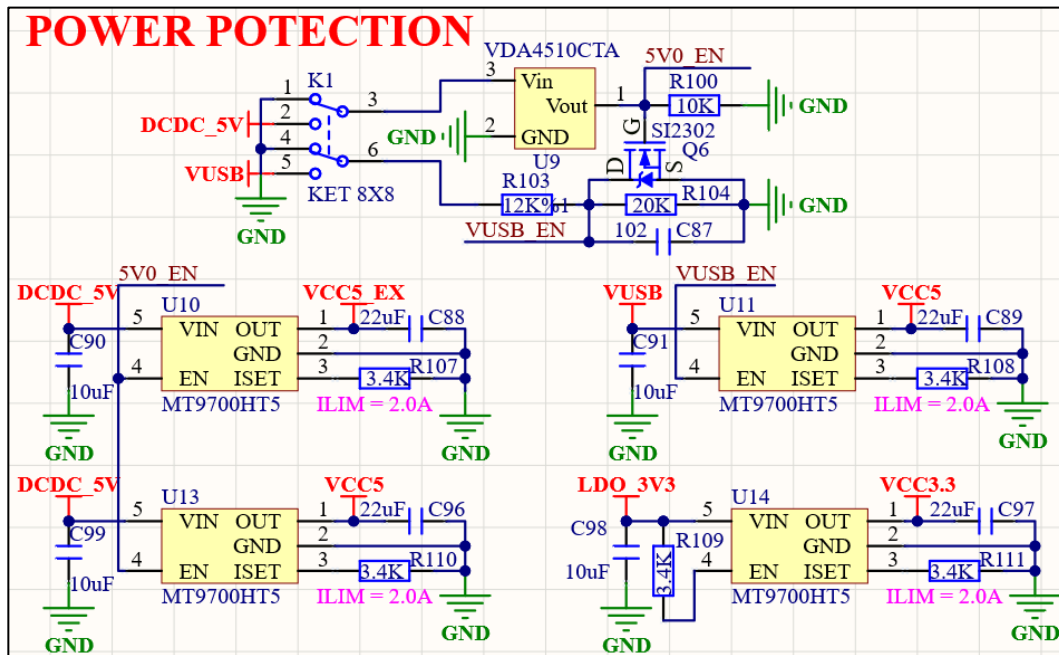


图 2.1.26.1 电源保护电路

为了保证电源的安全性，我们设计了电源保护电路，包括电压互锁电路和过流保护电路。可以看到板载了 4 路过流保护芯片 MT9700HT5(SOT23-5)，芯片 5 脚输入，1 脚输出，4 脚为使能脚，高电平使能输出，3 脚下拉的 3.4K 限流电阻将芯片保护电流设置为 2A。

DCDC_5V 分别接到了 U10 和 U13 的输入，并通过 5V0_EN 控制 2 路输出（VCC5_EX 和 VCC5），其中 VCC5_EX 通过接口端子对外输出 5V，VCC5 则用于开发板自身，**需要注意的是，给开发板供电的 VCC5，可以来自 DCDC_5V 也可以来自 VUSB，而对外输出的 VCC5_EX，考虑到 USB 供电可能不足（比如给舵机供电）的情况，只能来自 DCDC_5V。**

而 VUSB 5V（来自 USB_TypeC 接口）则接到 U11 的输入，并通过 VUSB_EN 控制输出，输出只接到 VCC5，所以只能用于给开发板供电。线性电源输出 LDO_3V3 接到了 U14 的输入，并通过 R109 上拉电阻控制输出（VCC3.3），也就是 LDO_3V3 上电后，VCC3.3 也跟着输出。

我们再来看下 5V 电压互锁电路，目的是选择 DCDC_5V 和 VUSB 5V 之间一种进行供电，且 DCDC_5V 优先级高于 VUSB 5V，这样就可以避免 DCDC_5V 干扰 USB，甚至烧坏 USB 口。电路原理如下：

双联自锁开关 K1 分别接入 DCDC_5V 和 VUSB，芯片 U9 用于电压检测，VDA4510CTA 表示 3 脚输入电压高于 4.5V，1 脚输出高电平，否则输出低电平。该芯片 1 脚接的 5V0_EN 控制 U10 和 U13 输出，同时通过 NMOS Q6 控制了 VUSB_EN。

当开关 K1 断开时，5V0_EN 和 VUSB_EN 都为低电平，U10、U11、U13 均关断，开发板断电；当 K1 按下闭合后，DCDC_5V 连接到 U9 的输入，因为电压大于 4.5V，所以立即输出高电平，5V0_EN 使能脚输出高，5V0_EN 通过 Q6 NMOS 将 VUSB_EN 短接到地，所以开发板只由 DCDC_5V 供电；当我们拔掉输入电源 VIN 后，DCDC_5V 快速下降到 4.5V 以下，5V0_EN 输出低电平，Q6 MOS 关断并释放 VUSB_EN，这个时候 VUSB 通过 R103、R104 分压拉高 VUSB_EN，整个板子供电自动切换到 USB 供电。

2.1.27 USB 串口

正点原子 DMF407 电机开发板板载的 USB 转串口电路，其原理图如图 2.1.27.1 所示：

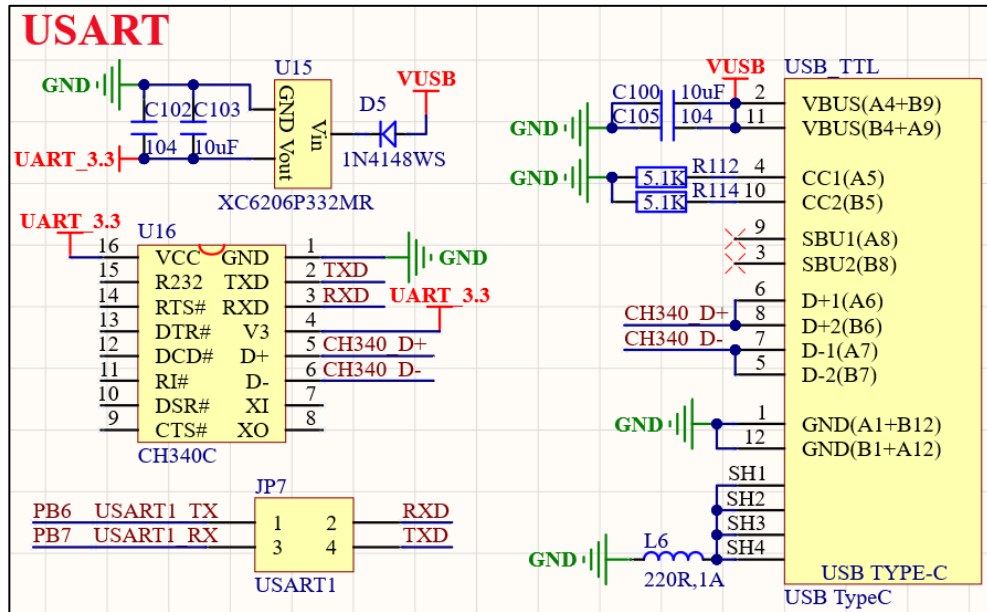


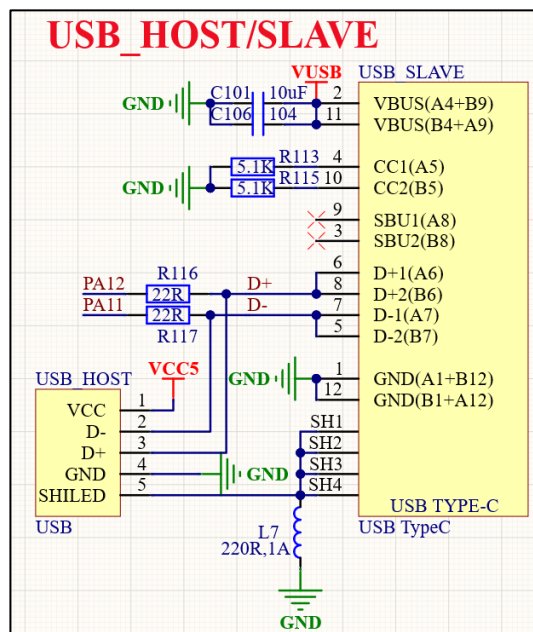
图 2.1.27.1 USB 串口

图中 USB 转串口芯片 (U16)，我们选择的是 CH340C，无需外部晶振，是 CH340G 的升级版，非常好用。该芯片的供电 USART_3.3 来自 3.3V 的 LDO(U15)，而 U15 的供电 VUSB 来自 TypeC 座（接电脑 USB），二极管 D5 的作用是防止电压倒灌。因为芯片是 3.3V 供电，所以收发信号 RXD 和 TXD 也是 3.3V 电平，正好 MCU 的串口也是 3.3V 电平。

可以看到，RXD 和 TXD 是通过 2*2P 2.54 跳线帽 JP7 分别连接到 MCU 的 PB6(USART1_TX) 和 PB7(USART1_RX)，从而实现电脑和 MCU 的通信。另外，当我们拔掉跳线帽之后，可以将其当作一个 USB 转串口模块来使用（TypeC 口连接电脑即可，并不需要给开发板上电）。

2.1.28 USB 主从机接口

正点原子 DMF407 电机开发板板载一组 USB 主从机接口，其原理图如图 2.1.28.1 所示：



2.1.28.1 USB 主从机接口

因为主控 STM32F407IGT6 支持 USB 主从机，所以我们同时板载了主机接口 USB_HOST (A 口) 和从机接口 USB_SLAVE (TypeC 口)。

USB_SLAVE 可以用来连接电脑，实现 USB 读卡器或声卡等 USB 从机实验。另外，这个接口还具有供电功能，VUSB 可通过限流开关为开发板供电 (当主电源 VIN 没有输入时)。

USB_HOST 可以用来接如：U 盘、USB 鼠标、USB 键盘和 USB 手柄等设备，实现 USB 主机功能。该接口可以对从设备供电，供电电源来自 VCC5。

2.1.29 5V 电源扩展

正点原子 DMF407 电机开发板板载的 5V 电源扩展电路，其原理图如图 2.1.29.1 所示：

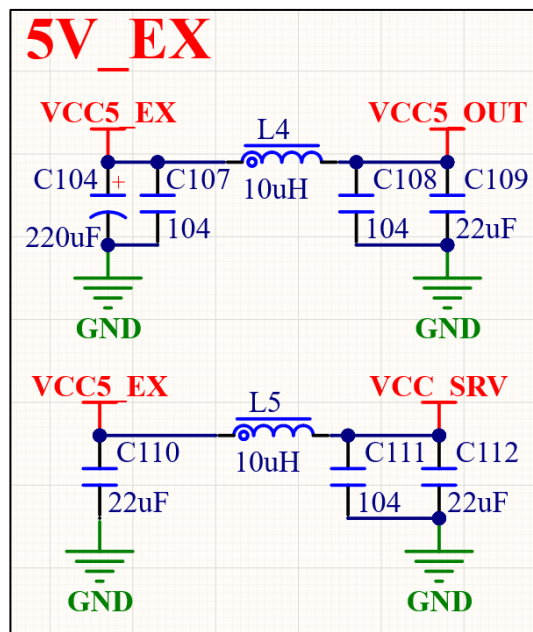


图 2.1.29.1 5V 电源扩展

可以看到，对外输出的 5V 电源 VCC5_EX 再扩展出了 2 路 5V。VCC5_OUT 为直流有/无刷电机驱动器接口的 5V 电源，可用于驱动板逻辑电路供电。VCC_SRV 则是舵机的 5V 供电电源。

需要注意的是，这个 VCC_EX，只能来自 DCDC_5V，具体说明请看 2.1.26 小节。

另外考虑到外接驱动板供电线路过长的情况，以及舵机供电电流较大的情况，我们对 2 组扩展电源采用了大电容以及 CLC π 型滤波的方式，以降低对 5V 主电源的干扰。

2.2 电机开发板使用注意事项

为了让大家更好的使用正点原子 DMF407 电机开发板，我们在这里总结该开发板使用的时候尤其要注意的一些问题，希望大家在使用的时候多多注意，以减少不必要的问题。

- 1, 开发板的电源输入(VIN)范围是 DC6-24V, DCDC 5V 和 3.3V 电源, 经过限流(2A)开关给开发板供电, **因为 DCDC 5V 可输出较大电流, 所以在给开发板供电的同时, 可对外输出, 而 TypeC 座提供 5V 电源 (VUSB), 不能输出足够大电流, 所以仅用于给开发板供电, 不能对外供电输出 (舵机以及驱动板等)。**
- 2, 1 个 USB 供电最多 500mA, 且由于导线电阻存在, 供到开发板的电压, 一般都不会有 5V, 如果使用了很多大负载外设, 比如 4.3 寸屏、7 寸屏、网络、摄像头模块等, 那么可能引起 USB 供电不够, 所以如果是使用 4.3 屏/7 寸屏的朋友, 或者同时用到多个模块的时候, **建议大家使用 VIN 电源供电。** 如果没有独立电源, 建议可以同时插 2 个 USB 口, 这样供电可以更足一些。
- 3, 当你想使用某个 IO 口用作其他用处的时候, 请先看看开发板的原理图或者 IO 分配表, 以检查该 IO 口是否有连接在开发板的某个外设上, 如果有, 该外设的这个信号是否会对你的使用造成干扰, 先确定无干扰, 再使用这个 IO。
- 4, 开发板上有多处跳线帽, 有几组跳线帽是用于选择接口供电方式的, 大家在上电前务必检查跳线帽是否设置正确, 以免烧毁接口。
- 5, 当液晶显示白屏的时候, 请先检查液晶模块是否插好 (拔下来重新插试试), 如果还不行, 可以通过串口看看 LCD ID 是否正常, 再做进一步的分析。

至此, 本手册的实验平台 (正点原子 DMF407 电机开发板) 的硬件部分就介绍完了, 了解了整个硬件对我们后面的学习会有很大帮助, 有助于理解后面的代码, 在编写软件的时候, 可以事半功倍, 希望大家细读! 另外正点原子开发板的其他资料及教程更新, 都可以在技术论坛 www.openedv.com/forum.php 下载到, 大家可以经常去这个论坛获取更新的信息。