

摘要

本文档描述了基于芯海 CS32F103 系列芯片的矢量控制电机开发板 V1.00 的设计理念、结构和使用说明，以帮助用户快速使用此开发板，评估 CS32F103 芯片在电机控制应用上的性能表现。

适用范围

类型	适用产品型号或系列	说明
MCU	适用于 CS32F03X, CS32F03XQ, CS32F10X 系列	

版本

历史版本	修改内容	日期
V1.0	初版生成	2023-04-25

目 录

1.概述	4
2. 开发板特性	5
2.1 特性总结.....	5
2.2 主要元器件.....	5
2.3 系统框图.....	6
3 各子模块电路详解	7
3.1 电源.....	7
3.2 栅极驱动.....	7
3.3 逆变桥.....	8
3.4 电流放大.....	8
3.5 过流保护.....	9
3.6 霍尔传感器接口.....	10
3.7 编码器接口.....	10
3.8 金手指.....	10
4 信号描述	11
5 实物图说明	13
5.1 母板实物图及说明.....	13
5.2 子板实物图及说明.....	13
5.3 系统连接图.....	14
6 原理图参考	15
6.1 母板原理图.....	15
6.2 子板原理图.....	16

1.概述

随着控制技术的不断演进，矢量控制技术已经覆盖了诸多的电机应用场景，如风机、水泵、变频冰箱、洗衣机、空调、吸尘器等。

芯海科技两大 MCU 系列 CS32F03X（ARM Cortex-M0）和 CS32F103（ARM Cortex-M3），以其优异的产品品质及市场表现，得到了越来越多客户的认可。

为了便于客户可以快速评估这两大系列 MCU 在电机控制应用方面的表现，专门设计了低压 FOC 电机评估板，搭配芯海科技提供的矢量控制软件，可以非常快速地驱动电机系统，以达到评估的目的。

采用子母板设计，母板为功率板，子板为 MCU 最小系统板，2 块板子采用金手指进行连接。这种设计方式的好处在于：母板可以搭配不同的 MCU 子板，减小硬件设计的工作量，实现快速评估的目的。

2. 开发板特性

2.1 特性总结

- 采用子母板结构，母板为电源和功率输出板，子板为 MCU 最小系统板
- 子母板采用金手指进行连接，接口定义标准，且充分考虑了扩展性
- 输入直流电压，输入电压范围：16V~36V
- 2 种直流电压输入接口
- FOC 控制常用的单电阻采样和 3 电阻采样兼容
- 输出功率：<200W
- 丰富的接口：

母板：霍尔输入接口、编码器输入接口、电机 3 相输出接口

子板：SWD 调试接口、UART 接口

- 4 个 LED 分别指示电源、电机运行和电机故障等（也可通过用户的程序自行设定）
- 2 个按键，可通过 GPIO 进行识别，默认功能为电机启动、停止控制
- 1 个电位器，默认功能为电机调速

2.2 主要元器件

表 1 母板关键元器件及接口

位号	分类	型号	功能
Q1~Q6	MOS 管	IRFR7440	组成逆变桥
U2	Gate-drive IC	FAN7388	3 通道半桥栅极驱动
U3	DC-DC 变换器	MC34063	产生 12V 电压
U4	LDO	MC7805	产生 5V 电压
IC3、IC4	运算放大器	TLV272	放大电机电流
IC5	比较器	LM393	过流保护
C17,C18	电解电容	100uF/100V	滤波、退耦
C11,C13	电解电容	100uF/35V	滤波、退耦
P1	连接器	1x2P, 5.08mm	直流电源输入
P2	连接器	1x3P, 5.08mm	3 相电机输出
P3、P4	排母	2x12P, 2.54mm	接 MCU 最小系统板
P5	DC 电源插座	-	电源适配器输入接口

P6	连接器	1x5P, 2.54mm	霍尔信号接口
P7	连接器	1x5P, 2.54mm	编码器信号接口
R51	可调电阻	-	电机调试信号输入
SW1, SW2	按键	轻触按键开关 6*6*5	电机启动、停止
D6~D8	LED	-	系统状态指示

表 2 子板关键元器件及接口

位号	分类	型号	功能
U1	MCU	CS32F103RBT7	主控芯片
P1、P2	排针	2x12P, 2.54mm	接母板
P3	连接器	2x5P, 2.54mm	SWD 调试接口
P4	连接器	1x4P, 2.54mm	串口, 与上位机连接

2.3 系统框图

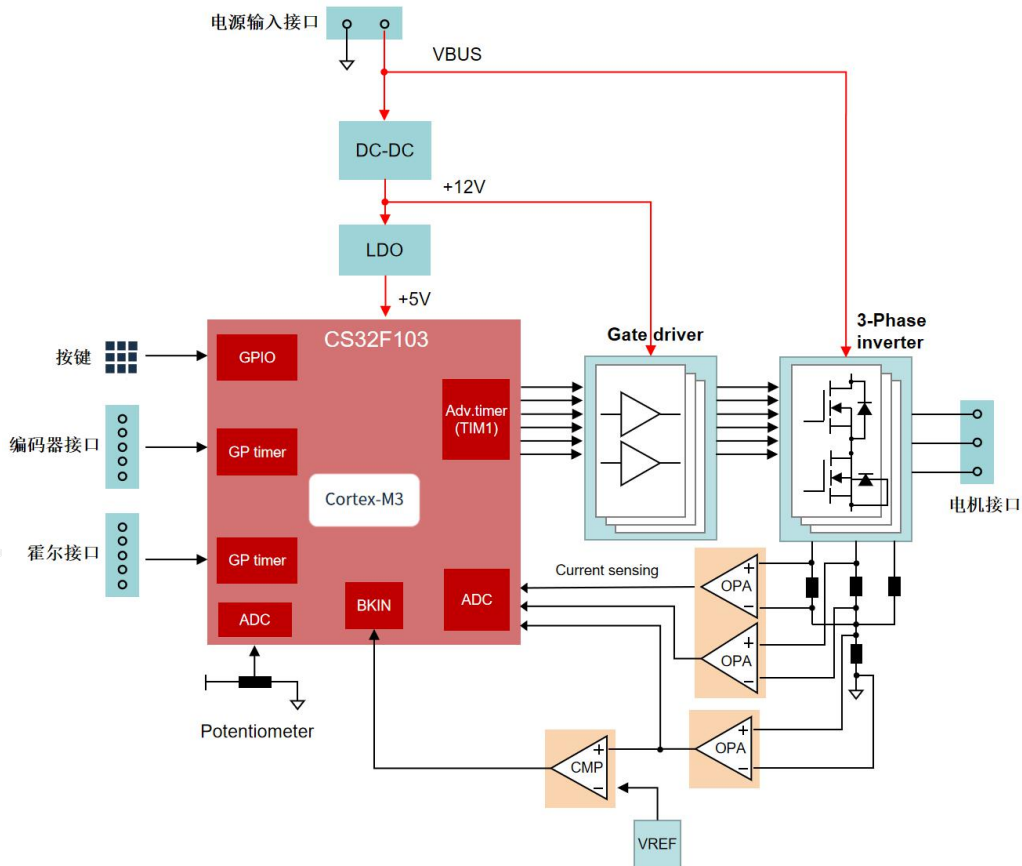


图 1 硬件系统框图

3 各子模块电路详解

3.1 电源

MC34063 是一款内含温度补偿的 DC-DC 变换器，可组成升压、降压和电压反转等多种工作模式。本设计采用降压模式，将输入的直流电压降到 12V，一方面给 MC7805 供电以产生 5V 电压；另一方面给栅极驱动 IC（FAN7388）供电。

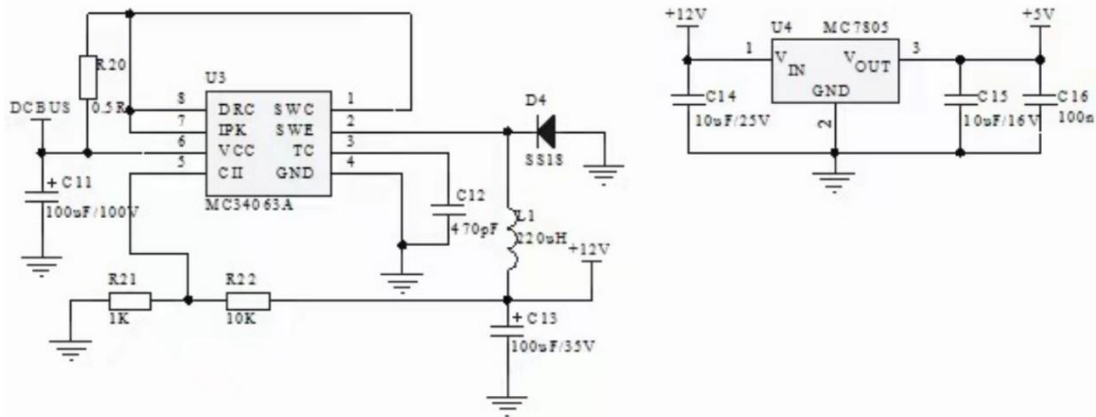


图 2 电源模块原理图

3.2 栅极驱动

FAN7388 是 FAIRCHILD 公司推出的 3 相半桥栅极驱动 IC，典型电流驱动能力为 650mA，3.3V 和 5V 输入逻辑兼容。FAN7388 没有集成自举二极管，因而需要在芯片外部添加自举二极管（D1, D2, D3）和自举电容（C19, C20, C21）

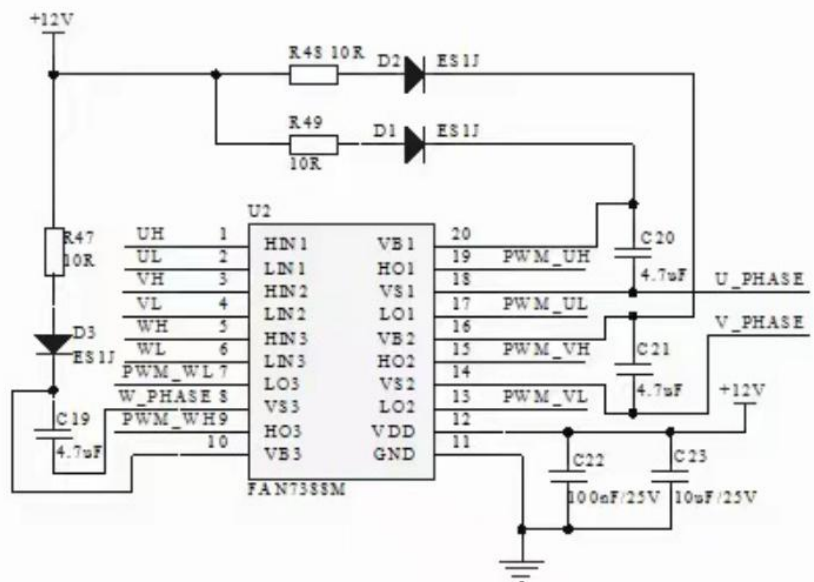


图 3 栅极驱动模块原理图

3.3 逆变桥

逆变桥是矢量控制的核心电路，实现直流到交流的转换。本设计采用英飞凌 40V 90A N 沟道 MOSFET - IFR7440，内阻仅有 1.9mR。为了有效抑制电源电磁干扰，在 2 个电解电容（C17，C18）两端并联 CBB 电容（C32）。采用 shunt resistor（R43, R44, R45）采集流过电机 U、V、W 3 相的电流。shunt resistor 为 20mR 的功率电阻，承受的功率为 3W。根据功率的计算公式： $P = I^2 * R$ ，因而流过采样电阻的电流理论上高达 12.24A。

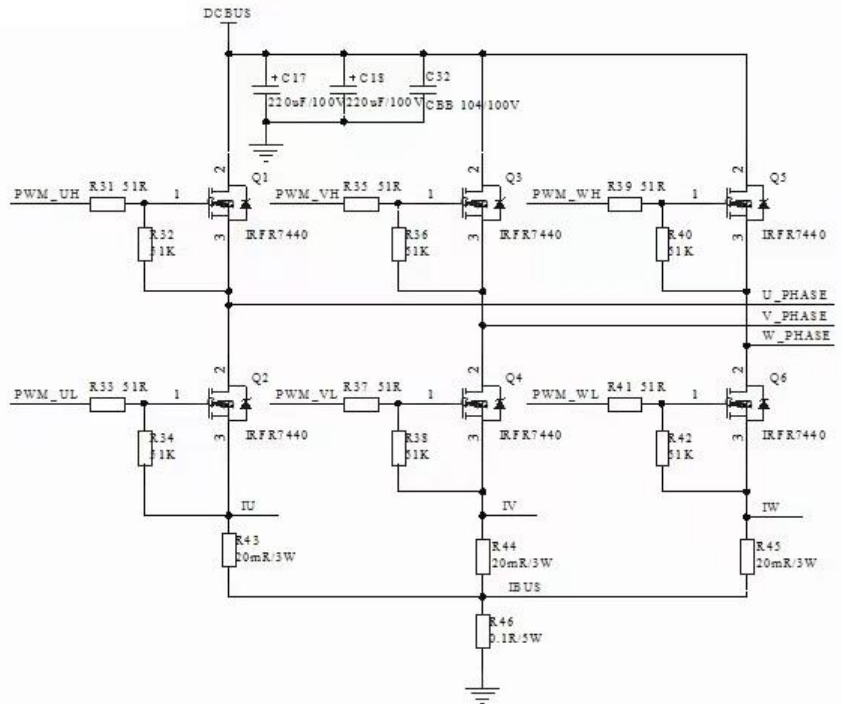


图 4 逆变桥模块原理图

3.4 电流放大

电流放大电路如下图所示：

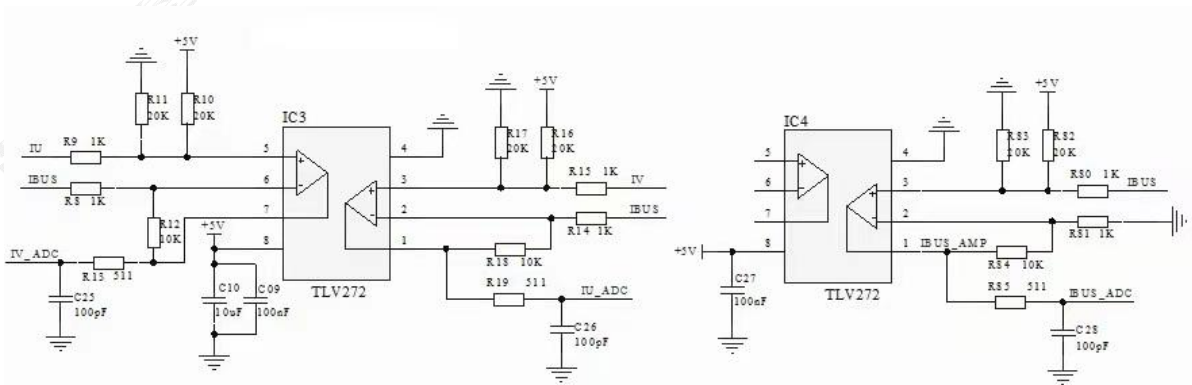


图 5 电流放大电路原理图

由于 CS32F03X 和 CS32F103 内部没有集成运算放大器，因而采用外置运放对电机相电流进行放大。本设计采用 2 个双通道运算放大器 - TLV272 (GBW=3MHz, SR=2.4V/us)。理论上三电阻采样需要分别采集电机 3 相上的电流，但是根据基尔霍夫电流定理： $i_u + i_v + i_w = 0$ ，获取了任意两相的电流，可以通过上述的公式推导出第三相电流，因而本设计只对电机 U、V 两相的电流进行放大。放大之后通过 RC 低通滤波器滤波后给到 MCU 的 ADC 端口。

放大器采用典型的同相放大模式，增益可通过调节电阻进行设定，增益公式如下：

$$G = \frac{R_{12}}{R_8}$$

由于单端运放无法放大负电压，因而在运放的同相端添加了直流偏置电压（通过 R10 与 R11 的分压得到）

3.5 过流保护

当电机电流超过了设定值，需要通过关断 PWM 让系统脱离危险状态，以保护电机和功率器件。本设计采用比较器实现过流保护。如图 4 所示，R46 为逆变桥最下端的采样电阻，在非续流区，电机相电流会通过该电阻流入大地。通过运算放大器 (IC4) 放大后的电流送入比较器的正端，负端的参考电压通过 R54, R55 组成的分压网络得到。

本设计中：R55=3.3K, R54=1K，那么比较器负端的参考电压为: 1.16V

采样电阻为 20mR, 运算放大器增益为 10 倍，那么设定的过流保护点为：

$$i_{max} = \frac{1.16}{0.02 * 10} = 5.81A$$

注：用户可根据电机系统的特性，通过改变 R54, R55 的阻值对过流保护点进行设定

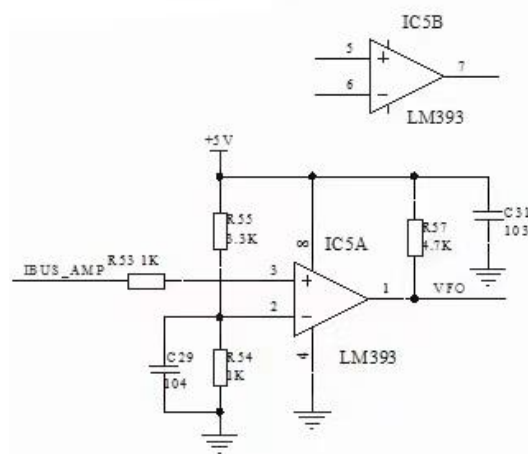


图 6 过流保护模块原理图

3.6 霍尔传感器接口

霍尔传感器接口如下图所示，为了有效滤除霍尔信号上的干扰，使用 RC 低通滤波器（R60+C62，R61+C61，R62+C60 分别组成了 3 组低通滤波器。

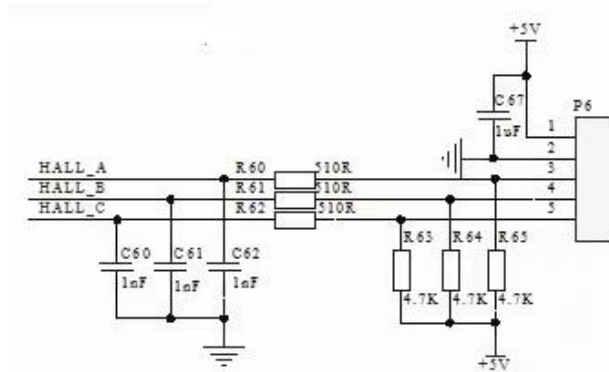


图 7 霍尔传感器接口原理图

3.7 编码器接口

编码器接口如下图所示，为了有效滤除编码器信号上的干扰，使用 RC 低通滤波器（R71+C63，R72+C64，R75+C65 分别组成了 3 组低通滤波器。

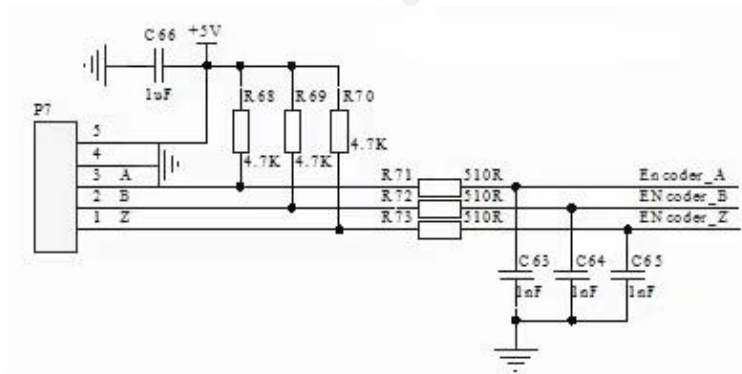


图 8 编码传感器接口原理图

3.8 金手指

采用两排 2.54mm 间距的 2*12PIN 标准接口进行子主板连接，如下图所示：

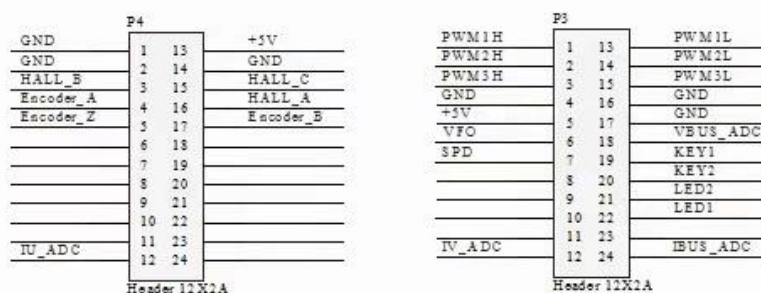


图 9 金手指接口原理图

4 信号描述

表 3 PWM 信号

序号	网络名	描述
1	PWM1H	Advanced-control timer 第一通道输出
2	PWM1L	Advanced-control timer 第一通道互补输出
3	PWM2H	Advanced-control timer 第二通道输出
4	PWM2L	Advanced-control timer 第二通道互补输出
5	PWM3H	Advanced-control timer 第三通道输出
6	PWM3L	Advanced-control timer 第三通道互补输出
7	UH	High-side 栅极驱动输入信号 1
8	UL	Low-side 栅极驱动输入信号 1
9	VH	High-side 栅极驱动输入信号 2
10	VL	Low-side 栅极驱动输入信号 2
11	WH	High-side 栅极驱动输入信号 3
12	WL	Low-side 栅极驱动输入信号 3
13	PWM_UH	High-side 栅极驱动输出 1
14	PWM_UL	Low-side 栅极驱动输出 1
15	PWM_VH	High-side 栅极驱动输出 2
16	PWM_VL	Low-side 栅极驱动输出 2
17	PWM_WH	High-side 栅极驱动输出 3
18	PWM_WL	Low-side 栅极驱动输出 3

表 4 电源信号

序号	网络名	描述
1	DCBUS	直流电压输入
2	+12V	12V 电压
3	+5V	5V 电压

表 5 电流放大信号

序号	网络名	描述
1	IU	U 相电流流过采样电阻后形成的电压信号
2	IV	V 相电流流过采样电阻后形成的电压信号
3	IBUS	直流电流流过采样电阻后形成的电压信号
4	IU_ADC	U 相电流经过放大并通过 RC 低通滤波后的信号
5	IV_ADC	V 相电流经过放大并通过 RC 低通滤波后的信号
6	IBUS_ADC	直流电流经过放大并通过 RC 低通滤波后的信号
7	IBUS_AMP	直流电流通过运放放大后的信号

表 6 传感器接口信号

序号	网络名	描述
1	HALL_A	霍尔 A 输入信号
2	HALL_B	霍尔 B 输入信号
3	HALL_C	霍尔 C 输入信号
4	Encoder_A	编码器 A 相信号
5	Encoder_B	编码器 B 相信号
6	Encoder_Z	编码器零脉冲信号

表 7 其他信号

序号	网络名	描述
1	VBUS_ADC	直流母线电压分压信号
2	VFO	过流保护信号，接 MCU 刹车引脚
3	KEY1	按键 1 输入信号，接 MCU 的 GPIO
4	KEY2	按键 2 输入信号，接 MCU 的 GPIO
5	SPD	调速信号，接 MCU 的 ADC 端口
6	U_PHASE	逆变器 U 相输出，接三相电机的 U 相
7	V_PHASE	逆变器 V 相输出，接三相电机的 V 相
8	W_PHASE	逆变器 W 相输出，接三相电机的 W 相

5 实物图说明

5.1 母板实物图及说明

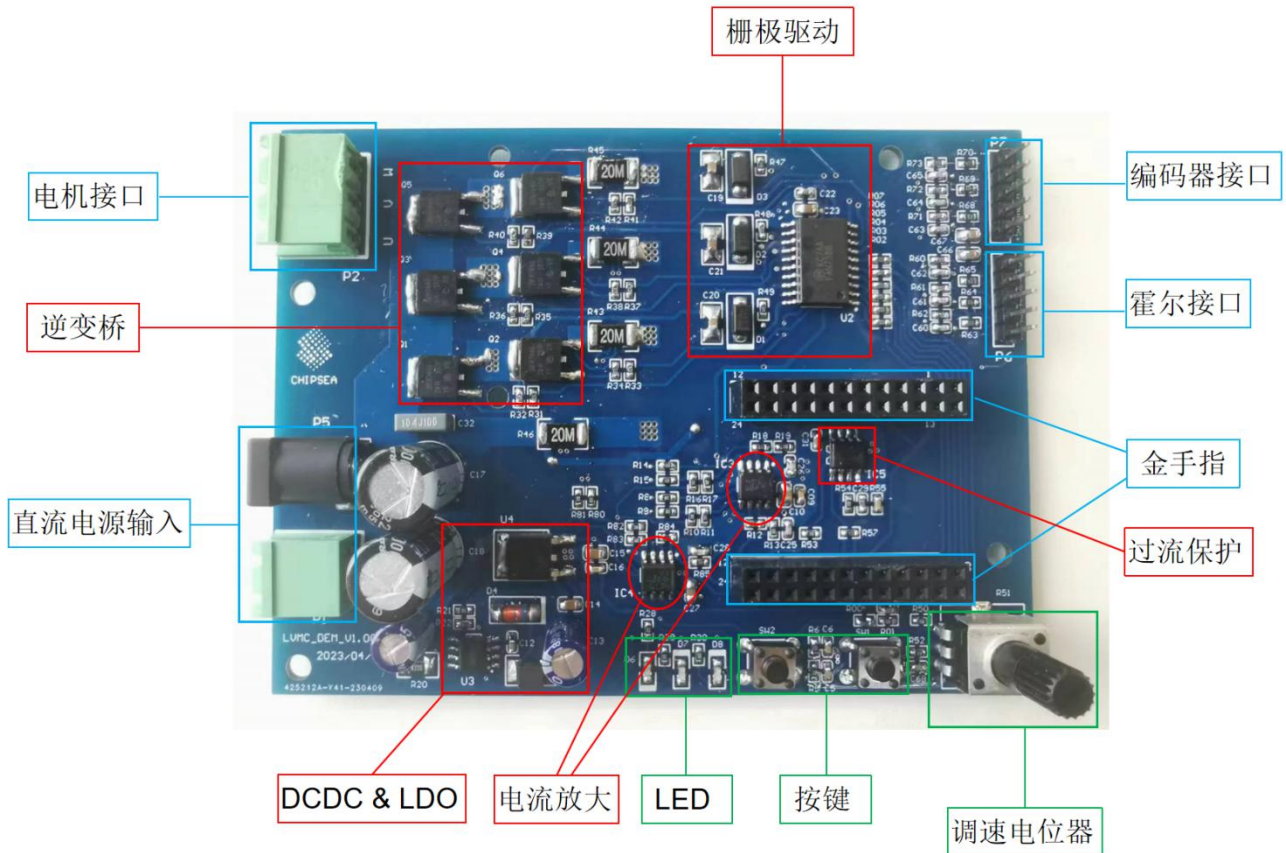


图 10 母板实物图

5.2 子板实物图及说明

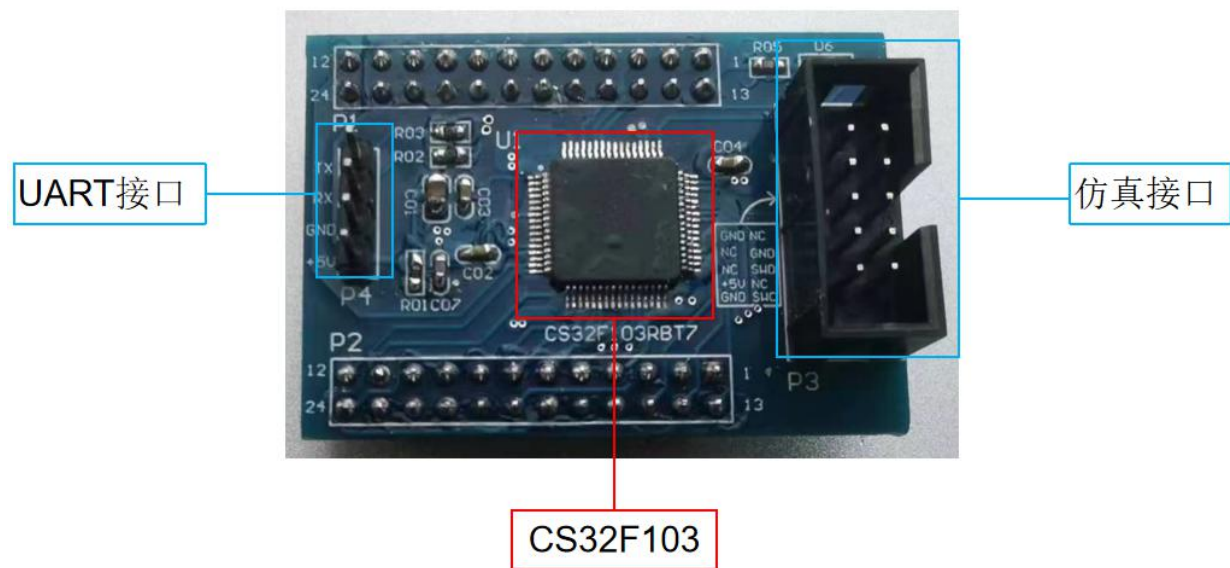


图 11 子板实物图

5.3 系统连接图

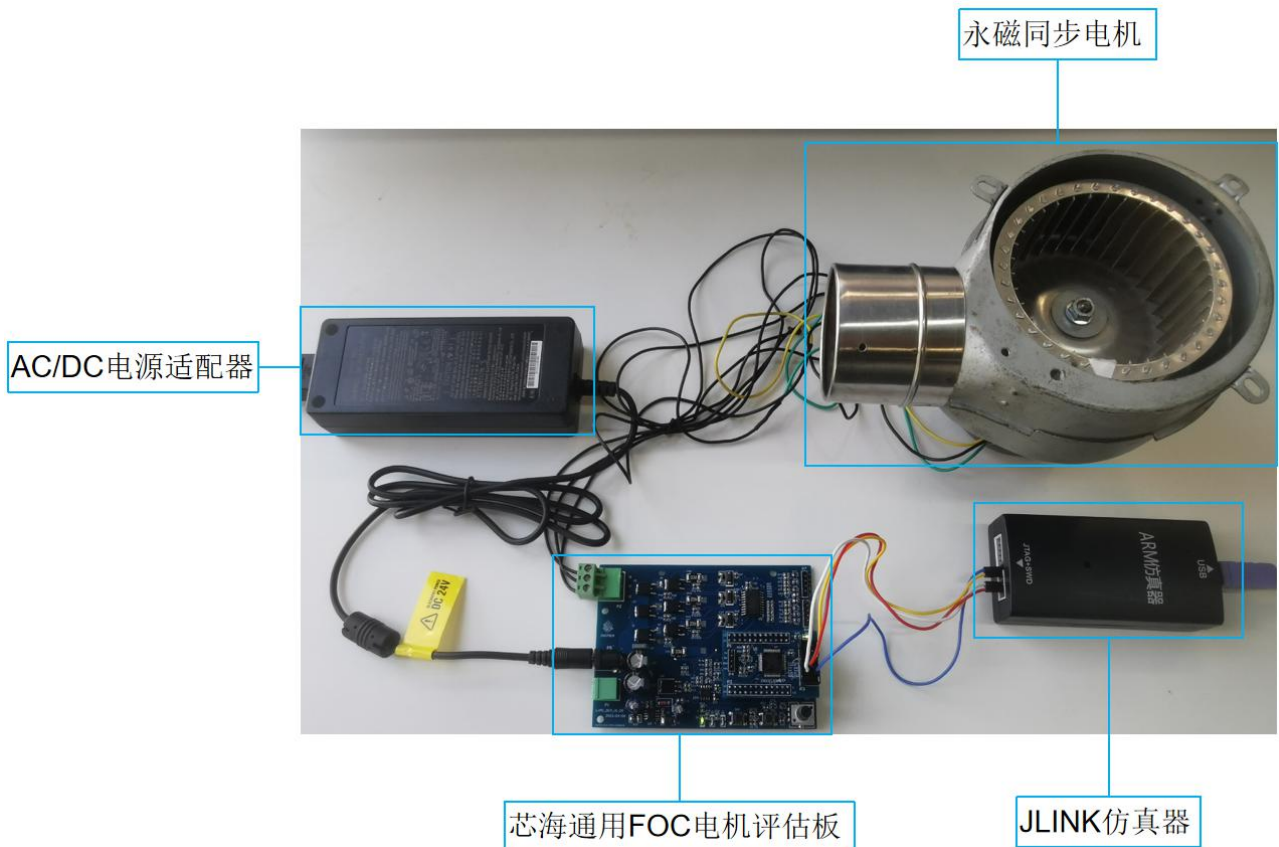


图 12 电机系统实物图

6 原理图参考

6.1 主板原理图

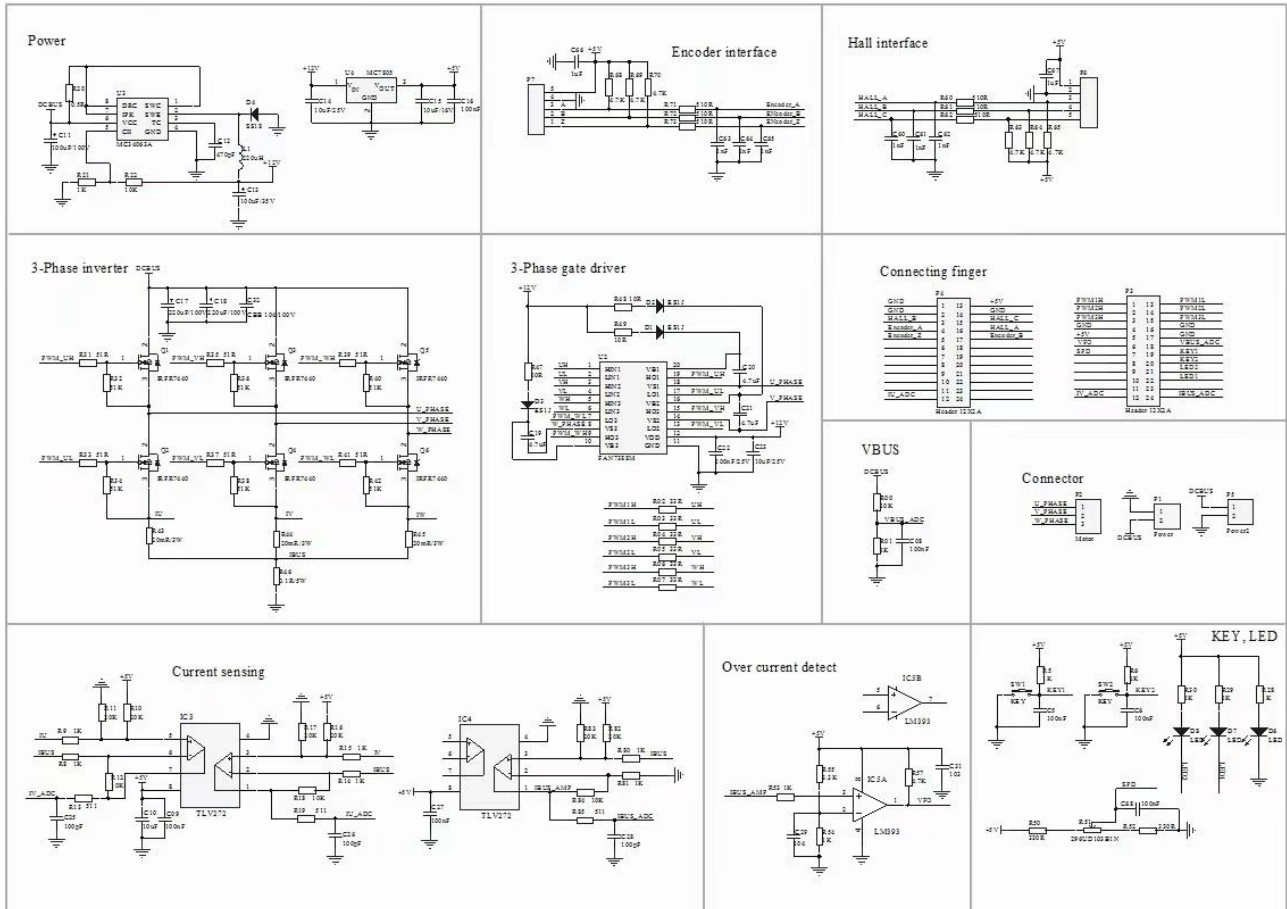
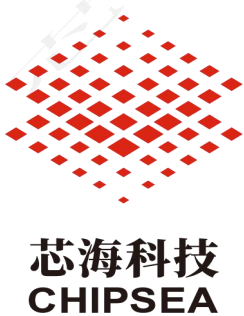


图 13 主板原理图



芯海科技
CHIPSEA

股票代码:688595

免责声明和版权公告

本文档中的信息，包括供参考的 URL 地址，如有变更，恕不另行通知。

本文档可能引用了第三方的信息，所有引用的信息均为“按现状”提供，芯海科技不对信息的准确性、真实性做任何保证。

芯海科技不对本文档的内容做任何保证，包括内容的适销性、是否适用于特定用途，也不提供任何其他芯海科技提案、规格书或样品在他处提到的任何保证。

芯海科技不对本文档是否侵犯第三方权利做任何保证，也不对使用本文档内信息导致的任何侵犯知识产权的行为负责。本文档在此未以禁止反言或其他方式授予任何知识产权许可，不管是明示许可还是暗示许可。

Wi-Fi 联盟成员标志归 Wi-Fi 联盟所有。蓝牙标志是 Bluetooth SIG 的注册商标。

文档中提到的所有商标名称、商标和注册商标均属其各自所有者的财产，特此声明。

版权归 © 2023 芯海科技（深圳）股份有限公司，保留所有权利。