D30/15/4Q-E1

用户手册

杭州贝丰科技股份有限公司

sales@boreasa.com, www.boreasa.com

目录

1. 基本信息 3

2. 简介 3

3. 典型接线 4

4. 技术参数 5

4.1 电气参数 5
4.2 输入 5
4.3 输出 5
4.4 输出电源 5
4.5 电机连接 5
4.6 环境温度 5
4.7 湿度 6
4.8 保护功能 6
4.9 机械尺寸 6
4.10 端子 6

5. 功能描述 7

5.1 电源输入 7
5.2 制动接口 7
5.3 电机连接 9
5.3.1 电机输出 9
5.3.2 霍尔电源输出 9
5.3.3 霍尔信号输入 9
5.4 使能与方向 10
5.5 峰值电流设定 11
5.6 速度输入 12
5.7 转速输出 14
5.8 状态输出 14

6. 速度控制方式 16

6.1 开环模式 16

6.2 闭环模式 17

7. 结构尺寸 18

8. 通讯协议 19

8.1 通讯格式 19

8.2 驱动寄存器 21

9. 修订记录 26

D30/15/4Q-E1 用户手册

1. 基本信息

文档版本	A1
硬件	D30/15/4Q-E1
软件	P2S4TTI011-E1-V1.8-ALL-15A
匹配风机	BLDC 电机

2. 简介

D30/15/4Q-E1 是一款四象限无刷电机数字驱动。驱动内部通过控制算法实现对电机的转速闭环控制。基本特征如下：

宽范围输入电压：15-36 V;

最大转速：60000 rpm（单极对）;

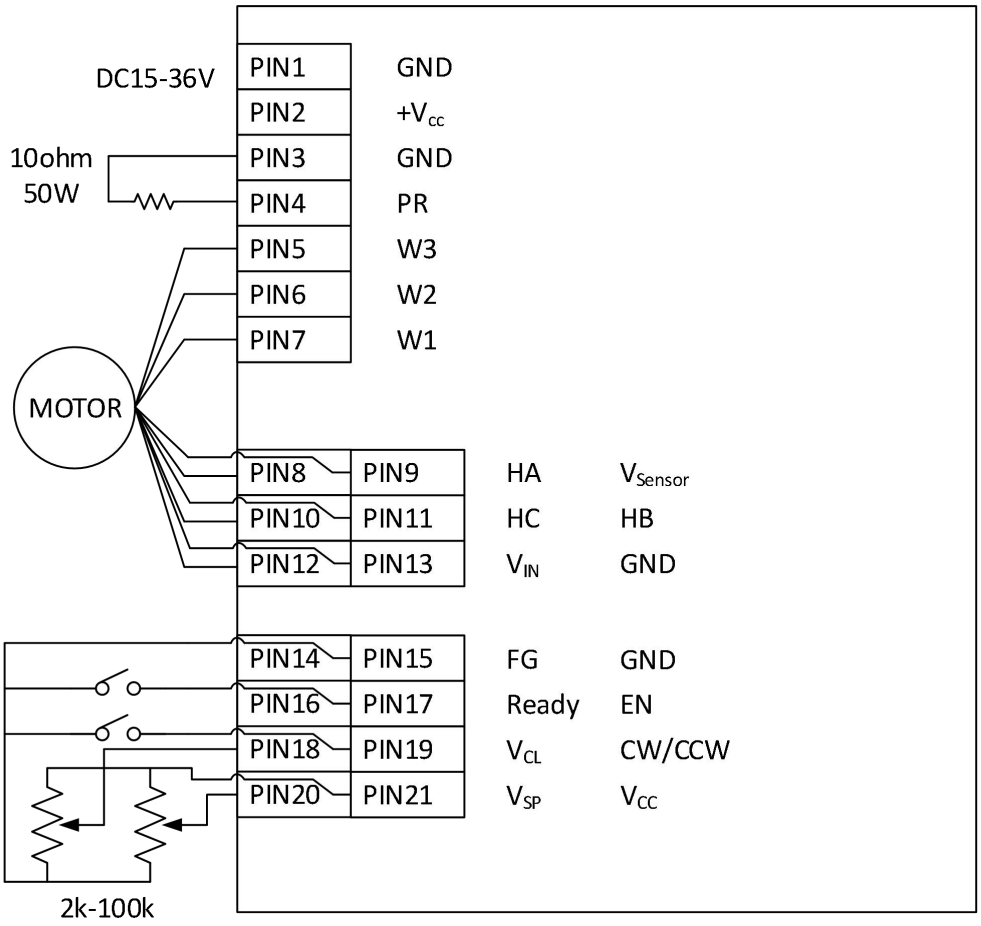
多种转速输入方式：模拟量 0-5 V/0-3.3 V; PWM; SCI

方向，使能输入控制;

电机四象限运行;

多种故障输出：霍尔，过压，欠压，开路，制动，堵转;

3. 典型接线



端子描述:

Pin	信号名	描述	Pin	信号名	描述
1	GND	供电电源地	14	FG	电机转速输出
2	$+V_{cc}$	供电电源正端	15	GND	信号地
3	GND	电源地	16	Ready	驱动器状态输出
4	PR	制动输出	17	EN	驱动器使能信号输入
5	W3	电机绕组 W	18	CW/CCW	方向信号输入
6	W2	电机绕组 V	19	V_{CL}	最大峰值电流设定输入
7	W1	电机绕组 U	20	V_{CC}	输出电源正
8	HA	霍尔 A	21	V_{SP}	速度设定输入
9	V_{Sensor}	霍尔电源正			
10	HC	霍尔 C			
11	HB	霍尔 B			
12	V_{IN}	外部电源输入			
13	GND	电源地			

4. 技术参数

4.1 电气参数

额定输入电压.....24 VDC
最大允许输入电压.....36 VDC
最大输出电压.....0.95 * V_{CC}
连续输出电流I_{Cont}.....15 A
最大输出电流 Imax.....20 A
开关频率.....50 kHz
最大转速（单极对电机）.....60,000 rpm
最大制动输出电流.....max. 3 A

4.2 输入

转速控制输入« V_{SP} ».....模拟量（0 -+3.3 V或0-+5 V）;
使能«EN».....+2.4 to +15 V（Ri = 2 kΩ）
方向«CCW/CW».....+2.4 to +15 V（Ri = 2 kΩ）
峰值电流设定 «V_{CL}».....模拟量输入(0 to +3.3 V)
霍尔传感器.....霍尔 A «HA»,霍尔B «HB»,霍尔C «HC»

4.3 输出

转速输出 «FG».....频率输出, 0-3.3 V
运行状态输出 «Ready».....频率输出, 0-3.3 V

4.4 输出电源

霍尔电源 «V_{Sensor}».....+10 VDC, 最大输出电流. 35 mA
制动输出 «PR».....最大电流. 3 A

4.5 电机连接

电机连接.....相 1 «W1», 相 2 «W2», 相 3 «W3»

4.6 环境温度

运行温度.....-10 to +45° C
储存温度.....-40 to +85° C

4.7 湿度

无凝结.....20 to 80 %

4.8 保护功能

峰值电流限制.....可设定，最大35A
堵转.....电机堵转时间超过1S
欠压.....母线电压低于11VDC
过压.....母线电压高于36VDC
霍尔.....错误霍尔信号
开路.....启动失败
制动.....母线电压高于48VDC

4.9 机械尺寸

重量.....约197克
长宽高（L x W x H）.....110 x 80 x 27mm

4.10 端子

端子1.....4针*5.08mm，WJ2EDGR-5.08-4P
端子2.....3针*5.08mm，WJ2EDGR-5.08-3P
端子3.....6针2*3，WJ15EDGRHC-3.5-2*3P-14A-00N
端子4.....8针2*4，WJ15EDGRHC-3.5-2*4P-14A-00N

5. 功能描述

5.1 电源输入

5.1.1 供电电源输入

只要满足以下条件，可以使用任何型号的直流电源。

电源输入电压：+VCC 15 ~ 36 VDC；

电源输出电流：取决于负载；

注：驱动的供电电压必须与风机的电源相匹配，并且具备短时间（0.5S）输出3倍于风机额定功率的能力。

5.1.2 外部电源输入

只要满足以下条件，可以使用任何型号的直流电源。

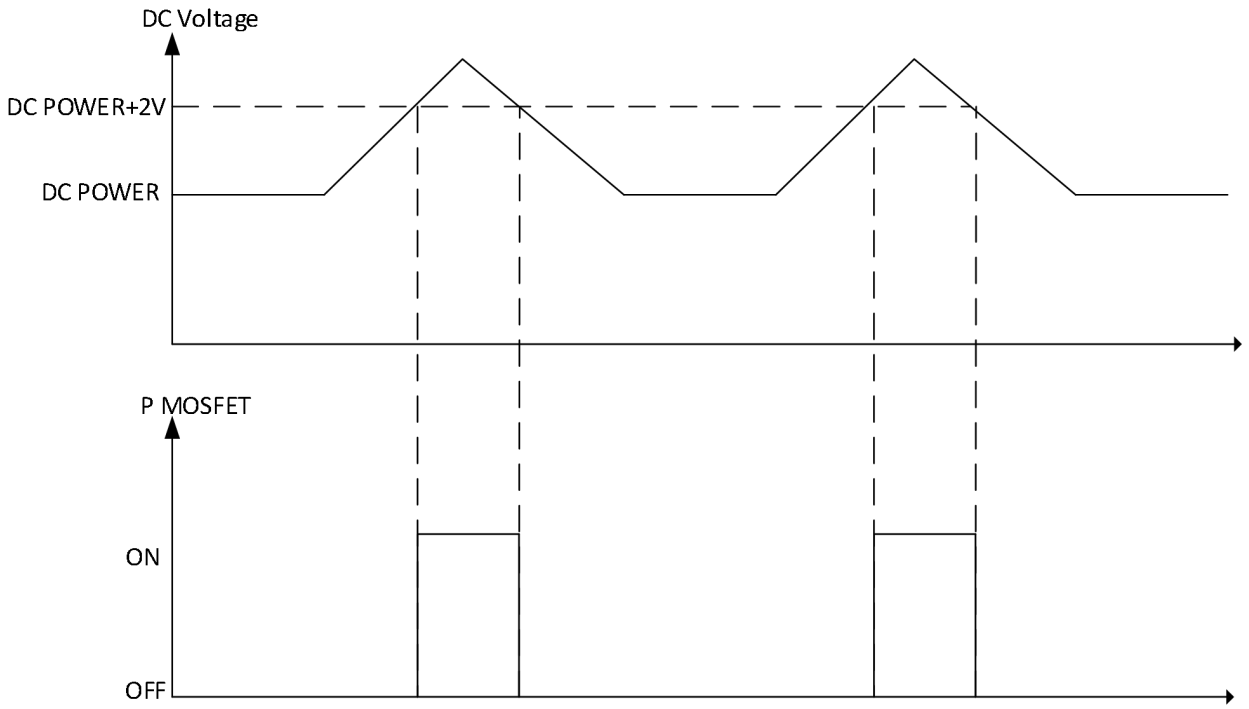
电源输入电压：+VCC 15 ~ 36 VDC；

电源输出电流：取决于负载；

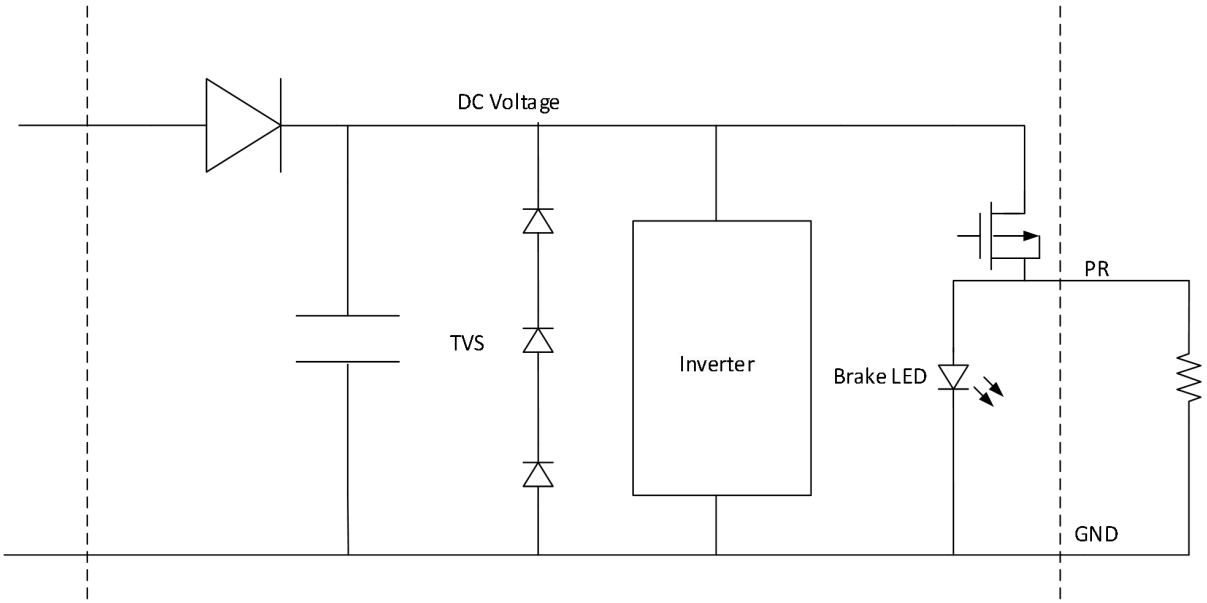
注：外部电源输入用于驱动信号供电。

5.2 制动接口

当风机处于制动状态时，风机会将能量回馈到母线。为防止电压过高损坏电路，驱动板设有 P 沟道 MOS 管的放电电路。MOS 的源极与驱动板 PIN4(PR)端相连，便于外接制动电阻。电阻值我们推荐为 10ohm/50W。驱动在风机速度波动低于正负 400rpm 时检测母线电压。电压检测值+2V 作为电阻放电阀值。当母线电压高于阀值时 P MOS 导通，母线通过外接功率电阻放电。当电压低于阀值时 MOS 截止。



驱动内部母线通过 3 个大功率 TVS 连接至地线，串联后电压阈值为 26.6V。当母线电压（供电电源电压-0.3V）高于 26.6V 时会损坏 TVS。风机最大功率（全通状态）小于 36W，驱动可以不使用外接电阻，依靠 TVS 完成对反馈能量的泄放。



5.3 电机连接

5.3.1 电机输出

输出最大电压：0.97*（+VCC-0.7V）；
输出电流:取决于负载
最大连续电流15A，短时加速电流（<0.5S）20A;

5.3.2 霍尔电源输出

驱动提供一个内部电源接口为电机的霍尔传感器部分供电；

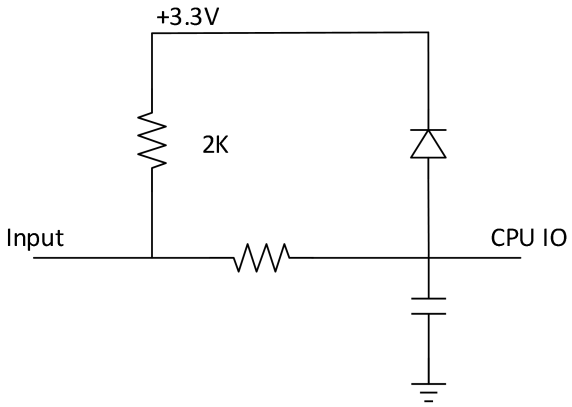
电源输出	Pin [11] «V_{Sensor}»
电源地	Pin [12] «GND»
输出电压	+10.5 VDC ± 5 %
最大输出电流	35 mA

注：电源输出仅用于为电机霍尔传感器供电，严禁用于其他用电设备。

5.3.3 霍尔信号输入

驱动提供3个霍尔输入接口；

霍尔 A	Pin [10] «HA»
霍尔 B	Pin [9] «HB»
霍尔 C	Pin [8] «HC»

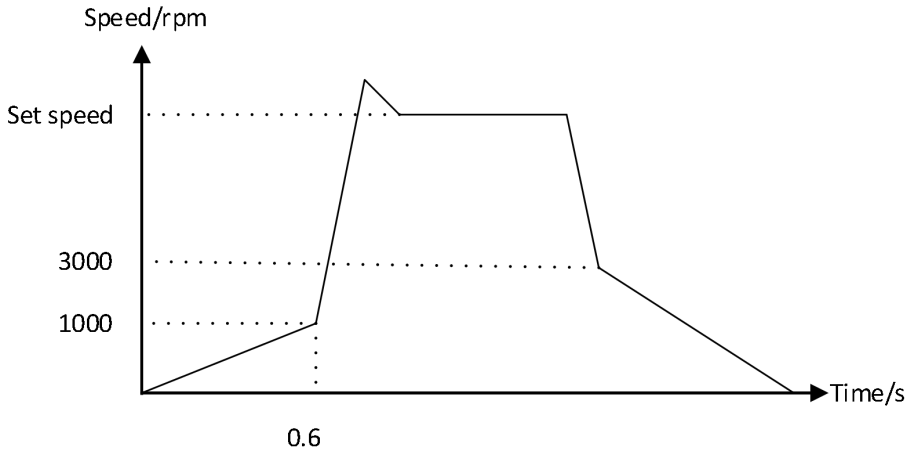


接口电路内部设置有上拉电阻，可直接连接集电极开路输出霍尔传感器；内部设计有钳位二极管，可使最大输入电压达到+15V。

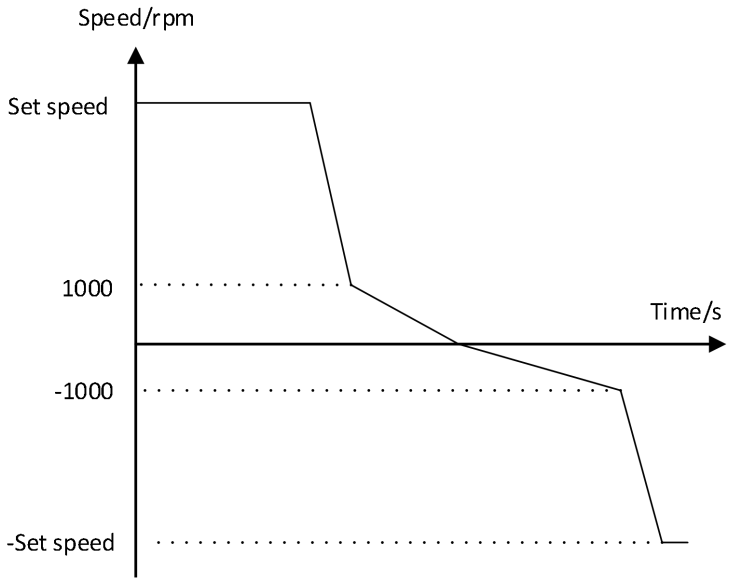
5.4 使能与方向

驱动的使能EN(PIN17)与方向CW/CCW（PIN18）端口用于控制电机的运行,停止与转动方向。输入端的内部电路与霍尔输入电路相同。

当 EN 端口为低电平，且持续时间超过 0.5ms，开机信号有效。驱动将开始逐渐加大输出电压，使电机缓慢启动，当电机转速高于 1000 rpm 时，电机转速开始由转速设定值控制。当 EN 端口为高电平，且持续时间超过 0.5ms，停机信号有效。驱动开始制动降速,转速低于 3000 rpm 后驱动关闭输出，电机自行降速。



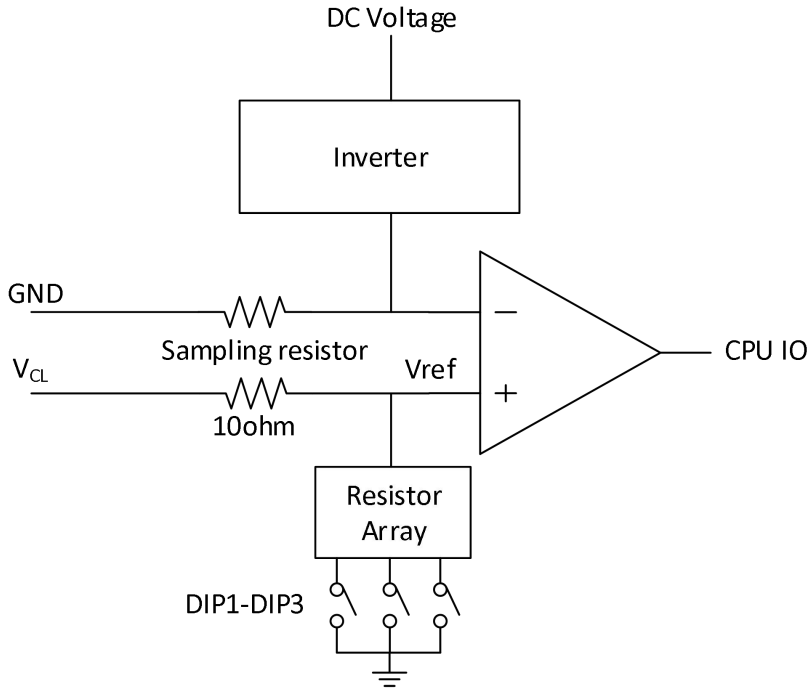
风机方向由 CCW/CW（PIN18）端口控制。CCW/CW 为高电平风机逆时针转向，端口为低电平时风机顺时针转动。对于 Boreasa 风机，均需配置为逆时针转动（面向进风口观察）。如果风机处于运行状态下，改变 CCW/CW 信号，风机将制动降速至 1000 rpm，然后按照新的转向指令重新加速，加速至反向 1000 rpm 后进入转速控制状态。



注：当驱动转速输入方式为SCI输入且工作于SCI模式下时，风机的启动与停止均由通信指令控制。

5.5 峰值电流设定

峰值电流设定用于限制驱动能够输出的最大电流。母线电流值高于设定值时，驱动将关闭逆变桥，在下一个周期，重新开启输出。



设定值可通过端口设定或拨码开关2种方式设定。

电流设定端口	Pin [19] « V_{CL} »
参考地	Pin [14] «GND»

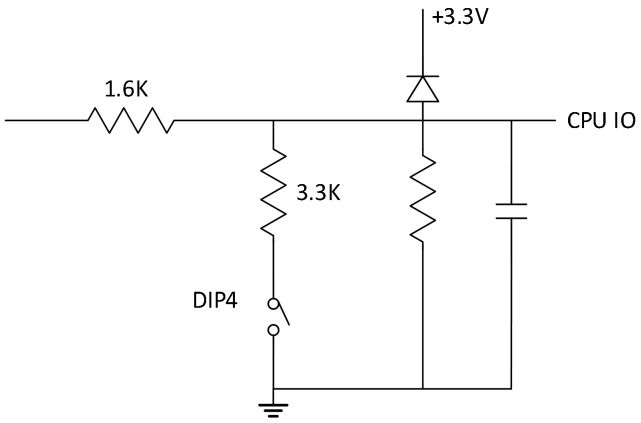
输入电压/拨码开关设定与最大峰值电流对应关系如下表所示：

电流峰值	电流设定端口电压	拨码开关		
		DIP1	DIP2	DIP3
38A	1.45V	OFF	OFF	OFF
34A	1.31V	OFF	OFF	ON
31A	1.21V	OFF	ON	OFF
27A	1.04V	OFF	ON	ON
25A	0.97V	ON	OFF	OFF
19A	0.76V	ON	OFF	ON
15A	0.59V	ON	ON	OFF
8A	0.30V	ON	ON	ON

注：该种电流限制方式仅用于限制母线峰值电流，理想状态下，峰值电流等于2倍的输出电流。

5.6 速度输入

速度输入端口Vsp(PIN)可接受0-5V或0-3.3V的模拟量信号，PWM信号。端口内部电路设置有电阻分压电路，可通过拨码开关（DIP4）设置输入电压。DIP4处于OFF状态时，分压电阻断开，Vsp接受3.3V信号；DIP4处于ON状态时，分压电阻接入电路，输入端可以接受0-5V信号。



驱动共有四种不同的转速输入模式。即模拟输入40k rpm模式，模拟输入60k rpm模式 ，PWM输入模式和SCI输入模式。四种不同模式通过拨码开关DIP5，DIP6设置。

转速输入模式	拨码开关	
	DIP5	DIP6
模拟量输入 40k	ON	ON
模拟量输入 60k	ON	OFF

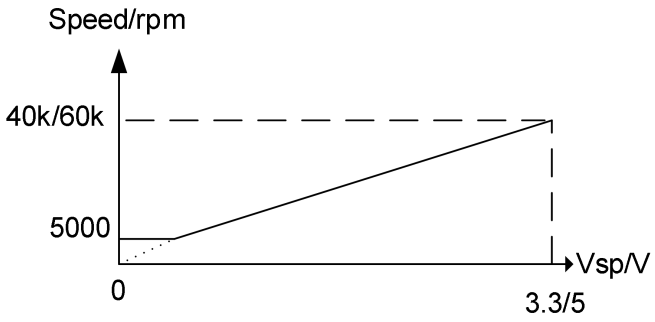
PWM 输入	OFF	ON
SCI 输入	OFF	OFF

注：DIP5，DIP6设置仅在上电时有效，更改设置需重新上电；

模拟量输入40k/模拟量输入60k模式下，输入电压与设定转速的对应关系如下。

转速设定值(rpm) = (V_{sp} * Max_speed)/V_{sp}_max		
Vsp	输入电压(V)	
Max_speed	最大转速	DIP5=ON, DIP6=ON, Max_speed=40000 rpm
		DIP5=ON, DIP6=OFF, Max_speed=60000 rpm
Vsp_max	输入最大电压	DIP4=ON, Vsp_max =5V;
		DIP4=OFF, Vsp_max =3.3V;

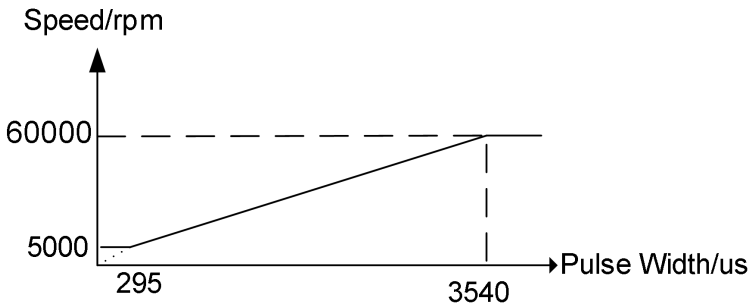
当上式计算结果低于5000 rpm时，转速设定值恒定为5000；



转速输入模式设置为PWM模式时，驱动可接受来自于Vsp端口200Hz-250Hz的PWM信号。信号高电平由DIP4设置为5V或3.3V。

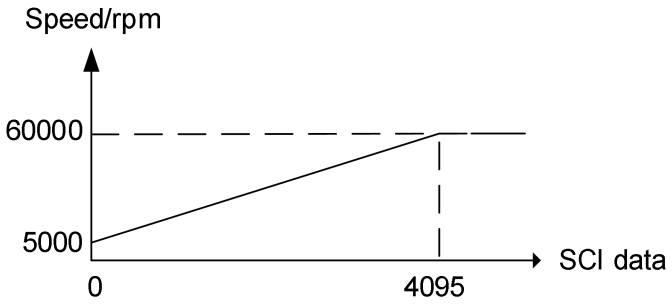
设定转速（rpm）=正脉宽(us)*16.94+423.5；

当计算值小于5000 rpm时，转速设定值恒定为5000；当计算值大于60000 rpm时，转速设定值恒定为60000；



转速输入模式设置为SCI模式时，转速设定值由SCI接口接受的转速指令决定。

转速设定值(rpm)=(速度指令*55000)/4095+5000。



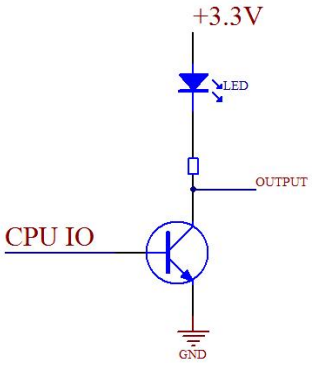
注：本文档所涉及的转速均为单极对电机转速。

5.7 转速输出

FG(PIN15)用于输出电机的实际转速，输出端为集电极开路输出，输出信号为脉冲信号。

脉冲频率（Hz）= 电机转速（rpm）/20;

转速低于1000 rpm时，输出晶体管截止。



5.8 状态输出

驱动器状态输出端口(Ready,PIN16)用于输出电机的运行状态，输出电路与FG端口相同。驱动正常运行状态下，端口输出晶体管截止。运行过程中发生故障时，驱动根据故障输出不通频率的脉冲信号。

驱动将故障分为两级，一级故障为堵转故障，短路故障，发生一级故障时驱动将切断对电机的供电，并报警输出。二级故障包括霍尔故障，过压故障，制动故障，欠压故障，开路故障。该级别故障发生时，驱动将继续维持对电机的控制并报警输出。当EN端口电平由高变低时，故障信息清除。

故障的判定条件及相应输出，如下表所示：

故障	判定条件	Ready 输出
霍尔故障	霍尔组合出现 111 或 000；	10 Hz
堵转故障	逆变桥 PWM 占空比高于 14%，风机转速持续低于 300rpm 的时间超过 1s；	5 Hz

过压故障	母线电压持续高于 36V 的时间超过 450ms；	0.1Hz
制动故障	母线电压高于 39V;	40Hz
开路故障	电机在 0.6S 内未能启动；	20Hz
欠压故障	+VCC 电压持续低于 9.5V 的时间超过 450ms；	1 Hz
短路故障	电机运行电流大于设置值	0.5Hz

6. 速度控制方式

驱动提供开环和闭环两种转速控制方式。控制方式和速度闭环控制参数由DIP7，DIP8设定。

转速控制	拨码开关	
	DIP7	DIP8
高增益	ON	ON
中增益	ON	OFF
低增益	OFF	ON
开环	OFF	OFF

注：DIP7，DIP8 设置仅在上电时有效，更改设置需重新上电；

6.1 开环模式

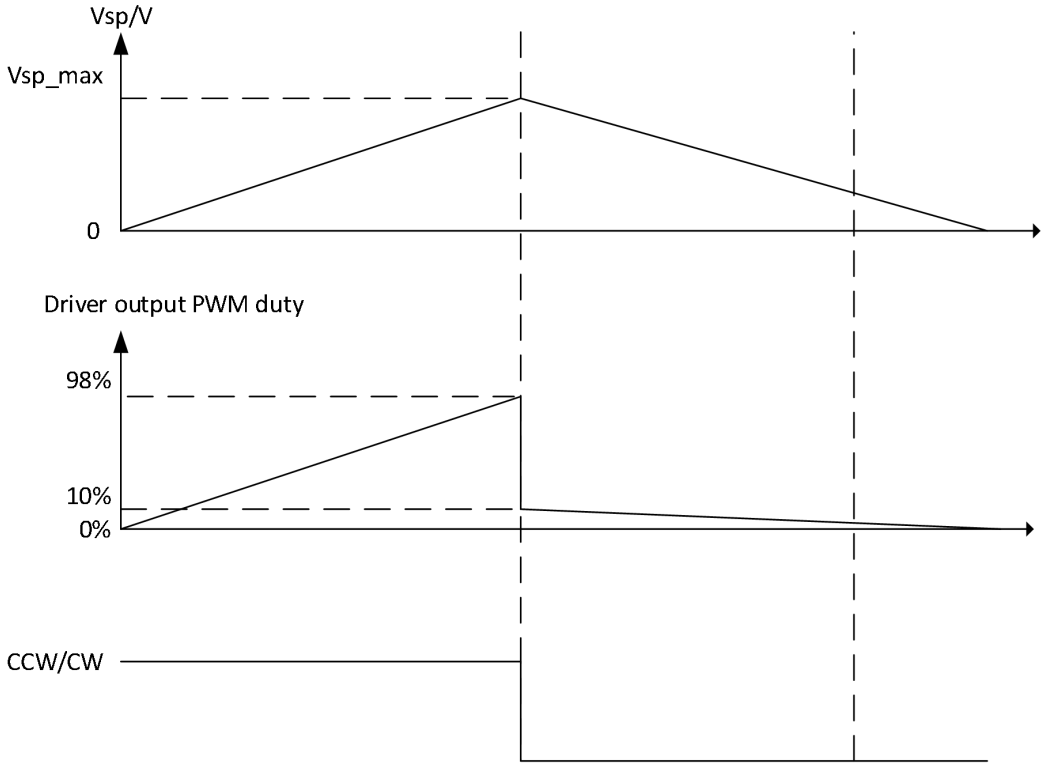
驱动正常情况下有两种工作状态，即拖动状态和制动状态。

当 EN 端口有效后，驱动根据 CCW/CW 端口的电平决定风机的工作状态。CCW/CW 为高电平时驱动施加与转向一致的正向电压给风机，风机处于拖动状态。CCW/CW 为低电平时驱动施加反向电压给风机，风机处于制状态。该状态下制动电压为拖动电压的 10%。

驱动施加到风机的电压取决于输出的 PWM 占空比和驱动的供电电压。PWM 占空比正比于 Vsp 端口(Set value speed)的电压。

PWM 占空比 = （（输入电压(V)/ Vsp_max)*98)%		
Vsp_max	输入最大电压	DIP4=ON, Vsp_max =5V;
		DIP4=OFF, Vsp_max =3.3V;

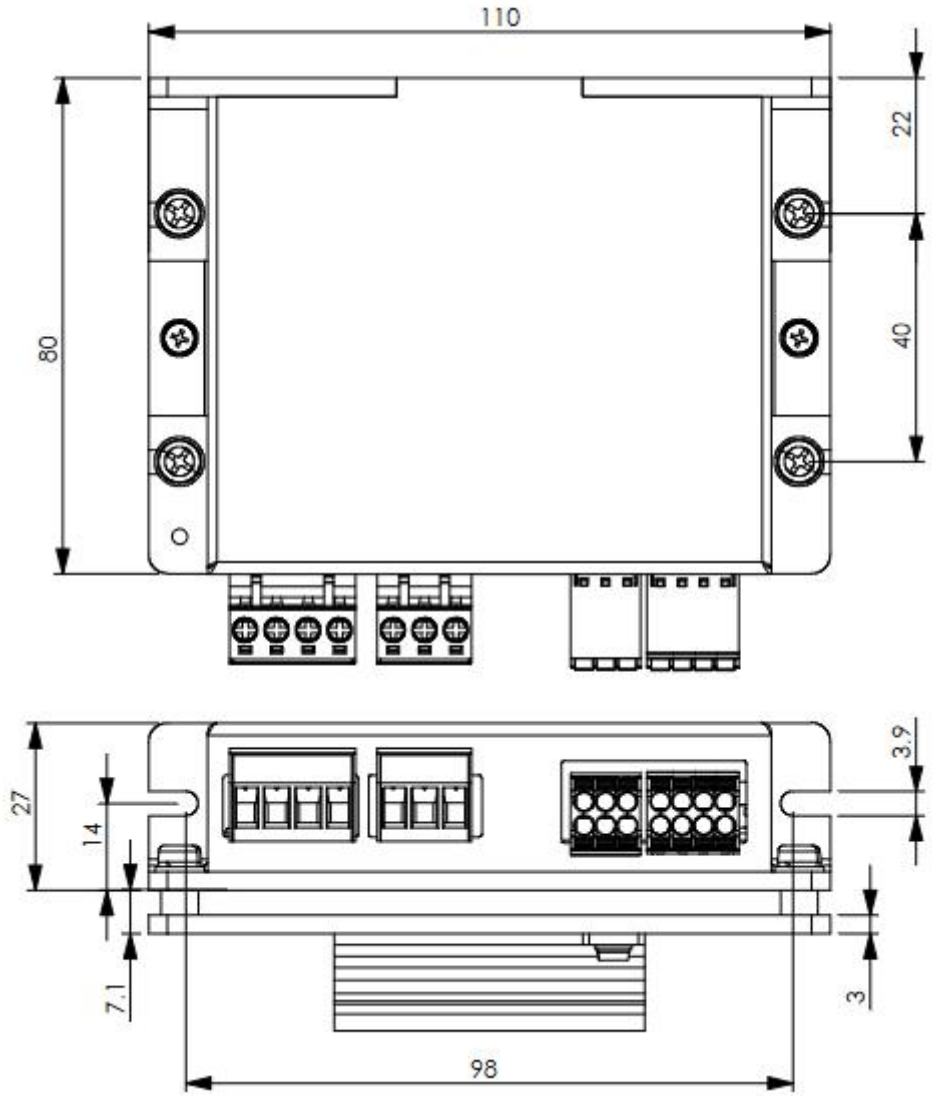
注：PWM 输出的占空比最大为 98%



6.2 闭环模式

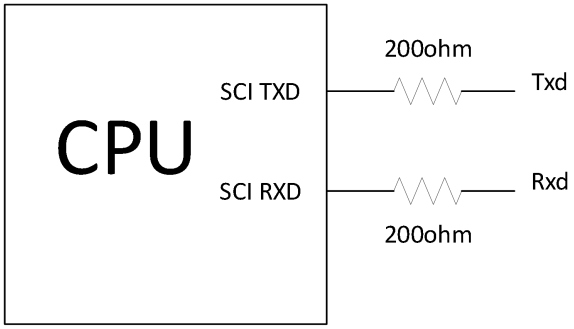
该模式下驱动控制电机闭环运行，电机可运行的最小速度为 5000 rpm。驱动内部设计有转速控制环，该控制换环调控周期为 5ms。控制环有三种增益可通过 DIP7，DIP8 设置。高增益会电机有更快的速度响应和超调。低增益能够减小超调，但会加大响应时间。

7. 结构尺寸



8. 通讯协议

驱动内部 CPU 的 SCI 端口通过 200ohm 连接至通讯端口。



驱动固定为通信从机，采用一主一丛方式。当主机发送如速度设定，控制方式或控制环参数时，从机驱动只接收，不回复。在主机进行读驱动寄存器操作时，从机驱动收到读取的地址后，将对应的数据发回。考虑到数据的发送时间和 CPU 的处理速度，2 次通讯的时间间隔最小为 1ms。通讯的基本设置如下：

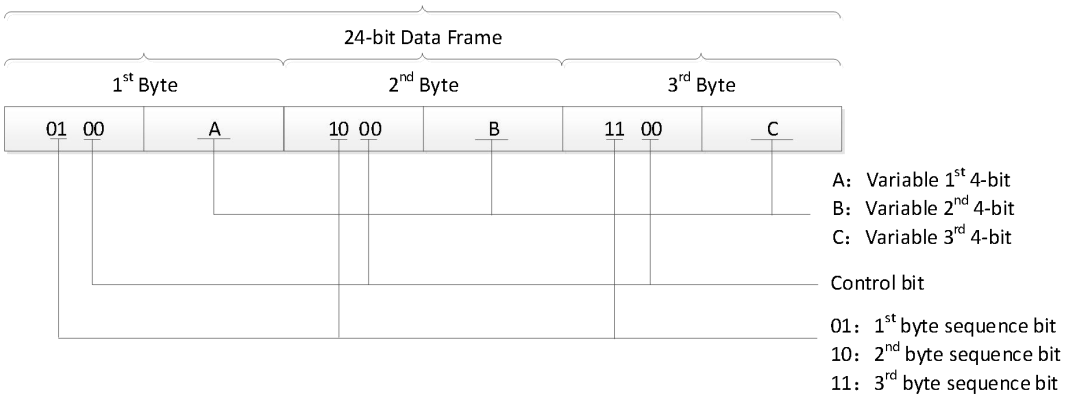
波特率： 115200

校验方式：无奇偶校验

字长： 8 位

8.1 通讯格式

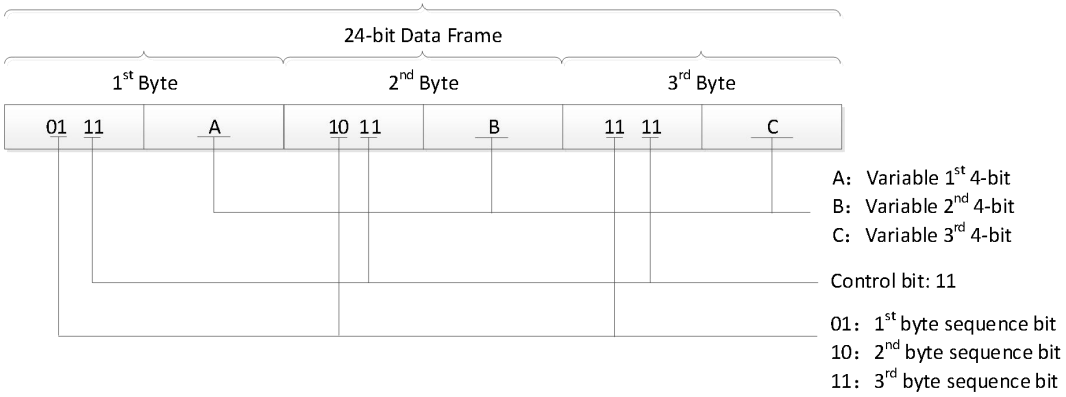
主机发送数据梅帧采用 3 字节 24 位方式，每字节由 2 位字节顺序号，2 位控制字及 4 位变量组成。如下图所示：



其中控制字的数据范围为 0-3；定义如下：

控制字	定义
0	写速度命令
1	写控制方式
2	写控制环参数
3	读驱动相关寄存器内容

从机返回数据每帧采用 3 字节 24 位方式，每字节由 2 位字节顺序号，2 位控制字（固定为“11”）及 4 位变量组成。如下图所示：



8.2 驱动寄存器

驱动开放了 7 个寄存器，均为 12 位只读。地址范围为 0-6；

地址	寄存器	返回值	
0	测试寄存器	读该寄存器时，返回值为 0X555;用于测试通讯	
1	速度值	当前电机速度，数值范围 0-4095RPS（转/秒）	
2	电压	驱动母线电压值，数值范围 0-400，单位 0.1V	
3	电机状态	内容为电机的运行状态，数值范围 0-6；	
		0	电机处于停机状态
		1	驱动处于故障状态，进入该状态后驱动自动停机报警
		2	电机处于减速至停机的过程
		3	电机处于启动状态
		4	电机处于运行状态
		5	电机减速到 3000 rpm
		6	电机处于减速至停机，变换方向后重新启动
4	故障寄存器	位	位 0-5 表示了驱动的 6 种故障状态；标志位为 1 时，表示有对应的故障发生。
		0	开路报警
		1	霍尔报警
		2	堵转报警
		3	欠压报警
		4	过压报警
		5～11	空闲
		当 mode=0(IO 模式)时，EN 端口下降沿清除标志位；mode=1(SCI 模式)时，RESET 置 1 清除标志位；	
5	PWM 占空比	驱动输出的 PWM 占空比，数值范围 0-100；该值与母线电压的乘积即为驱动施加到电机的电压	
6	方向标志	位	表示电机的方向状态
		0	制动标志位；0：正向拖动； 1：反向制动
		1	电机实际转向;0：逆时针； 1：顺时针 （该位返回值由电机的相序结构决定）
		2～11	空闲

8.3 测试代码

数据发送测试代码：

```
void send_data(unsigned int cmd,unsigned int datain)
{
    unsigned  int data1=0;
    data1=(datain>>8)&0x000f;
    data1=data1+1*64+cmd*16;
    usart2_send8bit(data1);
    data1=(datain>>4)&0x000f;
    data1=data1+2*64+cmd*16;
    usart2_send8bit(data1);
    data1=datain&0x000f;
    data1=data1+3*64+cmd*16;
    usart2_send8bit(data1);
}
```

示例 1：

发送速度指令：

```
send_data(0,s_set); //  s_set 数值为 0～4095，对应 5000～60000rpm
```

示例 2：

发送控制方式命令：

```
send_data(1,motor_run);// motor_run 电机运行方式
                    // motor_run=0x05;电机逆时针启动
                    // motor_run=0x01;电机顺时针启动
                    // motor_run=0x07;电机停机
```

位	定义	
0	运行模式	0：IO 模式； 1：SCI 模式
1	使能	0：电机运行； 1：电机停机；
2	方向	0：逆时针； 1：顺时针

示例 3：

发送速度环参数

```
send_data(2,pi_p*256+pi_i*16+pi_d);
```

控制字	定义	
pi_p	比例系数	0-10
pi_i	积分系数	0-10
pi_d	微分系数	0-10

注：工作与 SCI 模式下，主机未发送速度环参数时，驱动根据上电时 N3,N4 的状态决定速度环增益；由 SCI 模式切换到 IO 模式时，驱动扫描 DIP7,DIP8 引脚，设置增益

示例 4：

读驱动寄存器

```
send_data(0x03,r_data_adr);// r_data_adr 为读取寄存器的地址，0-6；
```

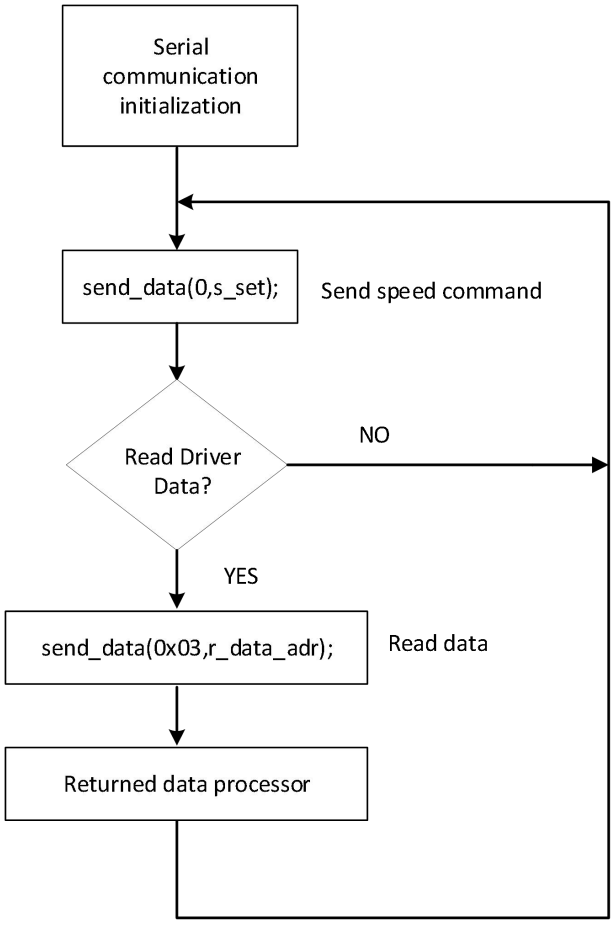
发送读命令后，主机需准备接收从机返回的对应地址单元的数据。接收中断函数处理程序如下：

```
    data_rx2= USART2->DR;
    i=data_rx2>>6;
    switch(i)
         {
          case 1:data_rh=data_rx2&0x0f;data_rhf=1;    break//返回值高 4 位
          case 2:data_rm=data_rx2&0x0f;data_rmf=1;  break; //返回值中 4 位
          case 3:data_rl=data_rx2&0x0f;data_rlf=1;     break; //返回值低 4 位
          default:                                  break;
         }
     if( (data_rlf==1)&(data_rmf==1)&(data_rhf==1) )
            {
```

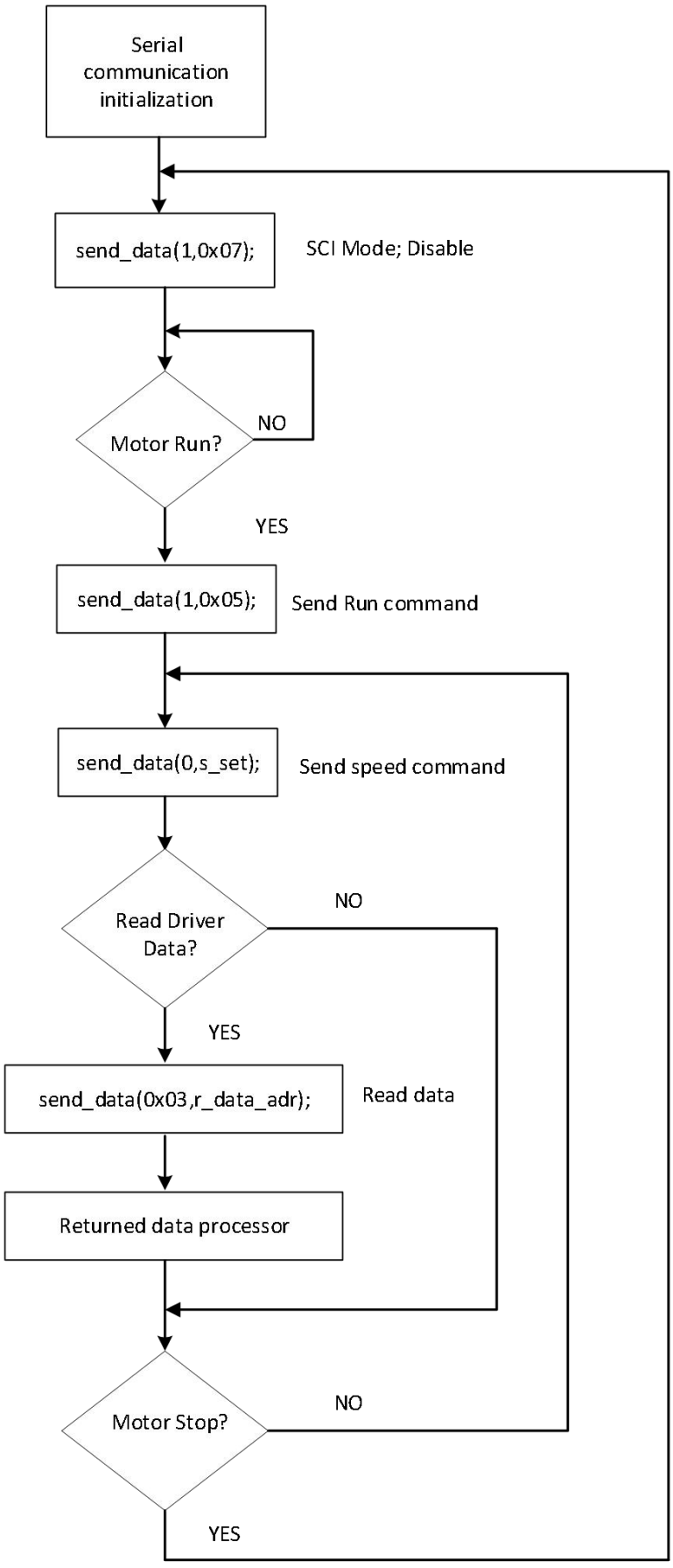
```
data_rlf=0;data_rmf=0;data_rhf=0;          r_data[r_data_adr]=data_rh*256+data_rm*16+data_rl;
 // r_data_adr 为读取寄存器的地址，0-6;
                }
```

8.4 驱动工作模式

驱动有 2 种工作模式，即 IO 模式和 SCI 模式。驱动上电后默认为 IO 模式。 IO 模式下，主机可以发送速度指令和读取驱动的寄存器。驱动的启停，方向由驱动输入端口控制。 速度环增益由拨码开关上电时的状态决定。该操作模式的主机操作流程如下：



主机通过发送控制方式命令可以将驱动切换至 SCI 模式，在 SCI 模式下，主机可以通过通讯控制驱动的运行/停止，方向，速度环参数。相比于 IO 模式的 4 个等级的速度环增益，这种参数设置更加灵活。


Serial communication initialization
send_data(1,0x07);
SCI Mode; Disable
Motor Run?
NO
YES
send_data(1,0x05);
Send Run command
send_data(0,s_set);
Send speed command
Read Driver Data?
NO
YES
send_data(0x03,r_data_adr);
Read data
Returned data processor
Motor Stop?
NO
YES

9. 修订记录

版本	时间	修订内容	编制	审核
A0	2023-5-20	根据软件编写及相关测试，初步整理。	周金辉	陆俊谕
A1	2024-6-27	1. V_{HALL+} 变更为 V_{Sensor} ； 2. V_{HALL-} 变更为 GND 3. PWM 控制和 SCI 控制转速设定值公式修正	陆俊谕	陈连芝
E				