# D30/5/4Q-E1 用户手册

## 1. 基本信息

| | |
|---|---|
| 文档版本 | A1 |
| 硬件 | D30/5/4Q-E1 |
| 软件 | P2S4TTI008-E1-V1.5-ALL |
| 匹配风机 | BLDC 电机 |

## 2. 简介

D30/5/4Q-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：10.5-26V;

最大转速：60000 rpm（单极对）;

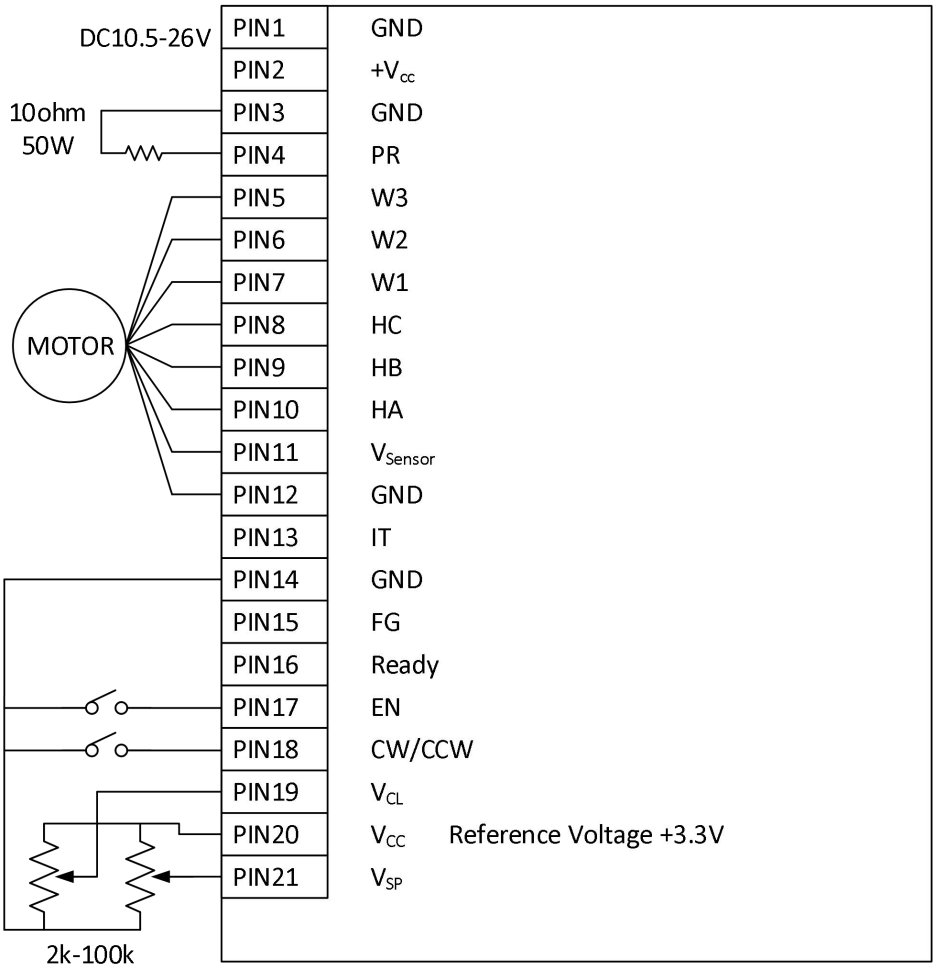
多种转速输入方式：模拟量 0-5V/0-3.3V; PWM; SCI

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 | GND | 信号地 |
| 2 | $+V_{CC}$ | 供电电源正端 | 15 | FG | 电机转速输出 |
| 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 | HC | 霍尔 C | 21 | $V_{SP}$ | 速度设定输入 |
| 9 | HB | 霍尔 B | | | |
| 10 | HA | 霍尔 A | | | |
| 11 | $V_{Sensor}$ | 霍尔电源正 | | | |
| 12 | GND | 电源地 | | | |
| 13 | IT | 电机温度信号 | | | |

# 4. 技术参数

## 4.1 电气参数

额定输入电压.....10.5 to 26 VDC
最大允许输入电压.....27 VDC
最大输出电压.....0.95 * $V_{CC}$
连续输出电流$I_{Cont}$.....5 A
最大输出电流 Imax.....10 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. 10 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 = 2kΩ)
方向«CCW/CW».....+2.4 to +15 V (Ri = 2kΩ)
峰值电流设定 «$V_{CL}$».....模拟量输入(0 to +3.3V)
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. 10 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10A
堵转.....电机堵转时间超过1S
欠压.....母线电压低于9.5VDC
过压.....母线电压高于39VDC
霍尔.....错误霍尔信号
开路.....启动失败
制动.....母线电压高于38VDC

### 4.9 机械尺寸

重量.....约173克
长宽高 (L x W x H).....110 x 80 x 27mm

### 4.10 端子

端子1.....4针*3.5mm，KF2EDGR-3.5-4P
端子2.....9针*3.5mm，KF2EDGR-3.5-9P
端子3.....8针*3.5mm，KF2EDGR-3.5-8P

# 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 10.5~ 26 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。

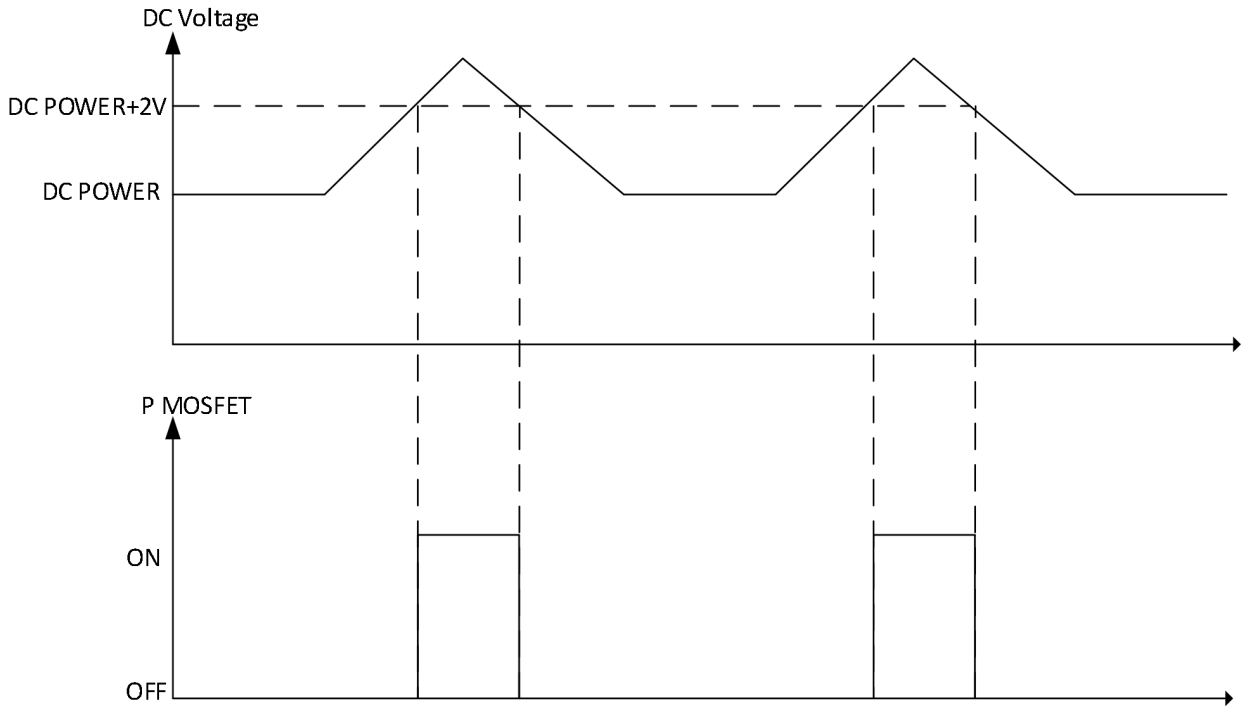
电源输入电压：+VCC 10.5 ~ 26 VDC；

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。*

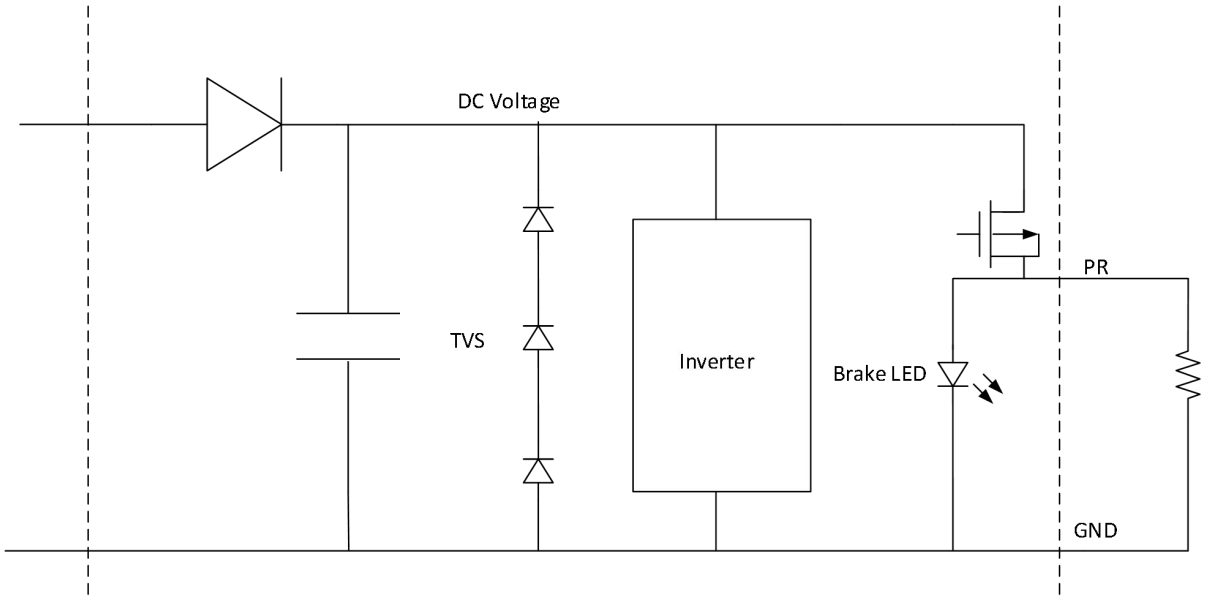
## 5.2制动接口

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+3.7V 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5A，短时加速电流（<0.5S）10A;

#### 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；

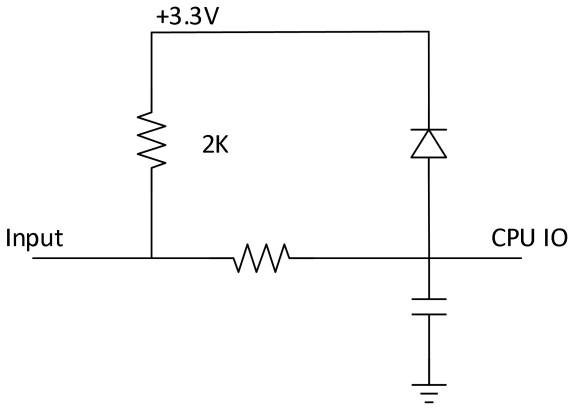
| | |
|---|---|
| 电源输出 | Pin [11] «$V_{Sensor}$» |
| 电源地 | Pin [12] «GND» |
| 输出电压 | +10.5 VDC ± 5 % |
| 最大输出电流 | 35 mA |

*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» |

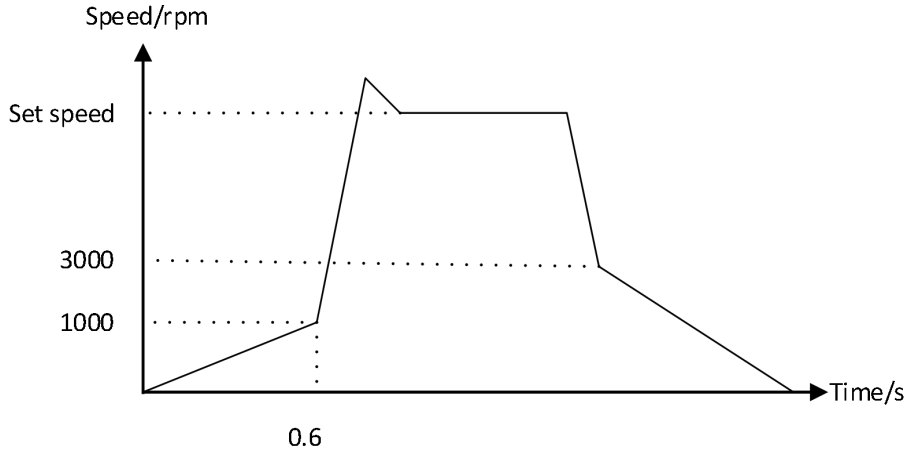



接口电路内部设置有上拉电阻，可直接连接集电极开路输出霍尔传感器；内部设计有钳位二极管，可使最大输入电压达到+15V。

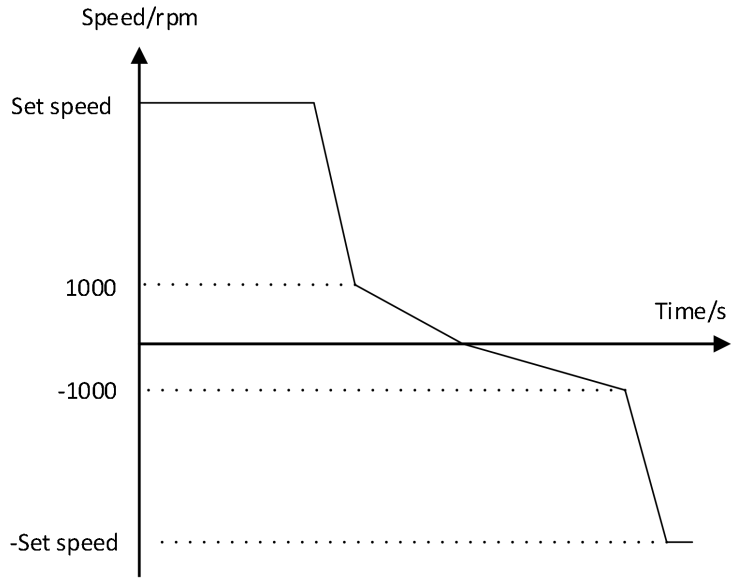
### 5.4使能与方向

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。



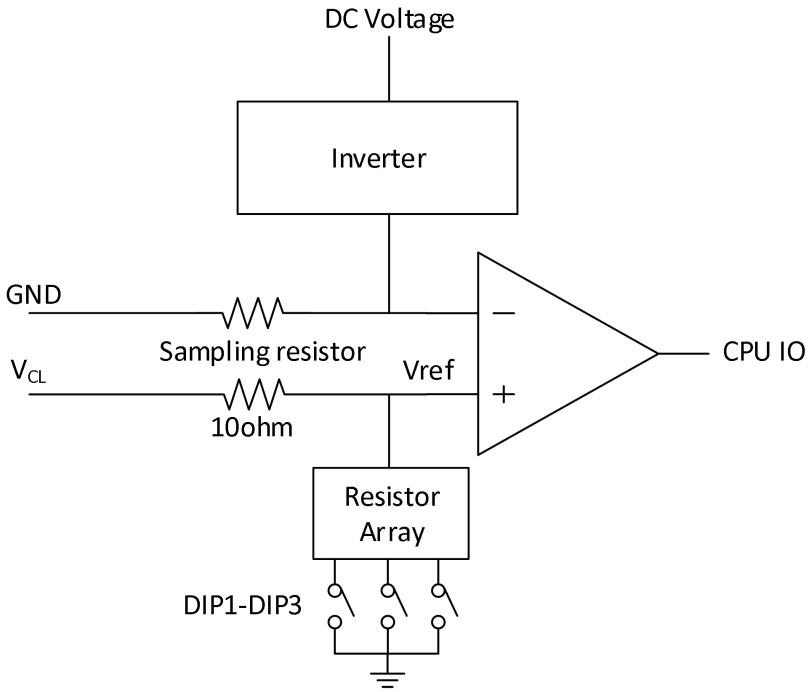

风机方向由 CCW/CW（PIN18）端口控制。CCW/CW 为高电平风机逆时针转向，端口为低电平时风机顺时针转动。对于 Boreasa 风机，均需配置为逆时针转动（面向进风口观察）。如果风机处于运行状态下，改变 CCW/CW 信号，风机将制动降速至 1000 rpm，然后按照新的转向指令重新加速，加速至反向 1000 rpm 后进入转速控制状态。




*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» |

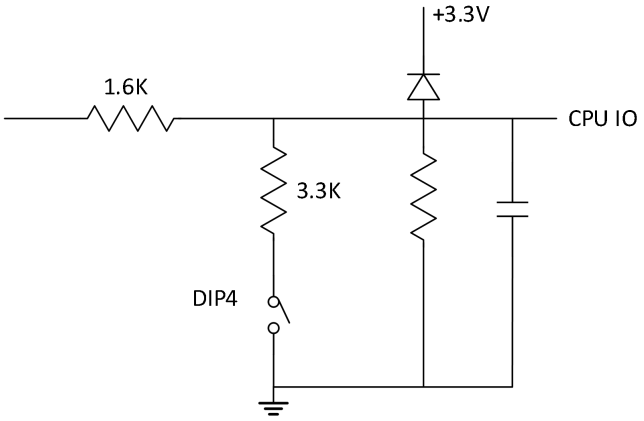
输入电压/拨码开关设定与最大峰值电流对应关系如下表所示：

| 电流峰值 | 电流设定端口电压 | 拨码开关 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | DIP1 | DIP2 | DIP3 |
| 10A | 1.97 | OFF | OFF | OFF |
| 8.5A | 1.87V | OFF | OFF | ON |
| 7.0A | 1.58V | OFF | ON | OFF |
| 5.5A | 1.56V | OFF | ON | ON |
| 4.0A | 1.33V | ON | OFF | OFF |
| 2.5A | 1.1V | ON | OFF | ON |
| 1A | 0.6V | ON | ON | OFF |

*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DIP 5，DIP 6设置。

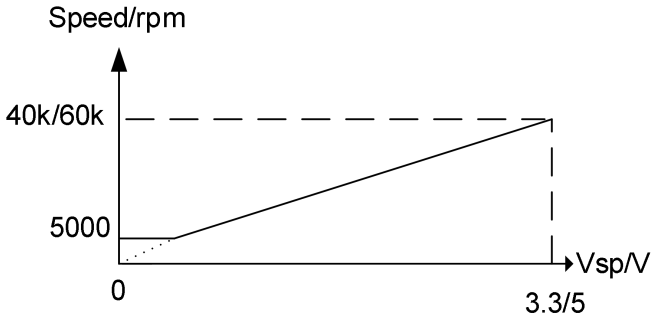
| 转速输入模式 | 拨码开关 | |
|---|---|---|
| | DIP5 | DIP 6 |
| 模拟量输入 40k | ON | ON |
| 模拟量输入 60k | ON | OFF |
| PWM 输入 | OFF | ON |
| SCI 输入 | OFF | OFF |

*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; |

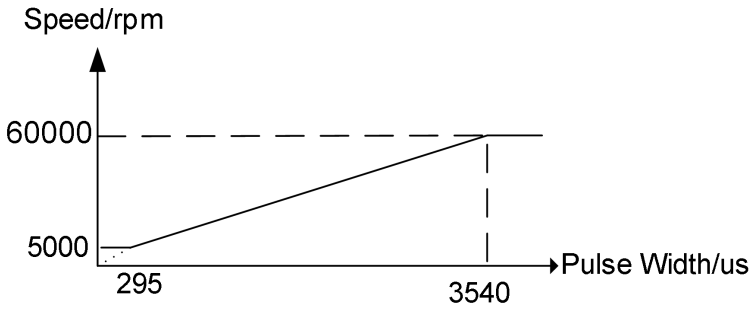
当上式计算结果低于5000 rpm时，转速设定值恒定为5000；




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。

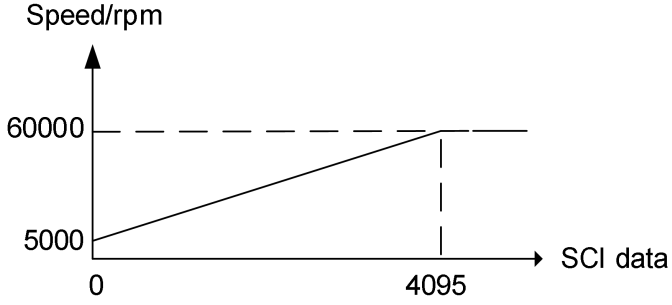
设定转速（rpm）=正脉宽(us)*16.94+423.5；

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。



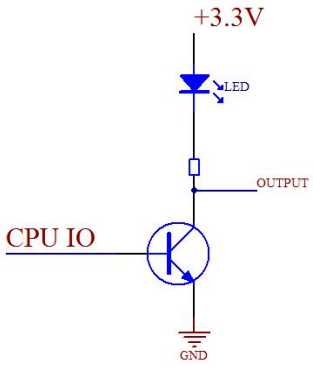
*注：本文档所涉及的转速均为单极对电机转速。*

**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

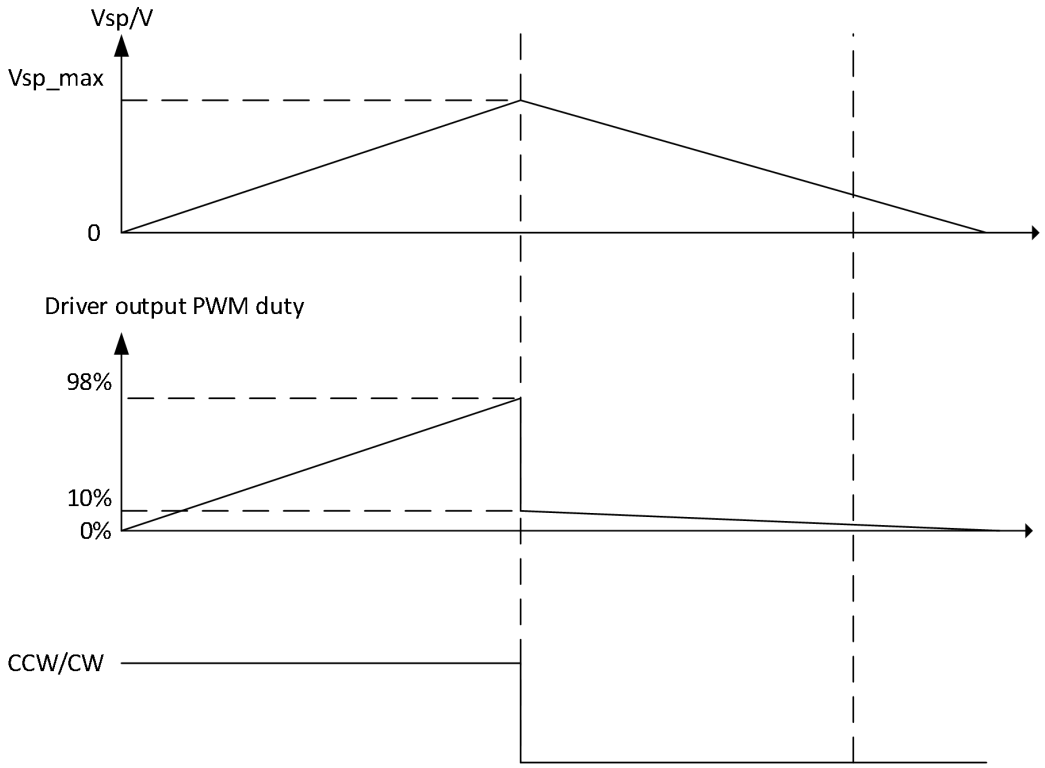
驱动正常情况下有两种工作状态，即拖动状态和制动状态。

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; |

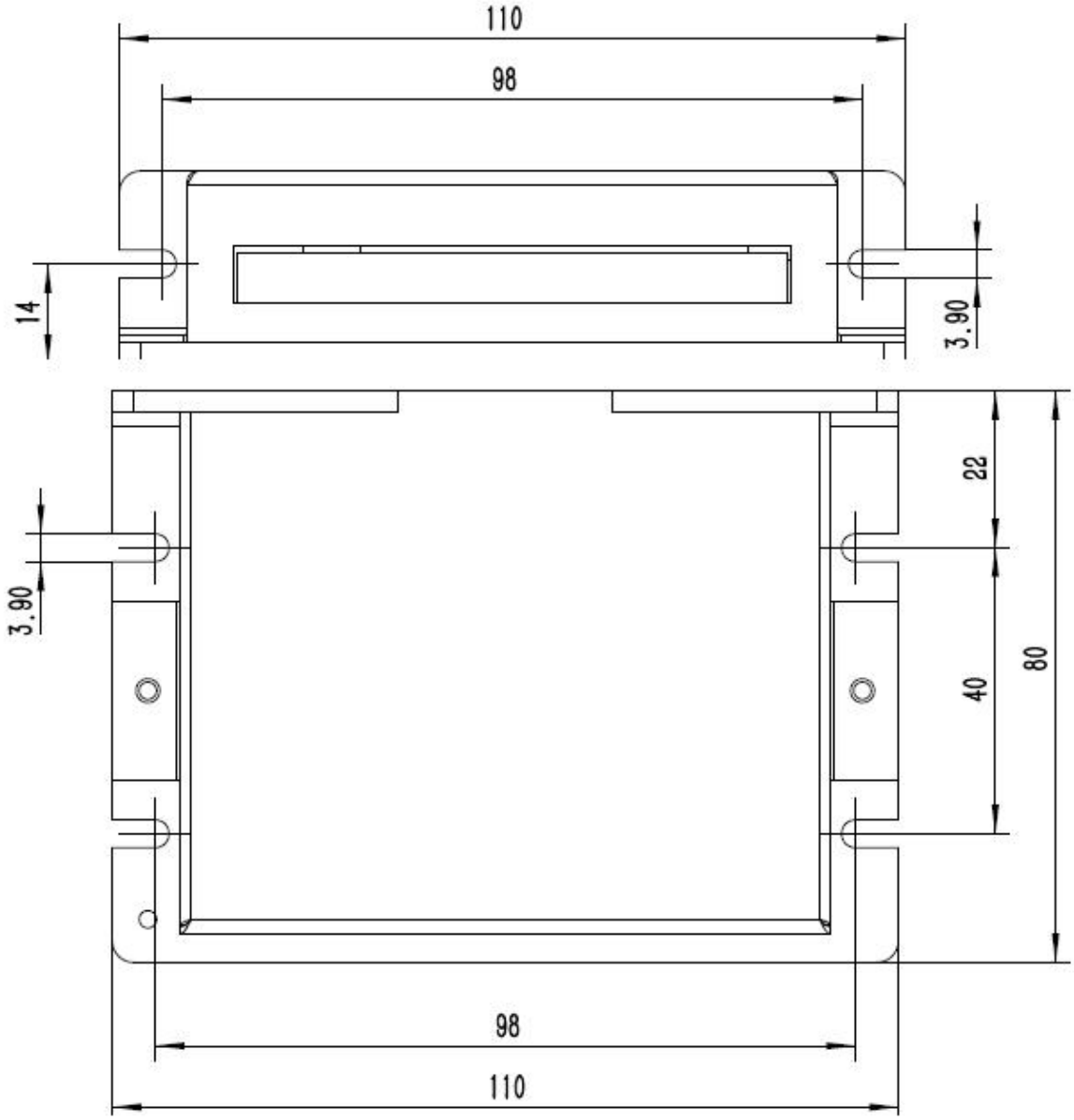
*注：PWM 输出的占空比最大为 98%*




### 6.2 闭环模式

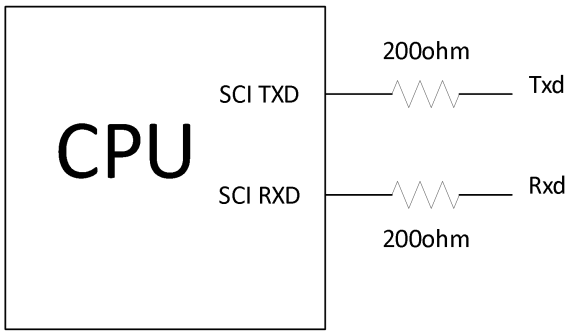
该模式下驱动控制电机闭环运行，电机可运行的最小速度为 5000 rpm。驱动内部设计有转速控制环，该控制换环调控周期为 5ms。控制环有三种增益可通过 DIP7，DIP8 设置。高增益会电机有更快的速度响应和超调。低增益能够减小超调，但会加大响应时间。

## 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，采用一主一从方式。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：

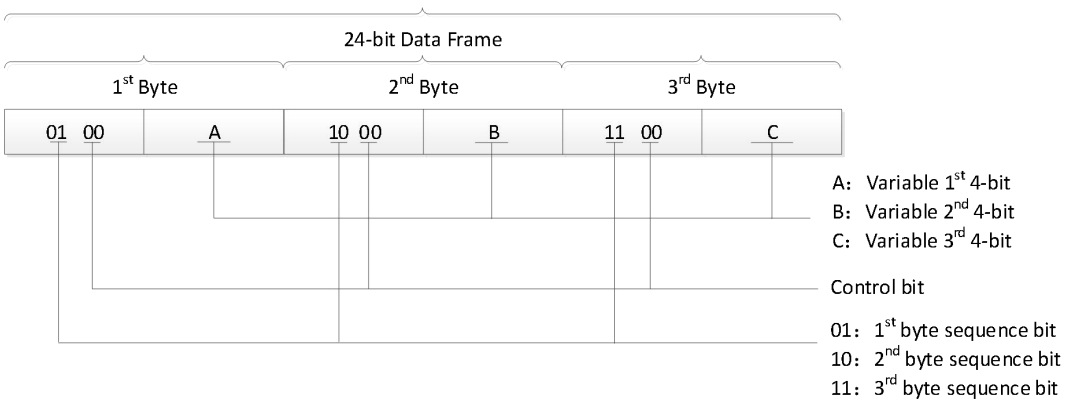
波特率： 115200

校验方式：无奇偶校验

字长： 8 位

## 8.1 通讯格式

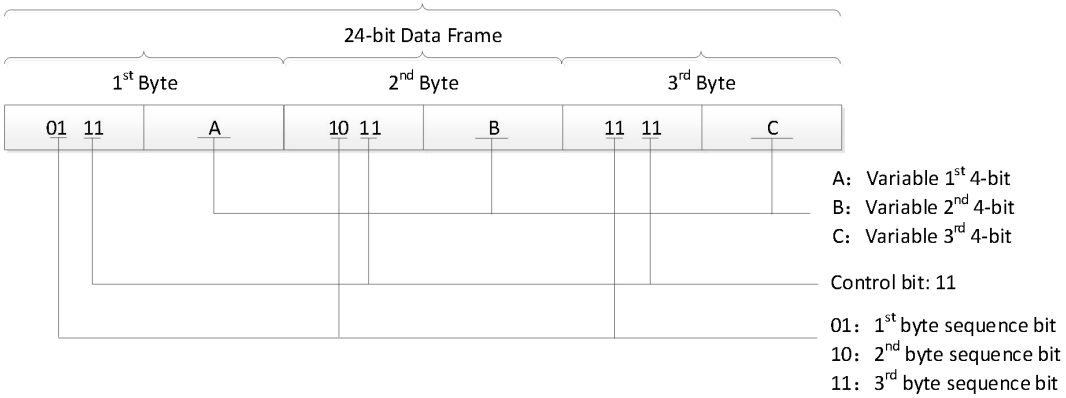
主机发送数据梅帧采用 3 字节 24 位方式，每字节由 2 位字节顺序号，2 位控制字及 4 位变量组成。如下图所示：




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 0-12 | |
| | | 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；<br>1：SCI 模式 |
| 1 | 使能 | 0：电机运行；<br>1：电机停机； |
| 2 | 方向 | 0：逆时针；<br>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

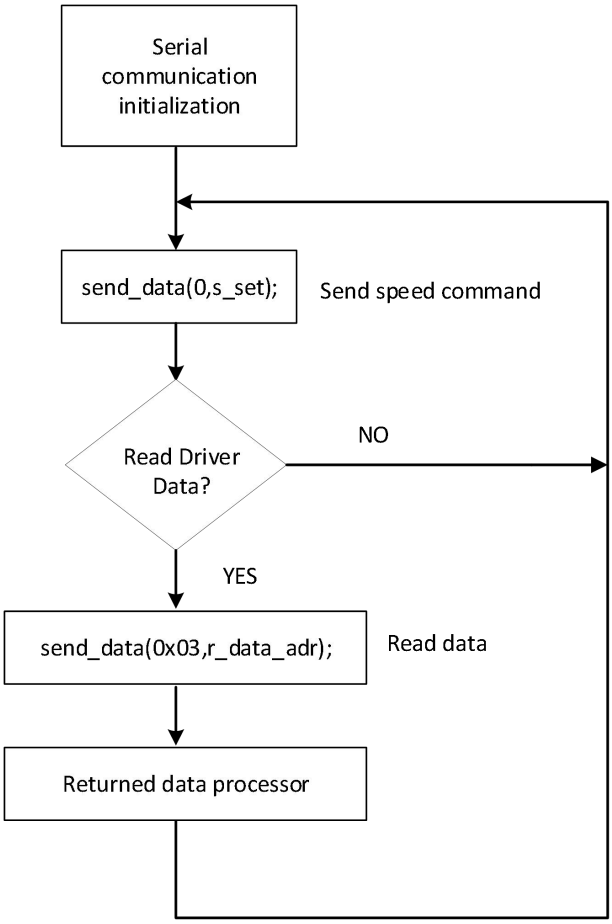
```
send_data(0x03,r_data_adr);// r_data_adr 为读取寄存器的地址，0-6；
```

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：

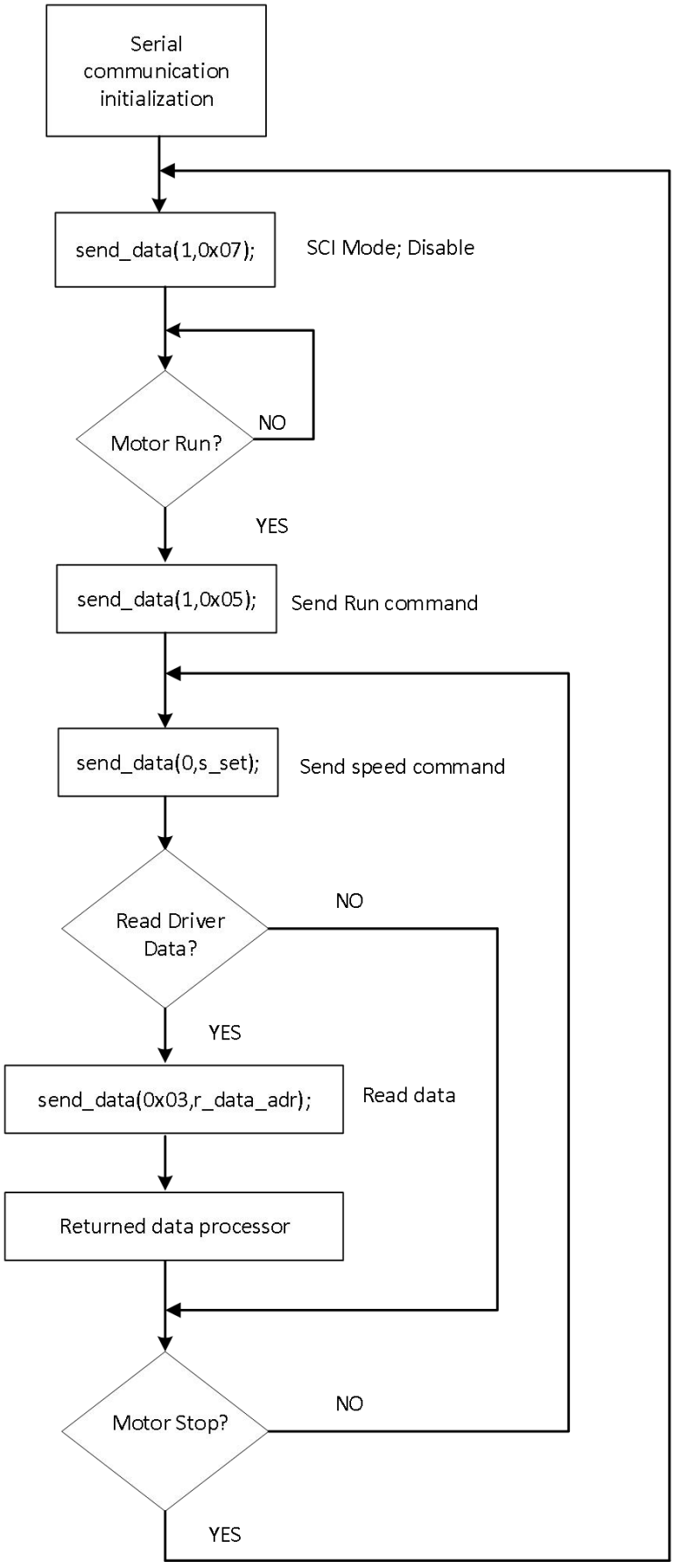
```
        data_rx2= USART2->DR;
        i=data_rx2>>6;
        switch(i)
              {
               case 1:data_rh=data_rx2&0x0f;data_rhf=1;     break//返回值高 4 位
               case 2:data_rm=data_rx2&0x0f;data_rmf=1;    break; //返回值中 4 位
               case 3:data_rl=data_rx2&0x0f;data_rlf=1;      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 | 2020-8-5 | 根据软件编写及相关测试，初步整理。 | 陈连芝 | 陈连芝 |
| A1 | 2024-6-27 | 1. 更新公司 LOGO；<br>2. $V_{HALL+}$ 变更为 $V_{Sensor}$ ；<br>3. $V_{HALL-}$ 变更为 GND<br>4. PWM 控制和 SCI 控制转速设定值公式修正 | 陆俊谕 | 陈连芝 |
| | | | | |