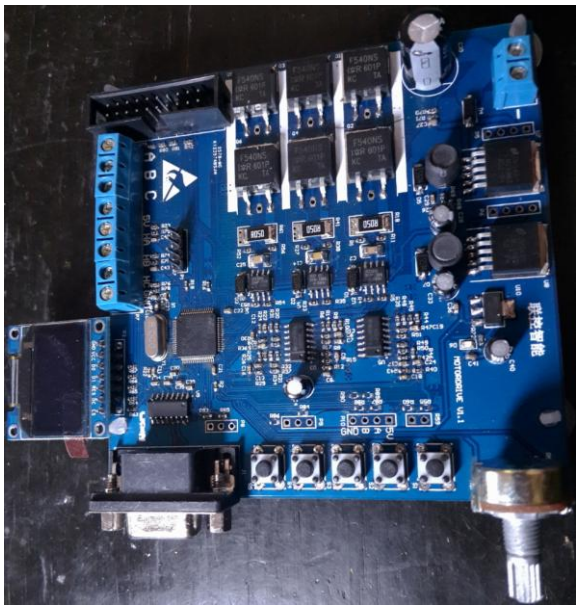



MCUCON V1.0
GND
+5V

很多客户买了板子，但是很多都会问我这几个问题，我总结了一下，给后面买板子的开发无刷电机驱动提供方便。

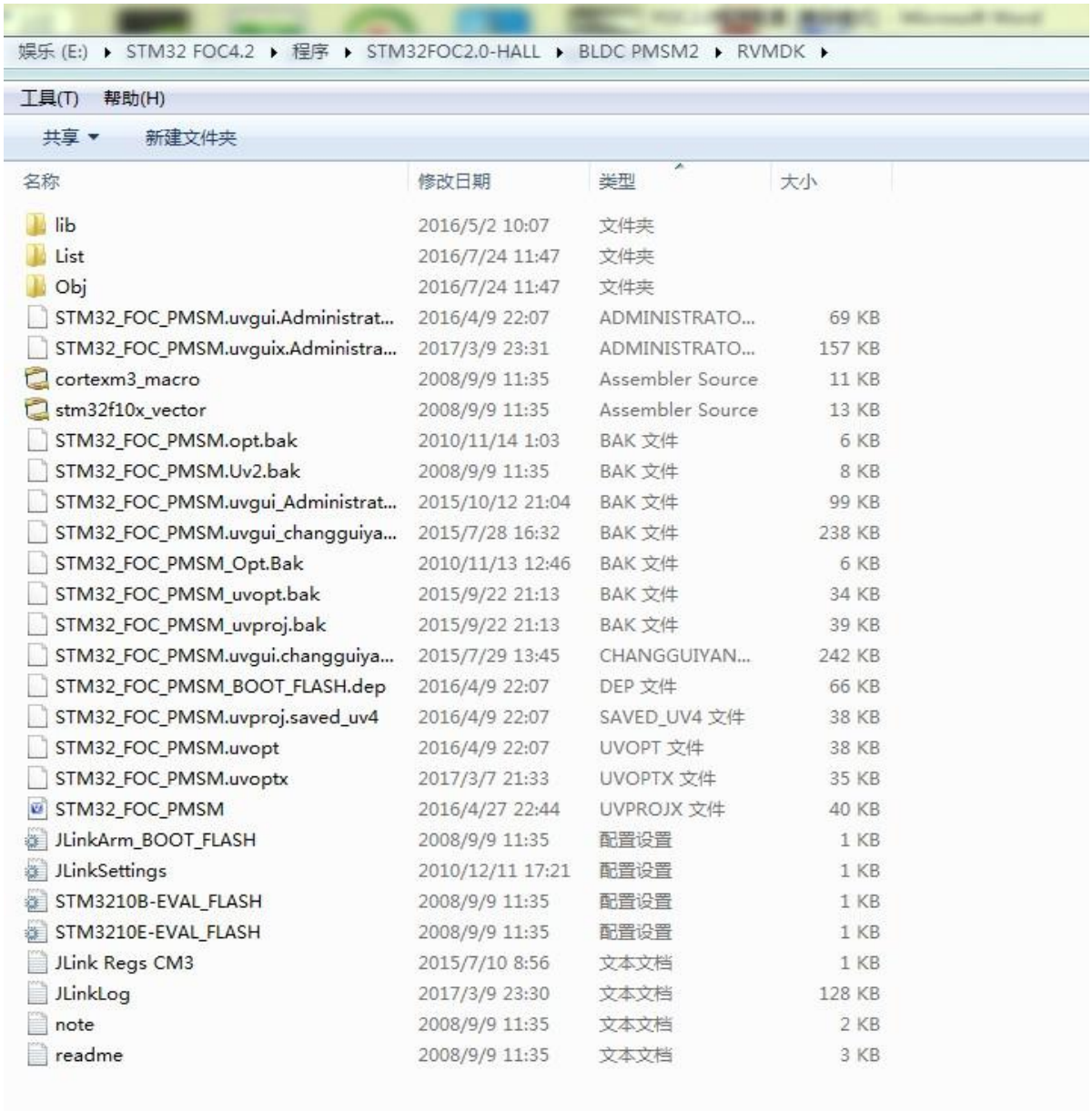
1. 工程文件在哪里
2. 工程文件如何打开
3. 电机不是买我的，如何转自己的电机
4. 如何下载程序，到你的板子
5. 如何使电机转的更加平稳
6. 如何调速度环和力矩环 PID
7. 我一开始转的是有霍尔电机如何转带编码器电机或着无感电机

1. 工程文件在哪里

我用的是 keil5.14 开发环境，选择 MDK，在这个文件里

STM32FOC2.0-HALL\BLDC PMSM2\RVMDK

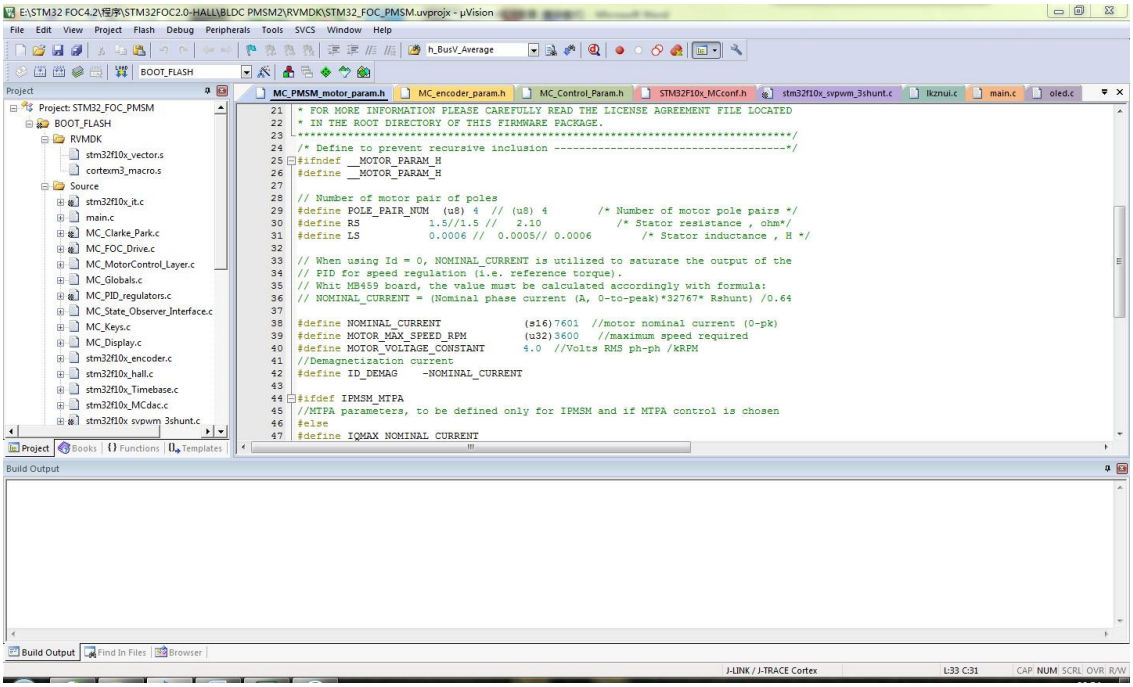
装过 keil，会显示工程文件



2. 工程文件如何打开

装过 keil5.14 的，直接打开这个文件

没装的，或者装的是 keil4，版本低的，可以问我要，装好后打开显示如下



3. 电机不是买我的，如何转自己的电机

这个问题很多，因为很多买板子的都是新手，手里有电机，最好买我的电机，回去就可以转，学透了在接自己的电机。

打开工程后在 

文件里改

```
#ifndef __MOTOR_PARAM_H
#define __MOTOR_PARAM_H

// Number of motor pair of poles
#define POLE_PAIR_NUM  (u8) 4  // (u8) 4        /* Number of motor pole pairs */
#define RS           1.5//1.5 //   2.10           /* Stator resistance , ohm*/
#define LS           0.0006 //  0.0005// 0.0006       /* Stator inductance , H */

// When using Id = 0, NOMINAL_CURRENT is utilized to saturate the output of the
// PID for speed regulation (i.e. reference torque).
// Whit MB459 board, the value must be calculated accordingly with formula:
// NOMINAL_CURRENT = (Nominal phase current (A, 0-to-peak)*32767* Rshunt) /0.64

#define NOMINAL_CURRENT             (s16)7601  //motor nominal current (0-pk)
#define MOTOR_MAX_SPEED_RPM         (u32)3600   //maximum speed required
#define MOTOR_VOLTAGE_CONSTANT      4.0  //Volts RMS ph-ph /kRPM
//Demagnetization current
```

这几个参数很重要，一定要跟自己电机对上，尤其是极对数，假设极数 8，极对数就是 4.

#define POLE_PAIR_NUM (u8) 4 // (u8) 4 /* Number of motor pole pairs

*/极对数

#define RS 1.5//1.5 // 2.10 /* Stator resistance , ohm*/
电机电阻，注意是一相，所以用电桥测得值除以 2

#define LS 0.0006 // 0.0005// 0.0006 /* Stator inductance , H */
电机电感，注意是一相，所以用电桥测得值除以 2

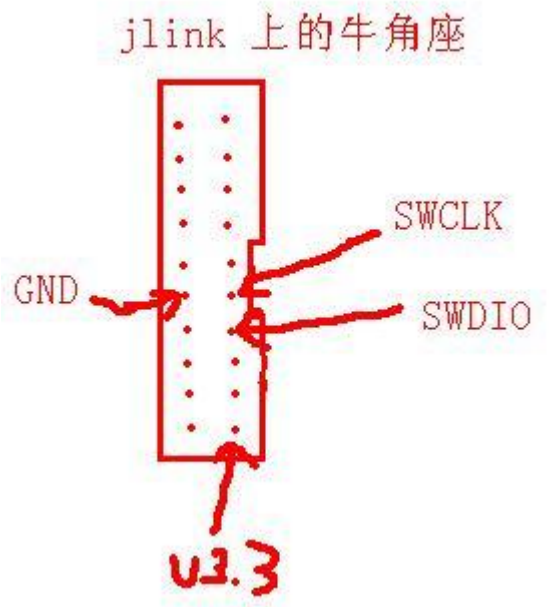
#define MOTOR_VOLTAGE_CONSTANT 4.0 //Volts RMS ph-ph /kRPM
电机反电动势

这几个参数填对后编译下载到板子运行，基本可以转，注意调试时把电源电流限制在 1A，以防参数不对，烧坏板子。

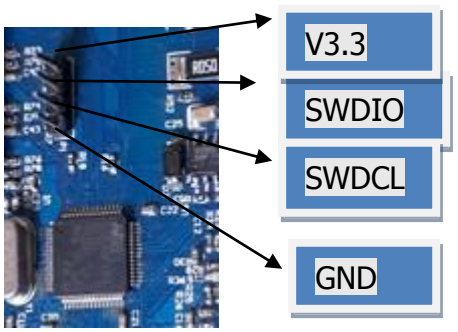
4. 如何下载程序，到你的板子

我采用工业项目都用的 JLINK SWD 下载方式，节省板子空间，

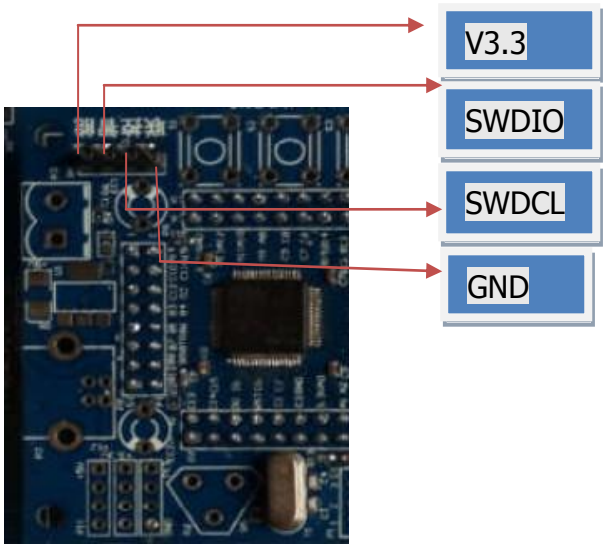
如果我们的板子上只留了 4 个接口:V3.3,SWDIO,SWDCLK,GND.那么和 JLINK 的连接关系参见下图:



注意缺口方向.然后 GND 可以接左边任何一个 pin(除了最底下这个 PIN).



一体板下载口



分立板下载口

5. 如何使电机转的更加平稳

电机转平稳需要调速度环和电流环，力矩环 PID，

在 

文件里

```
81
82  /* default values for Speed control loop */
83  #define PID_SPEED_REFERENCE_RPM    (s16)900
84  #define PID_SPEED_KP_DEFAULT       (s16)500
85  #define PID_SPEED_KI_DEFAULT       (s16)100
86  #define PID_SPEED_KD_DEFAULT       (s16)0
87
88  /* Speed PID parameter dividers          */
89  #define SP_KPDIV ((u16)(16))
90  #define SP_KIDIV ((u16)(256))
91  #define SP_KDDIV ((u16)(16))
92
93  /************** QUADRATURE CURRENTS PID-CONTROLLERS INIT VALUES ************
94
95  // With MB459 phase current (A)= (PID_X_REFERENCE * 0.64)/(32767 * Rshunt)
96
97  /* default values for Torque control loop */
98  #define PID_TORQUE_REFERENCE    (s16)1000//6000   //(N.b: that's the referenc
99                                                    //value in both torque and speed cont
100 #define PID_TORQUE_KP_DEFAULT   (s16)1578
101 #define PID_TORQUE_KI_DEFAULT   (s16)676
102 #define PID_TORQUE_KD_DEFAULT   (s16)100
103
104 /* default values for Flux control loop */
105 #define PID_FLUX_REFERENCE    (s16)0
106 //#define PID_FLUX_KP_DEFAULT   (s16)3314
107 //#define PID_FLUX_KI_DEFAULT   (s16)274
```

调这几个参数

6. 如何调速度环和力矩环 PID

如何调 pid，一般问我我先让客户百度一下，然后我再告诉，调 PID，主要先调 P，在调 I，从小调大，找到一个合适值，如何是合适值，示波器看电机电流波形，需要电流钳，很多客户没这个条件，但是我建议大家要是调好，还得有工具才行，没有的话，就是电机转的平稳 。

ID 是比例、积分、微分的简称，PID 控制的难点不是编程，而是控制器的参数整定。参数整定的关键是正确地理解各参数的物理意义，PID 控制的原理可以用人对炉温的手动控制来理解。阅读本文不需要高深的数学知识。

1．比例控制

有经验的操作人员手动控制电加热炉的炉温，可以获得非常好的控制品质，PID 控制与人工控制的控制策略有很多相似的地方。

下面介绍操作人员怎样用比例控制的思想来手动控制电加热炉的炉温。假设用热电偶检测炉温，用数字仪表显示温度值。在控制过程中，操作人员用眼睛读取炉温，并与炉温给定

值比较，得到温度的误差值。然后用手操作电位器，调节加热的电流，使炉温保持在给定值附近。

操作人员知道炉温稳定在给定值时电位器的大致位置（我们将它称为位置 L），并根据当时的温度误差值调整控制加热电流的电位器的转角。炉温小于给定值时，误差为正，在位置 L 的基础上顺时针增大电位器的转角，以增大加热的电流。炉温大于给定值时，误差为负，在位置 L 的基础上反时针减小电位器的转角，并令转角与位置 L 的差值与误差成正比。上述控制策略就是比例控制，即 PID 控制器输出中的比例部分与误差成正比。

闭环中存在着各种各样的延迟作用。例如调节电位器转角后，到温度上升到新的转角对应的稳态值时有较大的时间延迟。由于延迟因素的存在，调节电位器转角后不能马上看到调节的效果，因此闭环控制系统调节困难的主要原因是系统中的延迟作用。

比例控制的比例系数如果太小，即调节后的电位器转角与位置 L 的差值太小，调节的力度不够，使系统输出量变化缓慢，调节所需的总时间过长。比例系数如果过大，即调节后电位器转角与位置 L 的差值过大，调节力度太强，将造成调节过头，甚至使温度忽高忽低，来回震荡。

增大比例系数使系统反应灵敏，调节速度加快，并且可以减小稳态误差。但是比例系数过大会使超调量增大，振荡次数增加，调节时间加长，动态性能变坏，比例系数太大甚至会使闭环系统不稳定。

单纯的比例控制很难保证调节得恰到好处，完全消除误差。

2．积分控制

PID 控制器中的积分对应于图 1 中误差曲线 与坐标轴包围的面积（图中的灰色部分）。PID 控制程序是周期性执行的，执行的周期称为采样周期。计算机的程序用图 1 中各矩形面积之和来近似精确的积分，图中的 TS 就是采样周期。

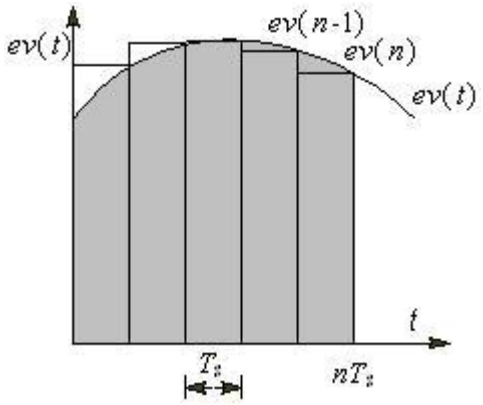


图 1　积分运算示意图

每次 PID 运算时，在原来的积分值的基础上，增加一个与当前的误差值 ev（n）成正比的微小部分。误差为负值时，积分的增量为负。

手动调节温度时，积分控制相当于根据当时的误差值，周期性地微调电位器的角度，每次调节的角度增量值与当时的误差值成正比。温度低于设定值时误差为正，积分项增大，使加热电流逐渐增大，反之积分项减小。因此只要误差不为零，控制器的输出就会因为积分作用而不断变化。积分调节的"大方向"是正确的，积分项有减小误差的作用。一直要到系统处于稳定状态，这时误差恒为零，比例部分和微分部分均为零，积分部分才不再变化，并且刚好等于稳态时需要的控制器的输出值，对应于上述温度控制系统中电位器转角的位置 L。因此积分部分的作用是消除稳态误差，提高控制精度，积分作用一般是必须的。

PID 控制器输出中的积分部分与误差的积分成正比。因为积分时间 TI 在积分项的分母中，TI 越小，积分项变化的速度越快，积分作用越强。

3．PI 控制

控制器输出中的积分项与当前的误差值和过去历次误差值的累加值成正比，因此积分作用本身具有严重的滞后特性，对系统的稳定性不利。如果积分项的系数设置得不好，其负面作用很难通过积分作用本身迅速地修正。而比例项没有延迟，只要误差一出现，比例部分就会立即起作用。因此积分作用很少单独使用，它一般与比例和微分联合使用，组成 PI 或 PID 控制器。

PI 和 PID 控制器既克服了单纯的比例调节有稳态误差的缺点，又避免了单纯的积分调节响应慢、动态性能不好的缺点，因此被广泛使用。

如果控制器有积分作用（例如采用 PI 或 PID 控制），积分能消除阶跃输入的稳态误差，这时可以将比例系数调得小一些。

如果积分作用太强（即积分时间太小），相当于每次微调电位器的角度值过大，其累积的作用会使系统输出的动态性能变差，超调量增大，甚至使系统不稳定。积分作用太弱（即积分时间太大），则消除稳态误差的速度太慢，积分时间的值应取得适中。

4．微分作用

误差的微分就是误差的变化速率，误差变化越快，其微分绝对值越大。误差增大时，其微分为正；误差减小时，其微分为负。控制器输出量的微分部分与误差的微分成正比，反映了被控量变化的趋势。

有经验的操作人员在温度上升过快，但是尚未达到设定值时，根据温度变化的趋势，预感到温度将会超过设定值，出现超调。于是调节电位器的转角，提前减小加热的电流。这相当于士兵射击远方的移动目标时，考虑到子弹运动的时间，需要一定的提前量一样。

7. 我一开始转的是有霍尔电机如何转带编码器电机或着无感电机

因为我们用的是 ST 的电机库，ST 不会让我们改变模式时，还要改动很大，做不好就乱套了，所以都留了横定义，如何打开一个功能，就打开哪个，很方便

具体在 

文件

假设我想三电阻霍尔模式驱动电机，需要

```
/*********************   Current sampling technique definition   ***************/
/*   Define here the technique utilized for sampling the three-phase current  */

/* Current sensing by ICS (Isolated current sensors) */
//#define ICS_SENSORS

/* Current sensing by Three Shunt resistors */
#define THREE_SHUNT

/* Current sensing by Single Shunt resistor */
//#define SINGLE_SHUNT

/*******************  Position sensing technique definition  ******************/
/* Define here the type of rotor position sensing utilized for both Field     */
/*                    Oriented Control and speed regulation                   */

  /* Position sensing by quadrature encoder */
//#define ENCODER

  /* Position sensing by Hall sensors */
#define HALL_SENSORS

/* Sensorless position sensing  */
//  #define NO_SPEED_SENSORS
```

假设我想三电阻编码器模式驱动电机

```
/*********************   Current sampling technique definition   ******
/*   Define here the technique utilized for sampling the three-phase c

/* Current sensing by ICS (Isolated current sensors) */
//#define ICS_SENSORS

/* Current sensing by Three Shunt resistors */
#define THREE_SHUNT

/* Current sensing by Single Shunt resistor */
//#define SINGLE_SHUNT

/*******************  Position sensing technique definition  *********
/* Define here the type of rotor position sensing utilized for both Fi
/*                    Oriented Control and speed regulation

  /* Position sensing by quadrature encoder */
#define ENCODER

  /* Position sensing by Hall sensors */
//#define HALL_SENSORS

```

假设我想三电阻无感模式驱动电机

这里面还分要不要先定位

```
27  /*******************   Current sampling technique definition   ***************/
28  /*   Define here the technique utilized for sampling the three-phase current  */
29
30  /* Current sensing by ICS (Isolated current sensors) */
31  //#define ICS_SENSORS
32
33  /* Current sensing by Three Shunt resistors */
34  #define THREE_SHUNT
35
36  /* Current sensing by Single Shunt resistor */
37  //#define SINGLE_SHUNT
38
39  /*******************  Position sensing technique definition  ******************/
40  /* Define here the type of rotor position sensing utilized for both Field     */
41  /*                    Oriented Control and speed regulation                   */
42
43    /* Position sensing by quadrature encoder */
44  //#define ENCODER
45
46    /* Position sensing by Hall sensors */
47  //#define HALL_SENSORS
48
49  /* Sensorless position sensing  */
50     #define NO_SPEED_SENSORS
51  /* When in sensorless operation define here if you also want to acquire any */
```

定位把#define NO_SPEED_SENSORS_ALIGNMENT 也打开

到现在为止，把客户反映几个常见问题总结了一下，目的让热衷无刷电机开发的工程师更快的掌握这方面的技术，开发自己的无刷电机驱动。

淘宝 店铺地址：

https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z10.3-c.w4002-1804011277.19.9pCOFY&id=529698925795

需要联系我。支持方波和正弦波