



IH 调试手册（CMS79F53x）

C 语言版 Rev.1.1

请注意以下有关CMS知识产权政策

* 中微半导体（深圳）股份有限公司（以下简称本公司）已申请了专利，享有绝对的合法权益。与本公司MCU或其他产品有关的专利权并未被同意授权使用，任何经由不当手段侵害本公司专利权的公司、组织或个人，本公司将采取一切可能的法律行动，遏止侵权者不当的侵权行为，并追讨本公司因侵权行为所受的损失、或侵权者所得的不法利益。

* 中微半导体（深圳）股份有限公司的名称和标识都是本公司的注册商标。

* 本公司保留对规格书中产品在可靠性、功能和设计方面的改进作进一步说明的权利。然而本公司对于规格内容的使用不负责任。文中提到的应用其目的仅仅是用来做说明，本公司不保证和不表示这些应用没有更深入的修改就能适用，也不推荐它的产品使用在会由于故障或其它原因可能会对人身造成危害的地方。本公司的产品不授权适用于救生、维生器件或系统中作为关键器件。本公司拥有不事先通知而修改产品的权利，对于最新的信息，请参考官方网站www.mcu.com.cn

目录

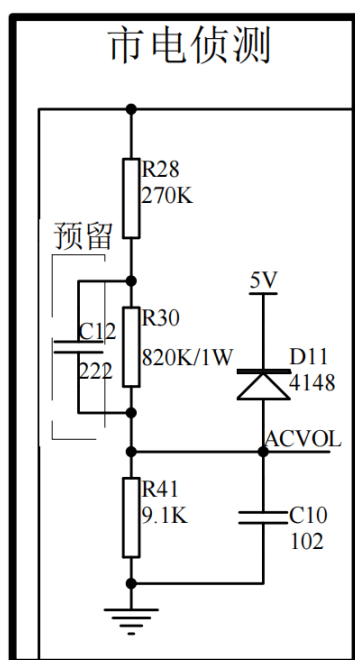
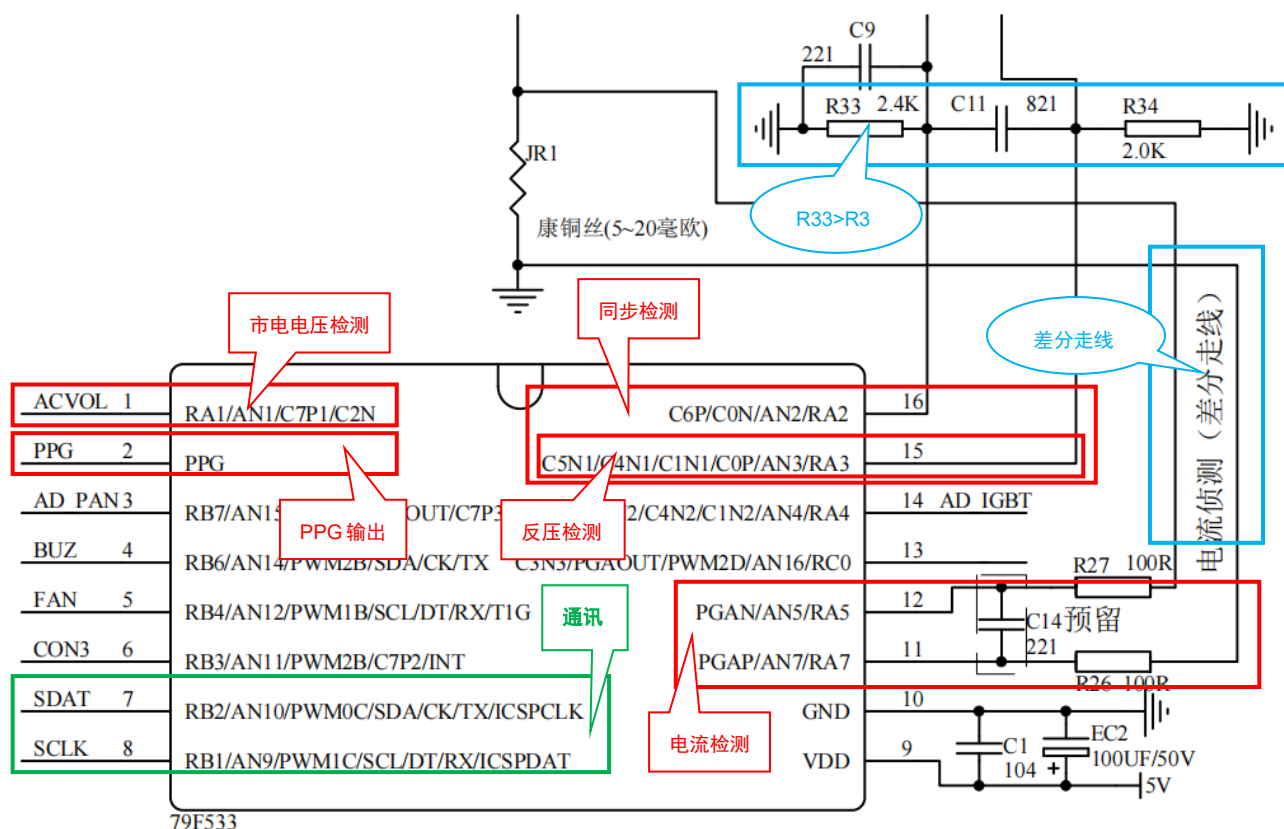
1. IH 方案设计注意事项.....	3
1.1 应用电路.....	3
1.2 布线要求.....	4
1.2.1 MCU 电源走线	4
1.2.2 电流采样走线	4
1.2.3 同步信号走线	5
2. IH 相关概念与参考	6
2.1 重要概念.....	6
2.2 关键波形参考.....	9
2.2.1 电压+过零波形	9
2.2.2 电流波形	9
2.2.3 检锅波形	10
2.2.4 反压波形（正常加热）	10
2.2.5 反压波形（抖频加热）	11
3. 工具与软件.....	12
3.1 仿真.....	12
3.2 烧写.....	12
4. IH 调试说明.....	13
4.1 上电测试（初次）	13
4.2 Debug 准备	13
4.2.1 软件准备	13
4.2.2 硬件准备	14
4.2.3 连接	15
4.3 Debug 开始	15
4.3.1 禁止故障报错（Step1）	16
4.3.2 风扇和蜂鸣器测试（Step2）	16
4.3.3 检锅测试（Step3）	16
4.3.4 PPG 测试、电流电压测试（Step4）	17
4.3.5 正常加热测试（Step5）	20
4.3.6 抖频加热测试（Step6）	26
4.3.7 连续低功率加热测试（Step7）	27
4.3.8 补充说明	28
4.4 Debug 退出	29
5. IH 范例程序说明.....	30
5.1 参数配置说明.....	30
5.2 IO 配置	31
5.2.1 IO 设定.....	31
5.2.2 AD 设定	31
5.3 全局参数配置.....	31
5.3.1 硬件设定	32
5.3.2 软件设定	32
5.3.3 市电电压设定	32

5.3.4	工作电流设定	33
5.3.5	锅具检测设定	33
5.3.6	PPG 输出设定	34
5.3.7	功率处理设定	34
5.3.8	比较器设定	35
5.3.9	PGA 设定	35
5.3.10	NTC 设定	36
5.3.11	时间和 EE 设定	37
5.3.12	测试设定	37
5.4	IH 增强库参数配置	37
5.4.1	连续低功率设定	37
5.4.2	抖频设定	38
6.	接口信息说明	39
6.1	控制信息	39
6.2	反馈信息	40
7.	IH 调试模式使用说明	41
7.1	程序设置	41
7.1.1	调用调试文件	41
7.1.2	选择调试 Debug 模式	41
7.2	调试软件操作	42
7.2.1	开始调试	42
7.2.2	窗口说明	42
7.2.3	结束调试	44
8.	版本修订说明	45

1. IH 方案设计注意事项

1.1 应用电路

推荐应用电路，以CMS79F533为例，如下图所示：



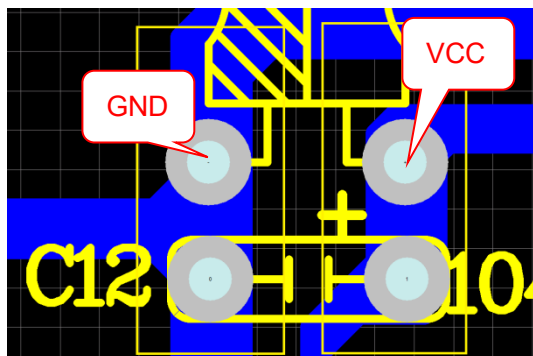
【说明】：

- (1) 在上图电路中，红框为不可改变用法、绿框为推荐用法、蓝框为需要注意地方。
- (2) 左图为市电电压检测电路，其中的元器件参数不推荐改动。
- (3) 如果蜂鸣器（BUZ）和风扇（FAN）需要都用 PWM 模块驱动，请注意不要安排到同一组 PWM 口上（例如 PWM2B 和 PWM2C）。

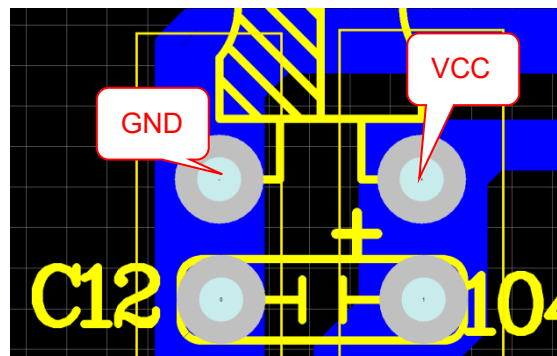
1.2 布线要求

1.2.1 MCU 电源走线

- 1、电源与地平行走线，并尽量走等宽的的线。
- 2、与 MCU 连接的电源线和地线应先经过滤波电容再与 MCU 连接。过电容的电源连线 and 地线应小于电容焊盘，并且之后不能再连接到有大电流的元器件上（适用于所有的滤波电容走线上）。如下图所示：



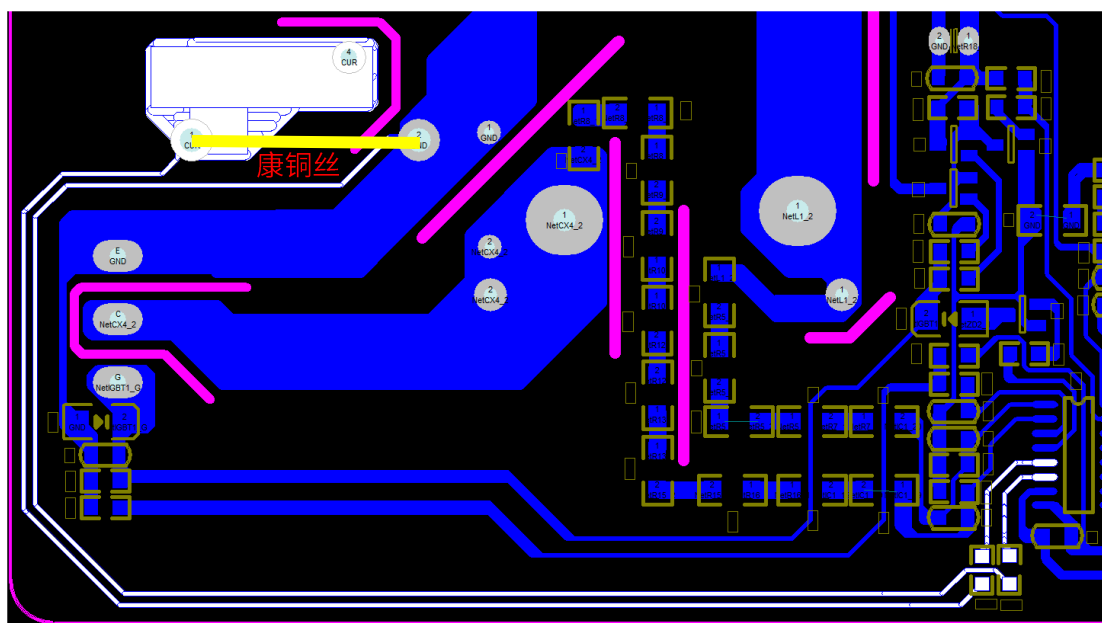
合理的走线方式



不合理的走线方式

1.2.2 电流采样走线

- 1、电流采样必须在康铜丝焊盘两端直接采集信号。
- 2、电流采样电路需要严格按照差分的方式走线，PGA 两端走线和元器件布局需要尽量做到平行对称。
- 3、PGA 两端平行走线要长度尽量做到一致，并与其他部分走线间的间距要尽量大、尽可能的保证在 3 倍线宽以上。如下图所示：



1.2.3 同步信号走线

- 1、同步信号需要尽量按照差分的方式走线，正端输入和负端输入的走线和元器件布局需要尽量做到平行对称。
- 2、同步电路上的元器件接地的时候，尽量接经过电容滤波以后相对比较干净的地线。

2. IH 相关概念与参考

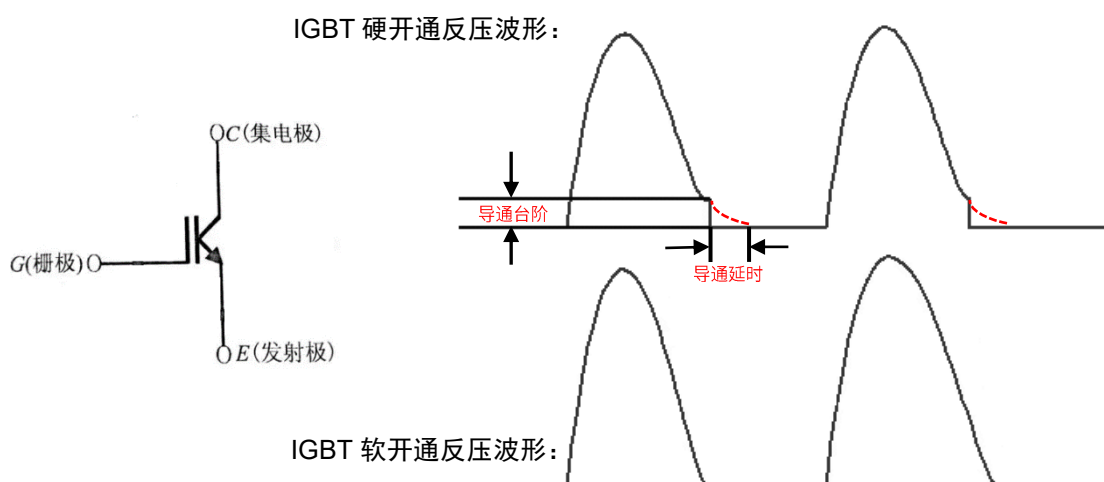
2.1 重要概念

【PPG】：可编程单脉冲发生器（英文简称 PPG）是一种脉冲宽度可编程的信号发生器。对于 IH 专用 MCU 来说，它可以指定输出有效电平的持续时间，实现不同占空比的脉冲信号。PPG 工作模式分为单次输出模式和同步输出模式。同步输出是指 PPG 输出与同步信号翻转同步。

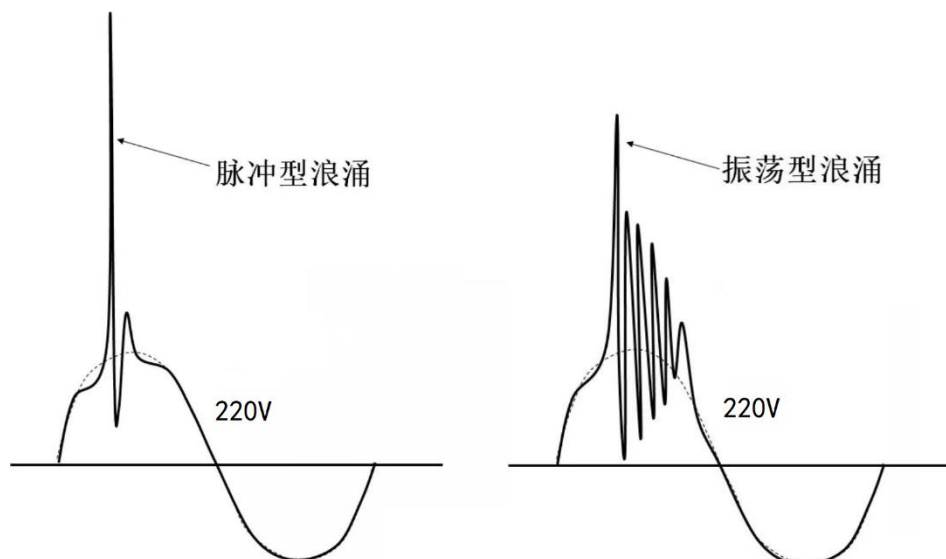
【同步】：IGBT 管在导通时，其 C 极（集电极）电压越低，IGBT 管内部的损耗越小，反之则损耗越大。当 IGBT 管内部损耗超过规定值时，IGBT 管会因为内部发热严重而烧坏。理想工作状态下，在 C 极电压为 0 时开通 IGBT 管，其内部损耗为 0。但在实际工作时，C 极电压不可能为 0，所以只能取 C 极电压最低时开通 IGBT 管，使开关损耗最小。同步信号就是 IGBT 管 C 极电压最低时的检测信号，也就是最佳的 IGBT 管导通时机。

【反压】：反压是指在 LC 谐振时，出现在 IGBT 管 C 极（集电极）上的变化电压。反压波形缩小来看是与市电半波整流后波形相似的包络（馒头波），放大来看是一个接一个高度不一样的充放电波形（在市电波峰处的高度最高、在波谷处的高度最低）。具体反压波形可参看下面 2.2 章节。反压保护就是通过降低 PPG 导通时间或者停止 PPG 输出，来避免反压的最高电压超过 IGBT 管的耐压而导致损坏的一种措施。

【导通台阶】：导通台阶是指 IGBT 管在导通时，其 C 极（集电极）上的电压。导通台阶电压极小时称为“软开通”，导通台阶电压较大时称为“硬开通”。导通台阶越高，IGBT 管内部的损耗越大。当 IGBT 管内部损耗超过规定值时，IGBT 管会因为内部发热严重而烧坏。所以，我们要控制导通台阶，避免出现长时间的硬开通，处理方法有：改善硬件参数（同步参数、谐振参数、锅具与线盘间距等）、避免特别小功率加热、PPG 延时导通、导通台阶过高硬件保护等。



【浪涌】：浪涌是指超出正常水平的瞬间过电压或过电流。可能引起浪涌的原因有：雷击、重型设备、短路、电源切换或大型发动机等。浪涌会造成正在开通的 IGBT 管因为瞬间电压或电流超过其承受能力而损坏，甚至还会导致其他元器件的损坏。所以，通常 IH 产品都会通过检测过电压和过电流来进行停机保护，也就是所谓的“电压浪涌保护”和“电流浪涌保护”。检测到有浪涌时，PPG 停止，IGBT 管关断。



【抖频】：抖频技术是通过拓宽工作频率，让频谱分布在更宽的频宽上，避免能量集中在较窄频段内，减少辐射峰值。IH 产品抖频的主要目的在于，通过拓宽 PPG 输出频率，来降低 CE 传导骚扰。

【线盘】：IH 产品的线盘实质是一个电感。它与谐振电容构成 LC 振荡回路，将电能转化成磁能。它是 IH 产品的一个重要元件，IH 产品的输出功率、效率与它有较大关联。线盘主要由支架、线圈、磁条组成。线圈由多股高强度漆包线绞绕成单股，再将单股线单层平绕制成，优质线盘的线圈为纯铜材料。磁条呈放射状分布，有利于加热均匀，提高加热效率，降低磁场的外泄。线盘的主要参数有电感量和 Q 值（Q 值越高，损耗越小，效率越高）。线盘的接法对某些 IH 产品来说非常重要，因为线盘线圈产生的磁场会影响摆放在线盘底下的 PCB 板的电信号，特别是 PCB 板走线特别差的情况。我们要尽量使线盘磁场方向朝上，根据右手螺旋定则，我们很容易就知道线盘应该怎么接。



【康铜丝】：康铜丝的主要成分是铜镍合金，具有较低的电阻温度系数，较宽的使用温度范围（500 度以下）。康铜丝在 IH 产品中起到电流采样的作用。当电流流过康铜丝，就会在康铜丝两端形成电压

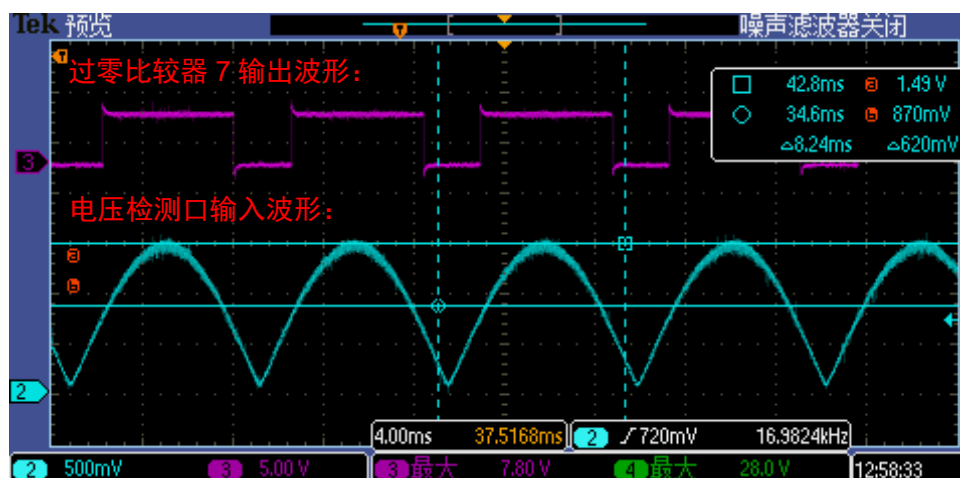
降，这个电压降给 MCU 提供了工作电流的反馈信号。康铜丝外形不定，常见的康铜丝与普通跳线外形非常接近，但普通跳线不能替代康铜丝使用，所以需要注意区分。

目前，有部分 IH 产品采用具有同样特性的“合金电阻”来替代康铜丝。我们推荐使用合金电阻，配合 PGA 和差分走线，有利于提高电流采样的批量一致性。



2.2 关键波形参考

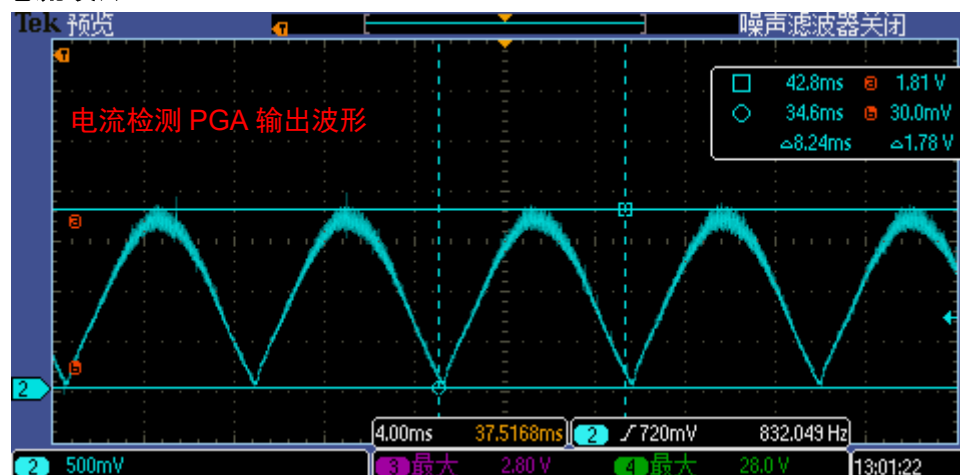
2.2.1 电压+过零波形



【说明】：

- (1) 需要全电压测试，保证过零比较器 7 输出波形的低电平和高电平时间长度大于 250μs。如果没有达到，就需要调整《Setup_Global.h》头文件里的过零翻转判断值。
- (2) 电压检测口输入波形要求尽量的干净无杂波、线条细薄。如果波形特别差，就需要考虑电路走线的问题。在某些电源下，没有启动功率时，电压检测口输入波形的波谷处有可能出现电压抬升的情况，这种情况在启动功率后会消失。

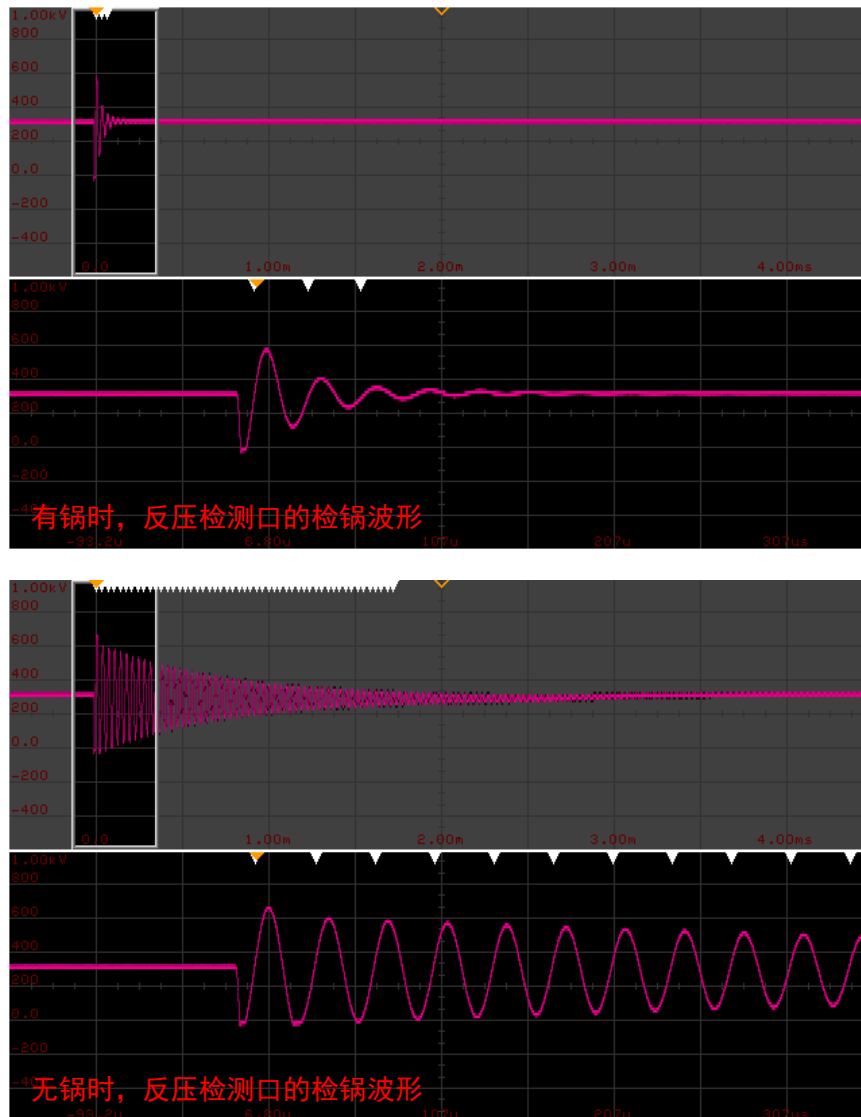
2.2.2 电流波形



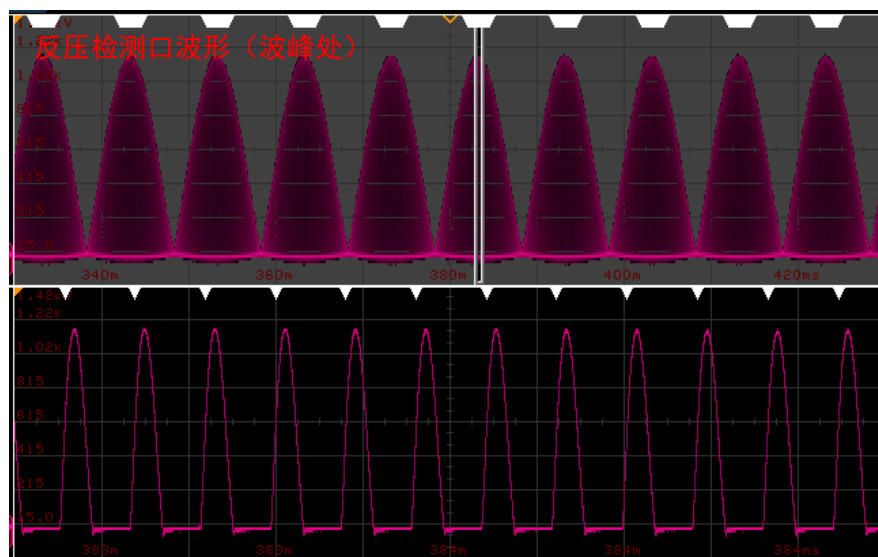
【说明】：

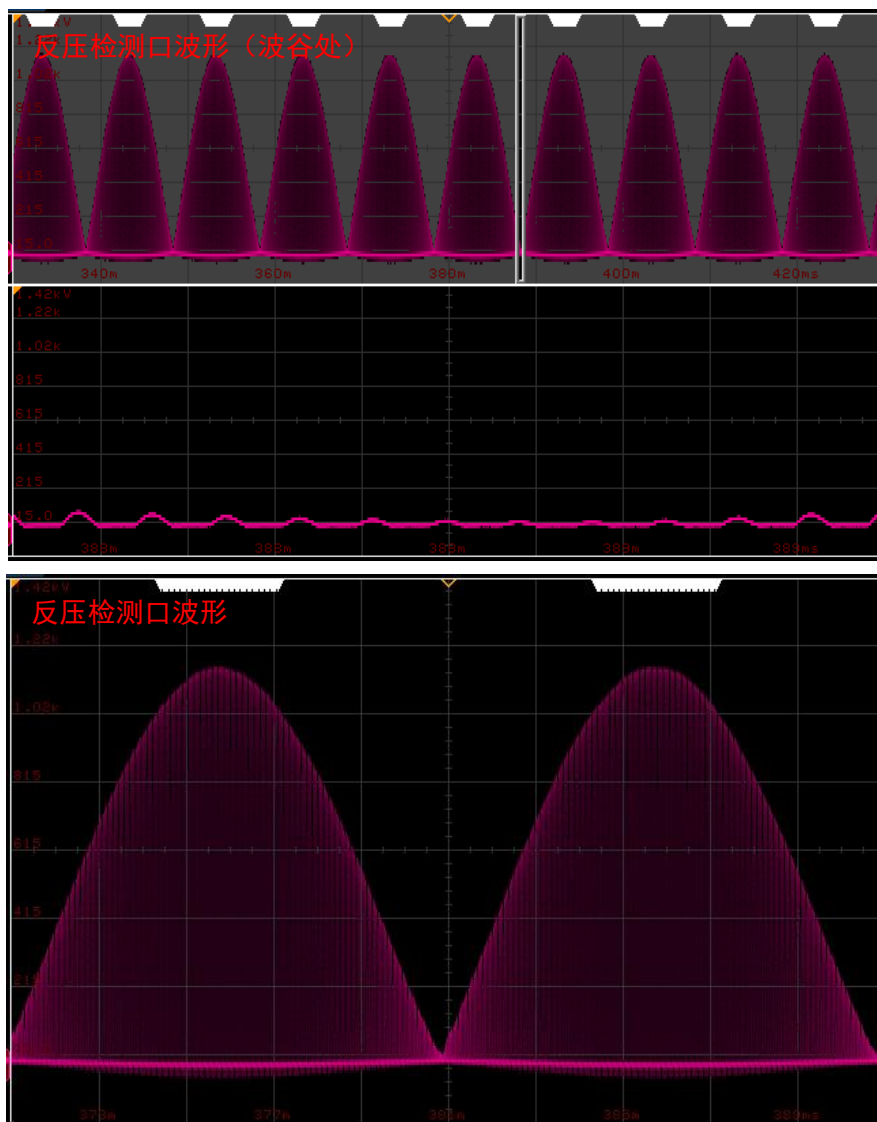
- (1) 电流检测 PGA 输出波形要求尽量的干净无杂波、线条细薄。如果波形特别差，就需要考虑电路走线的问题。
- (2) 最大功率输出时，电流检测 PGA 输出波形的峰值电压最好控制在 3.5V~3.8V（最大不能够超过 3.8V），这样能够让电流 ADC 得到最大的分辨率。

2.2.3 检锅波形

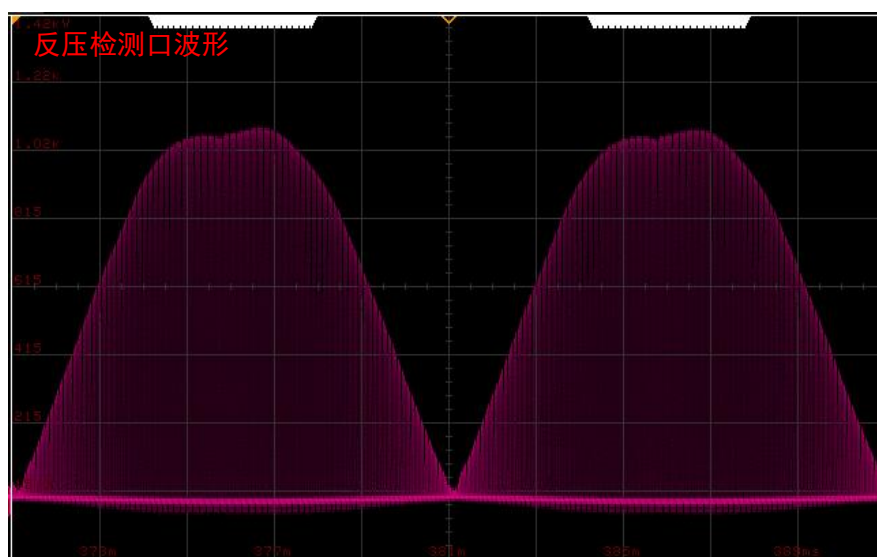


2.2.4 反压波形（正常加热）





2.2.5 反压波形 (抖频加热)



3. 工具与软件

3.1 仿真

【仿真器版本】：CMS-ICE6、CMS-ICE8、CMS-ICE8 PRO。

【仿真软件版本】：CMS_IDE_V2.03.23 及以上版本，可去 CMS 官网下载最新版本。



3.2 烧写

【烧写器版本】：CMS-WRITER8 LITE、CMS-WRITER8。

【烧写软件版本】：CMS_Writer_V9.01.08 及以上版本、CMS_WriterPro_V1.02.08 及以上版本，可去 CMS 官网下载最新版本。



CMS-WRITER8 LITE

【软件】：CMS_Writer_V9.xx.xx

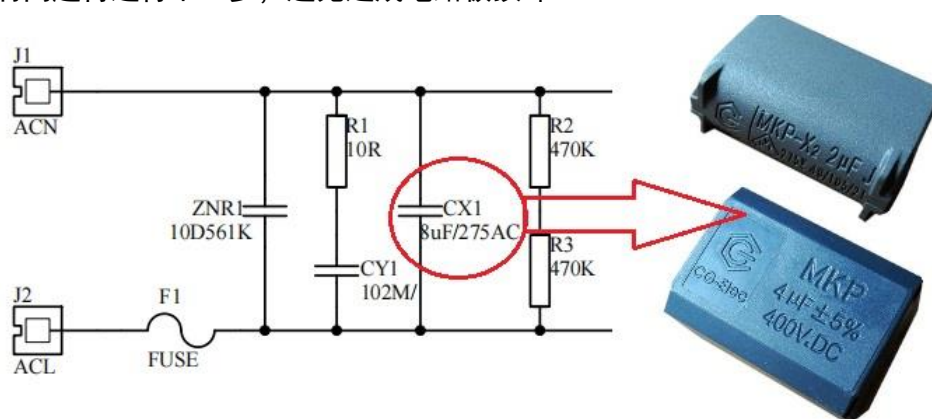
CMS-WRITER8

【软件】：CMS_WriterPro_V1.xx.xx

4. IH 调试说明

4.1 上电测试（初次）

- 1、电路板初次上电，建议先接上『大电流保护装置』测试，避免电路板元器件损坏、错误短路等因素导致电路板损坏。电路板 L 和 N 间，如果没有并接 X 电容，待机功耗一般在 10W 内；如果并接 X 电容（如下图所示，容值一般为几 μF ），待机功耗一般在 100W 内（与容值大小有关，电容越大功率越大）。如果电路板待机功耗超过 100W，就需要注意检查电路板是否有问题再进行下一步，避免造成电路板损坏。

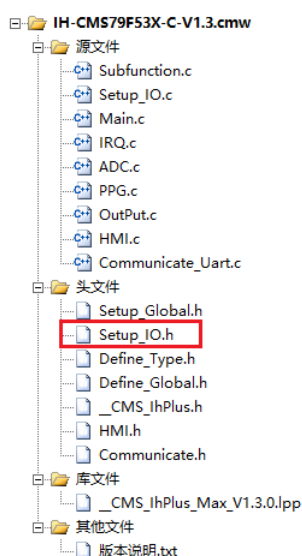


- 2、断开『大电流保护装置』，测试 18V 和 5V。建议使用示波器观察一段时间内变化，确保电压足够稳定。

4.2 Debug 准备

4.2.1 软件准备

- 1、根据实际选用 MCU 型号、原理图具体脚位功能，对《Setup_IO.h》头文件的相关配置进行设定。

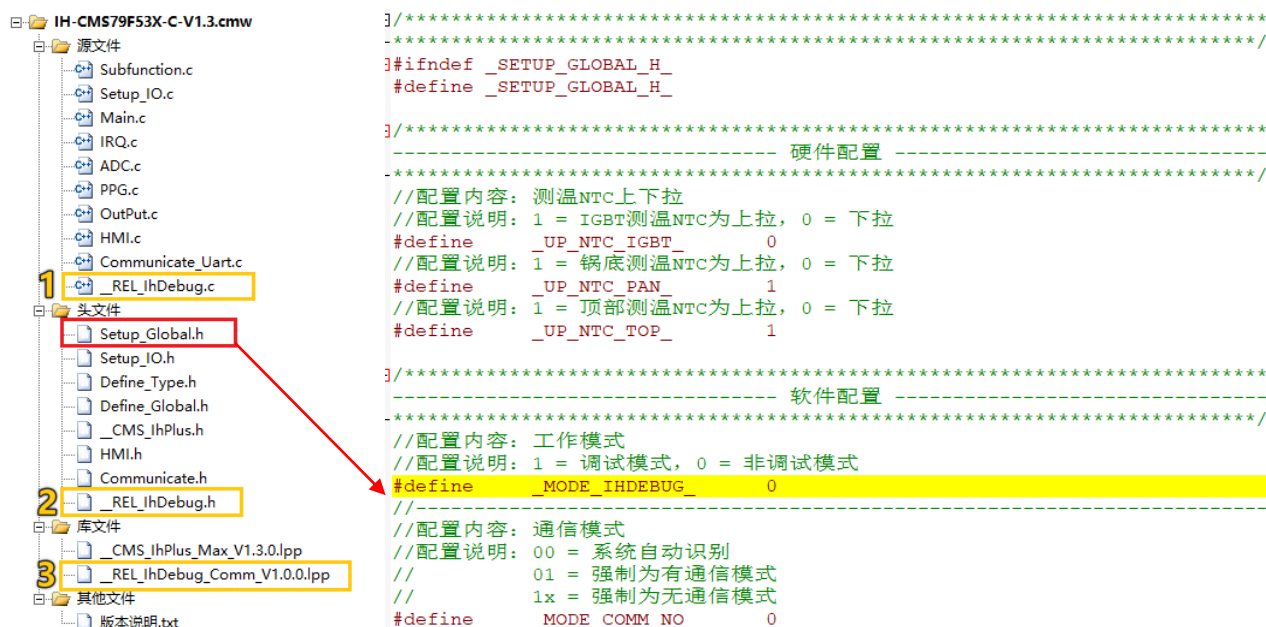


```

3/*****
----- IO口配置 -----
*****/
//配置内容: IO脚位排序
//配置说明: 有定义 = 该型号对应IO脚位排序
#define _IO_CMS79F533 //CMS79F533脚位
#define _IO_CMS79F536 //CMS79F536脚位
//=====
//配置内容: 功能对应IO脚位
//配置说明: 无相应功能, 可直接屏蔽或者删除
//=====
#define _pIGBT_SUP _Pin13 //IGBT辅助驱动口
#define _pBUZZ _Pin4 //蜂鸣器控制口
#define _pFAN _Pin5 //风扇控制口
//=====
//#define _pAD_TOP _Pin //顶部测温ADC口
//#define _pAD_PAN _Pin3 //锅底测温ADC口
#define _pAD_IGBT _Pin14 //IGBT测温ADC口
#define _pAD_VOL _Pin1 //电压ADC口
//=====
#define _pCON1 _Pin6 //CON1口
#define _pCON2 _Pin8 //CON2口
#define _pCON3 _Pin7 //CON3口
//=====
#define _pCOMM_IN _pCON2 //通信输入口 (有通信)
#define _pCOMM_OUT _pCON3 //通信输出口 (有通信)
//=====
#define _pSDA _pCON1 //驱动SDA口 (无通信)
#define _pSCK _pCON2 //驱动SCK口 (无通信)
#define _pSTB _pCON3 //驱动STB口 (无通信)

```

- 2、根据实际电路，对《Setup_Global.h》头文件的 NTC 硬件相关配置进行设定。目的是为了把所有 NTC 的 ADC 结果与温度转换为正比例关系（温度越高，AD 值越大）。
- 3、把《Setup_Global.h》头文件里的 debug 模式开关“_MODE_IHDEBUG_”配置为 1。
- 4、在工程目录树添加 debug 相关文件，一共有 3 个文件：《__REL_IhDebug.c》、《__REL_IhDebug.h》、《__REL_IhDebug_Comm_Vx.x.x.lpp》。



- 5、重新编译程序，使用 ICE 下载。如果编译过程比较慢，可以暂时退出 360 等杀毒软件。

4.2.2 硬件准备



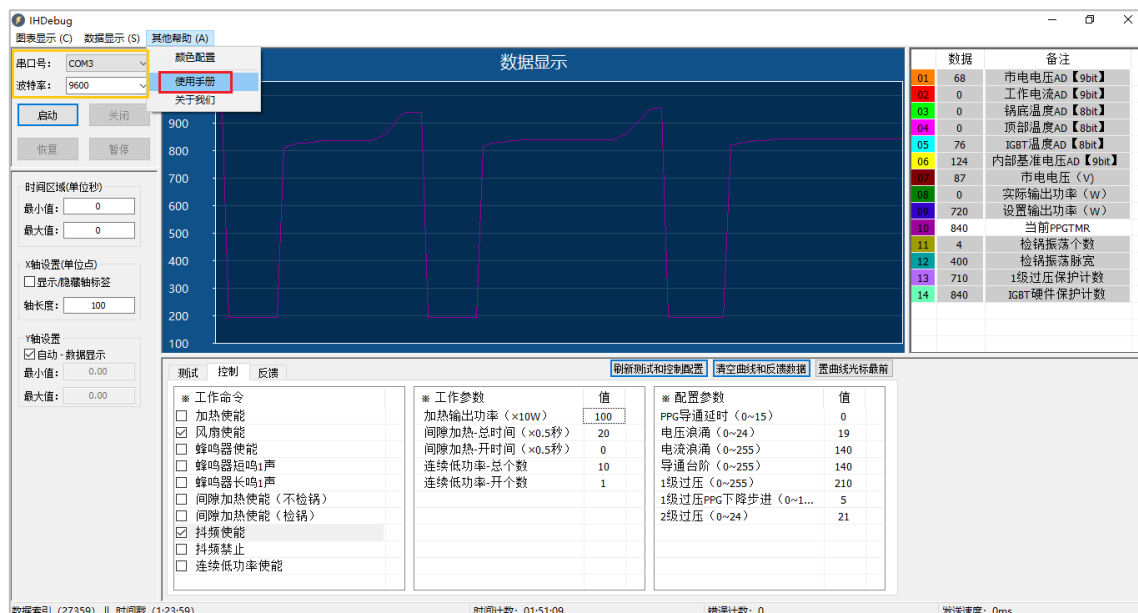
电路板通过『USB 转串口模块』连接电脑。注意电气隔离，避免损坏电脑或者电路板。推荐采用以下几种方法来做隔离保护：

- 1) 使用不接电源的笔记本电脑（电池供电）；
- 2) 电脑隔离供电，可通过隔离变压器、变频电源等实现；
- 3) 电路板隔离供电，可通过变频电源等实现；
- 4) 电脑和『USB 转串口模块』相互隔离，可通过 USB 隔离器等实现。

4.2.3 连接

- 1、打开 Debug 软件，选择串口号，波特率默认为 9600（无需改动。如果确实有特殊需求，具体查看软件中【其他帮助】里附带的使用手册）。如果电脑同时插有 ICE 仿真器、逻辑分析仪等外设，软件中会有多路 COM 通道选择，请注意选择『USB 转串口模块』对应的正确端口（可以通过拔出插入『USB 转串口模块』来看串口号选择中的 COM 通道变化，从而确定具体对应哪路端口）。
- 2、点击 Debug 软件【启动】按钮，启动软件。电路板重新上电。启动软件、电路板上电两个步骤不分先后顺序。如果电路板和电脑连接不上（表现为：a. 点击【刷新测试和控制配置】按钮，<测试>和<控制>配置数据标红；b. <数据显示>窗口没有数据变化），一般有如下几种可能：
 - 1) 软件中串口号选择错误；
 - 2) 『USB 转串口模块』与电路板连接线搞混、断路（核对原理图和万用表检测）；
 - 3) 『USB 转串口模块』没有连接电脑（模块指示灯不亮）；
如果排除了上面 3 中常规可能，那可以考虑以下几种可能：
 - 4) MCU 程序下载错误（重新下载）；
 - 5) 『USB 转串口模块』损坏（更换模块重试）；
 - 6) 电脑 USB 端口问题（更换端口重试）。

如果软件提示“连接失败”，可以采取以下尝试：电路板重新上电，『USB 转串口模块』重新插拔。



4.3 Debug 开始

Debug 软件与电路板连接成功以后，就可以按照以下步骤进入 IH 调试：

4.3.1 禁止故障报错（Step1）

【目的】：屏蔽非重要故障报错对测试的干扰和限制。

【操作】：同时勾选<测试>页的<禁止硬件故障检测>和<禁止电流丢锅检测>。

【说明】：

- 勾选了<禁止硬件故障检测>，包括市电电压和 NTC 故障在内的所有硬件故障都被屏蔽。
- 勾选了<禁止电流丢锅检测>，电流丢锅保护失效。
请注意不要在加热过程中抬锅，避免损坏 IGBT。

测试	控制	反馈
※ 测试命令		
☐	检锅测试开启	
☐	PPG测试开启	
☐	比较器测试开启（RA0）	
☐	比较器测试开启（RB7）	
☐	PGA测试开启（RC0）	
☐	电流斜率测试开启	
☒	禁止硬件故障检测	
☒	禁止电流丢锅检测	

4.3.2 风扇和蜂鸣器测试（Step2）

【目的】：测试风扇和蜂鸣器电路，确定相关 IO 是否配置正确。

【操作】：分别勾选<控制>页的<风扇使能>和<蜂鸣器使能>。

【处理】：如果勾选了<风扇使能>和<蜂鸣器使能>，对应输出异常或者没有输出，就需要检查 IO 配置是否正确、相关电路是否有问题。

测试	控制	反馈
※ 工作命令		
☐	加热使能	
☒	风扇使能	
☒	蜂鸣器使能	
☐	蜂鸣器短鸣1声	
☐	蜂鸣器长鸣1声	
☐	间隙加热使能（不检锅）	
☐	间隙加热使能（检锅）	
☐	抖频使能	
☒	抖频禁止	
☐	连续低功率使能	

4.3.3 检锅测试（Step3）

测试	控制	反馈	刷新测试
※ 测试命令			
☒	检锅测试开启		
☐	PPG测试开启		
☐	比较器测试开启（RA0）		
☐	比较器测试开启（RB7）		
☐	PGA测试开启（RC0）		
☐	电流斜率测试开启		
☒	禁止硬件故障检测		
☒	禁止电流丢锅检测		
※ 测试参数			
	检锅测试-PPGTMR	192	
	PPG测试-PPGTMR	460	
	比较器测试-通道	7	
	电流斜率测试-斜率	3600	

【目的】：测试 IGBT 驱动电路和同步反馈电路，确定有无锅和钢铁锅判断值。

【操作】：220V 电压，放锅。勾选<控制>页的<检锅测试开启>，设定<检锅测试-PPGTMR>。

【说明】：

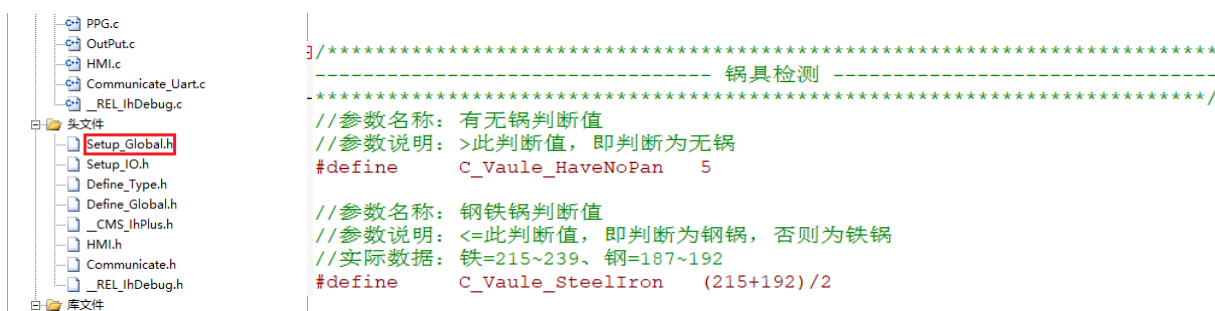


- <检锅测试-PPGTMR>设定值默认为 192。如果这个设定值太大的话，探锅的“哒-哒”噪声也会较大。一般可以按照默认值不改，但是如果锅具、锅具与线盘间距、谐振参数等比较特殊，可以根据实际情况调整。调整原则是在满足检锅要求（能够明显区分有无锅、钢铁锅），从示波器上能看到反压检测口有阻尼振荡产生（如上图所示）的前提下，值越小越好（值越小，检锅噪声越小）。
- <检锅振荡个数>用来判断有无锅，正常有锅的情况该值一般在 6 以内。<检锅振荡脉宽>用来判断锅具种类材质，主要是判断区分钢锅和铁锅（两种锅的电流斜率、温升曲线等有区别，需要分开处理）。该值一般在 100~300 间，具体与检锅脉冲强度、锅具材质大小、锅具与线盘间距、谐振参数等有关。

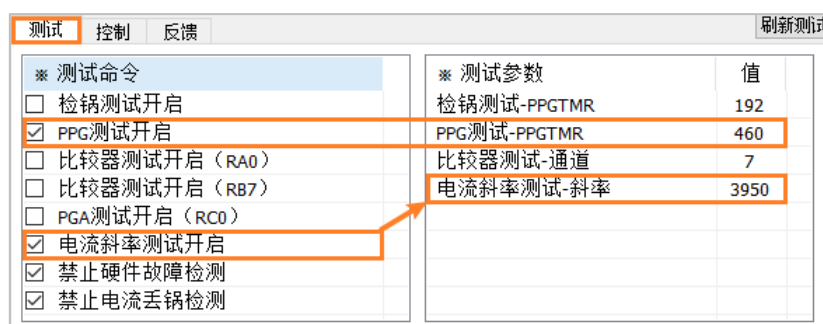
【处理】：

- 没有听到“哒-哒”检锅声，检查 IGBT 驱动电路。一般原因为元器件参数型号选错、二极管损坏或方向焊错、18V 问题、电路断路、没有接加热线盘（<检锅振荡个数>为 0）。如果通过万用表简单测试没有发现异常，就需要使用示波器逐级查看驱动波形输出排查问题。
- 有听到“哒-哒”检锅声，但是<数据显示>窗口检锅反馈数据异常，检查同步反馈电路。一般原因为元器件参数选错。
- 有听到“哒-哒”检锅声，<数据显示>窗口检锅反馈数据正常。根据不同锅具的测试结果，填写《Setup_Global.h》头文件里的锅具检测相关参数。

	数据	备注
01	171	市电电压AD【9bit】
02	0	工作电流AD【9bit】
03	60	锅底温度AD【8bit】
04	0	顶部温度AD【8bit】
05	61	IGBT温度AD【8bit】
06	121	内部基准电压AD【9bit】
07	232	市电电压（V）
08	0	实际输出功率（W）
09	0	设置输出功率（W）
10	192	当前PPGTMR
11	2	检锅振荡个数
12	223	检锅振荡脉宽
13	0	1级过压保护计数
14	0	IGBT硬件保护计数



4.3.4 PPG 测试、电流电压测试（Step4）



【目的】：测试 PPG 输出。测试工作电流 AD 检测电路，确定电流斜率。测试市电电压 AD

检测电路，确定电压斜率。

【操作】：

- 220V 电压，放锅。勾选<测试>页的<PPG 测试开启>，设定<PPG 测试-PPGTMR>。
- 保持市电电压不变，调整<PPG 测试-PPGTMR>。假如最低连续功率要求为 1000W，那通过查看『功率显示计』调整，直到实际输出功率为 1000W。

- 保持市电电压不变，勾选<电流斜率测试开启>，调整<电流斜率测试-斜率>。直到<数据显示>窗口里的“实际输出功率(W)”数值接近 1000W，这个时候的<电流斜率测试-斜率>就是比较合适的电流斜率。切换钢锅和铁锅测试，获得对应的电流斜率，记录下来。

- 切换钢锅和铁锅验证电流 AD 线性度。调整<PPG 测试-PPGTMR>，输出几档相差较大的功率。查看<数据显示>窗口里的“实际输出功率(W)”是否与『功率显示计』显示功率一致，如果基本一致就可判断电流 ADC 结果线性，数据可信。

- 维持<PPG 测试-PPGTMR>数值不变，保持功率输出，利用『调压器』调整市电电压，通过<数据显示>窗口得到不同电压点下的“市电电压 AD”值，记录下来。对记录下来的 ADC 数据进行线性度检查，如果发现非常非线性，就要考虑结果的准确性。

- 设置好《Setup_Global.h》头文件里的市电电压相关参数后，还需要重新编译下载，查看<数据显示>窗口中“市电电压(V)”与实际市电电压是否基本一致。

【说明】：

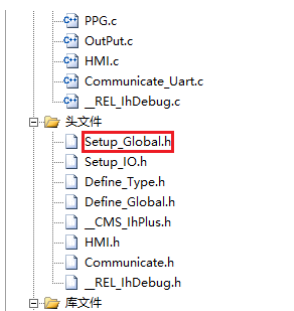
- <PPG 测试-PPGTMR>值越大，实际输出功率越大。
- 电流 ADC 结果一般在正负 1 个值的范围内波动。
- 钢锅和铁锅的电流斜率差别不大，甚至有可能出现两者一样的情况。
- 电压 ADC 结果在起功率测试中一般在正负 2 个值的范围内波动，不起功率测试波动偏大点。起功率和不起功率测试，电压 AD 有一定的差别时，以起功率时为准。

【处理】：

	数据	备注
01	168	市电电压AD【9bit】
02	73	工作电流AD【9bit】
03	60	锅底温度AD【8bit】
04	0	顶部温度AD【8bit】
05	65	IGBT温度AD【8bit】
06	121	内部基准电压AD【9bit】
07	228	市电电压(V)
08	1003	实际输出功率(W)
09	500	设置输出功率(W)
10	460	当前PPGTMR
11	2	检锅振荡个数
12	223	检锅振荡脉宽
13	0	1级过压保护计数
14	0	IGBT硬件保护计数

	数据	备注
01	211	市电电压AD【9bit】
02	0	工作电流AD【9bit】
03	60	锅底温度AD【8bit】
04	0	顶部温度AD【8bit】
05	48	IGBT温度AD【8bit】
06	121	内部基准电压AD【9bit】
07	280	市电电压(V)
08	0	实际输出功率(W)
09	1000	设置输出功率(W)
10	460	当前PPGTMR
11	2	检锅振荡个数
12	223	检锅振荡脉宽
13	0	1级过压保护计数
14	0	IGBT硬件保护计数

- 根据电流斜率测试结果，填写《Setup_Global.h》头文件里的工作电流相关参数。



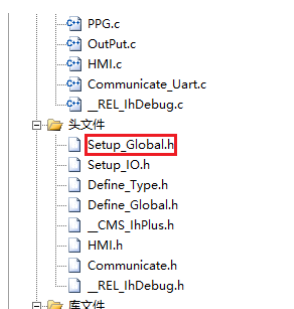
```

/*****
----- 工作电流 -----
*****/
//计算公式：电流斜率 = 256 * 256 * 实际电流 / 检测的电流AD
//参数说明：电流斜率越大，功率越小

//参数名称：铁锅电流斜率
#define C_SlopeIron_Curr 4000
//参数名称：钢锅电流斜率
#define C_SlopeSteel_Curr 3900

```

- 根据市电电压 AD 测试结果，填写《Setup_Global.h》头文件里的市电电压相关参数。



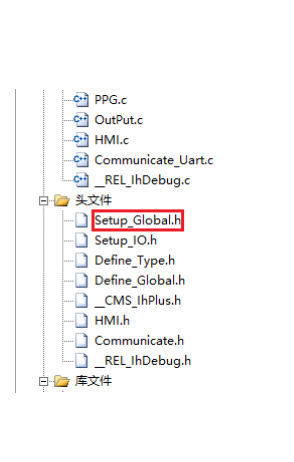
```

/*****
----- 市电电压 -----
*****/
//【市电电压对应AD值】：

//参数名称：市电电压对应AD值
//参数说明：通过上电实测获取
#define C_AD_V280 206
#define C_AD_V220 162
#define C_AD_V160 118
#define C_AD_V100 73
#define C_AD_V80 58

```

最大最小处理电压值应该与市电电压 AD 的测试范围吻合，如果需要增大电压处理范围，注意增大电压 AD 测试范围。电压计算补偿电压值、电压斜率都是程序自动匹配，无需手动设定。



```

//-----
//【市电电压计算】：

//参数名称：最大处理电压值（V）
#define C_Vol_Max 280
//参数名称：最小处理电压值（V）
#define C_Vol_Min 80

//参数名称：最大处理电压AD值
#define C_AD_VolMax C_AD_V280
//参数名称：最小处理电压AD值
#define C_AD_VolMin C_AD_V80

//参数名称：计算补偿电压值（V）
//参数说明：便于使用8bit寄存器保存电压值
#define C_Vol_Comp C_Vol_Min

//参数名称：电压斜率
//计算公式：256 * (最大处理电压值-最小处理电压值) / (最大处理电压AD值-最小处理电压AD值)
#define C_Slope_Volatage (unsigned int) 256 * (C_Vol_Max - C_Vol_Min) /

```

如要增大电压处理范围，
需要注意修改这几个参数，
与增大 AD 测试范围

自动匹配

- 如果工作电流和市电电压 ADC 结果异常（一般是 ADC 结果为 0 或极大），就需要检查相关电路是否有断路、短路、元器件焊错等。对于工作电流来说，如果 ADC 结果偏小很多，而且随着电流增大，没有太大的变化，有可能是把普通跳线当康铜丝使用。
- 如果工作电流和市电电压 ADC 结果不线性，就需要考虑走线不好导致的干扰。比如：电流采用 PGA 来检测，但线路没有严格按照差分走线。电流检测线路与同步电路走线（高频）存在短间距的平行走线。
- 如果<数据显示>窗口中“市电电压(V)”与实际市电电压差别比较大，就需要考虑《Setup_Global.h》头文件里的市电电压 AD 值和相关参数是否设置正确。

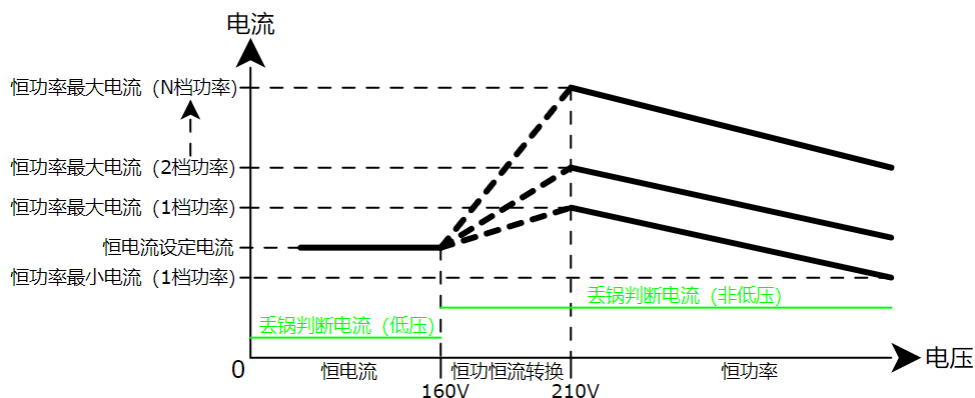
4.3.5 正常加热测试（Step5）

测试	控制	反馈	刷新测试												
※ 测试命令 ☐ 检锅测试开启 ☐ PPG测试开启 ☐ 比较器测试开启 (RA0) ☐ 比较器测试开启 (RB7) ☐ PGA测试开启 (RC0) ☐ 电流斜率测试开启 ☒ 禁止硬件故障检测 ☐ 禁止电流丢锅检测															
※ 测试参数 <table border="1"> <thead> <tr> <th>测试参数</th> <th>值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>检锅测试-PPGTMR</td> <td>192</td> </tr> <tr> <td>PPG测试-PPGTMR</td> <td>460</td> </tr> <tr> <td>比较器测试-通道</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>电流斜率测试-斜率</td> <td>3900</td> </tr> </tbody> </table>				测试参数	值	检锅测试-PPGTMR	192	PPG测试-PPGTMR	460	比较器测试-通道	7	电流斜率测试-斜率	3900		
测试参数	值														
检锅测试-PPGTMR	192														
PPG测试-PPGTMR	460														
比较器测试-通道	7														
电流斜率测试-斜率	3900														
测试	控制	反馈	刷新测试												
※ 工作命令 ☒ 加热使能 ☒ 风扇使能 ☐ 蜂鸣器使能 ☐ 蜂鸣器短鸣1声 ☐ 蜂鸣器长鸣1声 ☐ 间隙加热使能 (不检锅) ☐ 间隙加热使能 (检锅) ☐ 抖频使能 ☒ 抖频禁止 ☐ 连续低功率使能															
※ 工作参数 <table border="1"> <thead> <tr> <th>工作参数</th> <th>值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>加热输出功率 (×10W)</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>间隙加热-总时间 (×0.5秒)</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>间隙加热-开时间 (×0.5秒)</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>连续低功率-总个数</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>连续低功率-开个数</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>				工作参数	值	加热输出功率 (×10W)	100	间隙加热-总时间 (×0.5秒)	20	间隙加热-开时间 (×0.5秒)	0	连续低功率-总个数	10	连续低功率-开个数	1
工作参数	值														
加热输出功率 (×10W)	100														
间隙加热-总时间 (×0.5秒)	20														
间隙加热-开时间 (×0.5秒)	0														
连续低功率-总个数	10														
连续低功率-开个数	1														

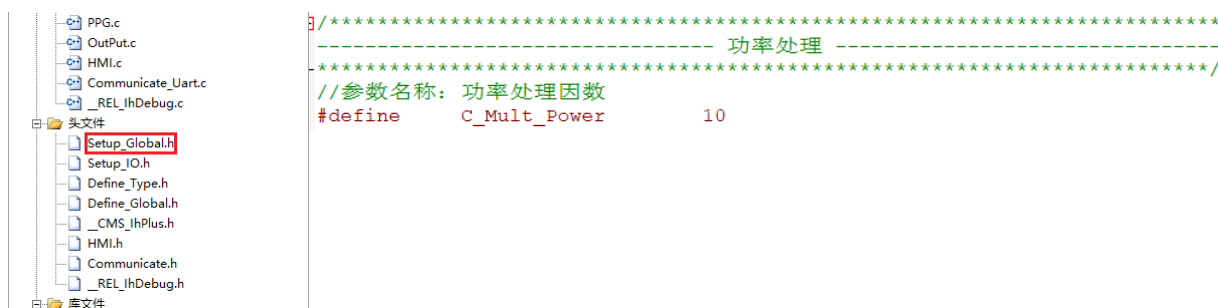
【目的】：综合测试加热输出功能及其算法处理。

【操作】：

- 220V，放锅。
- <测试>页：除了<禁止硬件故障检测>，其他的选项不勾选。
- <控制>页：同时勾选<加热使能>和<风扇使能>。按照实际需要输出功率，设定<加热输出功率(×10W)>。
- 修改<加热输出功率(×10W)>设定值，测试不同功率的实际输出功率大小是否正确。如果功率有偏差，可以适当微调电流斜率。
- 固定输出功率设定值，调整市电电压大小，测试全电压下的功率算法处理是否正常（高压恒功率，低压恒电流，如下图所示）。



【说明】：实际输出功率为<加热输出功率(×10W)>的设定值乘于“功率处理因数”(默认为 10)，最大可设定功率默认为 2550W。例如，设定值为 100，实际输出功率为 1000W；设定值为 200，实际输出功率为 2000W。如果需要开发大功率（超过 2550W）的 IH 加热产品，就需要增大《Setup_Global.h》头文件里功率处理相关参数中的“功率处理因数”。

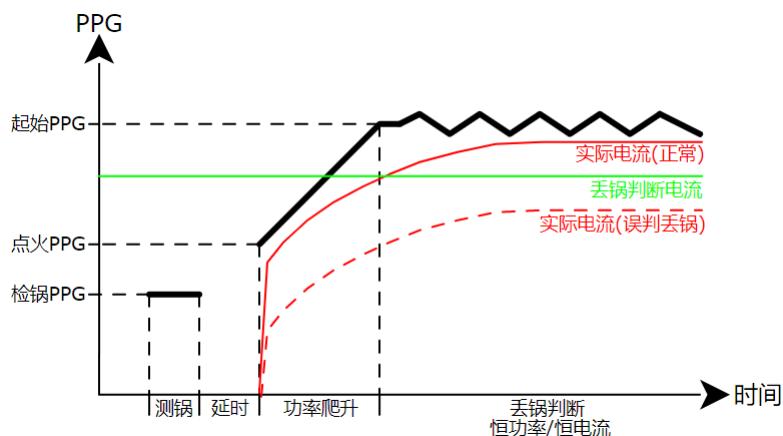


【处理】：

- 无功率输出、输出一下就停止（反复）。这两种情况，可通过查看<反馈>页的相关信息获知原因。一般原因有如下几点：没有放锅（<工作状态>中一直显示“无锅”）、电流丢锅（<工作状态>中“无锅”和“有锅”反复切换）、IGBT 硬件保护（<保护状态>有显示和计数）。

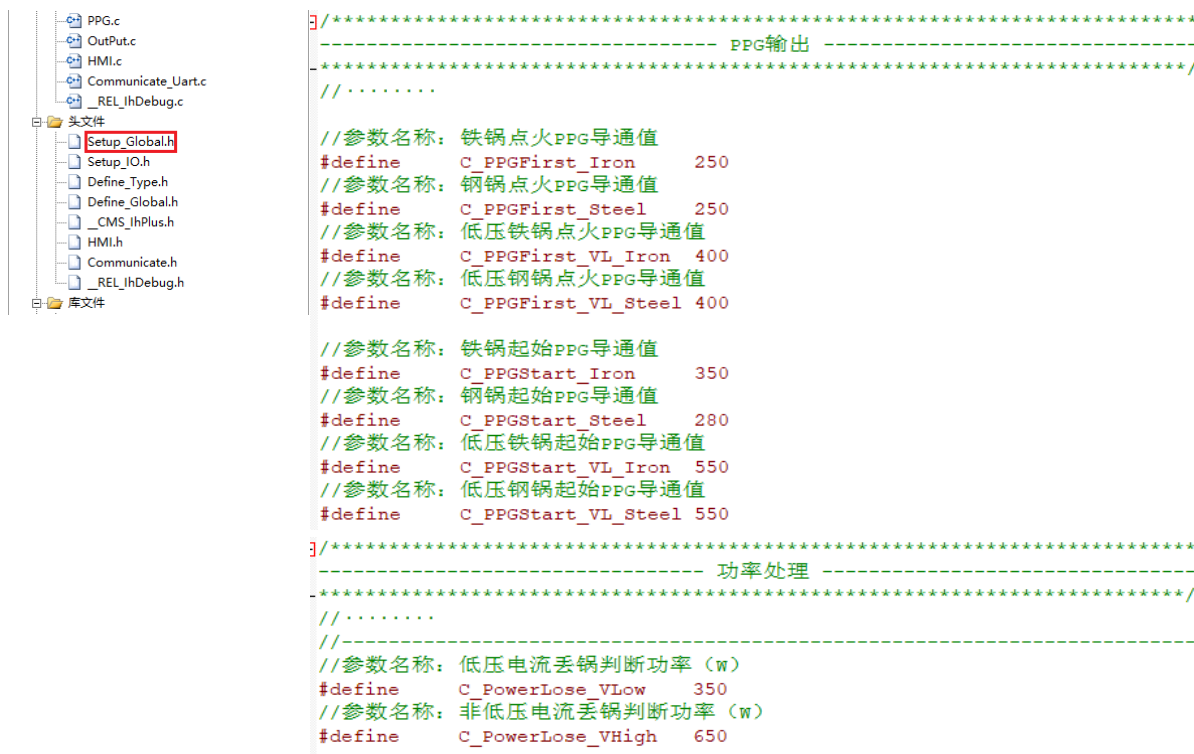
测试 控制 反馈			刷新测试和控制配置 清空曲线和反馈数据 置曲线光标最前		
※ 工作状态	计数	※ 故障状态	计数	※ 保护状态	计数
检锅故障（未接线盘）	0	市电电压过低	0	1级过压比较器计数溢出	0
无锅	0	市电电压过高	0	电压浪涌	0
有锅	0	IGBT-NTC开路	0	电流浪涌	0
钢锅	0	IGBT-NTC短路	0	2级过压	0
铁锅	0	IGBT-NTC超温	0	导通台阶过高	0
无过零	0	锅底-NTC开路	0	PPGWDVT溢出	0
过零频率 = 50Hz	0	锅底-NTC短路	0	过压保护	0
过零频率 = 60Hz	0	锅底-NTC超温	0		
正常加热	0	锅底-NTC失效	0		
加热暂停，不检锅	0	顶部-NTC开路	0		
加热暂停，并检锅	0	顶部-NTC短路	0		
故障停止加热	0	顶部-NTC失效	0		
保护停止加热	0	通信故障	0		
抖频开启	0				
连续低功率开启	0				

- 如果是电流丢锅，就需要检查电流丢锅的参数是否设置合理。电流丢锅的过程可以拆解为如下图所示的几个阶段。黑粗实线代表了实际 PPGTMR 的变化，红色实线代表了实际电流变化，绿色实线代表了丢锅判断电流。

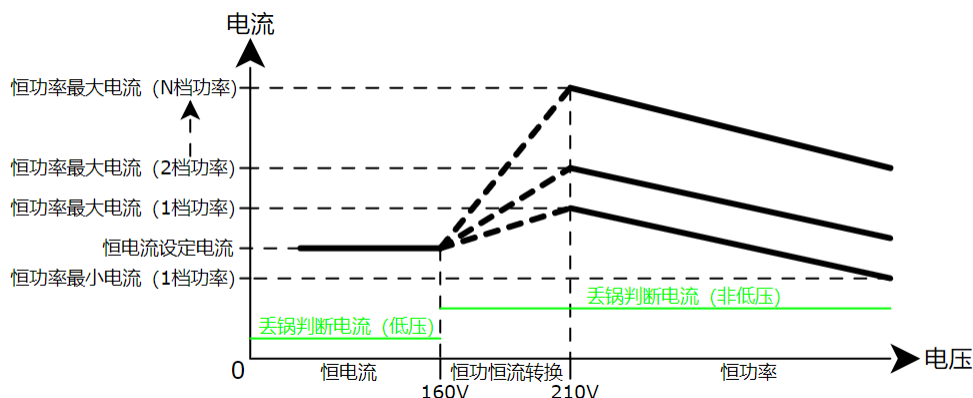


实际电流的变化是由 PPGTMR 的变化决定的。如果在丢锅判断阶段，实际电流小于丢锅判断电流，则会判断为电流丢锅。从上图可以看出，如果“点火 PPG”、“起始 PPG”和“丢锅电流”这 3 点的相关参数设置不合理，会导致在功率爬升完成后进入丢锅判断时，出现实际电流会小于丢锅判断电流的情况，这样就误判丢锅。

相关参数的设置分别在《Setup_Global.h》头文件里的“PPG 输出”和“功率处理”两部分（如下图所示）。起始 PPGTMR 一般采用比最低连续功率时的 PPGTMR 偏小点的值，例如：最小 1000W 功率对应 PPGTMR 为 460，那就可以设置为 350。



Demo 程序的恒功率、恒电流阶段的电流与电压变化如下图所示，有利对电流丢锅判断有进一步的理解。

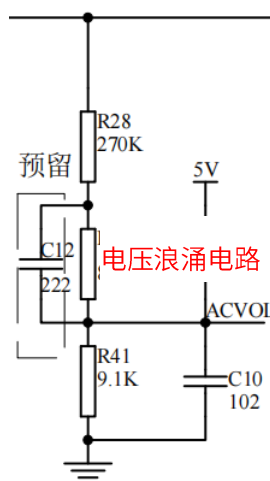
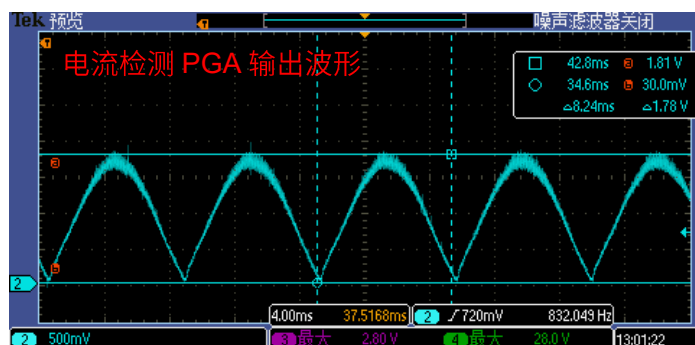


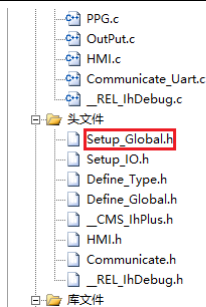
- 如果是 IGBT 硬件保护导致功率异常，就需要具体根据反馈的信息来查找是那方面的参数设置或硬件参数选用不合理。这个时候，可以先把保护对应的配置参数设大一点，暂时屏蔽保护。但是，如果设置非常大的值都还是存在有保护，那就需要检查硬件电路，或用示波器观察相关波形来查看是否有什么异常。下图所展示的是<反馈>页的<保护状态>和<控制>页的<配置参数>的对应关系。

反馈		控制	
※ 保护状态		※ 配置参数	
1级过压比较器计数溢出	0	PPG导通延时 (0~15)	0
电压浪涌	0	电压浪涌 (0~24)	20
电流浪涌	0	电流浪涌 (0~255)	117
2级过压	0	导通台阶 (0~255)	80
导通台阶过高	0	1级过压 (0~255)	160
PPGWDVT溢出	0	1级过压PPG下降步进 (0~15...)	10
过压保护	0	2级过压 (0~24)	11
		工程选项	
		名称	属性
		McUType	CMS79F533
		WDT	ENABLE
		PROTECT	ENABLE
		LVR_SEL	3.5V
		ICSPPORT_SEL	NORMAL
		USART_SEL (TX/RX)	RB2/RB1
		IIC_SEL	RB2/RB1
		CMPOUT_SEL	RB7
		PPGWDVT_SEL	64us
		PPGCLK_SEL	32MHz

- 不管在调试的过程有没有遇到 IGBT 硬件保护响应，最后每一项保护参数都需要核实调整。

- 1) [电压浪涌]: 如果市电电压 ADC 是正常的，就说明硬件应该是没有问题的，保护主要是配置参数设置不合理。电压浪涌保护电压一般设为 400V~500V，根据电压检测电路的分压电阻（如下右图所示）计算： $430V \times 9.1K\Omega \div 1099.1K\Omega = 3.56V$ ，那电压浪涌保护值设为 20（3.6V）。电压浪涌实际设定值可根据灵敏度要求再做调整。
- 2) [电流浪涌]: 如果工作电流 ADC 是正常的，那就说明硬件应该是没有问题的，保护主要是配置参数配置不合理。电流浪涌保护判断电压来源为 PGA 输出电压的 50%，所以需要根据最大功率的 PGA 输出波形来设置。例如，下左图所示为最大功率的 PGA 输出波形，可测得波形最高电压为 1.81V。那电流浪涌设定电压不应该小于 0.905V（对应设定值为 58），实际设定值需要根据灵敏度要求往上做调整。



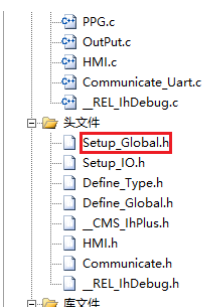
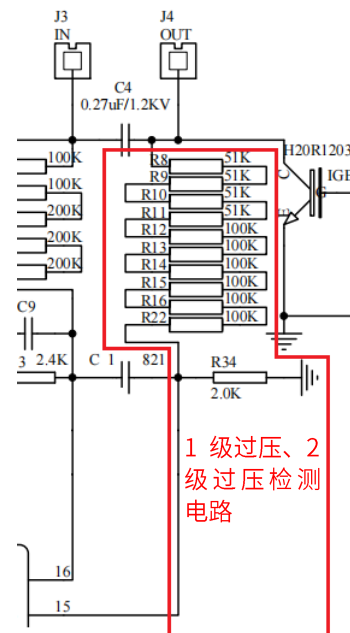


```

3/***** 比较器 *****/
----- 比较器 -----
*****
//参数名称: 电压浪涌保护设置值
//取值范围: 0~24
//对应关系: 1.6V~4V (共25档, 每档0.1V)
#define C_Vol_VolSurge 20
//-----
//参数名称: 电流浪涌保护设置值
//取值范围: 0~255
//计算公式: 保护电压 (Io) = 设置值 * 4 / 255
#define C_Vol_CurrSurge 117

```

- 3) [一级过压]、[二级过压]: 一级过压保护表现为降功率, 二级过压保护表现为功率停止。两者共用检测电路, 为同步检测电路的正端输入部分。如果高档功率上不去, 一般都是二级过压保护的限制 (还有个可能是最大 PPG 限制)。二级过压表现和浪涌一样, 有些时候在有浪涌的时候同时也会导致二级过压保护。一般硬件问题主要是分压电阻阻值选错, 导致分压后的检测电压偏大或偏小。保护参数需要根据反压波形的峰值电压来设定。假如, 反压保护电压设为 1300V, 根据右图的电路参数计算分压后电压: $1300V \times 2K\Omega \div 806K\Omega = 3.22V$ 。那么理论上, 对于一级过压保护参数应该设为 205, 对于二级过压保护参数应该设为 16, 具体计算方法参看下图。但是由于有电容的影响, 计算值和实际保护电压是有一定的差异, 计算值只能作为调整前的参考基准值。



```

3/***** 比较器 *****/
----- 比较器 -----
*****
//.....
//-----
//参数名称: 1级过压保护设置值 (实际: 1.22KV)
//取值范围: 0~255
//计算公式: 保护电压 (Io) = 设置值 * 4 / 255
#define C_Vol_BackPress1 160
//-----
//参数名称: 1级过压保护PPG下降步进
//取值范围: 0~15
//对应关系: 0=0个, 1=2个, .....15=30个
#define C_PPG_BackPress1 10
//-----
//参数名称: 2级过压保护设置值 (实际: 1.3KV)
//取值范围: 0~24
//对应关系: 1.6V~4V (共25档, 每档0.1V)
#define C_Vol_BackPress2 11

```

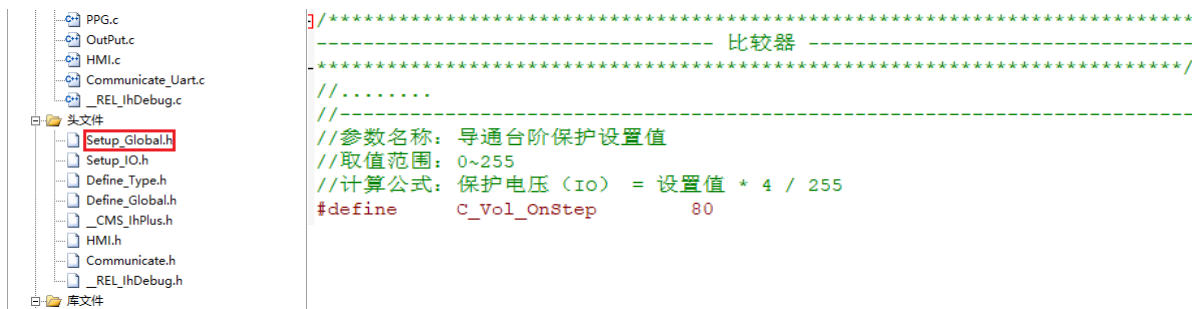
二级过压保护电压要低于 IGBT 的最高耐压, 但要高于一级过压保护电压。两级过压保护电压间至少要有 100V 以上的窗口。例如, 一级过压保护电压设为 1200V, 那二级过压保护电压最低设为 1300V。由于元器件参数误差等因素的影响, 设定值需要根据实际测试结果来做调整。

- 4) [一级过压比较器计数溢出]: 一般出现可能性不大, 如果有产生这个保护, 就需要考虑 1 级过压保护电压、1 级过压保护 PPG 下降步进是否设置的过小。

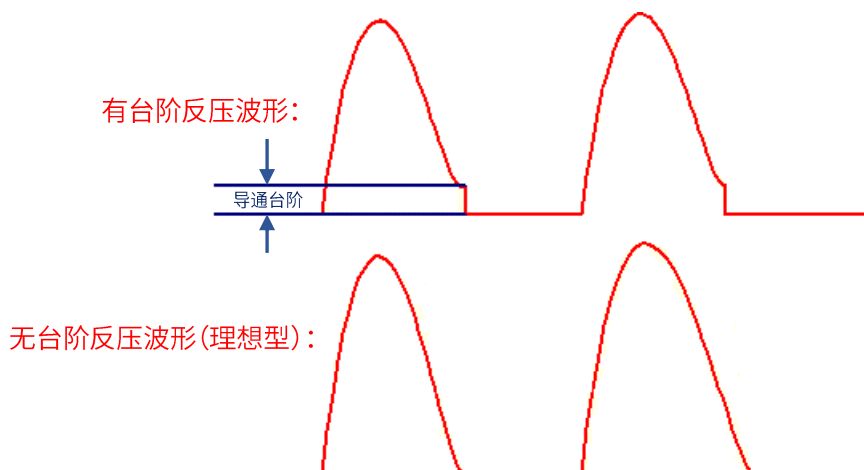
“1 级过压保护 PPG 下降步进”主要影响过压状态下的功率稳定性, 下降越快越有

利于过压保护，避免导致二级过压保护，但是会导致过压状态下的功率相对不稳定。

- 5) [导通台阶过高]: 导通台阶过高会导致加热输出停止。导通台阶检测的就是反压的波形，所以保护电压的计算方法也和过压保护的一样，同样也由于有电容的影响，计算值和实际保护电压是有一定的差异，一般通过实测结果来做参数调整。导通台阶要求尽量控制在 100V 内（0V 最理想），因为台阶越高，IGBT 的温升就越高。



较低功率、较小的锅具和线盘间距，比较容易产生导通台阶。如果排除了参数设置不合理的原因，可能就需要用示波器捕捉反压波形确认是否真的有较高台阶。如果一直有的话，就需要考虑锅具和线盘间距是否合理、谐振电容和电感参数是否合理、功率是否偏低。



- 6) [PPGWDT 溢出]: PPG 模块内有一个独立的 WDT 时钟来监控 PPG 导通时间。如果 PPG 导通时间超过设定时间就停止输出，功率输出也会停止。PPGWDT 关断时间由 Config 选项来设置（如右图所示），有 32μs 和 64μs（推荐）两个选择，误差±10%。一般情况下，不应该会产生 PPGWDT 溢出保护的。如果出现这个保护，就需要考虑 PPG 设置输出值是否超出 PPGWDT 时间。

工程选项	
名称	属性
McuParamType	CMS79F533
WDT	ENABLE
PROTECT	ENABLE
LVR_SEL	3.5V
ICSPPORT_SEL	NORMAL
USART_SEL (TX/RX)	RB2/RB1
IIC_SEL	RB2/RB1
CMPOUT_SEL	RB7
PPGWDT_SEL	64us
PPGCLK_SEL	32MHz

4.3.6 抖频加热测试 (Step6)

测试 控制 反馈 刷新测试

※ 测试命令

☐ 检锅测试开启
 ☐ PPG测试开启
 ☐ 比较器测试开启 (RA0)
 ☐ 比较器测试开启 (RB7)
 ☐ PGA测试开启 (RC0)
 ☒ 电流斜率测试开启
 ☒ 禁止硬件故障检测
 ☐ 禁止电流丢锅检测

※ 测试参数

	值
检锅测试-PPGTMR	192
PPG测试-PPGTMR	460
比较器测试-通道	7
电流斜率测试-斜率	3900

测试 控制 反馈 刷新测试

※ 工作命令

☒ 加热使能
 ☒ 风扇使能
 ☐ 蜂鸣器使能
 ☐ 蜂鸣器短鸣1声
 ☐ 蜂鸣器长鸣1声
 ☐ 间隙加热使能 (不检锅)
 ☐ 间隙加热使能 (检锅)
 ☒ 抖频使能
 ☐ 抖频禁止
 ☐ 连续低功率使能

※ 工作参数

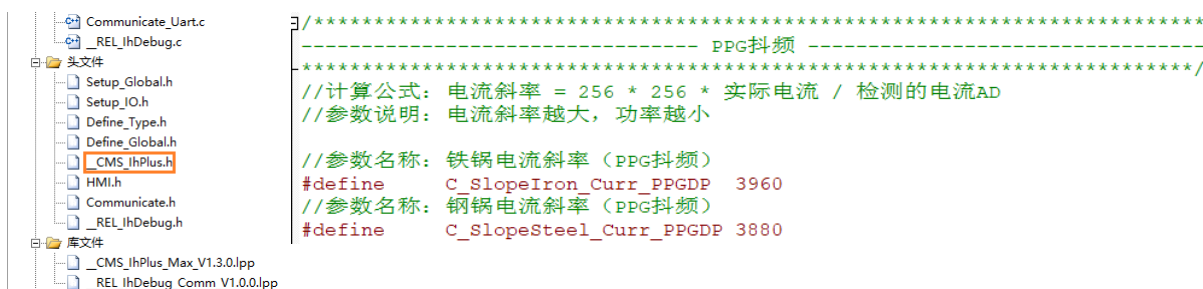
	值
加热输出功率 (×10W)	100
间隙加热-总时间 (×0.5秒)	20
间隙加热-开时间 (×0.5秒)	0
连续低功率-总个数	10
连续低功率-开个数	1

【目的】：测试抖频加热功能。

【操作】：

- 220V，放锅。
- <测试>页：同时勾选<禁止硬件故障检测>和<电流斜率测试开启>，按照普通加热的电流斜率值来设定<电流斜率测试-斜率>。
- <控制>页：同时勾选<加热使能>、<风扇使能>和<抖频使能>，不勾选<抖频禁止>。按照实际需要输出功率，设定<加热输出功率(×10W)>。
- 切换钢锅和铁锅，调整<电流斜率测试-斜率>测试，得到抖频最佳的钢铁锅电流斜率，并记录下来。
- 修改<加热输出功率(×10W)>设定值，测试不同功率的实际输出功率大小是否正确。如果功率有偏差，可以适当微调抖频电流斜率。
- 固定输出功率设定值，调整市电电压大小，测试全电压下的功率算法处理是否正常（高压恒功率，低压恒电流（退出抖频））。

- 把抖频电流斜率值填写到《__CMS_IhPlus.h》头文件里。

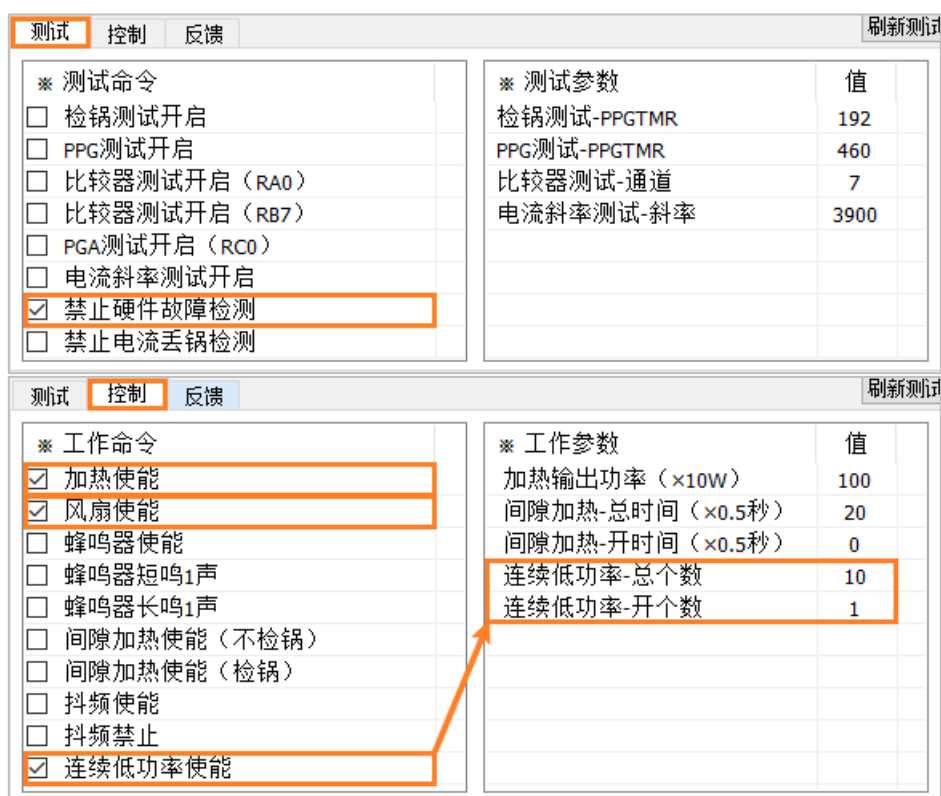


【说明】：

- 抖频加热和普通加热相比，只在<抖频使能>和<抖频禁止>的选项上有区别。
- 抖频加热因为会相对普通加热会有较大的噪声，所以一般只有在高档才有需要开启。
例如，大于 1700W 以上的档位才开启。
- 抖频的电流斜率和普通加热的电流斜率是分开独立的，不过一般两者差别不大。
- 抖频加热如果出现 IGBT 硬件保护，就需要回头查看 4.3.5 章节的相关处理。

4.3.7 连续低功率加热测试（Step7）

【重要】：连续低功率加热部分只用于性能演示，不能用在商业用途。



【目的】：测试连续低功率加热功能。

【操作】：

- 220V，放锅。
- <测试>页：勾选<禁止硬件故障检测>，其他的选项不勾选。

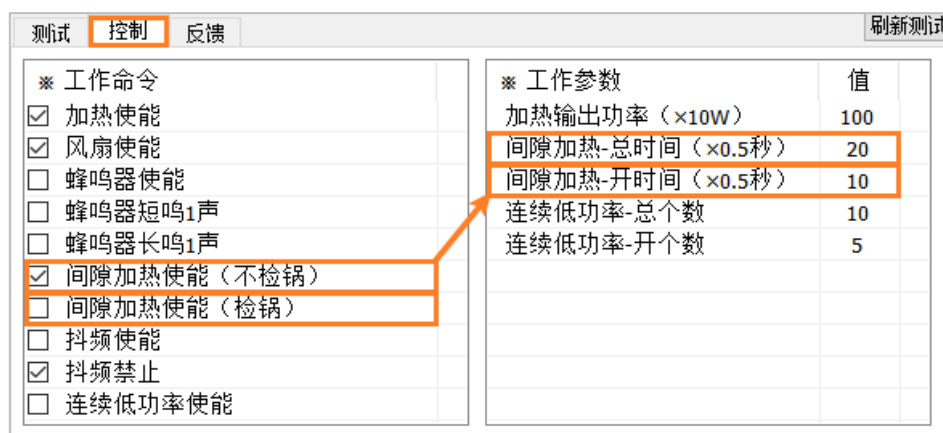
- <控制>页：同时勾选<加热使能>、<风扇使能>和<连续低功率使能>。按照实际需要输出功率，设定<加热输出功率(×10W)>、<连续低功率-总个数>和<连续低功率-开个数>。
- 修改<连续低功率-总个数>和<连续低功率-开个数>设定值，测试不同功率的实际输出功率大小是否正确。
- 固定输出功率设定值，调整市电电压大小，测试全电压下的功率算法处理是否正常（高压恒功率，低压恒电流）。

【说明】：

- 连续低功率加热和普通加热相比，只在<连续低功率使能>、<连续低功率-总个数>和<连续低功率-开个数>上有区别。
- 使用最低可连续功率（一般为 1000W）来作为连续低功率功能的基础功率。
- 通过设置<连续低功率-总个数>和<连续低功率-开个数>可设定连续低功率的实际输出功率。假如，<加热输出功率(×10W)>为 100，<连续低功率-总个数>为 10，<连续低功率-开个数>为 2，那么实际输出功率： $1000W \times 2 \div 10 = 200W$ 。
- 在某些『功率显示计』上，连续低功率显示的功率并不太稳定，只要保证工作电流 AD 值和反压波形正确就可以了。
- 连续低功率加热如果出现 IGBT 硬件保护，就需要回头查看 4.3.5 章节的相关处理。

4.3.8 补充说明

1、间隙加热测试



※ 工作命令	※ 工作参数	值
☒ 加热使能	加热输出功率 (×10W)	100
☒ 风扇使能	间隙加热-总时间 (×0.5秒)	20
☐ 蜂鸣器使能	间隙加热-开时间 (×0.5秒)	10
☐ 蜂鸣器短鸣1声	连续低功率-总个数	10
☐ 蜂鸣器长鸣1声	连续低功率-开个数	5
☒ 间隙加热使能(不检锅)		
☐ 间隙加热使能(检锅)		
☐ 抖频使能		
☒ 抖频禁止		
☐ 连续低功率使能		

在普通加热的基础上，勾选<控制>页的<间隙加热使能(不检锅)>或<间隙加热使能(检锅)>（两者只能二选一），并设定<间隙加热-总时间(×0.5 秒)>和<间隙加热-开时间(×0.5 秒)>，则可进入间隙加热状态，方便进行控温测试。

<间隙加热使能(不检锅)>在暂停加热阶段，不进行检锅；<间隙加热使能(检锅)>在暂停加热阶段，进行检锅。间隙加热的时间为设定数值乘以 0.5。例如，上图设定就是开 5 秒停 5 秒，总时间为 10 秒。

2、比较器输出测试

名称	属性
McuType	CMS79F533
WDT	ENABLE
PROTECT	ENABLE
LVR_SEL	3.5V
ICSPPORT_SEL	NORMAL
USART_SEL(...)	RB2/RB1
IIC_SEL	RB2/RB1
CMPOUT_SEL	RB7
PPGWDI_SEL	64us
PPGCLK_SEL	32MHz

测试命令	测试参数	值
☐ 检锅测试开启	检锅测试-PPGTMR	192
☐ PPG测试开启	PPG测试-PPGTMR	460
☐ 比较器测试开启 (RA0)	比较器测试-通道	7
☒ 比较器测试开启 (RB7)	电流斜率测试-斜率	3900
☐ PGA测试开启 (RC0)		
☐ 电流斜率测试开启		
☐ 禁止硬件故障检测		
☐ 禁止电流丢锅检测		

勾选<测试>页的<比较器测试开启(RA0)>或<比较器测试开启(RB7)>(两者只能二选一), 则可开启比较器输出测试功能。比较器输出开启会占用 RA0 或 RB7 口来作为比较结果输出, 被占用 IO 口原本功能会失效。被选用的 IO 口要与 Config 配置中的“CMPOUT_SEL”设置一样。比较器测试通道可通过<比较器测试-通道>来设定, 一共有 0~7 八个比较器可设。

3、PGA 输出测试

勾选<测试>页的<PGA 测试开启(RC0)>, 则可开启 PGA 输出测试功能。PGA 输出开启会占用 RC0 口来作为结果输出, 该口原本功能会失效。

测试命令
☐ 检锅测试开启
☐ PPG测试开启
☐ 比较器测试开启 (RA0)
☐ 比较器测试开启 (RB7)
☒ PGA测试开启 (RC0)
☐ 电流斜率测试开启
☐ 禁止硬件故障检测
☐ 禁止电流丢锅检测

4.4 Debug 退出

IH 调试完成以后, 则可退出 Debug 模式, 进行正常模式其他部分程序的开发:

- 1、移除工程目录树中 debug 相关文件, 一共有 3 个文件: 《__REL_IhDebug.c》、《__REL_IhDebug.h》、《__REL_IhDebug_Comm_Vx.x.x.lpp》。
- 2、把《Setup_Global.h》头文件里的 debug 模式开关“_MODE_IHDEBUG_”配置为 0。
- 3、核实《Setup_Global.h》、《__CMS_IhPlus.h》头文件里相关设置是否正确。
- 4、继续进行通讯处理或人机界面处理部分程序的开发。

5. IH 范例程序说明

IH 范例程序的工程目录树和各个文件的简易说明，如下图所示：



【说明】：

- (1) 人机界面处理是指如“1628 / 1668 灯板”等无 MCU 灯板的处理。如果没有用到，可以直接移除相关文件。
- (2) 通讯处理可自行替换为其他的协议。范例程序包里同时提供了 UART 协议的通讯程序文件“Communicate_Uart.c”，直接替换“Communicate.c”文件即可切换。接口信息参考下面 5.3 章节的内容。

5.1 参数配置说明

- 1、程序中需要调整的参数主要分为 3 类：IO 配置、全局参数配置、IH 增强库参数配置。
- 2、开发过程中，参数调整的顺序为：IO 配置 -> 全局参数配置 -> IH 增强库参数配置。先调整硬件相关，后调整软件相关。
- 3、人机界面专用的相关配置都在《HMI.c》和《HMI.h》文件中。

5.2 IO 配置

IO 配置基本都在《Setup_IO.h》头文件中。范例程序中自带 IO 智能设置功能，只要设定少量信息则可完成 IO 配置：IO 脚位，IO 方向和上拉状态。除了工作电流 ADC（一般情况按照程序默认，也无需调整），其他 ADC 通道也是由程序根据 IO 配置来智能设置完成。

5.2.1 IO 设定

```

/*****
----- IO口配置 -----
*****/
//配置内容: IO脚位排序
//配置说明: 有定义 = 该型号对应IO脚位排序
#define _IO_CMS79F533 //CMS79F533脚位
#define _IO_CMS79F536 //CMS79F536脚位
//=====
//配置内容: 功能对应IO脚位
//配置说明: 无相应功能, 可直接屏蔽或者删除
//-----
#define _pIGBT_SUP _Pin13 //IGBT辅助驱动口
#define _pBUZZ _Pin4 //蜂鸣器控制口
#define _pFAN _Pin5 //风扇控制口

//#define _pAD_TOP _Pin //顶部测温ADC口
#define _pAD_PAN _Pin3 //锅底测温ADC口
#define _pAD_IGBT _Pin14 //IGBT测温ADC口
#define _pAD_VOL _Pin1 //电压ADC口

#define _pCON1 _Pin6 //CON1口
#define _pCON2 _Pin8 //CON2口
#define _pCON3 _Pin7 //CON3口
//-----
#define _pCOMM_IN _pCON2 //通讯输入口 (有通讯)
#define _pCOMM_OUT _pCON3 //通讯输出口 (有通讯)

#define _pSDA _pCON1 //驱动SDA口 (无通讯)
#define _pSCK _pCON2 //驱动SCK口 (无通讯)
#define _pSTB _pCON3 //驱动STB口 (无通讯)
//=====
//配置内容: 上电初始化IO电平
//配置说明: 0 = 低电平, 1 = 高电平
#define C_Init_PORTA 0B00000000
#define C_Init_PORTB 0B00000000
#define C_Init_PORTC 0B00000000

```

IO 智能设置功能，目前只支持这两种芯片型号。

例如：风扇用芯片第 5 脚驱动，那么风扇控制口设定为_Pin5。

一般无需改动，除非有特殊的输出。

5.2.2 AD 设定

```

/*****
----- AD通道配置 -----
*****/
//配置内容: 工作电流ADC通道
//配置说明: 通道27 = 有RC滤波、通道28 = 无RC滤波
#define C_AdcChannel_Curr 28

```

其他的 ADC 通道都由程序根据 IO 脚位配置来智能设置，无需理

5.3 全局参数配置

全局参数配置都在《Setup_Global.h》头文件中。

5.3.1 硬件设定

```

/*****
----- 硬件配置 -----
*****/
//配置内容: 测温NTC上下拉
//配置说明: 1 = IGBT测温NTC为上拉, 0 = 下拉
#define _UP_NTC_IGBT_ 0
//配置说明: 1 = 锅底测温NTC为上拉, 0 = 下拉
#define _UP_NTC_PAN_ 1
//配置说明: 1 = 顶部测温NTC为上拉, 0 = 下拉
#define _UP_NTC_TOP_ 1

```

上下拉是针对 NTC 来说的, 如果没有用到的 NTC 无需理会。

5.3.2 软件设定

```

/*****
----- 软件配置 -----
*****/
//配置内容: 工作模式
//配置说明: 1 = 调试模式, 0 = 非调试模式
#define _MODE_IHDEBUG_ 1
//-----
//配置内容: 通讯模式
//配置说明: 00 = 系统自动识别
//           01 = 强制为有通讯模式
//           1x = 强制为无通讯模式
#define _MODE_COMM_NO_ 0
#define _MODE_COMM_HAVE_ 0
//-----
//配置内容: 风扇输出模式
//配置说明: 1 = PWM输出, 0 = 普通IO输出
#define _FAN_OUT_PWM_ 0

```

Debug 模式开关。

通讯模式配置, 一共有三种选择, 每种占用资源不同。
_MODE_COMM_NO_为高位,
_MODE_COMM_HAVE_为低位。

风扇 PWM 驱动和 IO 直接驱动切换开关。具体 PWM 配置由程序根据此宏定义自行设置。

5.3.3 市电电压设定

```

/*****
----- 市电电压 -----
*****/
//【市电电压对应AD值】:

//参数名称: 市电电压对应AD值
//参数说明: 通过上电实测获取
#define C_AD_V280 206
#define C_AD_V220 162
#define C_AD_V160 118
#define C_AD_V100 73
#define C_AD_V80 58
//-----
//【市电电压故障】:

//参数名称: 高压故障判断电压值 (v)
#define C_Vol_HighErr_In 275
//参数名称: 高压故障恢复电压值 (v)
#define C_Vol_HighErr_Out 265

//参数名称: 低压故障恢复电压值 (v)
#define C_Vol_LowErr_Out 145
//参数名称: 低压故障判断电压值 (v)
#define C_Vol_LowErr_In 125
//-----
//【市电电压区间】:

//参数名称: 低压区间判断电压值 (v)
#define C_Vol_Low 160
//参数名称: 中压区间判断电压值 (v)
#define C_Vol_Mid 210
//参数名称: 高压区间判断电压值 (v)
#define C_Vol_High 235

```

9bit-AD, 上电实测数据, 直接填写。

根据实际要求填写, 注意不可超过最大处理电压。

根据实际要求填写, 无特殊要求默认则可。
注意高低压区间, 自动退出抖频加热功能。

```
//-----
//【市电电压计算】：

//参数名称：最大处理电压值（V）
#define C_Vol_Max 280
//参数名称：最小处理电压值（V）
#define C_Vol_Min 80

//参数名称：最大处理电压AD值
#define C_AD_VolMax C_AD_V280
//参数名称：最小处理电压AD值
#define C_AD_VolMin C_AD_V80

//参数名称：计算补偿电压值（V）
//参数说明：便于使用8bit寄存器保存电压值
#define C_Vol_Comp C_Vol_Min

//参数名称：电压斜率
//计算公式：256 * (最大处理电压值-最小处理电压值) / (最大处理电压AD值-最小处理电压AD值)
#define C_Slope_Volatage (unsigned int)256 * (C_Vol_Max - C_Vol_Min) / (C_AD_VolMax - C_AD_VolMin)
```

限制了电压处理范围为 80V~280V。如果需要调整处理范围，需要同时调整这几个参数。

自动填充，无需理会。

5.3.4 工作电流设定

```
/*----- 工作电流 -----*/
//计算公式：电流斜率 = 256 * 256 * 实际电流 / 检测的电流AD
//参数说明：电流斜率越大，功率越小

//参数名称：铁锅电流斜率
#define C_SlopeIron_Curr 0x0E80
//参数名称：钢锅电流斜率
#define C_SlopeSteel_Curr 0x0E40
```

根据实测工作功率来做调整，利用 debug 模式测试更方便。

5.3.5 锅具检测设定

```
/*----- 锅具检测 -----*/
//参数名称：有无锅判断值
//参数说明：>此判断值，即判断为无锅
#define C_Vaule_HaveNoPan 5

//参数名称：钢铁锅判断值
//参数说明：<=此判断值，即判断为钢锅，否则为铁锅
//实际数据：无=E5、铁=D9~C1、钢=A7~A3、复=CF~CD
#define C_Vaule_SteelIron 0xB4

//-----
//参数名称：检锅间隔时间（实际：2秒）
#define C_Time_CheckPan 2000/C_TimeMS_Main

//参数名称：停止加热检锅间隔时间（实际：2秒）
#define C_Time_StopCheck 2000/C_TimeMS_Main
```

有没锅判断值，根据实测不同锅具的反馈数据来填写。

钢铁锅判断值，根据实测不同锅具的反馈数据来填写。

正常工作时检锅间隔时间。

加热暂停时检锅间隔时间。

5.3.6 PPG 输出设定

```
/*----- PPG输出 -----*/
//参数名称：PPG导通延时值
//取值范围：0~15
//对应关系：0=不延时，1=4~5*125ns，2=8~9*125ns，.....15=64~65*125ns
#define C_PPGDly 0
```

PPG 导通延时，可以用于辅助消除导通台阶。

```
//-----
//取值范围: 0~4095
//计算公式: PPG导通时间 = PPG导通值 / 32MHz
```

```
//参数名称: 单次检锅PPG导通值
#define C_PPGSingle 192
```

} 检锅 PPG 导通时间越长, 检锅强度越大, 但是噪声也越大。

```
//参数名称: 铁锅点火PPG导通值
#define C_PPGFirst_Iron 250
//参数名称: 钢锅点火PPG导通值
#define C_PPGFirst_Steel 250
//参数名称: 低压铁锅点火PPG导通值
#define C_PPGFirst_VL_Iron 400
//参数名称: 低压钢锅点火PPG导通值
#define C_PPGFirst_VL_Steel 400
```

} 点火 PPG 导通值是检测到有锅以后首次启动 PPG 的输出值。起始 PPG 导通值是进入恒功率恒电流控制前所达的 PPG 输出值。两者间存在一个匀速爬升的过程。这个过程中, 不判断电流丢锅。

```
//参数名称: 铁锅起始PPG导通值
#define C_PPGStart_Iron 350
//参数名称: 钢锅起始PPG导通值
#define C_PPGStart_Steel 280
//参数名称: 低压铁锅起始PPG导通值
#define C_PPGStart_VL_Iron 550
//参数名称: 低压钢锅起始PPG导通值
#define C_PPGStart_VL_Steel 550
```

```
//-----
//取值范围: 0~4095
//计算公式: PPG导通时间 = PPG导通值 / 32MHz
```

```
//参数名称: 默认最大PPG导通值
#define C_PPGMax 860
//参数名称: 钢锅最大PPG导通值
#define C_PPGMax_Steel 780
//参数名称: 铁锅最大PPG导通值
#define C_PPGMax_Iron 860
```

} 最大最小 PPG 值是为了在功率控制过程中做一个限制保护, 避免 PPG 导通值过大或过小, 导致 IGBT 损坏。请注意, 如果最大 PPG 导通值设置过小, 会导致高档功率上不去的情况。

```
//参数名称: 默认最小PPG导通值
#define C_PPGMin 150
//参数名称: 钢锅最小PPG导通值
#define C_PPGMin_Steel 150
//参数名称: 铁锅最小PPG导通值
#define C_PPGMin_Iron 220
```

5.3.7 功率处理设定

```
/*----- 功率处理 -----*/
*****
```

```
//参数名称: 功率处理因数
#define C_Mult_Power 10
```

} 实际功率=功率值乘以功率处理因数。
如果需要 2550W 以上功率, 需要增大此值。

```
//参数名称: 恒流阶段电流 (A)
#define C_Currer_Const 4.5
```

} 恒电流阶段的目标电流, 单位为 A。

```
//参数名称: 高压电流丢锅判断功率 (w)
#define C_PowerLose_VHigh 800
//参数名称: 低压电流丢锅判断功率 (w)
#define C_PowerLose_VLow 400
```

} 电流丢锅的判断功率, 本质为电流。

5.3.8 比较器设定

```

/***** 比较器 *****/
*****/
//参数名称: 电压浪涌保护设置值
//取值范围: 0~24
//对应关系: 1.6V~4V (共25档, 每档0.1V)
#define C_Vol_VolSurge 20
//-----
//参数名称: 电流浪涌保护设置值
//取值范围: 0~255
//计算公式: 保护电压 (Io) = 设置值 * 4 / 255
#define C_Vol_CurrSurge 117
//-----
//参数名称: 导通台阶保护设置值
//取值范围: 0~255
//计算公式: 保护电压 (Io) = 设置值 * 4 / 255
#define C_Vol_OnStep 80
//-----
//参数名称: 1级过压保护设置值 (实际: 1.22KV)
//取值范围: 0~255
//计算公式: 保护电压 (Io) = 设置值 * 4 / 255
#define C_Vol_BackPress1 160
//-----
//参数名称: 1级过压保护PPG下降步进
//取值范围: 0~15
//对应关系: 0=0个, 1=2个, .....15=30个
#define C_PPG_BackPress1 10
//-----
//参数名称: 2级过压保护设置值 (实际: 1.3KV)
//取值范围: 0~24
//对应关系: 1.6V~4V (共25档, 每档0.1V)
#define C_Vol_BackPress2 11
//-----
//参数名称: 线圈电压判断值
//取值范围: 0~19
//对应关系: 0.1V~2V (共20档, 每档0.1V)
#define C_Vol_CoilVol 0
//-----
//参数名称: 过零翻转判断值 (常压)
//取值范围: 0~31
//对应关系: 0.1V~3.2V (共32档, 每档0.1V)
#define C_Vol_ZeroTurn 8
//-----
//参数名称: 过零翻转判断值 (高压)
//取值范围: 0~31
//对应关系: 0.1V~3.2V (共32档, 每档0.1V)
#define C_Vol_ZeroTurn_VH 12
//-----
//参数名称: 过零翻转判断值 (低压)
//取值范围: 0~31
//对应关系: 0.1V~3.2V (共32档, 每档0.1V)
#define C_Vol_ZeroTurn_VL 8

```

IGBT 硬件保护相关寄存器, 具体设置方式参看上面有关 IH 调试说明的章节。

用于辅助 IGBT 输出前的放电完成判断, 一般不需要改动。

过零翻转判断, 可根据实际电路做调整。建议利用比较器输出测试功能来进行全电压测试验证判断结果。

5.3.9 PGA 设定

```

/***** PGA *****/
*****/
//参数名称: PGA放大倍数设置值
//取值范围: 0~3
//对应关系: 0=8倍、1=16倍、2=32倍、3=64倍
#define C_Times_PGA 1

```

PGA 放大倍数设定, 一般不需要改。

5.3.10 NTC 设定

```

/*****
----- 顶部NTC -----
*****/
//硬件结构: 100K热敏电阻 + 6.2K上拉电阻
//软件结构: 8bit-AD
//-----
//参数名称: 顶部NTC开路判断温度AD值
#define C_AD_Top_OpenIn 5
//参数名称: 顶部NTC开路恢复温度AD值
#define C_AD_Top_OpenOut 9
//-----
//参数名称: 顶部NTC短路判断温度AD值
#define C_AD_Top_CloseIn 252
//参数名称: 顶部NTC短路恢复温度AD值
#define C_AD_Top_CloseOut 248

```

顶部 NTC 硬件故障判断恢复判断阈值。
如果没有用到顶部 NTC，无需理会。

```

/*****
----- 锅底NTC -----
*****/
//硬件结构: 100K热敏电阻 + 6.2K上拉电阻
//软件结构: 8bit-AD
//-----
//参数名称: 锅底开风扇判断温度AD值
#define C_AD_Pan_FanOn 175
//参数名称: 锅底关风扇判断温度AD值
#define C_AD_Pan_FanOff 175
//-----
//参数名称: 锅底超温判断温度AD值
#define C_AD_Pan_OverIn 245
//参数名称: 锅底超温恢复温度AD值
#define C_AD_Pan_OverOut 225
//-----
//参数名称: 锅底NTC开路判断温度AD值
#define C_AD_Pan_OpenIn 5
//参数名称: 锅底NTC开路恢复温度AD值
#define C_AD_Pan_OpenOut 9
//-----
//参数名称: 锅底NTC短路判断温度AD值
#define C_AD_Pan_CloseIn 252
//参数名称: 锅底NTC短路恢复温度AD值
#define C_AD_Pan_CloseOut 248

```

锅底 NTC 控制风扇开关判断阈值。具体控制方式可查看风扇驱动部分程序。

锅底 NTC 硬件故障判断恢复判断阈值。

```

/*****
----- IGBT-NTC -----
*****/
//硬件结构: 100K热敏电阻 + 20K下拉电阻
//软件结构: 8bit-AD
//-----
//参数名称: IGBT开风扇判断温度AD值
#define C_AD_Igbt_FanOn 130
//参数名称: IGBT关风扇判断温度AD值
#define C_AD_Igbt_FanOff 83
//-----
//参数名称: IGBT超温判断温度AD值
#define C_AD_Igbt_OverIn 188
//参数名称: IGBT超温恢复温度AD值
#define C_AD_Igbt_OverOut 173
//-----
//参数名称: IGBT高温判断温度AD值
#define C_AD_Igbt_HighIn 173
//参数名称: IGBT高温恢复温度AD值
#define C_AD_Igbt_HighOut 158
//-----
//参数名称: IGBT-NTC开路判断温度AD值
#define C_AD_Igbt_OpenIn 3
//参数名称: IGBT-NTC开路恢复温度AD值
#define C_AD_Igbt_OpenOut 7
//-----
//参数名称: IGBT-NTC短路判断温度AD值
#define C_AD_Igbt_CloseIn 252
//参数名称: IGBT-NTC短路恢复温度AD值
#define C_AD_Igbt_CloseOut 248

```

IGBT-NTC 控制风扇开关判断阈值。具体控制方式可查看风扇驱动部分程序。

IGBT-NTC 硬件故障判断恢复判断阈值。

5.3.11 时间和 EE 设定

```

/*****
----- 系统时间 -----
*****/
//参数名称: 中断时间 (us)
#define C_TimeUS_Int 50
//参数名称: 主循环时间 (ms)
#define C_TimeMS_Main 5

/*****
----- EE地址 -----
*****/
//参数名称: 电流斜率调节值EE寄存地址
//取值范围: 0~127
#define C_EEAddr_CheckAA 0
#define C_EEAddr_DataP 1
#define C_EEAddr_DataI 2
#define C_EEAddr_Check55 3

```

MAIN 函数和定时中断时间。
不可为浮点数，不建议修改。

EE 地址，用于记忆软件调功的数据，不建议改动。

5.3.12 测试设定

```

/*****
----- 测试设置 -----
*****/
//测试内容: 检锅
//设置说明: 有定义 = 检锅测试, 无定义 = 正常检锅
//#define _TEST_PANCHECK_

//测试内容: PPG输出
//设置说明: 有定义 = PPG测试输出, 无定义 = PPG正常输出
//#define _TEST_PPGOUT_ 500

//测试内容: 比较器结果
//设置说明: 有定义 = IO输出比较器结果, 无定义 = IO正常输出
//测试输出只能选择RA0或RB7, 由config中的"CMPOUT_SEL"决定
//#define _TEST_CMPOUT_ 0xA0 //比较器测试输出
//#define _TEST_CMPOUT_ 0xB7 //比较器测试输出

//参数名称: 被测试比较器通道
//取值范围: 0~7
#define C_CMOUTEN_Num 0

//测试内容: PGA放大结果
//设置说明: 有定义 = IO输出PGA放大结果, 无定义 = IO正常输出
//测试输出只能选择RC0
//#define TEST_PGOUT_

//测试内容: 比较器输出测试开关和通道选择, 用于
//窥看内部比较器结果, 辅助分析问题。
//注意, 输出 IO 要与 Config 设置一致。

//PGA 输出测试开关, 用于窥看
//PGA 放大结果, 辅助分析问题。

```

检锅测试开关, 用于辅助设定
锅具判断修改参数。

固定 PPG 输出测试开关, 用于辅助
测试 PPG 输出和电流电压 AD 测试。

比较器输出测试开关和通道选择, 用于
窥看内部比较器结果, 辅助分析问题。
注意, 输出 IO 要与 Config 设置一致。

PGA 输出测试开关, 用于窥看
PGA 放大结果, 辅助分析问题。

5.4 IH 增强库参数配置

IH 增强库参数配置都在《__CMS_IhPlus.h》头文件中。

5.4.1 连续低功率设定

```

/*****
----- 连续低功率 -----
*****/
//参数名称: PPG导通延时值 (连续低功率)
//取值范围: 0~15
//对应关系: 0=不延时, 1=4~5*125ns, 2=8~9*125ns, ..., 15=64~65*125ns
#define C_PPGDly_LxLow 0

//参数名称: 连续低功率开启功率下限阈值 (实际: 800W)
//参数说明: >=此阈值, 才开启连续低功率功能
#define C_MinPower_LxLow 800/C_Mult_Power

```

连续低功率功能开启限制阈值, 避免
在一些不必要或者有害的情况开启。

5.4.2 抖频设定

```

/***** PPG抖频 *****/
----- PPG抖频 -----
/*****/
//计算公式: 电流斜率 = 256 * 256 * 实际电流 / 检测的电流AD
//参数说明: 电流斜率越大, 功率越小

//参数名称: 铁锅电流斜率 (PPG抖频)
#define C_SlopeIron_Curr_PPGDP 0x0E30
//参数名称: 钢锅电流斜率 (PPG抖频)
#define C_SlopeSteel_Curr_PPGDP 0x0DC0
//-----

//参数名称: PPG抖频开启PPGTMR下限阈值 (实际: 8us)
//参数说明: >=此阈值, 才开启PPG抖频功能
#define C_MinPPGTMR_PPGDP 32*8

//参数名称: PPG抖频开启功率下限阈值 (实际: 1690W)
//参数说明: >=此阈值, 才开启PPG抖频功能
#define C_MinPower_PPGDP 1690/C_Mult_Power
//-----

//参数名称: PPG抖频控制值
//参数说明: 与市电频率、中断时间 (ValueTime_Int) 有关联
#define C_Data1_PPGDP 55
#define C_Data2_PPGDP 3
#define C_Data3_PPGDP 2
#define C_Time1_PPGDP 56
#define C_Time2_PPGDP 36
#define C_Time3_PPGDP 54
#define C_Time4_PPGDP 0

```

与正常加热的电流斜率有点差别, 需要根据实际输出功率做调整。

抖频功能开启限制阈值, 避免在一些不必要或者有害的情况开启。

抖频控制参数, 一般情况不用改动。可根据实际测试结果做调整。

6. 接口信息说明

范例程序中重要的接口信息根据实际作用，主要分为“控制”和“反馈”两个部分，具体如下表所列。在修改通讯处理或者人机界面处理部分程序时，可作为参考。

6.1 控制信息

int 和 char 型变量			独立 bit 型变量（1 为真）		函数	
名称	有效长度 (bit)	定义	名称	定义	名称	定义
PowerWork	8	加热功率值	B_Heat_En	加热使能	Buzz_Short_One()	蜂鸣器短鸣 1 声 (时间长度 200ms)
Num_LxLowOn	8	加热连续低功率开个数	B_Fan_En	风扇使能	Buzz_Long_One()	蜂鸣器长鸣 1 声 (时间长度 400ms)
Num_LxLowOff	8	加热连续低功率关个数	B_Buzz_En	蜂鸣器使能		
SlopeCurr_Adjust	8	电流斜率调整值	B_HeatStop_CheckPan	不加热但检锅		
			B_HeatStop_NoCheck	不加热不检锅		
			B_PPGDP_Can	抖频强制使能		
			B_PPGDP_Dis	抖频禁止		
			B_PanOver_Dis	禁止锅底 NTC 超温判断		
			B_PanFail_Dis	禁止锅底 NTC 失效判断		

【说明】：

- (1) 加热使能：在功率间隙暂停时，也要求该标志位为 1。
- (2) 加热功率：加热功率值 = 目标功率（W）÷ 功率处理因数（默认为 10），实际可能有偏差，需要根据测试微调。
- (3) 连续低功率：Num_LxLowOn 和 Num_LxLowOff 都非 0 时功能开启，否则功能关闭。
- (4) 电流斜率调整（功率修正）：

SlopeCurr_Adjust = 0x80，电流斜率不变（功率不变）；

SlopeCurr_Adjust > 0x80，电流斜率增大（功率减小），斜率增大值 = 两者差值 × 16；

SlopeCurr_Adjust < 0x80，电流斜率减小（功率增大），斜率减小值 = 两者差值 × 16。

6.2 反馈信息

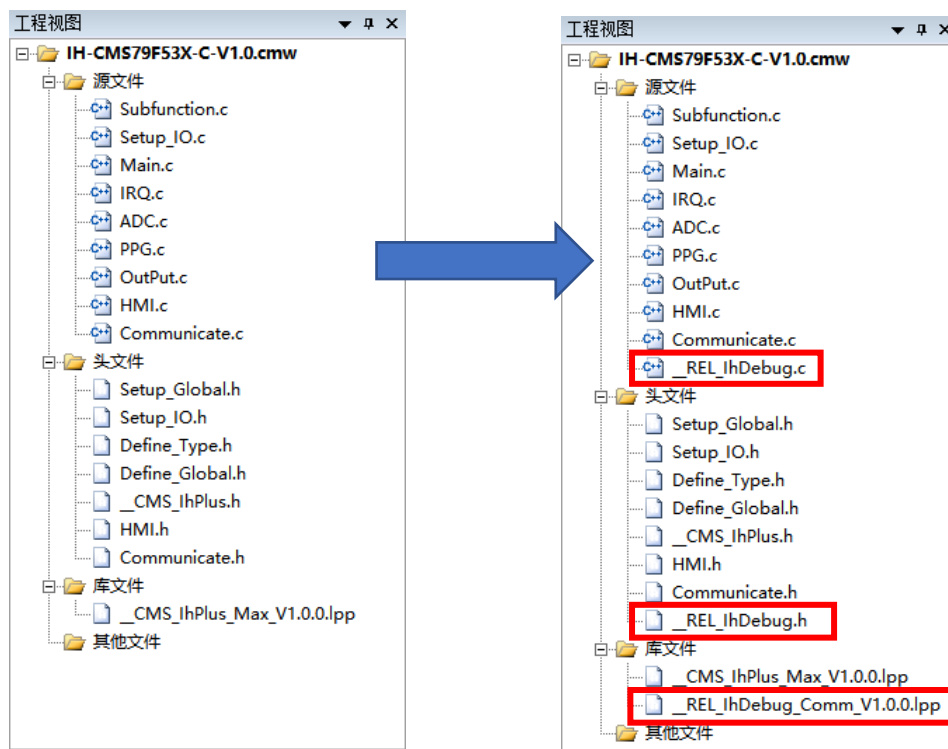
int 和 char 型变量			独立 bit 型变量 (1 为真)		组合 bit 变量 (1 为真, 可整体操作)			
名称	有效长度(bit)	定义	名称	定义	名称	组合	位	定义
AD_Volatage	9	市电电压 AD	B_Pan_Error	检锅故障(未接线盘)	B_EVOLow	Flag1_Error	0	市电电压过低
AD_Current	9	工作电流 AD	B_Pan_No	无锅时=1, 有锅时=0	B_EVOLhigh		1	市电电压过高
AD_TmprPan	8	锅底温度 AD	B_Pan_Have	无锅时=0, 有锅时=1	B_EIgbtOpen		2	IGBT-NTC 开路
AD_TmprTop	8	顶部温度 AD	B_Pan_Steel	1=钢锅, 0=非钢锅	B_EIgbtClose		3	IGBT-NTC 短路
AD_TmprIgbt	8	IGBT 温度 AD	B_Pan_Iron	1=铁锅, 0=非铁锅	B_EIgbtOver		4	IGBT-NTC 超温
AD_VRef	9	内部基准电压 (1.2V) AD	B_Zero_No	1=无过零, 0=有过零	B_EPanOpen		5	锅底-NTC 开路
Vol.flo.integer	8	市电电压 - 计算补偿电压值(默认为 80V)	B_Zero_60Hz	1=过零频率为 60Hz 0=过零频率为 50Hz	B_EPanClose		6	锅底-NTC 短路
PowerReal	16	实际输出功率(W)	B_Protect_Stop	保护停止加热	B_EPanOver	Flag2_Error	7	锅底-NTC 超温
Buf_PPGTMR	12	当前 PPGTMR 值	B_Protect_BackPress	过压保护	B_EPanFail		0	锅底-NTC 失效
Count_Syn	8	检锅振荡个数			B_ETopOpen		1	顶部-NTC 开路
Time_Syn	16	检锅振荡脉宽			B_ETopClose		2	顶部-NTC 短路
Count_BackPress	16	1 级过压保护计数			B_ETopFail		3	顶部-NTC 失效
Count_IgbtProtect	16	IGBT 硬件保护计数			B_Comm_Error		7	通讯故障
Elec.flo.integer	8	电量高位			——	Status_PPGStop	0	1 级过压比较器计数溢出
Elec.flo.radix	8	电量低位			——		1	电压浪涌
					——		2	电流浪涌
					——		3	2 级过压
					——		4	导通台阶过高
					——		5	PPG 看门狗溢出
					——	Status_PPGDP	1	抖频开启
					——	Status_LxLow	1	连续低功率开启

7. IH 调试模式使用说明

7.1 程序设置

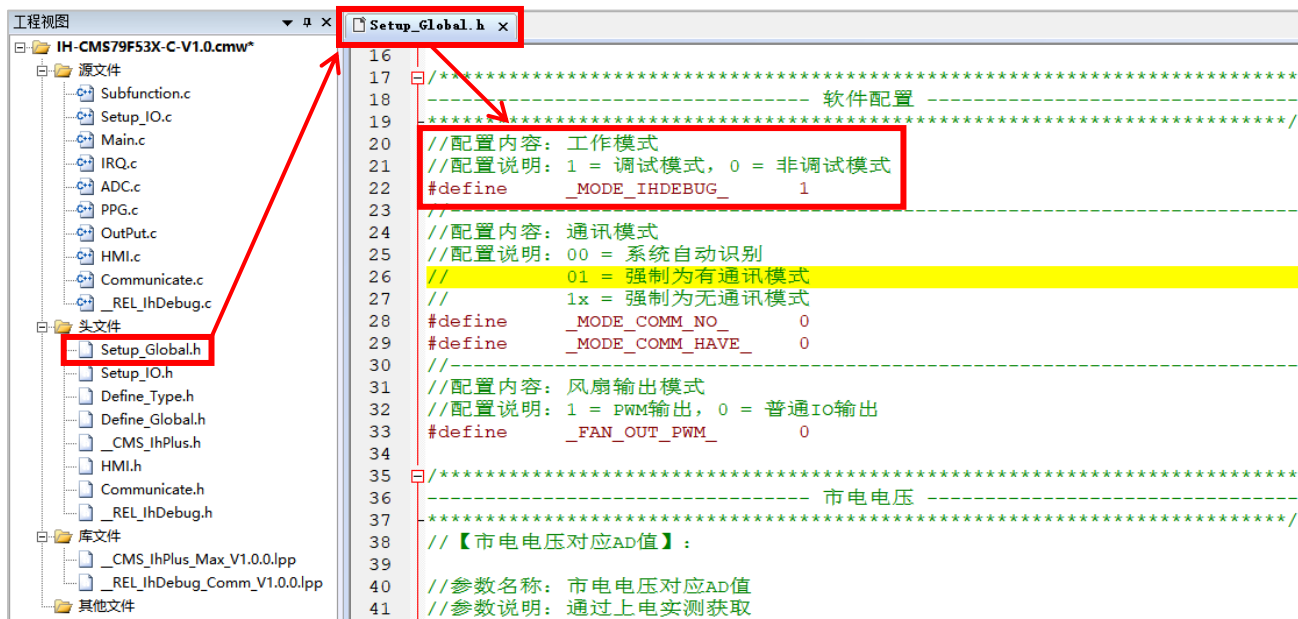
7.1.1 调用调试文件

打开目标工程，在源文件目录中添加《__REL_IhDebug.c》文件，在头文件目录中添加《__REL_IhDebug.h》文件，在库文件目录中添加《__CMS_IhPlus_Max_Vx.x.x.lpp》文件。



7.1.2 选择调试 Debug 模式

打开《Setup_Global.h》文件，把调试模式宏定义“_MODE_IHDEBUG_”置 1，编译工程并下载即可。



7.2 调试软件操作

- 1、 调试需要使用『USB 转串口模块』。由于需要接 AC 电源供电，所以还要提前做好隔离保护措施。
- 2、 芯片调试通讯口有两组选择：RB6/RB4、RB2/RB1。可通过系统配置寄存器（CONFIG）选择。

7.2.1 开始调试

程序下载完成后，下位机接市电电源供电，然后打开调试软件。波特率默认选择 9600（最大支持波特率），点击<启动>按钮即可开始调试。



7.2.2 窗口说明

调试软件的窗口主要可以划分为两部分：反馈窗口、控制窗口。

- 1、 反馈窗口：在【图表显示区域】【数据显示区域】窗口和【IH 调试区域】中 <反馈> 页，可观察到下位机当前的状态、以及主要内部变量的变化趋势及具体数值。具体如下图所示：



2、控制窗口：通过操作【IH 调试区域】中 <测试> 和 <控制> 页的命令和参数，可对下位机的工作状态进行精准控制。具体如下图所示：



7.2.3 结束调试

- 1、打开目标工程，在源文件目录中移除《__REL_IhDebug.c》文件，在头文件目录中移除《__REL_IhDebug.h》文件，在库文件目录中移除《__CMS_IhPlus_Max_Vx.x.x.lpp》文件。
- 2、打开《Setup_Global.h》文件，把调试模式宏定义“_MODE_IHDEBUG_”置 0，重新编译工程并下载即可。

8. 版本修订说明

版本号	时间	修改内容	编制
V1.0	2021 年 4 月 27 日	初版	中山应用支持部
V1.1	2022 年 4 月 1 日	1、增加关键概念说明和参考波形； 2、增加 IH 调试工具和软件说明； 3、增加 IH 调试流程说明； 4、格式整理和规范。	中山应用支持部