

CS99xxZ 主板 CPLD 编程说明

一、硬件

STM32F407 与 CPLD 是通过 SPI 接口进行通信的，SPI 管脚定义如下：

CPLD_CS: PF9 (27 脚) 输出管脚
CPLD_DI: PF8 (26 脚) 输出管脚
CPLD_CLK: PF7 (25 脚) 输出管脚
CPLD_DO: PI11 (13 脚) 输入管脚

二、帧长

WR_RD_Order1	WR_RD_Order0	Rec_Order7	Rec_Order6	Rec_Order5	Rec_Order4
Rec_Order3	Rec_Order2	Rec_Order1	Rec_Order0	DATA15	DATA14
DATA13	DATA12	DATA11	DATA10	DATA9	DATA8
DATA7	DATA6	DATA5	DATA4	DATA3	DATA2
DATA1	DATA0				

主控 ARM 与 CPLD 通过 SPI 接口进行通信，一帧数据长度为 25 位。

Bit25:bit24=WR_RD_Order1:WR_RD_Order0

01 为 CPLD 接收主控制器发送过来的数据

10 为主控制器从 CPLD 中读数据

二、主控制器写命令、数据到 CPLD 中

CPLD 作为控制使用的管脚为 17 个，输出时，按照如下顺序进行排列：

Bit16	Bit15	Bit14	Bit13
77 脚	76 脚	75 脚	74 脚
SINE_CD4053_B	SINE_CD4053_A	W_CD4053_C	W_CD4051_A
Bit12	Bit11	Bit10	Bit9
73 脚	72 脚	71 脚	70 脚
W_CD4053_B	W_CD4051_B	W_CD4051_A	GR_CD4053_C
BIT8	BIT7	BIT6	BIT5
69 脚	68 脚	57 脚	56 脚
GR_CD4053_A	GR_CD4053_B	OUT_C	W_OUT_C
BIT4	BIT3	BIT2	BIT1
55 脚	20 脚	19 脚	18 脚
METER_SOURCE_C	Self_CD4051_EN	Self_CD4051_C	Self_CD4051_B
BIT0			

17 脚			
Self_CD4051_A			

Rec_Order7...Rec_Order0:共 8 位，此 8 位为 CPLD 从主控制器接收的命令字。

- 1、Rec_Order7: Rec_Order6: Rec_Order5: Rec_Order4: Rec_Order3: Rec_Order2: Rec_Order1: Rec_Order0 为 0000000 时为接收 ARM 发送的控制管脚的低 16 位，即 BIT15~BIT0。命令字为 0x0100xxxx，xxxx 为 bit15~bit0 的值；
- 2、Rec_Order7: Rec_Order6: Rec_Order5: Rec_Order4: Rec_Order3: Rec_Order2: Rec_Order1: Rec_Order0 为 0000001 时为接收 ARM 发送的控制管脚的高 1 位，即 BIT16。命令字为 0x0101xxxx，xxxx 为 bit16 的值；bit16 在 xxxx 的最低位。
- 3、Rec_Order7: Rec_Order6: Rec_Order5: Rec_Order4: Rec_Order3: Rec_Order2: Rec_Order1: Rec_Order0 为 0000000 时为接收 ARM 发送的耐压频率控制字（0x0102xxxx,xxxx 为频率控制字）。

CPLD 使用的晶振为 1000000Hz(f_c)，DDS 产生正弦波的频率为 f_{out} ，频率控制字为 M,那么按下式计算 M:

$$M = \frac{f_{out}x2^{25}}{10^6}$$

例如：要输出 50Hz 的正弦波，则 M 为

$$M = \frac{50x2^{25}}{10^6} = 1677D = 68DH \tag{①}$$

那么实际的频率为

$$f_{out} = \frac{Mx10^6}{2^{25}} = \frac{1677x10^6}{2^{25}} = 49.97Hz$$

在式①的计算中算出的十进制数为 1677.762，如果按照四舍五入应为 1678，那么实际的频率为

$$f_{out} = \frac{Mx10^6}{2^{25}} = \frac{1678x10^6}{2^{25}} = 50.008Hz$$

- 4、Rec_Order7: Rec_Order6: Rec_Order5: Rec_Order4: Rec_Order3: Rec_Order2: Rec_Order1: Rec_Order0 为 0000000 时为接收 ARM 发送的接地频率控制字（0x0103xxxx,xxxx 为频率控制字）。

- 5、Rec_Order7: Rec_Order6: Rec_Order5: Rec_Order4: Rec_Order3: Rec_Order2: Rec_Order1: Rec_Order0 为 0000000 时为接收 ARM 发送的启动正弦波命令控制字（0x0104xxxx,xxxx 为频率控制字，接地在高 8 位，耐压在低 8 位；如果高 8

位为 0xEE,则为启动接地正弦波命令；如果低 8 位为 0x66 则为启动耐压正弦波命令；如果为 0xEE66 则为同时启动接地、耐压命令；)。

6、Rec_Order7: Rec_Order6: Rec_Order5: Rec_Order4: Rec_Order3: Rec_Order2: Rec_Order1: Rec_Order0 为 0000001 时为接收 ARM 发送的启动计数器命令。

启动命令为：0x0105AAAA

三、主控制器从 CPLD 中读数据

ARM 从 CPLD 读数据共四个：一为 ERROR 状态字；二为相位差计数值；三为电压脉宽计数值；四为从 CPLD 中读出固定值 0x5555,用于 ARM 与 CPLD 的 SPI 接口的检验；

Rec_Order7...Rec_Order0:共 8 位，此 8 位为 CPLD 从主控制器接收的命令字。

1、读出错误状态

错误状态共三个：一个是电源自检错误状态，此位在读输出数据的 5bit;二是接地功放是否错误状态，此位在读出数据的 6bit；三是耐压功放是否错误状态，此位在读出数据的 7bit；ARM 发送指令 0x02000000 给 CPLD，CPLD 即返回数据；

2、从 CPLD 中读出电流、电压相位差的计数值

主控制器发送指令为 0x02010000，CPLD 返回电压、电流相位差值 (OSC)。

计数值的说明：

如果一个正弦波的频率为 50Hz,那么其送入到 CPLD 的高电平时间为 10ms；CPLD 的主时钟为 1MHz,那么 10ms 的计数值应该为 10000 (2710H)；

如果读出 OSC 的值为 N,那么电压和电流的相位差为

$$\alpha = \frac{N}{10000} \times 180^\circ \quad (2)$$

例如：读出来的计数器的值为 100，那么相位差为

$$\alpha = \frac{100}{10000} \times 180^\circ = 1.8^\circ$$

那么真实电流为

$$I = I_t \times \cos \alpha = 0.995 I_t$$

读 CPLD 的计数器值时，如果读出的电流值为 0，那么说明电流为 0，请不要读电压、电流相位差值。

3、从 CPLD 中读电压波形计数值

主控制器发送指令为 0x02020000，CPLD 返回电压波形计数值；式 (2)是使用 50Hz 进行计算的。如果频率发生变化，那么 10000 值也应发生变化。此值应为电压波形计数值。

4、从 CPLD 中读出的固定值 0x5555

主控制器发送指令为 0x02030000，CPLD 返回 0x5555;

这条指令可以作为 ARM 与 CPLD 通信检验使用，如果读出的值为 0x5555，那么说明主控制器和 CPLD 的通信是正常的，否则为不正常。

四、频率控制字的计算

f_c 为 CPLD 使用的时钟频率，此处为 1MHz。

f_{out} 为 DDS 输出频率，比如 50Hz、60Hz、100Hz、200Hz、400Hz

M 为频率控制字

N 为 DDS 累加器的长度，此处为 25

$$M = \frac{f_{out} \times 2^N}{f_c} = \frac{50 \times 2^{25}}{1000000} = 1677.7216 \quad \text{取 } 1678D = 68EH$$