

# **ATT7022C 用户手册**

**V0.6**

## ATT7022C 用户手册

ATT7022C用户手册.....	1
特性: .....	3
功能说明: .....	3
采样数据缓存功能: .....	3
电流有效值小信号精度加强: .....	3
间接得到高精度的电压夹角.....	4
寄存器说明: .....	4
从采样数据得到FFT的推荐流程.....	5
附 .....	6
一次插值FFT仿真结果.....	6
采样功能示例: .....	8

版本	日期	修改人	内容
V0.1	2008-08-14	Mxzhang	初始版本
V0.2	2008-09-17	Mxzhang	1, 增加起动电流的说明 2, 增加校验和寄存器的说明
V0.3	2008-09-22	Mxzhang	1, 增加采样功能对 FFT 的推荐
V0.4	2008-09-23	Mxzhang	1, 修改笔误
V0.5	2008-11-11	Mxzhang	1, 增加高精度电压夹角的方法
V0.6	2008-11-27	Mxzhang	1, 增加一次插值 FFT 仿真结果

## 特性:

- 完全兼容 ATT7022B
- ADC 采样数据缓存功能，缓存长度 240
- 支持单通道、双通道或者三通道的同步采样
- 电流有效值小信号精度加强
- 间接得到高精度的电压夹角（大角度时优于 0.2 度）

## 功能说明:

ATT7022C 为 ATT7022B 的升级版本。在保留 ATT7022B 所有功能的基础上，增加了 ADC 采样数据缓存开放功能，用户不需要频繁的产生中断来读取实时的 ADC 数据。ATT7022C 同时加强了电流有效值小信号的精度。

## 采样数据缓存功能:

ATT7022C 新增了一个长度为 240 的缓存存储区，用以实时保存原始采样数据，供用户做进一步的分析。用户发送命令(任务开始+预定 channel 的数据)后，ATT7022C 在每个采样周期将相应的 ADC 数据保存到缓存中，直到缓存满为止。只要不发送新的命令，缓存的数据会保持上一次的数据。

用户可以随时读取缓存的内容。通过 C1 命令改变 gWaveAddress，用户可以任意指定要读的缓存的起始地址；每读一次缓存后，该地址会自加一，大于缓存长度后，会变为 0。

读有效数据的方法是，用户可以等待相应采样间隔以上的时间后，去读取缓存的内容（比如：单通道时 240 个采样间隔时间，双通道 120 个采样间隔时间，采样率为 3.2k）。或者，读取地址小于 ptrWaveFormRd 的内容。(ptrWaveFormRd 为 ATT7022C 内部保存数据时的指针，对应于 7E 的内容。)

SPI 读取到的数据格式：高 2byte 为 16bit 的 ADC 数据，低 1byte 为缓冲区指针。多通道时的数据为实际的存储顺序，以 UA UB UC 为例，在缓存中的数据依次为 UA0 UB0 UC0 UA1 UB1 UC1 ... UA79 UB79 UC79。

缓存区的初始值 0x00 01 00~0x00 F0 00。

## 电流有效值小信号精度加强:

ATT7022C 改善了电流有效值小信号的精度，电流启动阈值 0x1F 也需要做相应的调整。默认值为 0x0001F0。

$$I_{startup} = INT(G * I_0 * 2^{23})$$

G 为 0.648

I0 为起动点。

INT 为取整。

例：为保证 0.1%Ib 起动，起动点设置为 0.08%Ib，假设电流管脚上为 0.1v，则  $I0=0.1*0.0008=0.00008$

$I_{startup}=INT(0.648*0.00008*2^{23})=434=0x0001B2$ 。

## 间接得到高精度的电压夹角

ATT7022B/C 自身的电压夹角分辨率为 5 度左右，为了得到更高的分辨率，可以利用电压电流夹角的原理，得到高精度的电压夹角。

电压 u 电流 i 夹角原理：

$$\varphi = a \cos(pf) = a \cos(P/S) = a \cos\left(\frac{\sum_{k=1}^N u(k)*i(k)/N}{u_{rms}*i_{rms}}\right)$$

其中 N 为一个周期的采样点

对应于电压夹角，比如 Ua Ub，则

$$\varphi U_{ab} = a \cos\left(\frac{\sum_{k=1}^N Ua(k)*Ub(k)/N}{U_{arms}*U_{brms}}\right)$$

其中，Uarms 和 Ubrms 可以直接从寄存器得到，N 可以从频率寄存器得到，Ua (k)，Ub (k) 可以从同步采样 (UaUbUc) 模式的缓存中得到。

经过仿真，夹角 10 度以上，误差在 0.2 度以内。

需要注意的是，原始的 ADC 数据未经过增益补偿，实际计算时在最后的总和上需要乘上相应的增益。

## 寄存器说明：

- 1，命令 0xC0 0xC1 参数寄存器 0x7E 0x7F 为采样数据功能相关寄存器。
- 2，校表寄存器 0x1F 因为电流小信号精度加强，修改其默认值，同时导致参数寄存器 0x3E 0x5F 的默认值变化。

操作	地址	名称	复位值	功能描述
SPI 写命令	0xC0	gWaveCommand	0x000000	如果为 0xCCCCCY，则启动波形数据缓存；其他格式无效。这里 Y 代表需要保存数据的通道号，0~0x0B 有效，依次：Ua\Ia\Ub\Ib\Uc\Ic\In，\Ua+Ia\Ub+Ib\Uc+Ic，\Ua+Ub+Uc\Ia+Ib+Ic。
	0xC1	gWaveAddress	0x000000	用户指定读取的位置，数值取 0~239 范围内有效，超过

SPI 读数据				边界时自动归零处理。
	0x1F	W_Istartup	0x0001F0	起动电流阈值设置。修改其默认值。
	0x7E	ptrWaveFormRd	0x000000	下一个写数据的位置，有效范围 0~240，数据更新完毕后数值停在 240。
	0x7F	mWaveDatatmp	0x000000	用户反复读取数据，内部指针自动增 1，遇到边界时，用户读指针 gWaveAddress 清 0，循环读取。
	0x3E or 0x5F	R_checksum	0x043C73	三相四线模式。
			0x16BC73	三相三线模式。

## 从采样数据得到 FFT 的推荐流程

- 1，开启采样功能（0xC0 命令：通道选择+启动）。
- 2，等待采样数据完成。
- 3，设置用户读指针的起始地址（通过 0xC1 命令），读取采样数据
- 4，对数据进行预处理。
- 5，FFT 变换。
- 6，如需下一次操作，则执行 step1~5

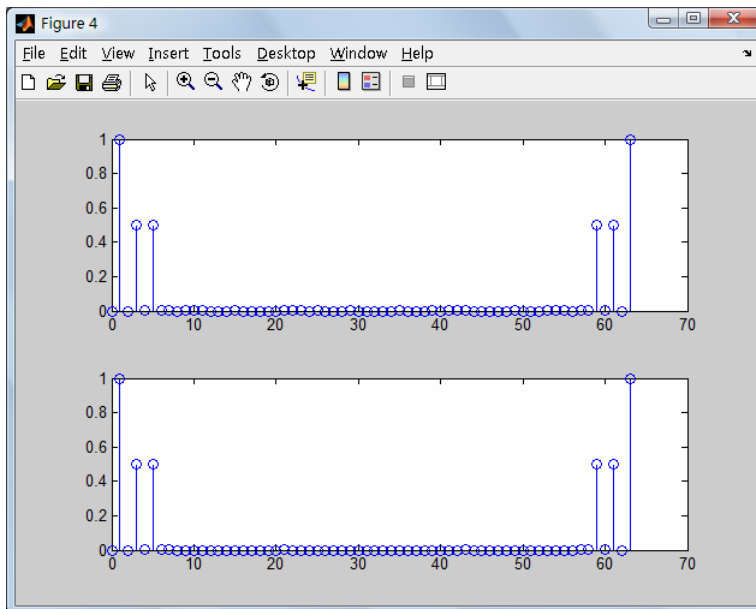
注：

- 1，采样数据为原始的 ADC 数据，未做 offset 校正和增益校正。增益校正时，系数与有效值的校正系数一致。
- 2，通过 SPI 读取的数据为 3 字节。高 2 字节为 ADC 数据，高位在前；低字节无效，为内部的写指针。
- 3，采样数据为固定采样率，因而做 64 点 FFT 时，如果频率偏离 50Hz，则会发生频谱泄漏；对精度要求高时，需要对数据做相应的处理。（一种简单的方案：由于采样点数远超过一个周期的数据，可以用一次插值的方式进行修正，可以保证 7 次谐波符合国标）
- 4，等待采样数据完成时，方案 I:等待相应的时间；方案 II：读取 0x7E，判断内部写指针是否超过期望的值，等于 240 时，代表一次操作完成。

## 附

### 一次插值 FFT 仿真结果

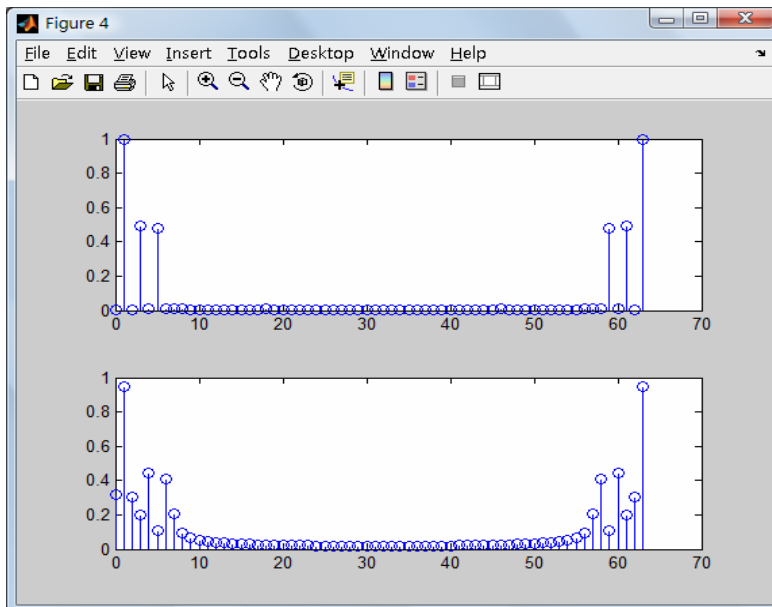
加入 50% 的 3 次（0 度）、5 次（-60 度）谐波仿真结果（50Hz）



一阶插值 FFT 结果 3 次谐波/基波：0.5000 5 次谐波/基波：0.5000

无插值 FFT 结果 3 次谐波/基波：0.5000 5 次谐波/基波：0.5000

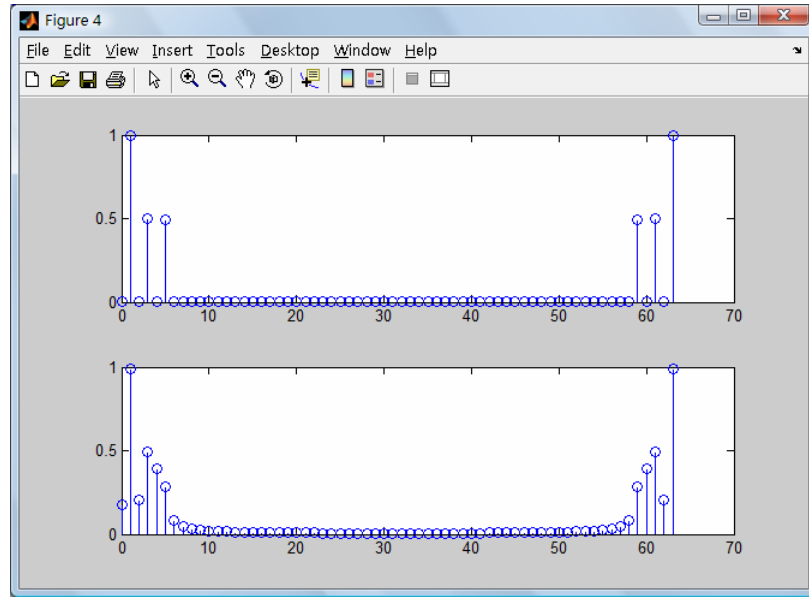
加入 50% 的 3 次（0 度）、5 次（-60 度）谐波仿真结果（45Hz）



一阶插值 FFT 结果 3 次谐波/基波：0.4982 5 次谐波/基波：0.4926

无插值 FFT 结果 3 次谐波/基波：0.4977 5 次谐波/基波：0.2849

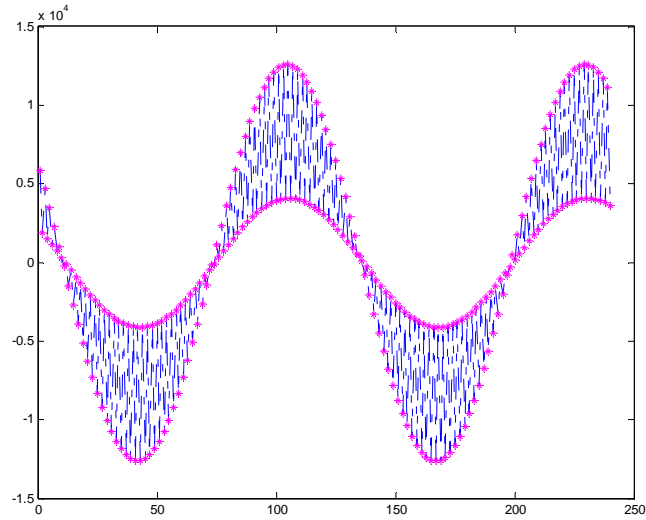
加入 50% 的 3 次（0 度）、5 次（-60 度）谐波仿真结果（63Hz）



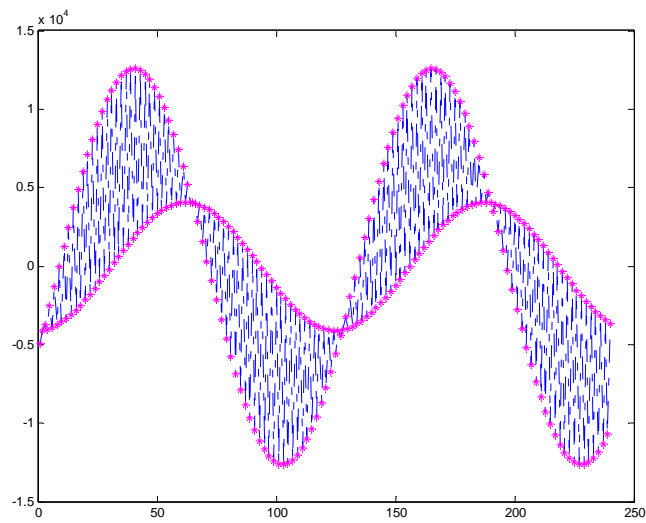
一阶插值 FFT 结果    3 次谐波/基波：0.4926    5 次谐波/基波：0.4829  
无插值 FFT 结果    3 次谐波/基波：0.2091    5 次谐波/基波：0.1156

## 采样功能示例：

机台上，UaIa，对应通道 Y=0x07，UI 同相：

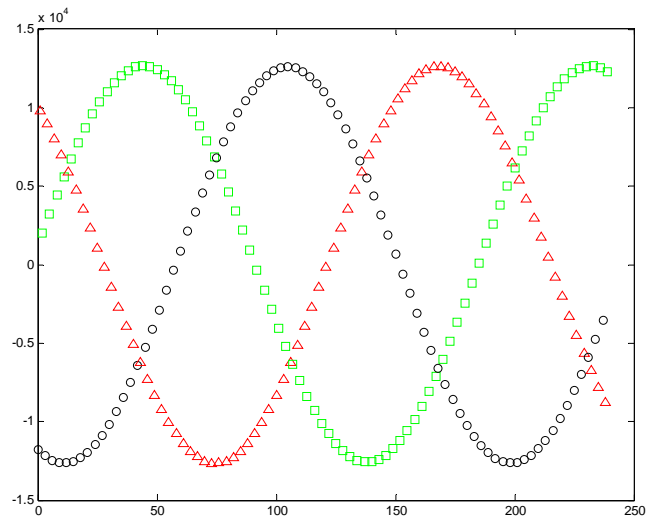


机台上，UaIa，对应通道 Y=0x07，UI 为 0.5L 时：



机台上，UaUbUc，对应通道 Y=0x0A：





机台上, IaIbIc, 对应通道 Y=0x0B:

