

ATT7022C 用户手册

特性:	2
功能说明:	2
采样数据缓存功能:	2
电流有效值小信号精度加强:	2
间接得到高精度的电压夹角	3
寄存器说明:	3
从采样数据得到FFT的推荐流程	4
附	5
一次插值FFT仿真结果	5
采样功能示例:	7

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内，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

IO 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

$$IO=0.1*0.0008=0.00008$$

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

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

$$\varphi_{U_{ab}} = a \cos\left(\frac{\sum_{k=1}^N U_a(k) * U_b(k) / N}{U_{arms} * U_{brms}}\right)$$

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

				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。
SPI 读数据	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

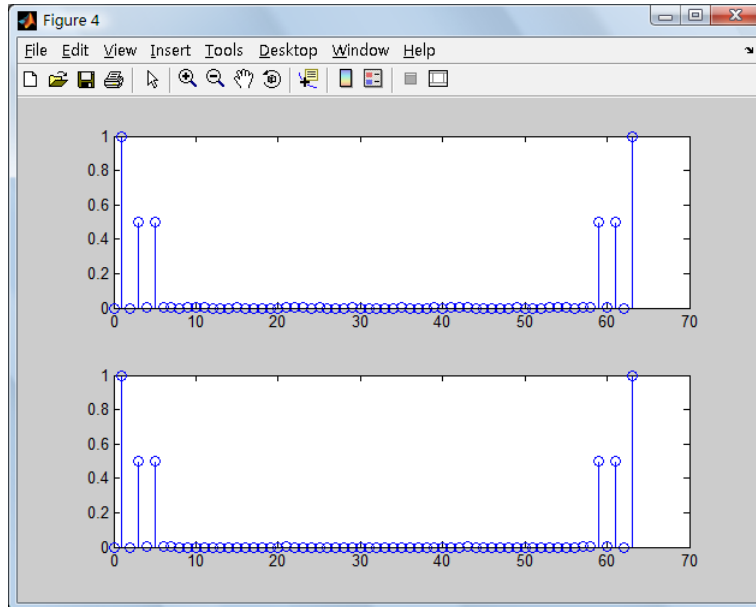
注:

- 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

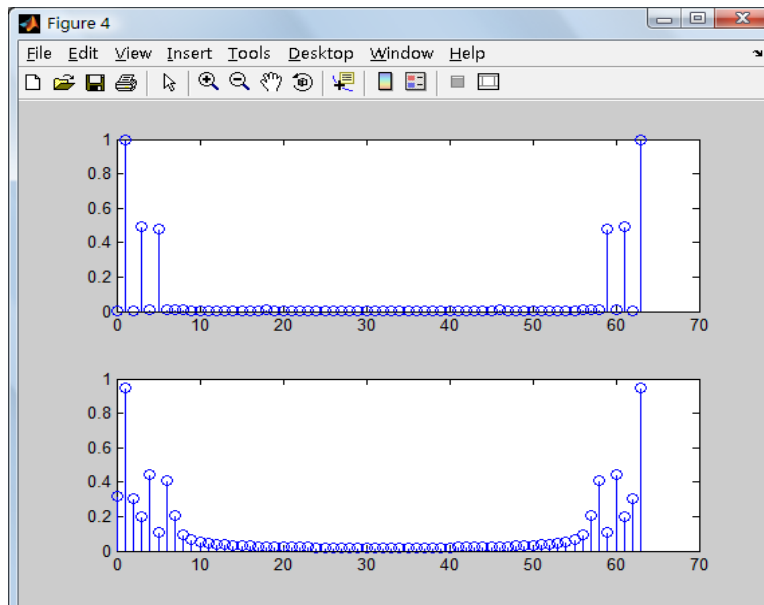
加入 50% 的 3 次 (0 度)、5 次 (-60 度) 谐波仿真结果



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

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

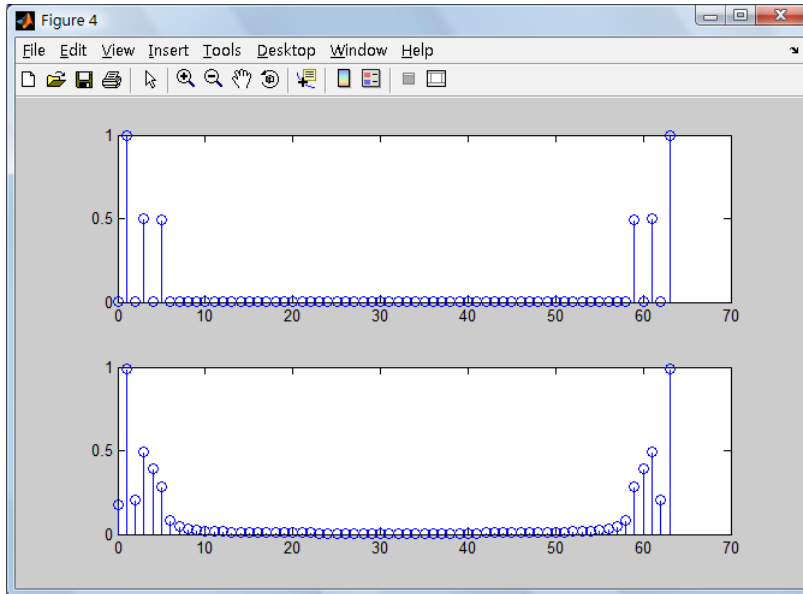
加入 50% 的 3 次 (0 度)、5 次 (-60 度) 谐波仿真结果



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

无插值 FFT 结果 3 次谐波/基波: 0.4977 5 次谐波/基波:

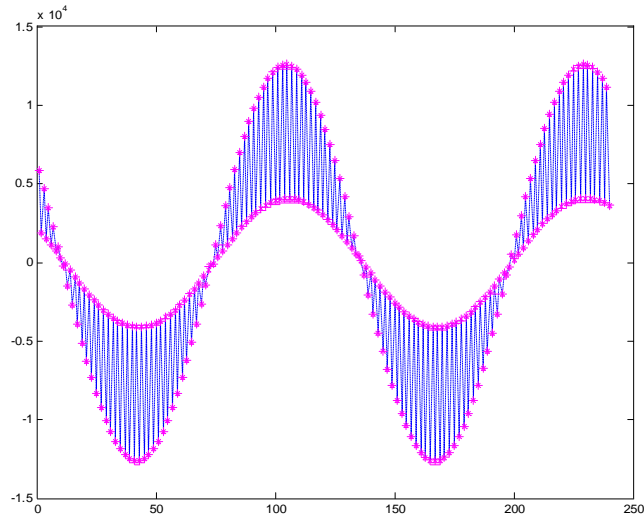
加入 50% 的 3 次 (0 度)、5 次 (-60 度) 谐波仿真结果 (63Hz)



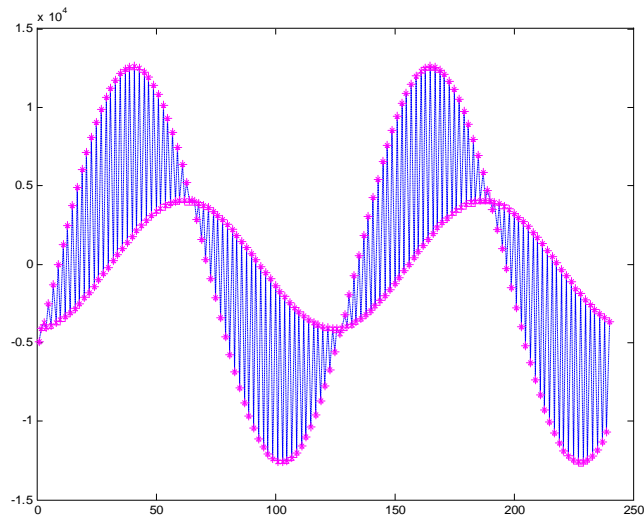
一阶插值 FFT 结果	3 次谐波/基波: 0.4926	5 次谐波/基波: 0.4829
无插值 FFT 结果	3 次谐波/基波: 0.2091	5 次谐波/基波: 0.1156

采样功能示例：

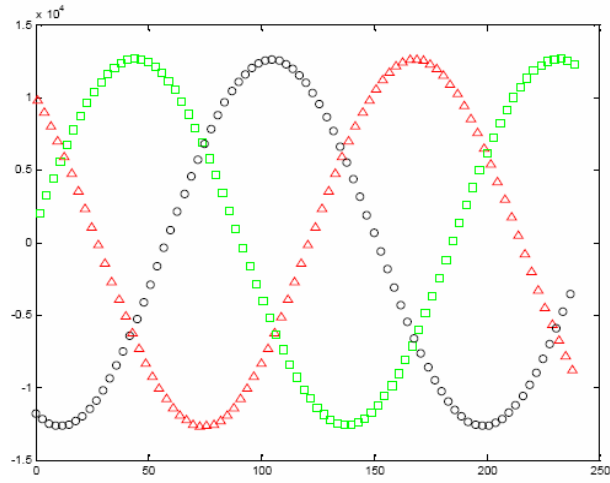
机台上，UaIa，对应通道 Y=0x07，UI 同相：



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:

