

STM32F30x 的 ADC 采样的傅立叶变换

前言

本文目的是演示如何使用 STM32F30x 内部的 DSP 进行浮点快速傅立叶变换（FFT），为联系实际应用，使用 ADC 对波形发生器进行 ADC 采样，然后对 ADC 采样结果进行 FFT，与 Matlab 仿真结果进行比较察看最终结果的准确性。会使用到 ARM 的 DSP 库文件，以及 STM32F30x 的浮点运算单元以及 DSP 指令等。

模拟 ADC 采样数据实现 FFT

使用 Matlab 生成 AM 调制波形

波形公式为： $AM_50 = \sin(2\pi fc) * (1 + 50\% * \sin(2\pi fm))$ ，其中 fc 为载波频率， fm 为调制波频率，调制比 50%。

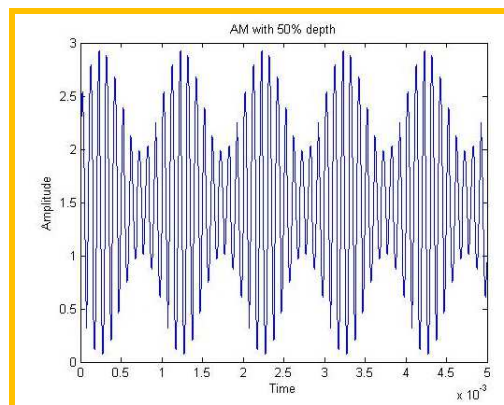
为了使用 ADC 采样，将波形进行偏移处理，叠加 1.5V 电压，最终波形展开公式如下：

$$AM_50 = \sin(2\pi fc) + 50\% * \sin(2\pi fm) * \sin(2\pi fc) + 1.5$$

Matlab 程序如下：

```
x = sin(2*pi*fm*t); % modulation wave
figure;
plot(t,x);
y = sin(2*pi*fc*t); % carrier wave
figure;
plot(t,y);
z1 = y.*(1+m1*x) + 1.5; % AM wave with 50% depth
figure; % figure 1
plot(t,z1);
xlabel('Time');
ylabel('Amplitude');
title('AM with 50% depth');
Z1 = z1*4096/3.3; % 12-bit ADC Value
```

产生波形如下：



生成模拟 ADC 数据，使用 STM32F30x 进行 FFT 运算

生成数据存于 AM_50_ADC_Data[] 数组中，实数转换为复数，进行 CFFT 的运算，调用 arm_cfft_f32 库函数，1024 点 FFT。

```
/* Real data to magnitude data */
for(i=0; i<1024; i++)
{
    testInput_f32_10khz[i*2+1] = 0;
    testInput_f32_10khz[i*2] = AM_50_ADC_Data[i];
}

/* Process the data through the CFFT/CIFFT module */
arm_cfft_f32(&arm_cfft_sR_f32_len1024, testInput_f32_10khz, ifftFlag, doBitReverse);

/* Process the data through the Complex Magnitude Module for
calculating the magnitude at each bin */
arm_cmplx_mag_f32(testInput_f32_10khz, testOutput, fftSize);
```

结果打印并且和 Matlab 计算结果进行比较

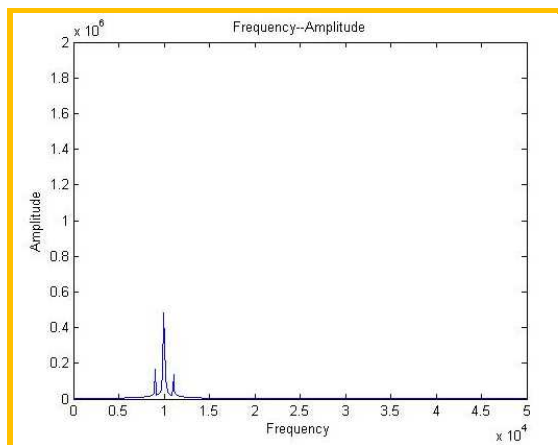
为方便显示只取整数部分比较：上图为 Matlab 输出，下图为经过 STM32F30x 计算后的结果

File	Edit	Format	View	Help
AM_50_FFT = {				
1909633,	3692,	3694,	3696,	3699,3704,3709,3715,3722,3730,
3740,	3747,	3759,	3771,	3783,3797,3812,3829,3846,3866,
3894,	3889,	3919,	3943,	3968,3993,4020,4048,4078,4109,
4145,	4155,	4203,	4241,	4280,4320,4362,4406,4452,4499,
4549,	4595,	4654,	4711,	4770,4831,4895,4963,5033,5107,
5185,	5284,	5339,	5430,	5523,5620,5722,5828,5940,6059,
6184,	6322,	6438,	6589,	6744,6907,7079,7263,7457,7665,
7887,	8126,	8363,	8645,	8940,9258,9603,9978,10389,10840,
11339,	11894,	12530,	13225,	14034,14979,16104,17490,19284,21808,
25980,	35975,	166096,	22471,	19236,23480,28561,34881,43562,56906,
80909,	138564,	482499,	318700,	117866,71135,50020,37738,29482,23433,
19345,	21212,	59699,	140285,	46849,32152,25804,22080,19541,17653,
16168,	14957,	13942,	13064,	12317,11654,11065,10537,10060,9628,
9233,	8870,	8536,	8212,	7947,7680,7432,7200,6983,6778,
6586,	6405,	6233,	6068,	5922,5775,5636,5505,5379,5259,
5145,	5036,	4931,	4828,	4743,4646,4557,4472,4391,4312,
4237,	4165,	4096,	4032,	3917,3890,3831,3773,3716,3661,
3607,	3555,	3505,	3455,	3394,3364,3319,3275,3233,3192,
3152,	3113,	3076,	3040,	3011,2962,2931,2898,2866,2835,
2804,	2774,	2745,	2718,	2695,2649,2629,2604,2578,2553,
2529,	2504,	2479,	2454,	2422,2405,2407,2381,2358,2337,

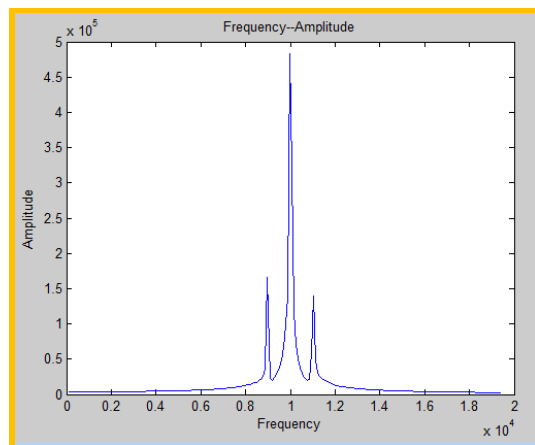
ADC_FFT Value									
1909633	3692	3694	3696	3699	3704	3709	3715	3722	3730
3740	3747	3759	3771	3783	3797	3812	3829	3846	3866
3894	3889	3919	3943	3968	3993	4020	4048	4078	4109
4145	4155	4203	4241	4280	4320	4362	4406	4452	4499
4549	4595	4654	4711	4770	4831	4895	4963	5033	5107
5185	5284	5339	5430	5523	5620	5722	5828	5940	6059
6184	6322	6438	6589	6744	6907	7079	7263	7457	7665
7887	8126	8363	8645	8940	9258	9603	9978	10389	10840
11339	11894	12530	13225	14034	14979	16104	17490	19284	21808
25980	35975	166096	22471	19236	23480	28561	34881	43562	56906
80909	138564	482499	318700	117866	71135	50020	37738	29482	23433
19345	21212	59699	140285	46849	32152	25804	22080	19541	17653
16168	14957	13942	13064	12317	11654	11065	10537	10060	9628
9233	8870	8536	8212	7947	7680	7432	7200	6983	6778
6586	6405	6233	6068	5922	5775	5636	5505	5379	5259
5145	5036	4931	4828	4743	4646	4557	4472	4391	4312
4237	4165	4096	4032	3917	3890	3831	3773	3716	3661
3607	3555	3505	3455	3394	3364	3319	3275	3233	3192
3152	3113	3076	3040	3011	2962	2931	2898	2866	2835
2804	2774	2745	2718	2695	2649	2629	2604	2578	2553
2529	2504	2479	2454	2422	2405	2407	2381	2358	2337
2316	2296	2277	2258	2240	2247	2202	2186	2169	2152
2136	2120	2105	2091	2078	2067	2030	2023	2010	1997

模拟数据进行快速傅立叶结论

从数据上看 Matlab 仿真以及 STM32F30x 的 FFT 两者非常吻合，数据可以直接使用。基于时间数据转换到频域上，理论上直流分量，频率 f_c 处，以及频率 $f_c - f_m$ ， $f_c + f_m$ 处都会有波峰出现，实际看 FFT 波形如下：



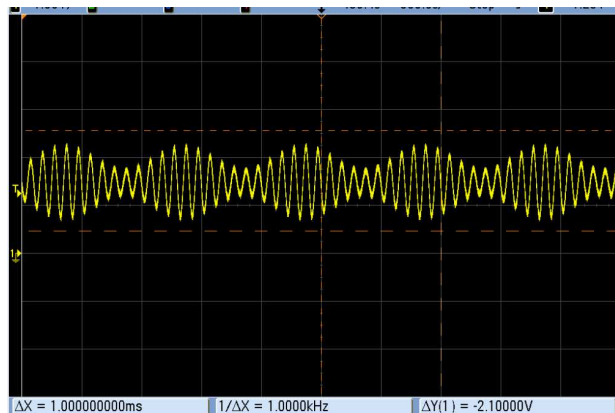
取模操作， $f_c = 10\text{KHz}$ ， $f_m = 1\text{KHz}$



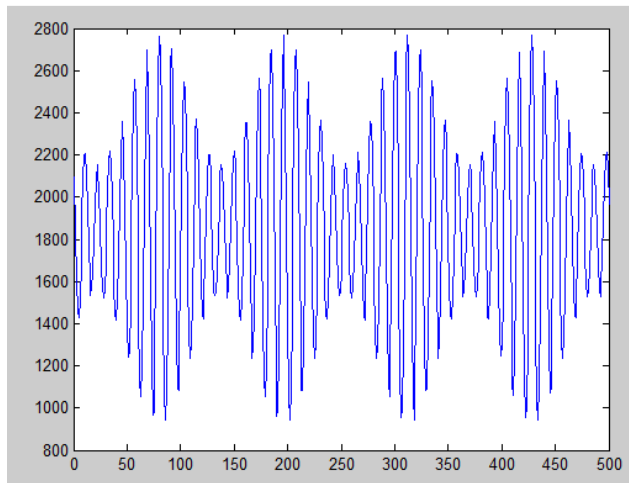
去除直流分量波形

实际 ADC 采样并进行 FFT 操作

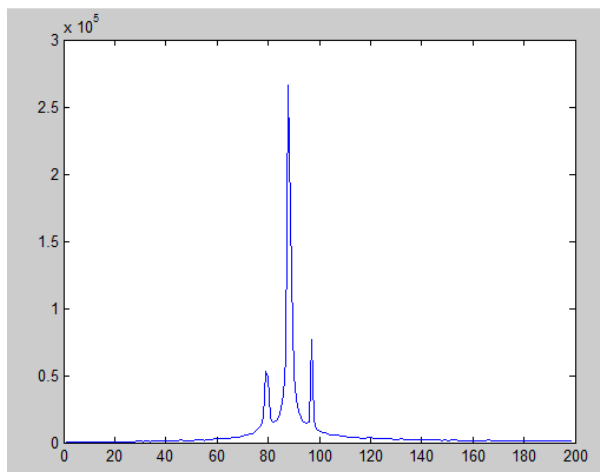
使用波形发生器产生 50% 调幅波，载波 10KHz，调制波 1KHz，调制比 50%，偏移 1.5V



使用 STM32F30x 进行 ADC 采样，采样结果存于数组，数据导入到 Matlab 显示波形如下：



根据 ADC 采样数据进行 FFT 变换，分析结果如下面所示：



结论：

由 STM32F30x 的 ADC 采样的波形可以完整进行快速傅立叶变换，变化结果符合理论变化预期。并且利用 STM32F30x 的 FPU 以及 DSP 模块方便快速进行变化，给实际应用带来很大便利性。

重要通知 - 请仔细阅读

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对ST 产品和/ 或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关ST 销售条款。

买方自行负责对ST 产品的选择和使用， ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和ST 徽标是ST 的商标。所有其他产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。