

安富莱STM32-V5开发板

数字信号处理教程

文档版本：V1.0



安富莱电子

WWW.ARMFLY.COM

声 明

本文档的版权归武汉安富莱电子有限公司所有。任何公司或者个人未经许可，不得将本文档用于商业目的。

- 本文档由安富莱电子原创，非我们原创的资料已经在章节的开头进行申明（特别是 FFT 部分）。
- 教程中使用的 DSP 库是来自 ARM 公司。
- 教程参考资料如下：
 - ◆ Cortex-M4 权威指南。
 - ◆ 数字信号处理理论、算法与实现第二版(作者：胡广书)。
 - ◆ 信号与系统第二版(作者：奥本海姆)。
 - ◆ Matlab 的 help 文档。
 - ◆ 力科示波器基础应用系列文档。
 - ◆ 百度百科，wiki 百科。
 - ◆ 网络资源。
 - ◆ ST 官方相关文档。

第42章 DSP 库函数执行时间测试

本章节主要测试实数 FFT，复数 FFT，FIR 和 IIR 相关函数的执行时间，方便大家选择合适的函数用于项目。

42.1 测试平台和测试条件

42.2 IIR 滤波函数执行时间测试

42.3 FIR 滤波函数执行时间测试

42.4 复数 FFT 函数执行时间测试(单精度浮点)

42.5 复数 FFT 函数执行时间测试(基 2 算法 Q31)

42.6 复数 FFT 函数执行时间测试(基 2 算法 Q15)

42.7 复数 FFT 函数执行时间测试(基 4 算法 Q31)

42.8 复数 FFT 函数执行时间测试(基 4 算法 Q15)

42.9 实数 FFT 函数执行时间测试(单精度浮点)

42.10 实数 FFT 函数执行时间测试(定点 Q31)

42.11 实数 FFT 函数执行时间测试(定点 Q15)

42.12 T 的 FFT 库函数执行时间测试

42.1 测试平台和测试条件

测试平台：

1. 安富莱 STM32-V5 开发板 (STM32F407IGT6, Cortex-M4F 内核)。
2. 安富莱 STM32-V3 开发板 (STM32F103ZET6, Cortex-M3 内核)。

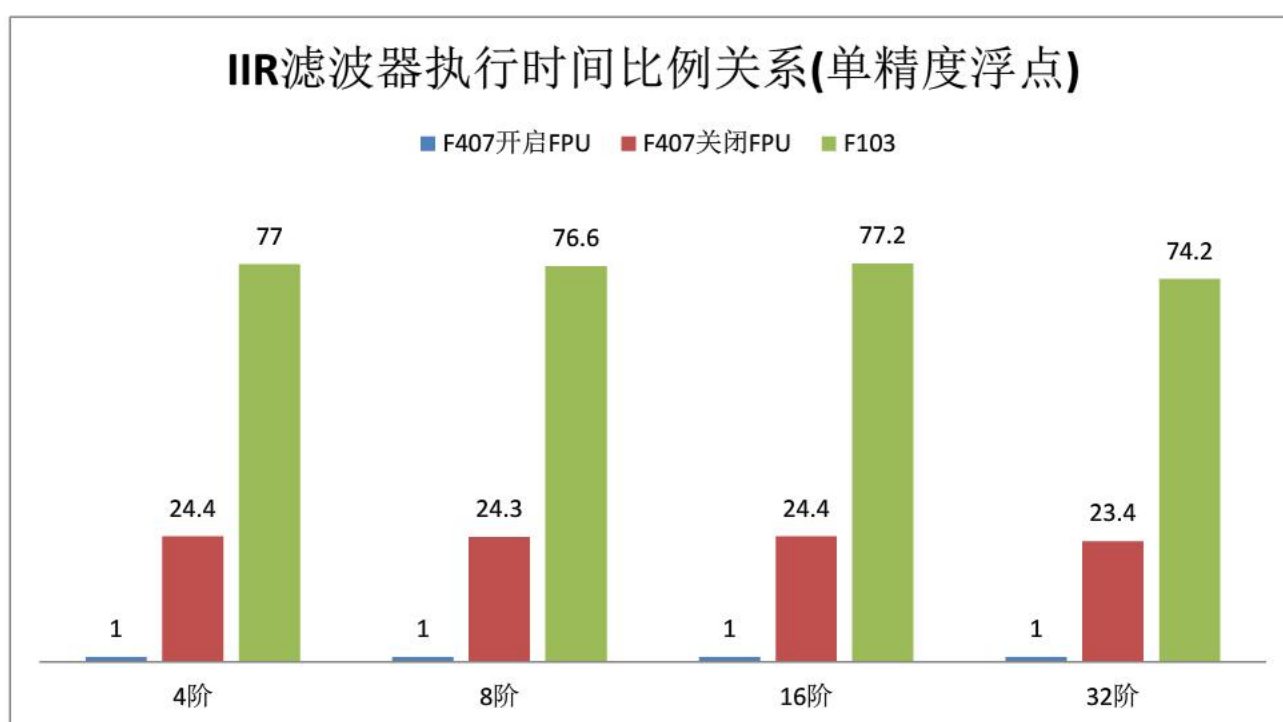
测试条件：

1. MDK4.54 优化等级 1, CMSIS-DSP 版本 V1.4.4。
1. STM32F407 主频 168MHz, 5 个 Flash 等待周期, 开启存储器加速器(ART Accelerator™)。
STM32F103 主频 72MHz, 2 个 Flash 等待周期。
2. 每个函数运行 10 次求平均。
3. 在 CM3, CM4 中有 3 种跟踪源: ETM, ITM 和 DWT, 本测试使用 DWT 中的时钟周期 (CYCCNT) 计数功能测试执行时间, uCOS-III 中的时间戳就是使用的此功能来实现, 所以所有 DSP 函数都是运行在 uCOS-III 上, 版本 V3.03.01。

42.2 IIR 滤波函数执行时间测试

测试函数：arm_biquad_cascade_df1_f32

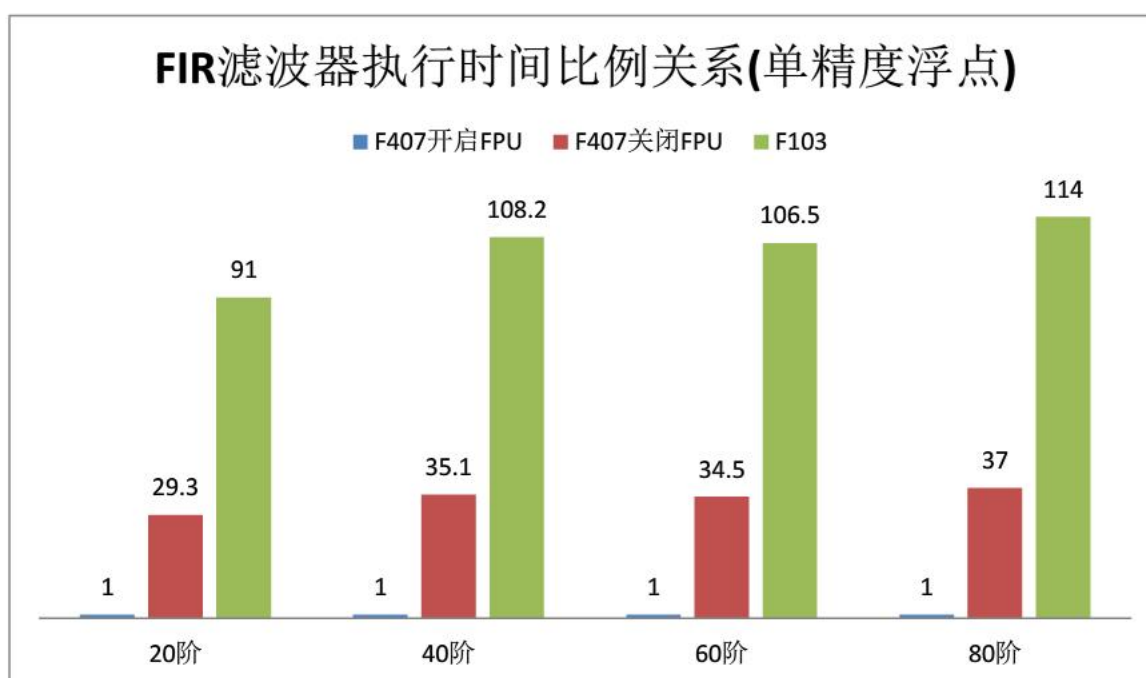
| IIR 滤波直接 I 型单精度浮点 | STM32F407 开启 FPU | STM32F407 关闭 FPU | STM32F103 |
|-------------------|------------------|------------------|-------------|
| 4 阶，1024 点数据 | 235.19us | 5746.81us | 18119.18us |
| 8 阶，1024 点数据 | 470.20us | 11443.21us | 36041.26us |
| 16 阶，1024 点数据 | 940.57us | 23032.33us | 72635.37us |
| 32 阶，1024 点数据 | 1880.87us | 44083.01us | 139727.14us |



42.3 FIR 滤波函数执行时间测试

测试函数：arm_fir_f32

| FIR 滤波器 | STM32F407 开启 FPU | STM32F407 关闭 FPU | STM32F103 |
|---------------|------------------|------------------|-------------|
| 20 阶，1024 点数据 | 459.27us | 13483.80us | 41805.58us |
| 40 阶，1024 点数据 | 755.17us | 26506.57us | 81734.85us |
| 60 阶，1024 点数据 | 1144.93us | 39505.38us | 122049.33us |
| 80 阶，1024 点数据 | 1419.69us | 52561.46us | 161956.43us |

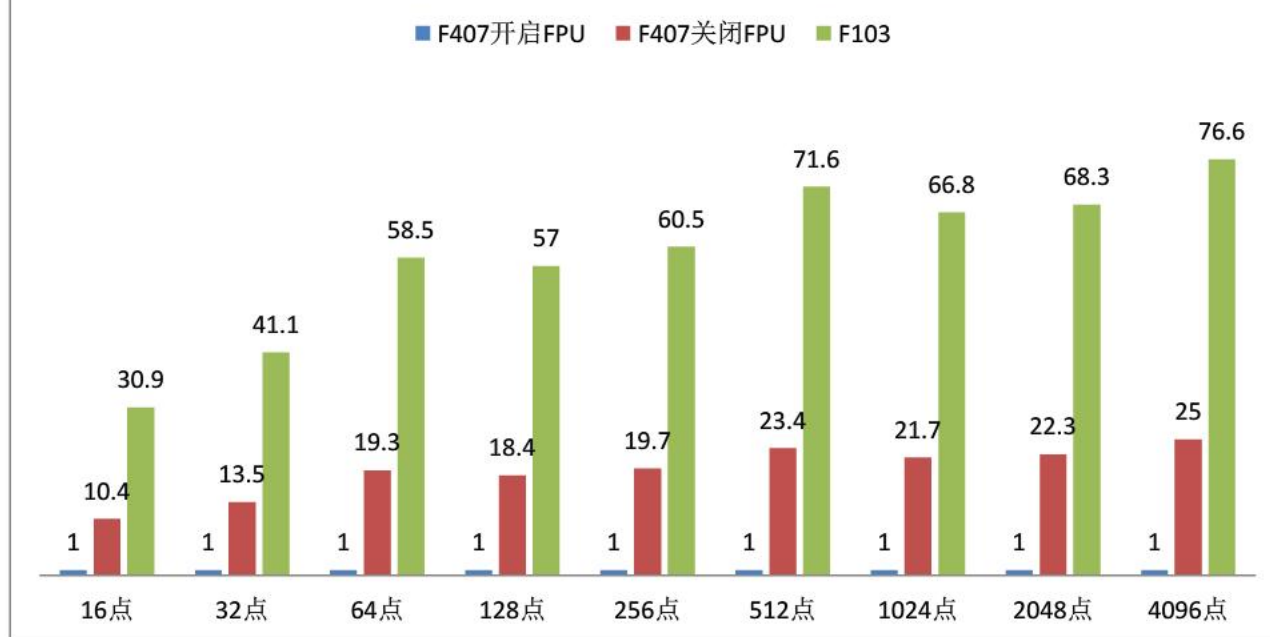


42.4 复数 FFT 函数执行时间测试 (单精度浮点)

测试函数: arm_cfft_f32

| 复数 FFT | STM32F407 开启 FPU | STM32F407 关闭 FPU | STM32F103 |
|----------|------------------|------------------|--------------|
| 16 点数据 | 6.16us | 64.49 us | 190.58us |
| 32 点数据 | 13.29 us | 180.60 us | 547.48 us |
| 64 点数据 | 22.23us | 430.64 us | 1300.76 us |
| 128 点数据 | 59.56 us | 1100.28 us | 3396.24 us |
| 256 点数据 | 132.89 us | 2629.25 us | 8052.30 us |
| 512 点数据 | 245.72 us | 5768.67 us | 17598.89 us |
| 1024 点数据 | 615.92 us | 13365.91 us | 41143.82 us |
| 2048 点数据 | 1354.58 us | 30224.25 us | 92579.28 us |
| 4096 点数据 | 2563.90 us | 64339.02 us | 196646.04 us |

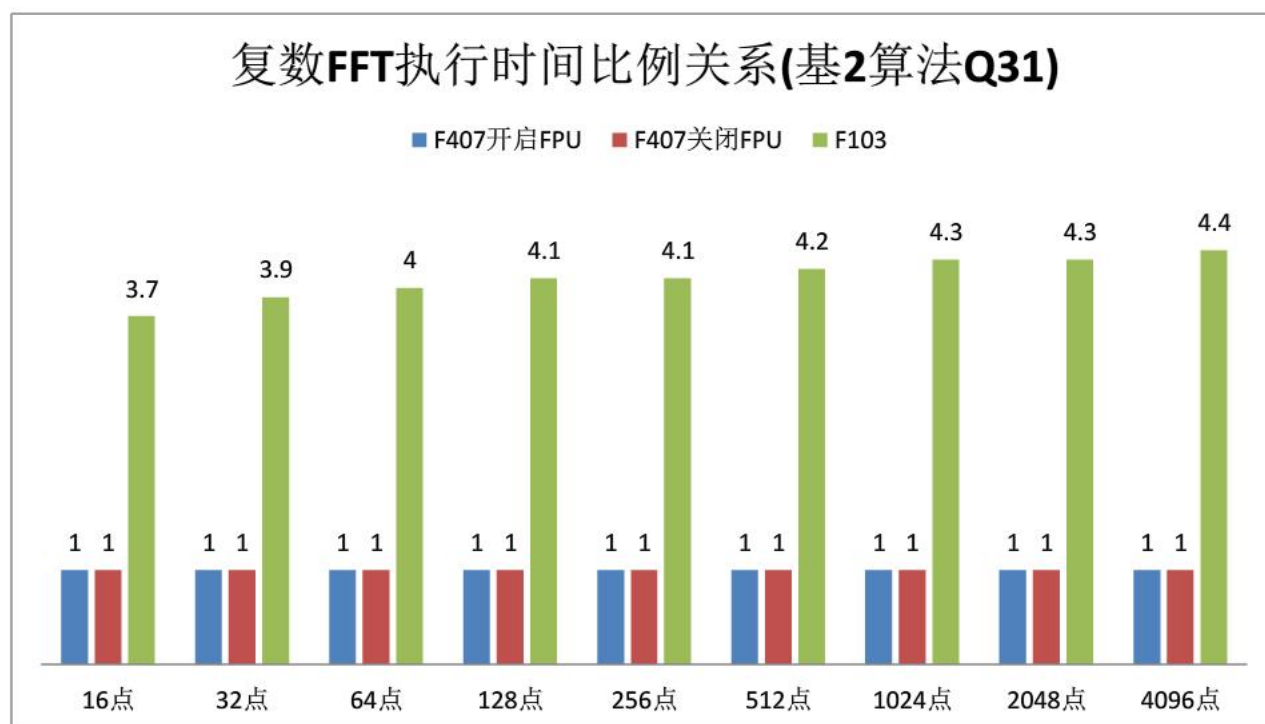
复数FFT执行时间比例关系(单精度浮点)



42.5 复数 FFT 函数执行时间测试 (基 2 算法 Q31)

测试函数 : arm_cfft_radix2_q31

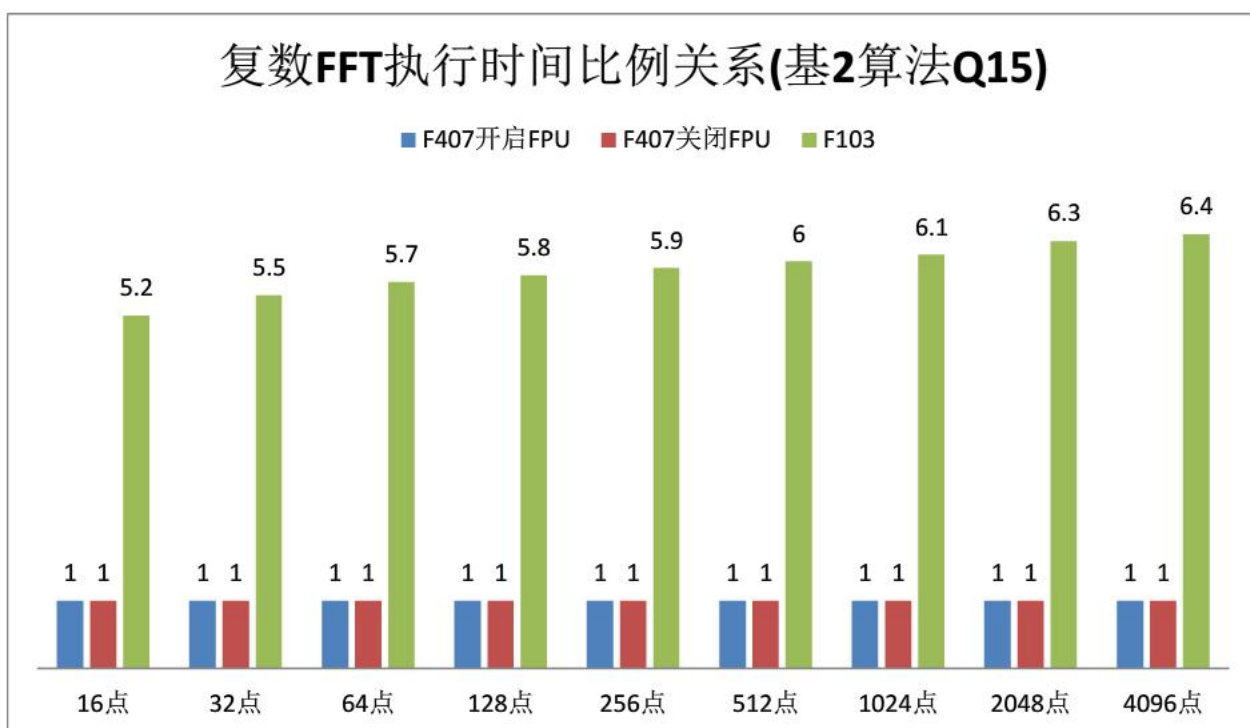
| 复数 FFT | STM32F407 开启 FPU | STM32F407 关闭 FPU | STM32F103 |
|----------|------------------|------------------|------------|
| 16 点数据 | 9.80us | 9.80 us | 36.70us |
| 32 点数据 | 22.61us | 22.61 us | 88.36us |
| 64 点数据 | 51.43us | 51.44 us | 207.81us |
| 128 点数据 | 114.91us | 114.92us | 474.58us |
| 256 点数据 | 254.96 us | 254.96 us | 1068.19us |
| 512 点数据 | 559.41 us | 559.41us | 2374.24us |
| 1024 点数据 | 1215.58 us | 1215.58 us | 5227.86us |
| 2048 点数据 | 2592.77 us | 2592.77 us | 11351.33us |
| 4096 点数据 | 5506.18 us | 5506.18 us | 24494.86us |



42.6 复数 FFT 函数执行时间测试 (基 2 算法 Q15)

测试函数 : arm_cfft_radix2_q15

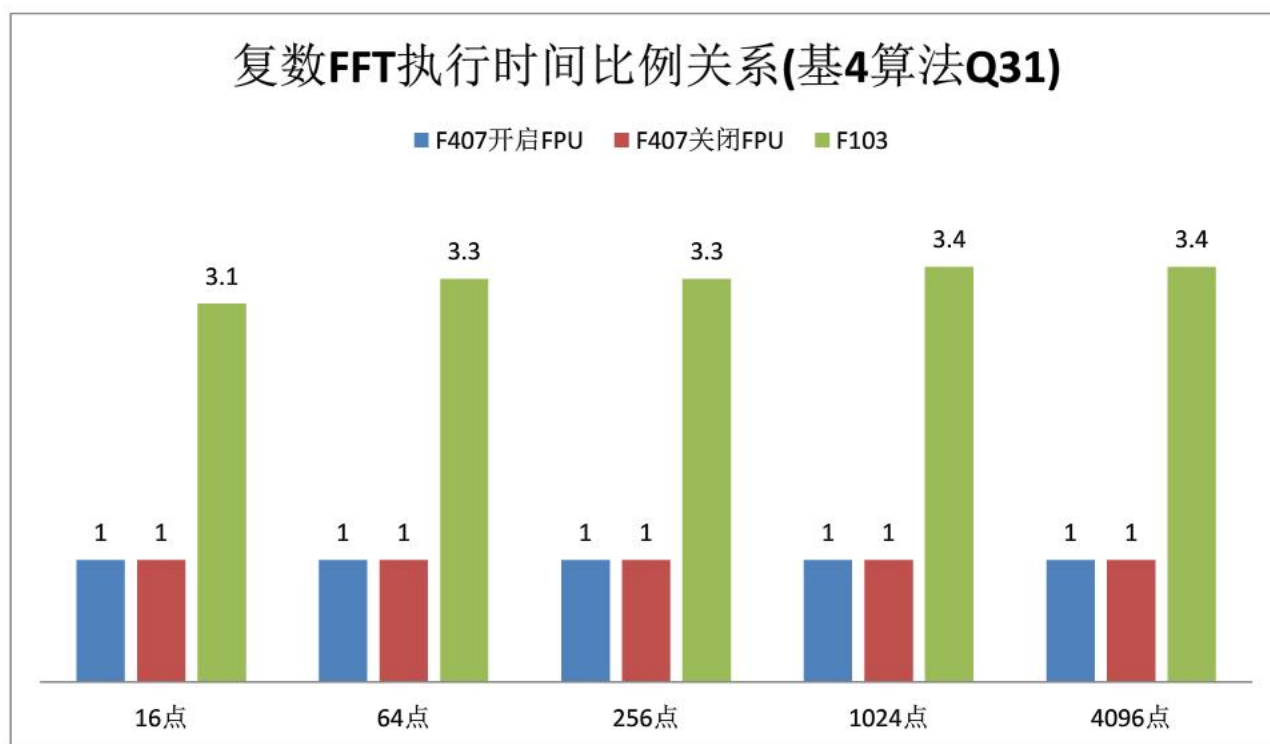
| 复数 FFT | STM32F407 开启 FPU | STM32F407 关闭 FPU | STM32F103 |
|----------|------------------|------------------|------------|
| 16 点数据 | 5.87us | 5.87us | 31.01us |
| 32 点数据 | 13.03us | 13.03 us | 72.14us |
| 64 点数据 | 29.01us | 29.02 us | 165.87us |
| 128 点数据 | 63.97us | 63.97us | 375.36us |
| 256 点数据 | 140.62us | 140.62us | 840.09us |
| 512 点数据 | 306.46 us | 330.46us | 1859.26us |
| 1024 点数据 | 660.85 us | 660.85us | 4079.98us |
| 2048 点数据 | 1405.44 us | 1405.41 us | 8882.51us |
| 4096 点数据 | 2984.21 us | 2984.18 us | 19203.37us |



42.7 复数 FFT 函数执行时间测试 (基 4 算法 Q31)

测试函数 : arm_cfft_radix4_q31

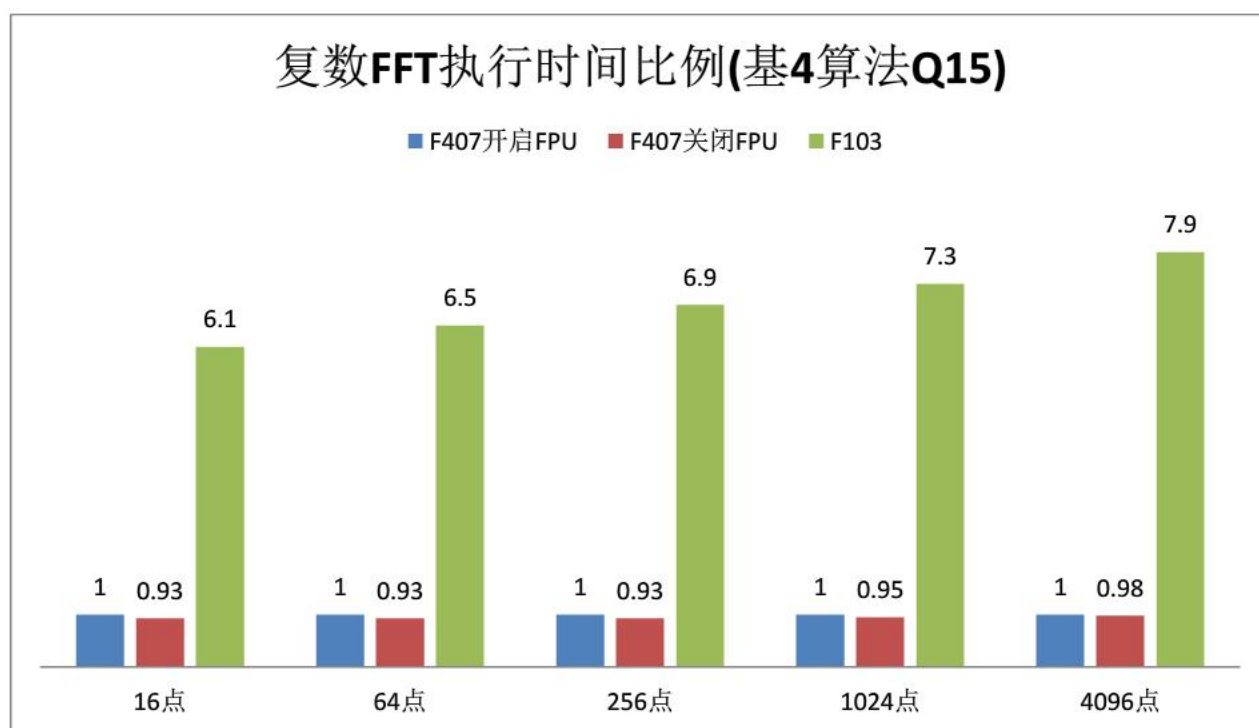
| 复数 FFT | STM32F407 开启 FPU | STM32F407 关闭 FPU | STM32F103 |
|----------|------------------|------------------|------------|
| 16 点数据 | 5.73us | 5.66us | 18.01us |
| 64 点数据 | 33.39us | 33.37 us | 110.93us |
| 256 点数据 | 174.82 us | 174.80us | 592.45us |
| 1024 点数据 | 858.87 us | 858.87 us | 2956.54us |
| 4096 点数据 | 4058.22 us | 4058.23 us | 13909.84us |



42.8 复数 FFT 函数执行时间测试 (基 4 算法 Q15)

测试函数 : arm_cfft_radix4_q15

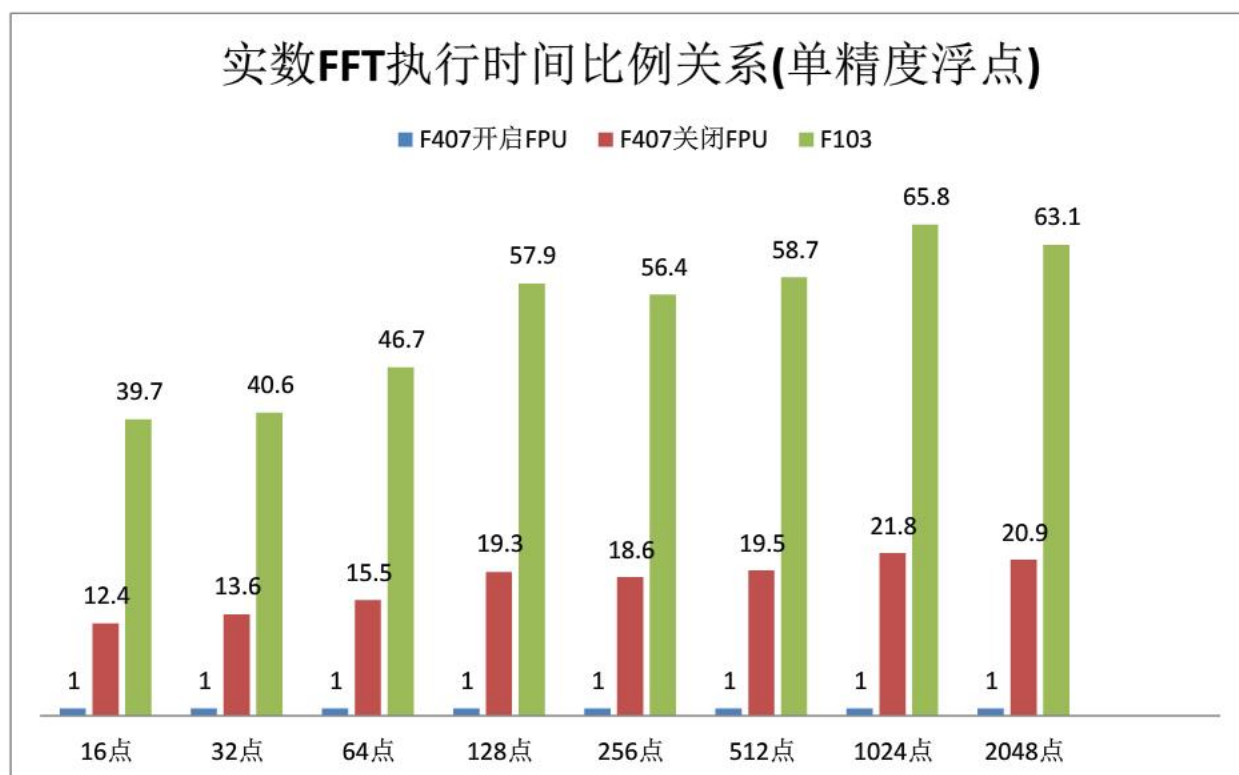
| 复数 FFT | STM32F407 开启 FPU | STM32F407 关闭 FPU | STM32F103 |
|----------|------------------|------------------|------------|
| 16 点数据 | 4.30us | 4.03us | 26.25us |
| 64 点数据 | 22.17us | 20.65 us | 145.69us |
| 256 点数据 | 107.85 us | 100.70us | 745.03us |
| 1024 点数据 | 493.65 us | 471.40 us | 3632.33us |
| 4096 点数据 | 2137.27 us | 2114.96 us | 17094.53us |



42.9 实数 FFT 函数执行时间测试（单精度浮点）

测试函数：arm_rfft_fast_f32

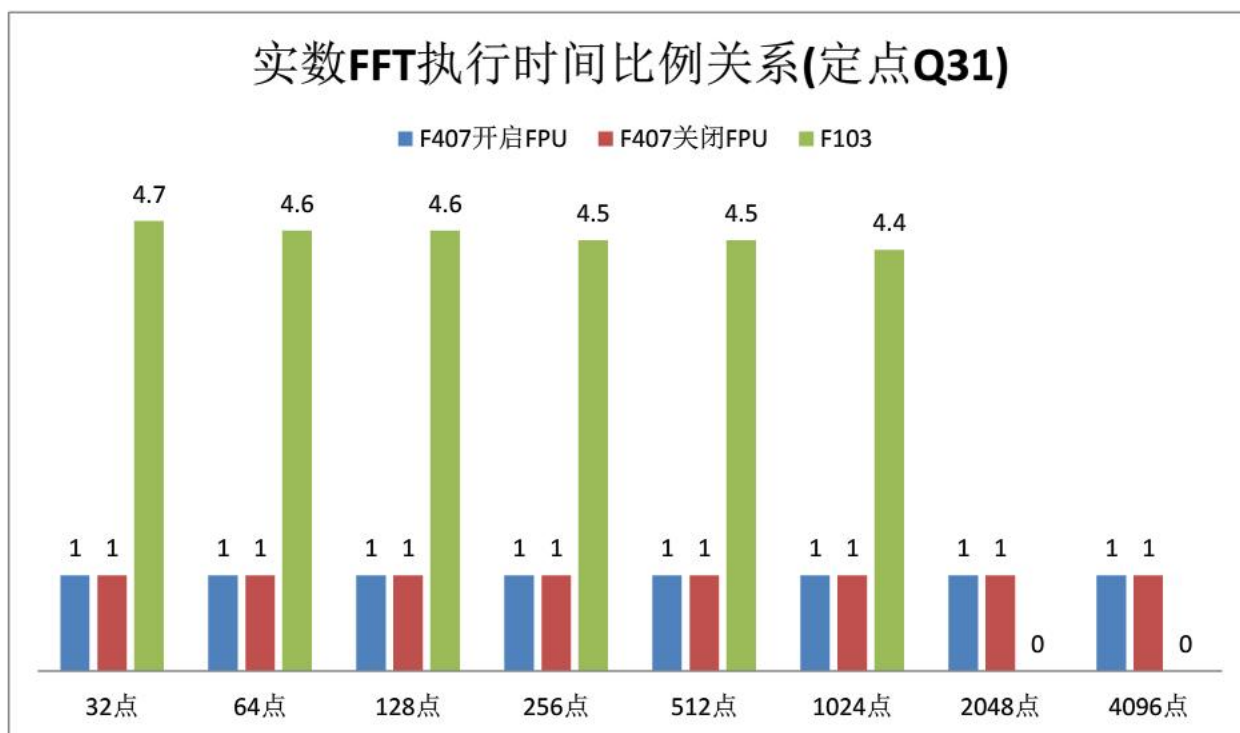
| 实数 FFT | STM32F407 开启 FPU | STM32F407 关闭 FPU | STM32F103 |
|----------|------------------|------------------|------------|
| 16 点数据 | 2.37us | 29.48 us | 94.15us |
| 32 点数据 | 10.26us | 139.78us | 417.39us |
| 64 点数据 | 21.14us | 328.46 us | 989.34us |
| 128 点数据 | 37.78us | 729.70us | 2189.70us |
| 256 点数据 | 90.43 us | 1688.89 us | 5101.02us |
| 512 点数据 | 194.41 us | 3804.46us | 11419.27us |
| 1024 点数据 | 369.25 us | 8081.28 us | 24304.21us |
| 2048 点数据 | 862.70 us | 18077.54us | 54461.39us |



42.10 实数 FFT 函数执行时间测试 (定点 Q31)

测试函数 : arm_rfft_fast_f32

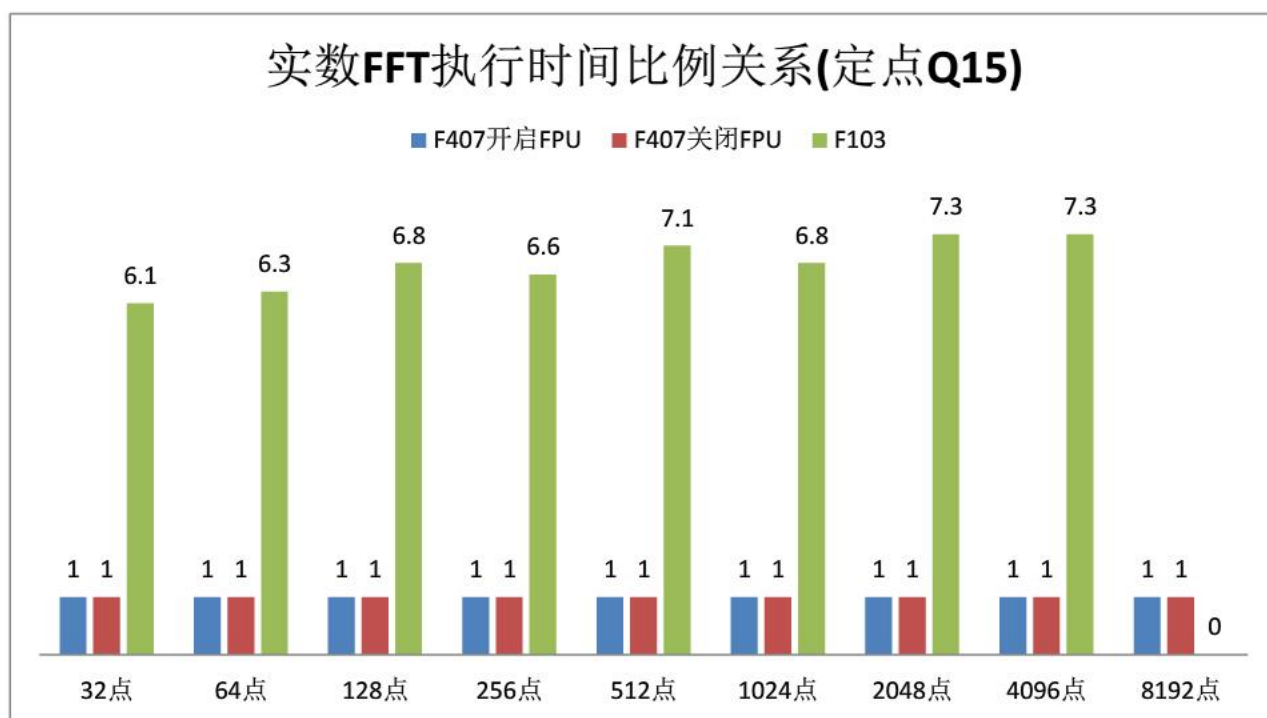
| 实数 FFT | STM32F407 开启 FPU | STM32F407 关闭 FPU | STM32F103 |
|----------|------------------|------------------|-----------|
| 32 点数据 | 11.13us | 11.13 us | 53.40us |
| 64 点数据 | 27.18us | 27.20us | 127.35us |
| 128 点数据 | 53.91us | 53.90 us | 252.74us |
| 256 点数据 | 128.80us | 128.82us | 585.48us |
| 512 点数据 | 254.54 us | 254.51 us | 1154.36us |
| 1024 点数据 | 596.98 us | 597.00us | 2635.15us |
| 2048 点数据 | 1179.86 us | 1179.86 us | 未测试 |
| 4096 点数据 | 2654.62 us | 2654.62us | 未测试 |



42.11 实数 FFT 函数执行时间测试 (定点 Q15)

测试函数 : arm_rfft_q15

| 实数 FFT | STM32F407 开启 FPU | STM32F407 关闭 FPU | STM32F103 |
|----------|------------------|------------------|-----------|
| 32 点数据 | 7.76us | 7.77 us | 47.72us |
| 64 点数据 | 18.22us | 18.21us | 115.73 |
| 128 点数据 | 33.29us | 33.26 us | 229.08 |
| 256 点数据 | 82.00us | 81.98us | 542.84 |
| 512 点数据 | 150.01us | 149.95 us | 1075.88 |
| 1024 点数据 | 363.24 us | 363.22us | 2495.44 |
| 2048 点数据 | 671.60us | 671.54 us | 4953.69 |
| 4096 点数据 | 1536.36us | 1536.43us | 11285.42 |
| 8192 点数据 | 2791.56us | 2791.50us | 未测试 |



42.12 ST 的 FFT 库函数执行时间测试

测试函数：cr4_fft_64_stm32 cr4_fft_512_stm32 cr4_fft_1024_stm32

| 实数 FFT | STM32F407 开启 FPU | STM32F407 关闭 FPU | STM32F103 |
|----------|------------------|------------------|-----------|
| 64 点数据 | 21.61us | 21.61us | 79.41us |
| 512 点数据 | 122.64us | 122.64us | 445.77us |
| 1024 点数据 | 582.17us | 582.16 us | 2159.64us |

