

数字信号处理实验报告

班级： 9201042101

组员： 徐红锐 (9201040G0229)

杨千烨 (9201040G0230)

指导老师： 王海青

2022 年 12 月

实验一 FFT 分析信号频谱

一、实验目的:

- 1、通过本实验,加深对 DFT、FFT 等有关知识的理解。
- 2、熟悉应用 FFT 对信号进行频谱分析的方法。
- 3、了解应用 FFT 进行频谱分析过程中可能出现的现象,以便在实际中正确应用。
- 4、了解采用 DSP,通过编制 FFT 的汇编程序,实现信号频谱分析的方法。

二、实验原理:

1、本实验采用 DSP,通过编制 FFT 的汇编程序,实现信号的频谱分析;实验原理图如图 4-1 所示:

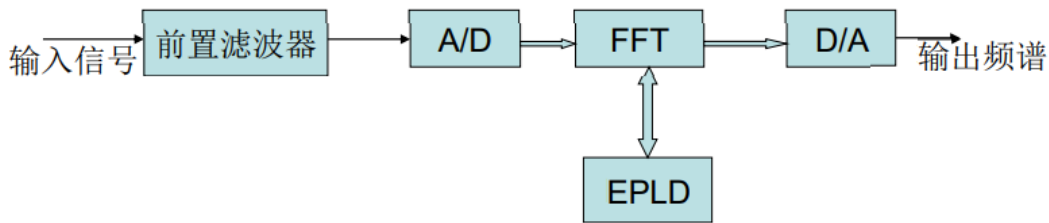


图 1-1 实验原理图

图中使用的 DSP 芯片为 TMS320F2812, A/D 芯片为 12 位, D/A 芯片为 AD768(16 位), EPLD 为可编程逻辑器,用于产生逻辑控制信号。

三、实验仪器、仪表及原理图:

信号源一台, 双踪示波器一台, 稳压电 源一台, 实验板一块。



图 1-2 实验仪器连接图

四、实验内容及步骤:

- 1、按实验连接图检查连线是否正确,然后依次 打开信号源、示波器、实验装置的电源开关;
- 2、将信号源的频率调至 1KHz, V_{pp} 调至 800mv, 波形调为正弦波;
- 3、按实验箱提示选择 2($f_s=27.9\text{KHz}$),然后选 择 3(fft);
- 4、观察示波器上的频谱并记录,在 1KHz ~ 13KHz 之间每间隔 1KHz 调一次频率;
- 5、将信号源的波形调为方波,重复第 3、4 步的 操作。

五、实验数据:

表（一）正弦波信号频谱数据				
f/kHz	t1/ms	t2/ms	T/ms	u1/v
1	0.10	2.65	2.75	2.32
2	0.20	2.55	2.75	3.60
3	0.30	2.45	2.75	1.84
4	0.40	2.35	2.75	1.32
5	0.50	2.25	2.75	1.52
6	0.60	2.15	2.75	1.28
7	0.70	2.05	2.75	3.60
8	0.80	1.95	2.75	3.12
9	0.90	1.85	2.75	2.20
10	1.00	1.75	2.75	2.52
11	1.10	1.65	2.75	2.56
12	1.20	1.55	2.75	2.72
13	1.30	1.45	2.75	2.16

表（二）方波信号频谱数据							
f/kHz	t1/ms	t2/ms	t3/ms	t4/ms	T/ms	u1/v	u2/v
1	0.10	0.30	2.45	2.65	2.75	2.46	0.38
2	0.20	0.60	2.15	2.55	2.75	2.19	0.35
3	0.30	0.90	1.85	2.45	2.75	2.84	0.31
4	0.40	1.20	1.55	2.35	2.75	2.65	0.27
5	0.50	1.50	1.25	2.25	2.75	1.90	0.21
6	0.60	1.75	1.00	2.15	2.75	2.63	0.25
7	0.70			2.05	2.75	2.88	
8	0.80	2.35	0.40	1.95	2.75	2.27	0.42
9	0.90	2.65	0.10	1.85	2.75	2.50	0.38
10	1.00	2.50	0.25	1.75	2.75	2.84	0.42
11	1.10	2.25	0.50	1.65	2.75	2.50	0.38
12	1.20	0.75	2.00	1.55	2.75	2.27	0.35
13	1.30	1.00	1.75	1.45	2.75	2.76	0.38

六、信号频谱图

实验二 通用 DSP 实现 IIR 滤波器

一、实验目的：

- 1.了解 IIR 滤波器结构的 DSP 实现方法;
- 2.熟悉用数字滤波器实现模拟信号滤波的全过程, 及各个组成部分的功能和电路原理;
- 3.了解 IIR 滤波器的频率特性及实现方法。

二、实验原理：

数字滤波器的功能是将一组输入数字序列(信号)进行处理(通过一定的运算)后转变成另一组数字序列(信号)输出。其输入,输出均为数字序列(信号)。

若要用数字滤波器对模拟信号进行滤波则必须配接相应的 A/D、D/A 转换器,保护、恢复滤波器,其框图如图 2-1 所示:

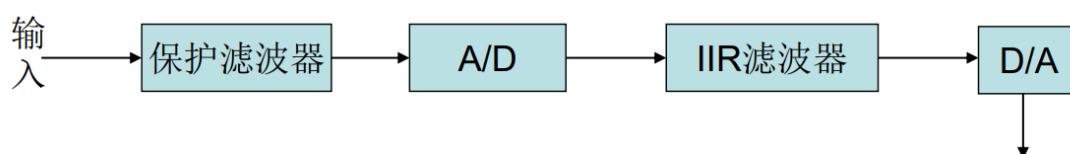


图 2-1 数字滤波对模拟信号滤波原理图

本实验中 IIR 数字滤波器将采用通用的 DSP 芯片 TMS320F2812 来实现,其原理图如图 2-2 所示:

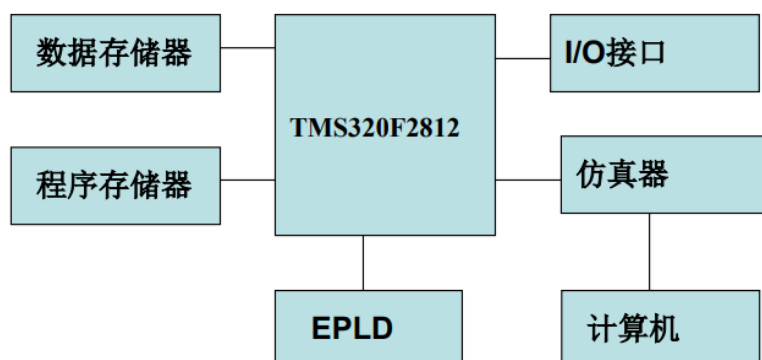


图 2-2 数字滤波器硬件原理图

TMS320F2812 为哈佛结构的 32 位定点 DSP。使用的 A/D 转换器是 ADI 公司的 12 位模数转换器, D/A 转换器为 ADI 公司的 AD768 (16 位数模转换器)。实验装置包含了 A/D、D/A 单元和输入滤波器。

三、实验仪器、仪表:

稳压电源一台,双踪示波器一台,函数发生器一台,实验板一块。

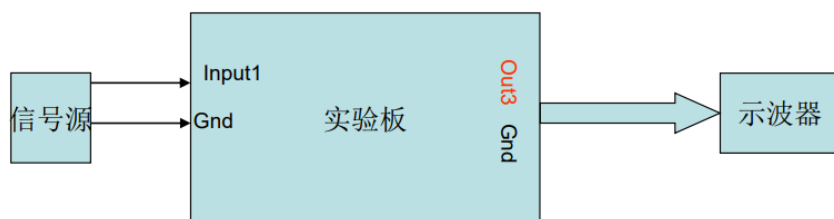


图 2-3 实验原理图

四、实验内容及步骤:

- 1、按实验连接图检查连线是否正确,然后依次打开信号源、示波器、实验装置的电源开关。
- 2、将信号源的频率调至 100HZ,Vpp 调至 500mv,按试验箱上的提示选择 1($f_s=20\text{KHz}$),再选择 2(iir), 然后选择 1(低通: $\omega_n=0.3$)。
- 3、观察示波器上的输出信号。将信号源的频率从 100Hz 逐渐提高,观察示波器上的输出信号幅度的变化规律并作记录(记录点数不得少于 10 点),记下系统的 f_c 。
- 4、低通数据测量结束后,按 6 返回,选择 1($f_s=20\text{KHz}$),再选择 2(iir), 然后再选择 2(高通: $\omega_n=0.2$)
- 5、重复步骤 3 的操作,测量高通滤波器的频响特性。
- 6、高通数据测量结束后,按 6 返回,选择 2 ($f_s=27.9\text{KHz}$), 再选择 2 (iir), 然后再选择 1(低通: $\omega_n=0.3$)。
- 7、重复步骤 3 的操作,测量不同采样频率下低通滤波器的频响特性。
- 8、低通数据测量结束后,按 6 返回,选择 2($f_s=27.9\text{KHz}$), 再选择 2(iir), 然后再选择 2(高通: $\omega_n=0.2$)。
- 9、重复步骤 3 的操作,测量不同采样频率下高通滤波器的频响特性。

五、实验数据

IIR 低通 $f_s=20\text{KHz}$															5k
f/Hz:	100	1k	1.7k	1.9k	2.2k	2.5k	2.8k	3k	3.3k	3.5k	3.7k	4k	4.5k		14
幅度/mv	180	180	180	174	162	138	106	84	60	48	40	28	20		↑
IIR 高通 $f_s=20\text{KHz}$															
f/Hz	100	1k	1.5k	1.7k	1.9k	2.2k	2.5k	2.7k	2.9k	3.2k	4k				
幅度/mv	18	38	54	76	114	148	166	174	180	182					
IIR 低通 $f_s=27.9\text{KHz}$															7k
f/Hz	100	1k	1.8k	2.3k	2.7k	3k	3.3k	3.6k	3.9k	4.2k	4.5k	4.8k	5.2k	5.5k	14
幅度/mv	182	180	180	178	172	164	150	128	106	84	66	50	38	30	24
IIR 高通 $f_s=27.9\text{KHz}$															
f/Hz	100	1.5k	1.8k	2k	2.3k	2.5k	3k	3.3k	3.7k	4k	4.5k	5k	6k	7k	
幅度/mv	16	20	28	34	48	64	108	138	162	172	178	180	182	186	

六、频谱图

七、数据分析

滤波器	6dB 截止频率测量值	理论值	相对误差
低通 $f_s = 20\text{kHz}$	2.95kHz	3kHz	1.7%
高通 $f_s = 20\text{kHz}$	2.05kHz	2kHz	2.5%
低通 $f_s = 27.9\text{kHz}$	4.10kHz	4.185kHz	2.0%
高通 $f_s = 27.9\text{kHz}$	2.90kHz	2.79kHz	3.9%

比较相同 ω_h 不同 f_s 下带宽, $\frac{2.95}{20} = 0.1475$ $\frac{4.1}{27.9} = 0.1469$

$\frac{2.05}{20} = 0.1025$ $\frac{2.9}{27.9} = 0.1039$, 可得带宽与 f_s 成正比关系

实验三 通用 DSP 实现 FIR 滤波器

一、实验目的:

- 1、了解 FIR 滤波器的 DSP 实现方法;
- 2、了解用 FIR 滤波器实现模拟信号滤波的全过程;
- 3、掌握 FIR 滤波器直接型结构的实现方法。

二、实验原理:

FIR 滤波器是有限长单位脉冲响应数字滤波器, 其系统函数一般式为:

$$H(z) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n)z^{-n}$$

FIR 滤波器的通用 DSP 实现法与前面介绍的 IIR 滤波器 结构的实现方法类似, 用 FIR 滤波器对模拟信进行滤波的 结构图 2-1 所示。

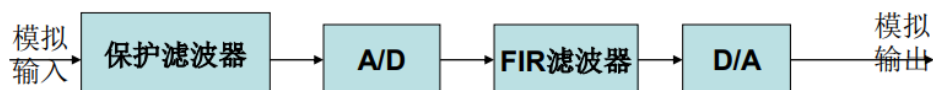


图 3-1 数字滤波器对模拟信号滤波的原理图

三、实验仪器、仪表:

稳压电源一台,双踪示波器一台, 信号源一台,实验板一块。

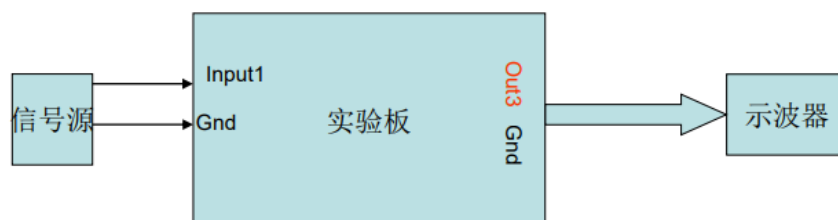


图 3-2 实验接线图

四、实验内容及步骤:

- 1、按实验连接图检查连线是否正确,然后依次打开信号源、示波器、实验装置的电源开关。
- 2、将信号源的频率调至 50HZ,Vpp 调至 500mv,按试验箱上的提示选择 1(fs=20KHz), 再选择 1(fir),然后选择 1(低通: $\omega_n=0.3$)。
- 3、观察示波器上的输出信号。将信号源的频率从 50Hz 逐 渐提高,观察示波器上的输出信号幅度的变化规律并作 记录(记录点数不得少于 10 点),记下系统的 f_c 。
- 4、低通数据测量结束后,按 6 返回,选择 1 (fs=20KHz), 再选择 1(fir),然后选择 3(带通: $\omega_n=0.05\sim 0.2$)。
- 5、重复步骤 3 的操作,测量带通滤波器的频响特性。
- 6、带通数据测量结束后,按 6 返回,选择 2 (fs=27.9KHz), 再选择 1(fir), 然后再选择 1(低通: $\omega_n=0.3$)。
- 7、重复步骤 3 的操作,测量不同采样频率下高通滤波 器的频响特性。
- 8、高通数据测量结束后,按 6 返回,选择 2(fs=27.9KHz), 再选择 1(fir), 然后再选择 3(带

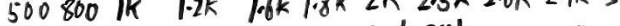
五、实验数据:

f/Hz	100	1K	25K	2.7K	2.9K	3K	3.1K	3.2K	3.3K	3.4K	3.5K	3.7K	5K
幅值/mv	356	354	340	300	226	180	134	94	60	38	24	18	16

f/Hz : 10 100 200 300 400 600 800 1k 1.2k 1.3k 1.4k 1.5k 1.6k 1.9k 2.1k 2.3k 2.5k 2.7k 3.5k
 频率: 30 42 60 94 136 228 300 340 354 352 346 340 324 224 130 58 20 12 10
 /mV

350 180 FIR低通 $f_s = 279\text{kHz}$
 112 178 2k 2.2k
 178 90

f_{Hz} : 100 1k 2k 3k 3.5k 3.8k 4.1k 4.3k 4.5k 4.7k 5k 5.5k 6k
 U_{mV} : 354 356 354 354 330 274 212 144 88 46 20 16 16

f/Hz : 10 100 300 500 800 1k 1.2k 1.6k 1.8k 2k 2.3k 2.6k 2.9k 3.1k 3.3k 3.5k 4k 5k
 幅度/mv: 28 36 64 118 214 274 330 350 352 346 314 242 144 ~~84~~ 44 20 12 10

 600 2.5k 2.7k 3k
 148 270 208 112

六、频谱图

七、数据分析：

FIR滤波器	6dB截止频率测量值	理论值	相对误差
低通 $f_s=20\text{kHz}$	3 kHz	3 kHz	0 %
带通 $f_s=20\text{kHz}$	上限 0.5 kHz	0.5 kHz	0 %
	下限 1.95 kHz	2 kHz	2.5 %
低通 $f_s=279\text{kHz}$	4.15 kHz	4.185 kHz	0.83 %
带通 $f_s=279\text{kHz}$	上限 0.65 kHz	0.70 kHz	7.1 %
	下限 2.76 kHz	2.79 kHz	1.07 %

滤波器带宽与采样频率间的关系：

由实验数据可得

$$B_{W\text{低通}f_{s1}} = 2.8\text{kHz} \quad B_{W\text{低通}f_{s2}} = 3.96\text{kHz}$$

可以发现采样频率越高，通频带越宽，

$$\text{且有 } \frac{B_{W\text{低通}f_{s1}}}{f_{s1}} = 0.14 \approx \frac{B_{W\text{低通}f_{s2}}}{f_{s2}} = 0.14$$