

Laboratórium 2 felkészülési feladat

Hallgató: Major Péter (GGP9K1)

Mérés sorszáma: 7

A/D és D/A átalakítók vizsgálata

1. feladat

Adott egy 5 bites A/D átalakító, amely jellemzőit 3 paraméteres szinuszillesztés segítségével akarjuk meghatározni. Az átalakító bemenetére adott szinuszjelből 1024 db mintát vettünk. A mintavételi frekvencia 1024 Hz, a bemenő jel frekvenciája 5 Hz. Az átalakító referenciafeszültsége 2.5 V.

Határozza meg MATLAB segítségével:

- 1.1. A mért szinuszjel amplitudóját, fázisát, és offsetjét 3 paraméteres szinuszillesztés segítségével!
- 1.2. Számítsa ki a SINAD és az effektív bitszám értékét a 3 paraméteres illesztés segítségével!

A feladat megoldásához szükséges egyéni paraméter: [ad3.txt](#).

A MATLAB 5.3 illetve 7.04 (R14SP2) verziója megtalálható a HSZK-ban, továbbá a feladathoz és a mérésekhez szükséges fontosabb MATLAB parancsokról található egy rövid összefoglaló [a tárgy honlapján](#).

2. feladat

Egy A/D átalakítóval szinuszos jelet digitalizálunk. Az A/D átalakító 12 bites, a mintavételi frekvencia 48000 Hz, a bejövő szinusz frekvenciája 750.000000 Hz. Összesen 1024 mintát vettünk a jelből. A szinuszos jel fázisa az első mintavételi pontban éppen $\pi/2$.

- 2.1. Ellenőrizze le, hogy teljesül-e a koherens mintavétel feltétele.
- 2.2. FFT segítségével meghatároztuk a jel spektrumát. Az adott f frekvenciájú jel az FFT-vel kapott vektor melyik elemére/elemeire lesz hatással, feltéve, hogy az indexelés 1-től kezdődik? Válaszát indokolja, továbbá MATLAB segítségével ellenőrizze le, az $y = \sin(2 \cdot \pi \cdot f / f_s \cdot (0:N-1) + \pi/2)$; bemenőjel és az $sy = \text{abs}(\text{fft}(y))$; utasítás használatával.

A beadás tudnivalói:

- **Az önállóan kidolgozott feladatot a következő mérési gyakorlat elején a mérésvezetőnek kell bemutatni, írott vagy elektronikus formában (attól függően, hogy a mérési útmutató melyiket írja elő).**
- A felkészülési feladat utólag már nem adható be. Pótlására a szorgalmi időszak végén egy alkalommal, az adott mérési gyakorlat pótlásával egy időben van lehetőség.

A feladatokat önállóan, meg nem engedett segítség igénybevétele nélkül oldottam meg:

.....
aláírás

1.1. A mért szinuszjel amplitúdója, fázisa, offsetje

1024 mintát vettünk 1024 Hz frekvenciával, tehát 1 másodpercig tartott a mintavételezés. Ez 5 Hz-es jelnél 5 periódust jelent.

$$f_i = \frac{J}{M} \cdot f_s$$

A minták száma (M) 1024, a periódusoké (J) 5, f_s 1024 Hz, f_i 5 Hz.

$J \ll M$ és egészek, tehát koherens mintavételezésről van szó. Relatív prímek is, ami biztosítja, hogy periódusonként eltérő fázisban vegyük a mintákat.

Normalizált körfrekvencia:

$$\omega_i = \frac{2\pi f_i}{f_s} = 0.0306796$$
$$\hat{p} = \begin{bmatrix} \hat{p}_1 \\ \hat{p}_2 \\ \hat{p}_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{M} \sum_{n=2}^{M-1} \begin{bmatrix} 2y[n] \cos(n\omega_i) \\ -2y[n] \sin(n\omega_i) \\ y[n] \end{bmatrix}$$

Ezek alapján MATLAB-ban:

```
>> yn=load('ad3.txt');  
>> J=5; M=1024; fi=5; fs=1024; U=2.5;  
>> wi=2*pi*fi/fs
```

```
wi =
```

```
0.0307
```

```
>> for n=1:M  
u(n,1)=cos(n*wi);  
u(n,2)=sin(n*wi);  
u(n,3)=1;  
end  
>> p = u\yn
```

```
p =
```

```
-0.4416  
14.3879  
15.6572
```

```
>> a=sqrt(p(1)^2+p(2)^2)
```

```
a =
```

```
14.3946
```

```
>> phi=atan2(-p(2),p(1))
```

```
phi =
```

```
-1.6015
```

```
>> offs=p(3)
```

```
offs =
```

```
15.6572
```

Tehát az amplitúdó 14.3946, a fázis -1.6015 és az offset 15.6572.

A mért jel közelítése: $\tilde{y}[n] = 14.3946 \cdot \cos(0.0307 \cdot n - 1.6015) + 15.6572$

1.2. SINAD számítása

Előbb a zajteljesítményt számítjuk ki:

$$e_{RMS}^2 = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} (y[n] - \tilde{y}[n])^2$$

A SINAD képlete:

$$SINAD_{dB} = 10 \lg \left(\frac{\frac{A^2}{2}}{e_{RMS}^2} \right)$$

Az effektív bitszám pedig:

$$N_{eff} = N - \log_2 \left(\frac{\sqrt{e_{RMS}^2}}{\frac{1}{\sqrt{12}}}} \right)$$

MATLAB-ban:

```
>> i=1:M;  
>> yh=a*cos(wi*i+phi)+offs;  
>> e=1/M*sum((yn-yh').^2)  
e =  
    0.0914  
>> sinad=10*log10((a^2/2)/e)  
sinad =  
    30.5465  
>> N=5;  
>> Neff=N-log2(sqrt(e)/(1/sqrt(12)))  
Neff =  
    4.9337
```

Tehát $e_{RMS}^2 = 0.0914$, $SINAD_{dB} = 30.5465$ dB és $N_{eff} = 4.9337$.

2.1. Koherens-e a mintavételezés?

A fentebb használt képletből megállapítható: $f_i = \frac{J}{M} \cdot f_s$

$M=1024$ $f_i=750$, $f_s=48k$, $J=f_i \cdot M/f_s=16$.

J és M is egész szám és $J \ll M$, tehát koherens mintavételezésről van szó.

Fontos megjegyezni, hogy mivel J és M nem relatív prímek, a kvantálási hiba zajmodellje nem helytálló.

2.2. Spektrum meghatározása

A $[0, f_s]$ frekvenciatartomány $M=1024$ részre van felosztva, így 46.875 Hz-enként vannak a spektrum vonalai. Ezeket innentől a tömb elemeiként kezeljük, két egymás melletti elem távolsága a fenti frekvencia.

$J=f_i/f_s \cdot M=16$

Tehát a 16. elem jelzi a 750 Hz-es jelet. A mintavételezés hatása, hogy a spektrum periodikus, a mintavételi frekvenciával eltolva jelenik meg újra az eredeti spektrum „másolata”. Tehát $1024-16=1008$ -nál kell megtalálnunk a -16-hoz tartozó vonal másolatát, ez az ábrán jól látható.

A MATLAB kód:

```
>> f=750;  
>> fs=48000;  
>> M=1024;
```

```
>> y=sin(2*pi*f/fs*(0:M-1)+pi/2);  
>> sy=abs(fft(y));  
>> t=0:M-1;  
>> plot(t,sy)  
>> [v,idx]=max(sy);  
>> idx  
idx =  
    17
```

A válasz 17 lett, hiszen a MATLAB 1-től indexel. Az egyenkomponens 1. elem 0. helyett, 17 a válasz 16 helyett. Az ábrán *Data cursor* segítségével viszont a t hatására már megfelelő indexelés van.

Tehát a válaszok helytállóak voltak.

A spektrum ábrázolva:

