

Procesarea Semnalelor

Laboratorul 2

Semnale și eșantionare

1 Semnale continue și semnale discrete

Majoritatea semnalelor ce descriu fenomene fizice (mecanice, optice, electrice, chimice, etc) sunt semnale continue și pot fi reprezentate matematic ca o funcție $x_a: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$. Valoarea semnalului la momentul t este $x_a(t)$.

Eșantionare. Pentru a putea fi prelucrate numeric, este nevoie ca aceste semnale să fie discretizate. De regulă, variația mărimii fizice măsurate de elementul sensibil al senzorului este întâi tradusă în variația unei alte mărimi fizice mai convenabilă prelucrării, de cele mai multe ori electrică. Apoi, semnalul este eșantionat, adică transformat într-un semnal discret, prin înregistrarea valorilor acestuia la momente distincte de timp.

Un semnal discret este o funcție $x: \mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{R}$. Relația dintre semnalul continuu și cel discretizat este $x[n] = x_a(nT)$, unde T se numește perioada de eșantionare. Frecvența de eșantionare, $f_s = \frac{1}{T}$ măsoară numărul de eșantioane pe secundă și are unitatea de măsură Hz. Câteodată, vom folosi și noțiunea de *frecvență unghiulară*:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

care are unitatea de măsură radiani pe secundă.

Figura 1 prezintă câteva tipuri de semnale sintetice de forme diferite (*waveform* în engleză) utilizate des.

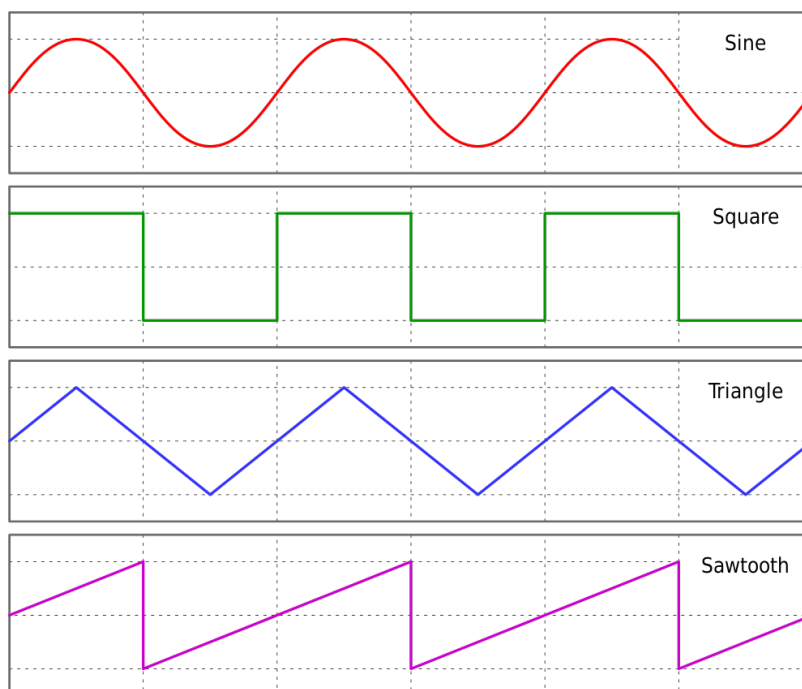


Figura 1: Semnale sintetice

[Sursa imaginii](#)

2 Ghid Python

Pentru a rezolva exercițiile din laboratorul de astăzi, aveți nevoie de biblioteca [numpy](#) și modulul [matplotlib.pyplot](#). De obicei, acestea se importă folosind aliasurile `np`, respectiv `plt`:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
```

Dacă nu ați mai folosit anterior `matplotlib`, puteți începe prin a parcurge [Pyplot Tutorial](#).

Funcții și constante care vă vor fi utile:

```
np.pi
np.cos(), np.sin()
np.floor(), np.mod(), np.sign()
np.random.rand(d0,d1,...,dn)
np.ones(shape), np.zeros(shape)
np.linspace(start, end, no_samples)
```

```
np.round(number)
```

Valori discrete se pot afișa grafic folosind funcția `stem()`. Sintaxa acesteia este `plt.stem(x, y)`.

Pentru a genera un grafic cu n sub-grafice (subplots), utilizați următoarea secvență:

```
fig, axs = plt.subplots(n)
fig.suptitle('Titlu principal')
axs[0].plot(x0, y0)
axs[1].plot(x1, y1)
...
```

Dacă doriți să setați aceeași proprietate pentru toate sub-graficele (spre exemplu limitele axelor sau eticheta lor), folosiți:

```
for ax in axs.flat:
    ax.set_xlim([xmin, xmax])
```

3 Exerciții

1. Fie semnalele continue $x(t) = \cos(520\pi t + \pi/3)$, $y(t) = \cos(280\pi t - \pi/3)$ și $z(t) = \cos(120\pi t + \pi/3)$. (2p)
 - (a) În Python, simulați axa reală de timp printr-un șir de numere suficient de apropiate, spre exemplu `[0 : 0.0005 : 0.03]` (adică intervalul `[0, 0.03]`, discretizat cu un pas de 0.0005). 0.5p
 - (b) Construiți semnalele $x(t)$, $y(t)$ și $z(t)$ și afișați-le grafic, în câte un subplot. 0.75p
 - (c) Eșantionați semnalele cu o frecvență de 200 Hz pentru a obține $x[n]$, $y[n]$ și $z[n]$ și afișați-le grafic, în câte un subplot. 0.75p
2. Generați semnale descrise mai jos și afișați-le grafic, fiecare într-un plot. Nu aveți voie să folosiți funcțiile predefinite din `scipy.signal`. (3p)
 - (a) Un semnal **sinusoidal** de frecvență 400 Hz, care să conțină 1600 de eșantioane. 0.5p

- (b) Un semnal **sinusoidal** de frecvență 800 Hz, care să dureze 3 secunde. 0.5p
 - (c) Un semnal de tip **sawtooth** de frecvență 240 Hz (puteți folosi funcțiile `np.floor` sau `np.mod`). 0.5p
 - (d) Un semnal de tip **square** de frecvență 300 Hz (puteți folosi funcția `np.sign`). 0.5p
 - (e) Un semnal 2D **aleator**. Creați un `np.array` de dimensiune 128x128 și inițializați-l aleator, folosind `np.random.rand(x, y)`, unde `x` și `y` reprezintă numărul de linii, respectiv de coloane. Afișați semnalul generat folosind funcția `plt.imshow(I)` din `matplotlib`. 0.5p
 - (f) Un semnal 2D **la alegerea voastră**. Creați un `numpy.array` de dimensiune 128x128 și inițializați-l folosind o procedură creată de voi. Utilizați, spre exemplu, funcțiile `numpy.zeros()` și `numpy.ones()`. 0.5p
3. Un semnal este înregistrat cu o frecvență de eșantionare de 2000 Hz. (1p)
- (a) Care este intervalul de timp între două eșantioane? 0.5p
 - (b) Dacă un eșantion este memorat pe 4 biți, câți bytes vor ocupa 1 oră de achiziție? 0.5p