

Numpy numerical debugging

Στο μάθημα είδαμε ότι η κυματομορφή PAM μπορεί να γραφεί ως:

$$x(t) = \sum_i p(t - iT_S)$$

όπου $p(t - iT_S)$ είναι παλμοί που έχουν διάρκεια μέσα στο διάστημα $iT_S \leq t < (i + 1)T_S$. Για $i = 2$ ο παλμός $p(t - 2T_S)$ έχει διάρκεια

$$2T_S \leq t < 3T_S$$

ενώ για $i = 2$ ο παλμός $p(t - 3T_S)$ έχει διάρκεια

$$3T_S \leq t < 4T_S$$

Δοκιμάσαμε τον παρακάτω κώδικα:

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

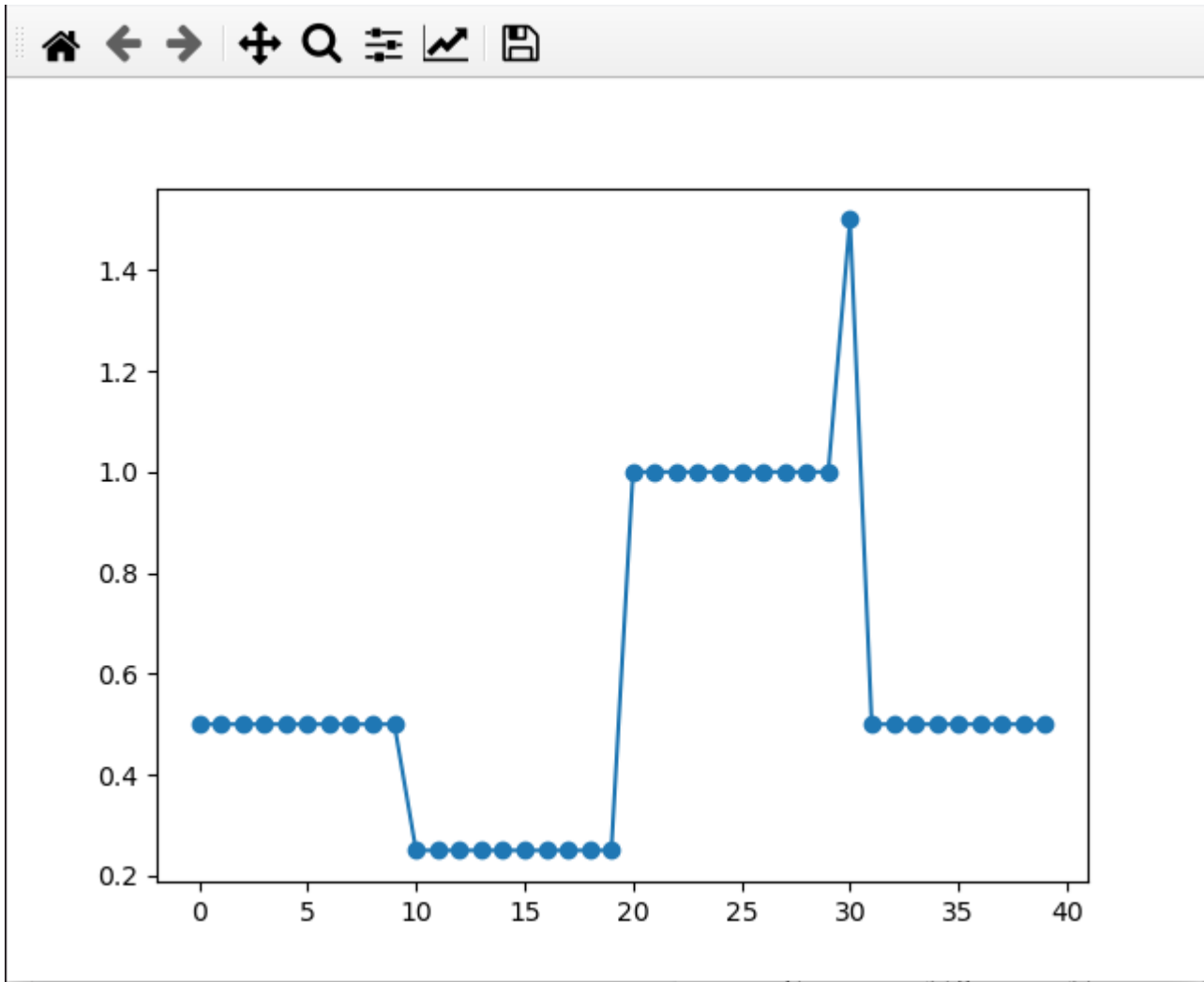
TS = 3.0e-9 # Symbol duration

# symbols
ak = np.array([0.5, 0.25, 1.0, 0.5])
plt.plot(np.arange(x.size), x, '-o')
```

Δείτε το αρχείο `lecture4/showpam.py`

Για να καταλάβουμε καλύτερα τι γίνεται έχουμε κάνει plot τις τιμές του `x` ως προς το δείκτη `np.arange(x.size)` και όχι ως προς τον άξονα του χρόνου `t`

Το αποτέλεσμα που παίρναμε είναι το εξής:



που προφανώς είναι λάθος στο σημείο 30 όπου οι δύο παλμοί ($i=2$ και $i=3$) επικαλύπτονται. Μία εξήγηση γιατί συμβαίνει αυτό μπορεί να βρεθεί στο αρχείο `lecture4/showpam_debug.py`

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

TS = 3.0e-9 # Symbol duration

# symbols
ak = np.array([0.5, 0.25, 1.0, 0.5])
t, x = cl.pam_waveform1(ak, TS, figure_no = 1)

p = 30
print(t[p] - 2*TS)
print(t[p] - 3*TS)
```

Όπως φαίνεται όταν εκτελούμε τον παραπάνω κώδικα παίρνουμε:

```
2.9999999999999996e-09
0.0
```

Οπότε στο σημείο 30 όπου αλλάζει ο παλμός έχουμε ταυτόχρονα

$$\begin{aligned}t[30] - 2 \cdot T_S &< T_S \\t[30] - 3 \cdot T_S &= 0\end{aligned}$$

οπότε φαίνεται ότι ισχύουν ταυτόχρονα

$$2T_S \leq t < 3T_S$$

$$3T_S \leq t < 4T_S$$

Προφανώς γίνεται ένα αριθμητικό σφάλμα όταν υπολογίζουμε το

$$t[p] - 2 \cdot T_S$$

όπου θα περιμέναμε να έχουμε αποτέλεσμα $T_S = 3e-09$ ενώ έχουμε $2.9999999999999996e-09$.

Θα δούμε στο μάθημα πως μπορούμε να το διορθώσουμε.