

Ψηφιακά Συστήματα Μετρήσεων

Arduino # Raspberry Pi
Processing # Python # MATLAB

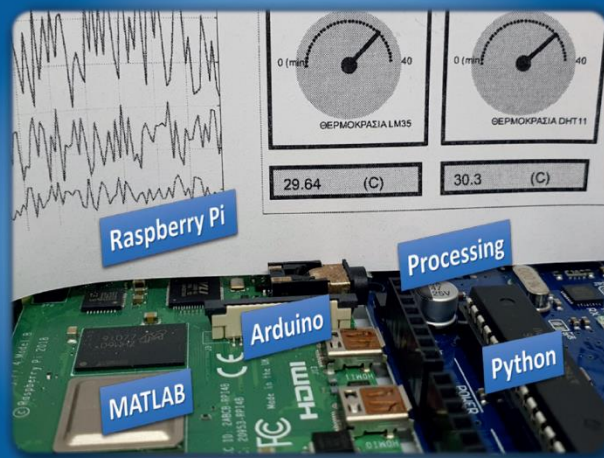
Το βιβλίο αυτό «απαντά» στις πραγματικές ανάγκες ενός μηχανικού, στην κατεύθυνση της ανάπτυξης ενός λειτουργικού και ολοκληρωμένου ψηφιακού συστήματος μετρήσεων. Παρουσιάζει τις επικρατέστερες τεχνολογίες και μεθοδολογίες για την ανάπτυξη των εφαρμογών. Δηλαδή, συγκεντρώνει γνώσεις με μια ενιαία αντίληψη και όχι αποσπασματικά, όπως έχουν συνηθίσει οι μηχανικοί σήμερα, που καλούνται να ανατρέξουν σε τελείως διαφορετικά βιβλία μεταξύ τους, μη γνωρίζοντας ακριβώς ποια εργαλεία θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν.

Το βιβλίο είναι εστιασμένο στην ανάπτυξη λογισμικού, εκεί δηλαδή που βρίσκεται ο πυρήνας των σύγχρονων ψηφιακών συστημάτων μέτρησης.

Το βιβλίο συνοδεύεται από πλούσιο υλικό που είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα panosparazoglou.gr

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΠΑΠΑΖΟΓΛΟΥ

Ψηφιακά Συστήματα Μετρήσεων



Διαφάνειες

Υλικό βιβλίου

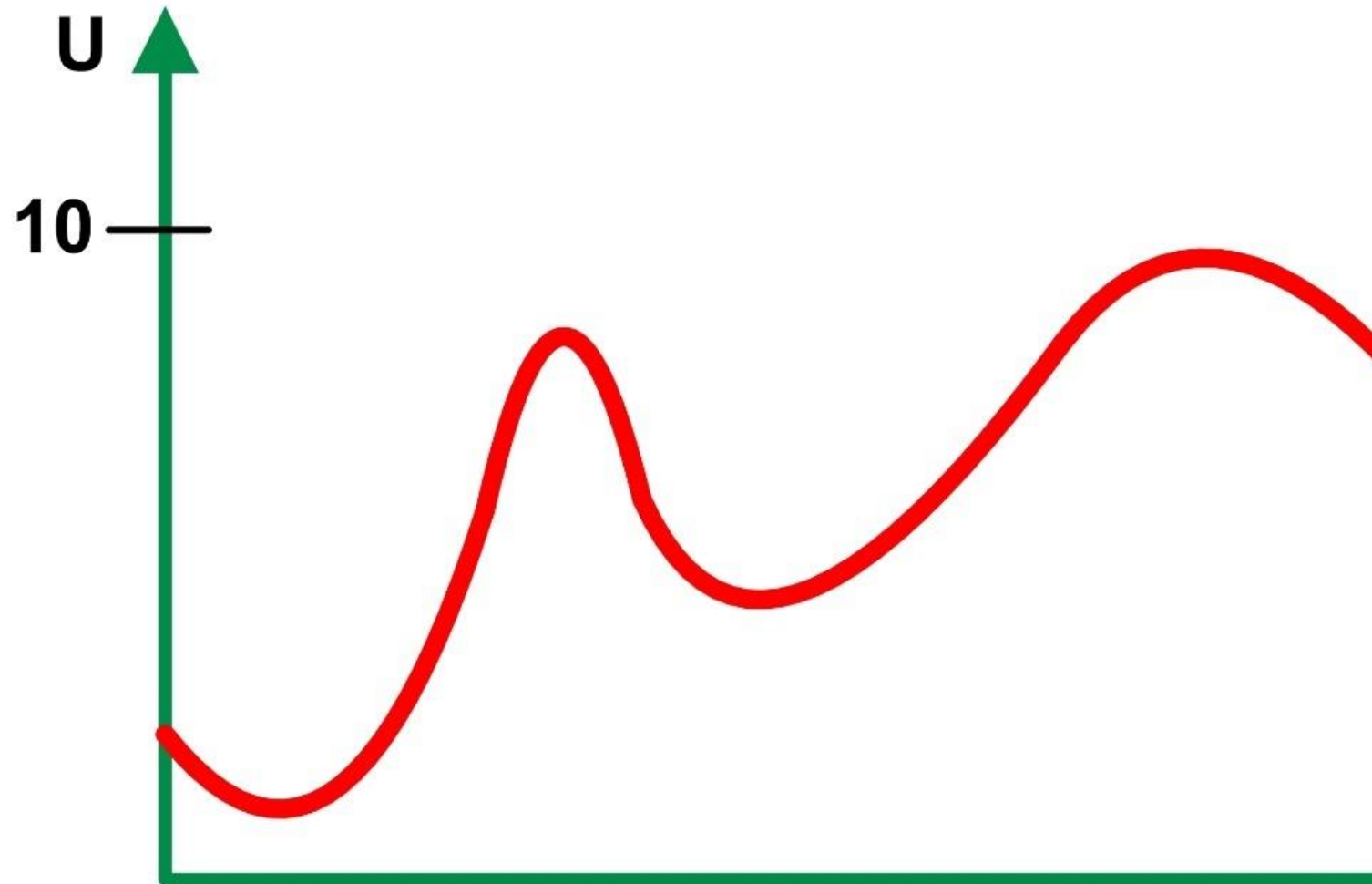
Περισσότερο υλικό στο
panosparazoglou.gr

Κεφάλαιο 2

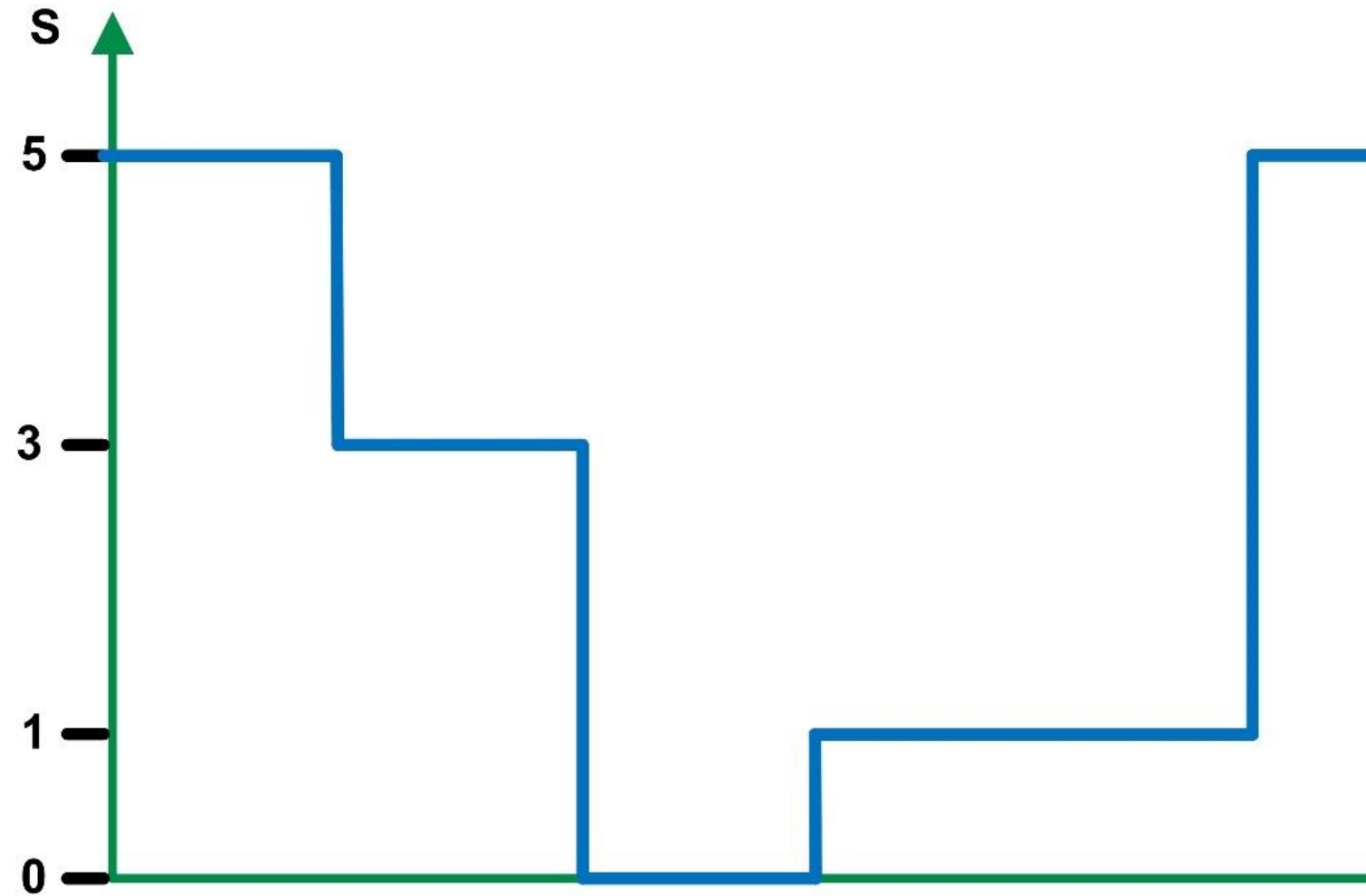


Μετατροπή αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά





Παράδειγμα
αναλογικής
τάσης

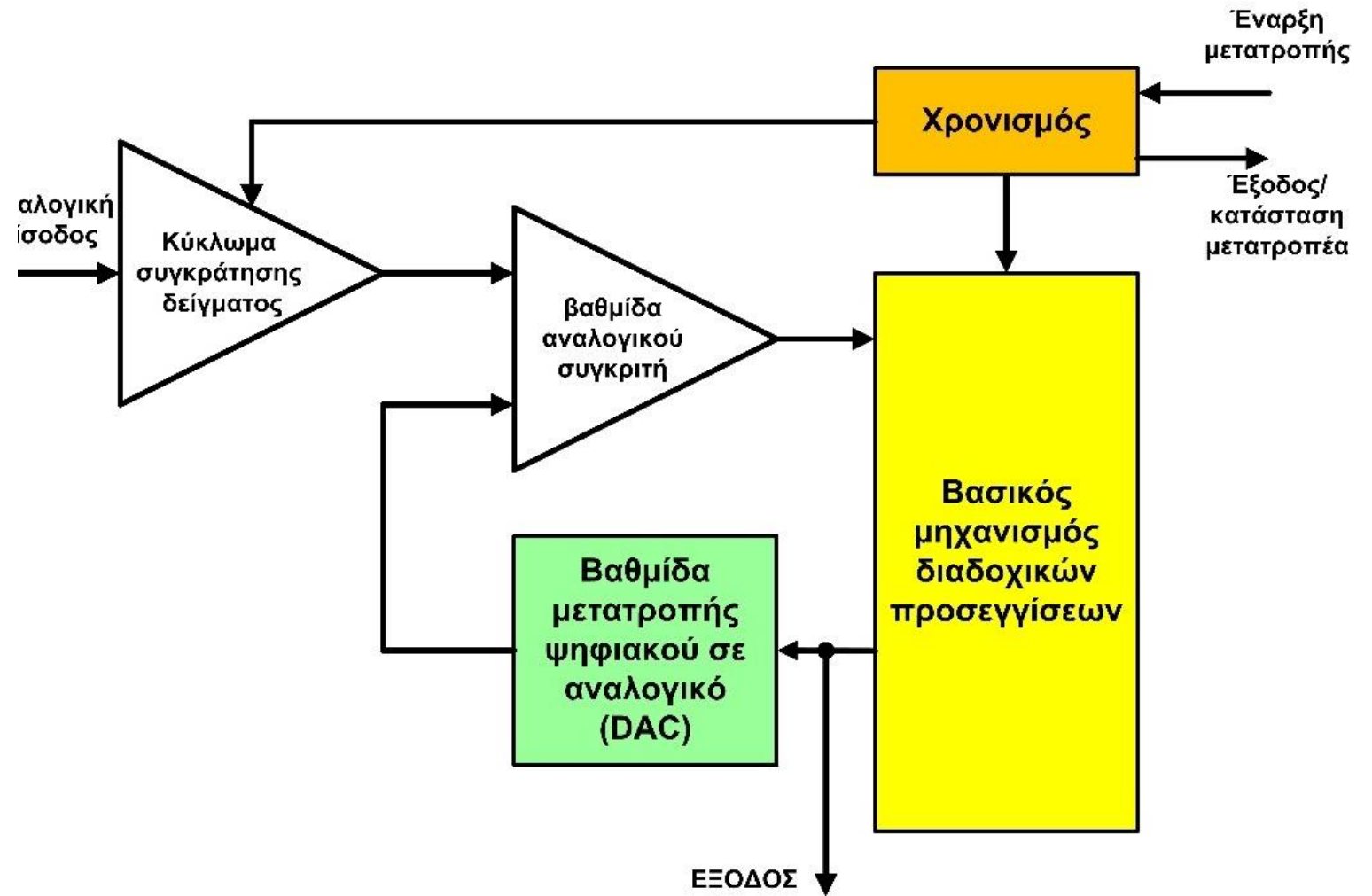


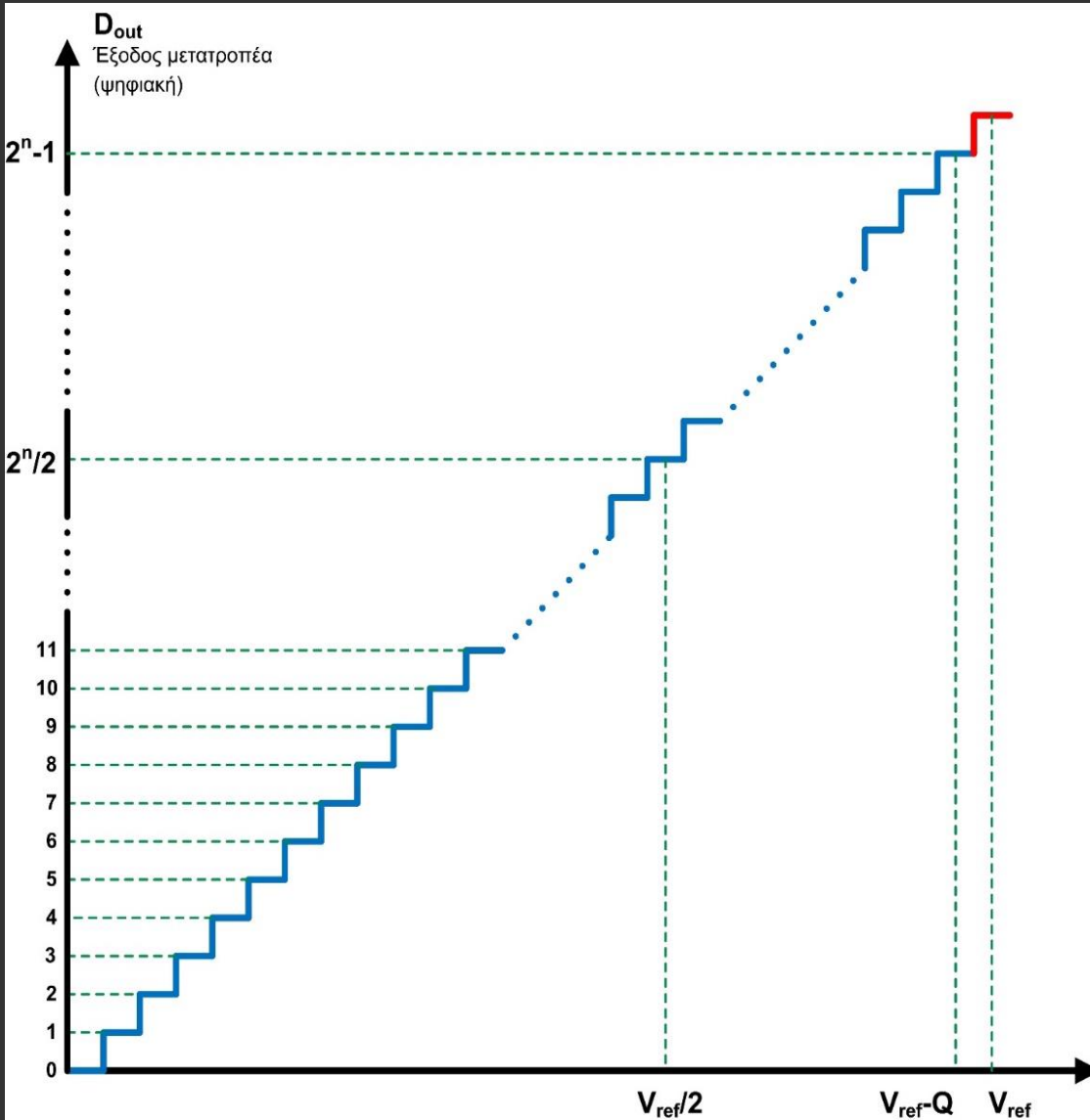
Ψηφιακό
σήμα τιμών
0,1,3,5



Μορφή
ψηφιακού
σήματος για
το Raspberry
Pi

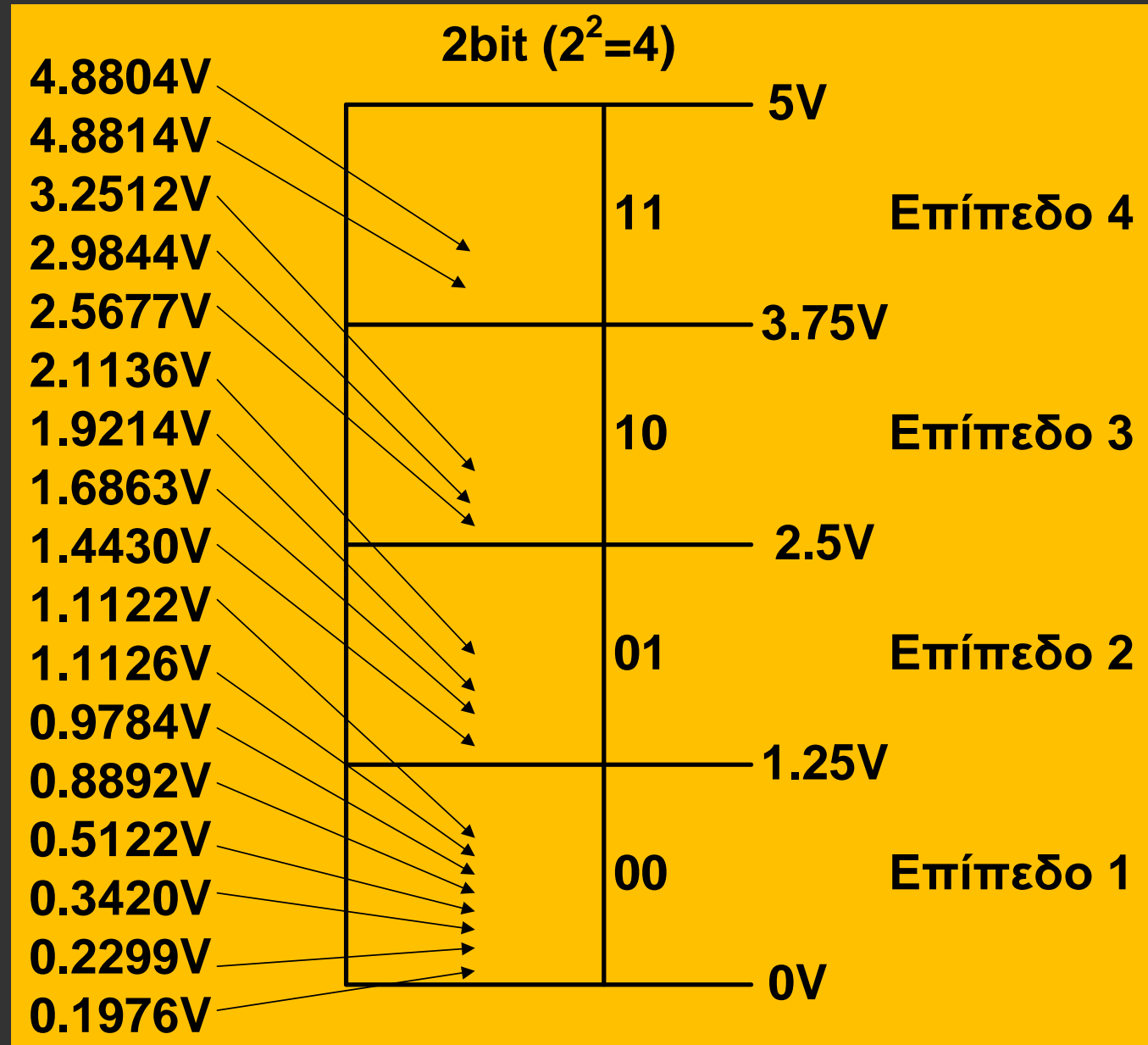
Γενική
λειτουργία
κυκλώματος
μετατροπής
με διαδοχικές
προσεγγίσεις





- Κωδικοποίηση : εύρος τιμών $[0, 2^n-1]$
- n : πλήθος bit μετατροπέα
- Μετρούμενη τάση : εύρος $[0, 5]V$
- κωδικοποιείται σε **1024** επίπεδα $[0, 1023]$
- $2^{10}=1024, n=10$
- Πρακτικά : μετρούμενη τάση $< V_{ref}$

Η ανάλυση του μετατροπέα - Παράδειγμα 1



Η ανάλυση του μετατροπέα - Παράδειγμα 2

		Δυαδική τιμή			
4.8804V				5.0000V	Επίπεδο 16
4.8814V	→	1111		4.6875V	Επίπεδο 15
3.2512V		1110		4.3750V	Επίπεδο 14
2.9844V		1101		4.0625V	Επίπεδο 13
2.5677V		1100		3.7500V	Επίπεδο 12
2.1136V	→	1011		3.4375V	Επίπεδο 11
1.9214V	→	1010		3.1250V	Επίπεδο 10
1.6863V	→	1001		2.8125V	Επίπεδο 9
1.4430V	→	1000		2.5000V	Επίπεδο 8
1.1122V	→	0111		2.1875V	Επίπεδο 7
1.1126V	→	0110		1.8750V	Επίπεδο 6
0.9784V	→	0101		1.5625V	Επίπεδο 5
0.8892V	→	0100		1.2500V	Επίπεδο 4
0.5122V	→	0011		0.9375V	Επίπεδο 3
0.3420V	→	0010		0.6250V	Επίπεδο 2
0.2299V	→	0001		0.3125V	Επίπεδο 1
0.1976V	→	0000		0V	

4bit ($2^4=16$)

Ανάλυση μετατροπέα

$$Q = \frac{V_{ref}}{2^n}$$

Έξοδος μετατροπέα

$$D_{out} = \frac{V_{in} \cdot 2^n}{V_{ref}}$$

Μετρούμενη τάση

$$V_{in} = \frac{V_{ref}}{2^n} \cdot D_{out}$$

Παραδείγματα ανάλυσης Q (διαστήματα) για αυθαίρετη $V_{ref}=2.3V$ και διάφορες τιμές του n

n	Q	Πλήθος διαστημάτων (2^n)
8	$0.01289V=12.89mV$	$2^8=256$
10	$0.00322V=2.22mV$	$2^{10}=1024$
12	$0.00080V=0.80mV$	$2^{12}=4096$
14	$0.00020V=0.20mV$	$2^{14}=16384$
16	$0.00005V=0.05mV$	$2^{16}=65536$

Παράδειγμα υπολογισμού D_{out} με $V_{in}=1.37V$

$$D_{out} = \frac{1.37V \cdot 1024}{2.3V} = 425^*$$

* 425.1 στρογγυλοποιημένο στο 425



Παράδειγμα υπολογισμού D_{out}

$$V_{in}=1.1122V, V_{ref}=2.3V$$

$$D1_{out} = \frac{1.1122V \cdot 1024}{2.3V} = 495.17$$

$$V_{in}=1.1126V, V_{ref}=2.3V$$

$$D2_{out} = \frac{1.1126V \cdot 1024}{2.3V} = 495.34$$

Διακριτική ικανότητα μετατροπέα

$$V_{in}=1.1122V, V_{ref}=2.3V$$

$$D1_{out} = \frac{1.1122V \cdot 1024}{2.3V} = 495.17$$

$$V_{in}=1.1126V, V_{ref}=2.3V$$

$$D2_{out} = \frac{1.1126V \cdot 1024}{2.3V} = 495.34$$

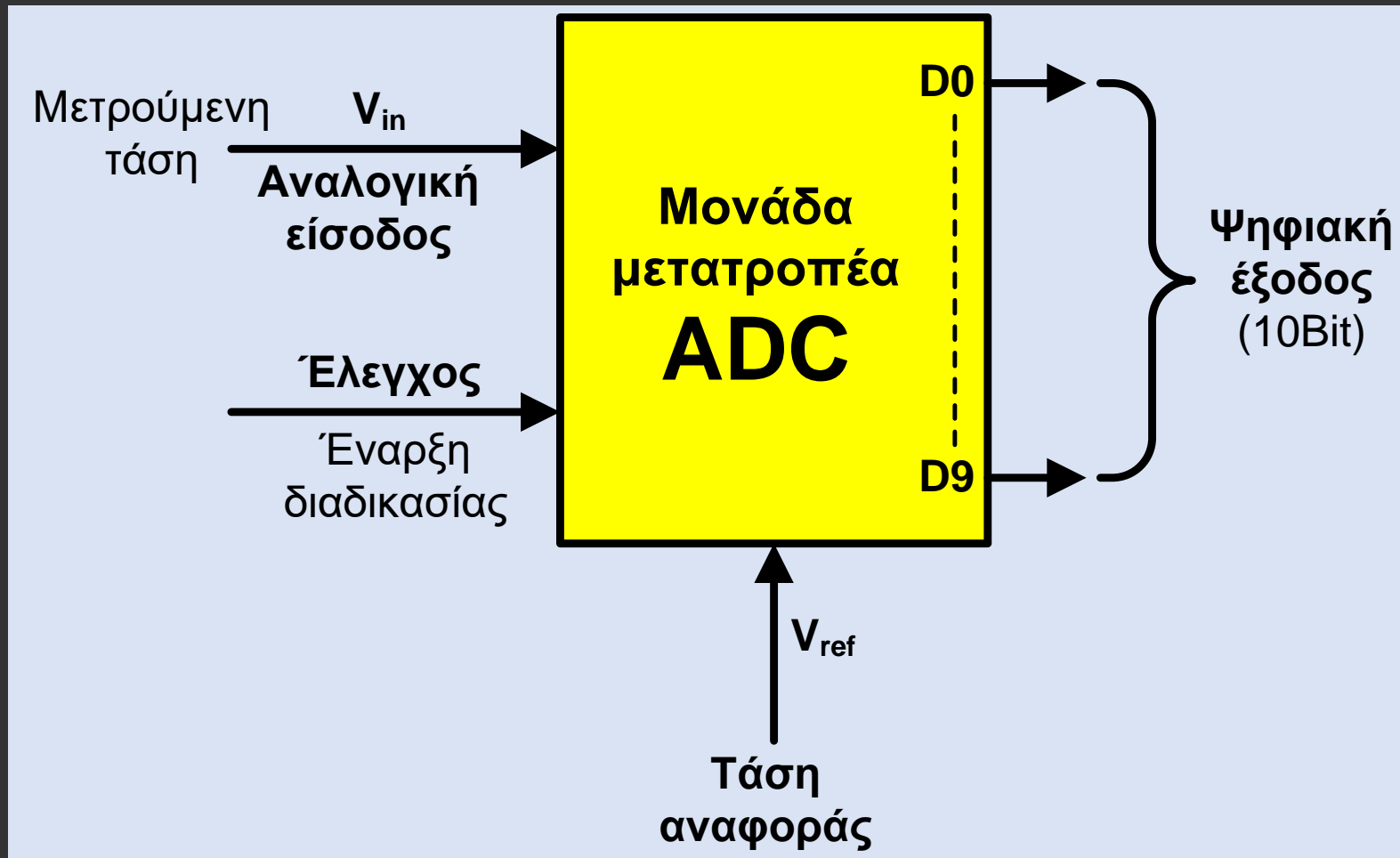
$$V1 = 1.1122V, V2 = 1.1126V$$

$$\Delta V = V2 - V1 = 1.1126V - 1.1122V = 0.0004V = 0.4mV$$

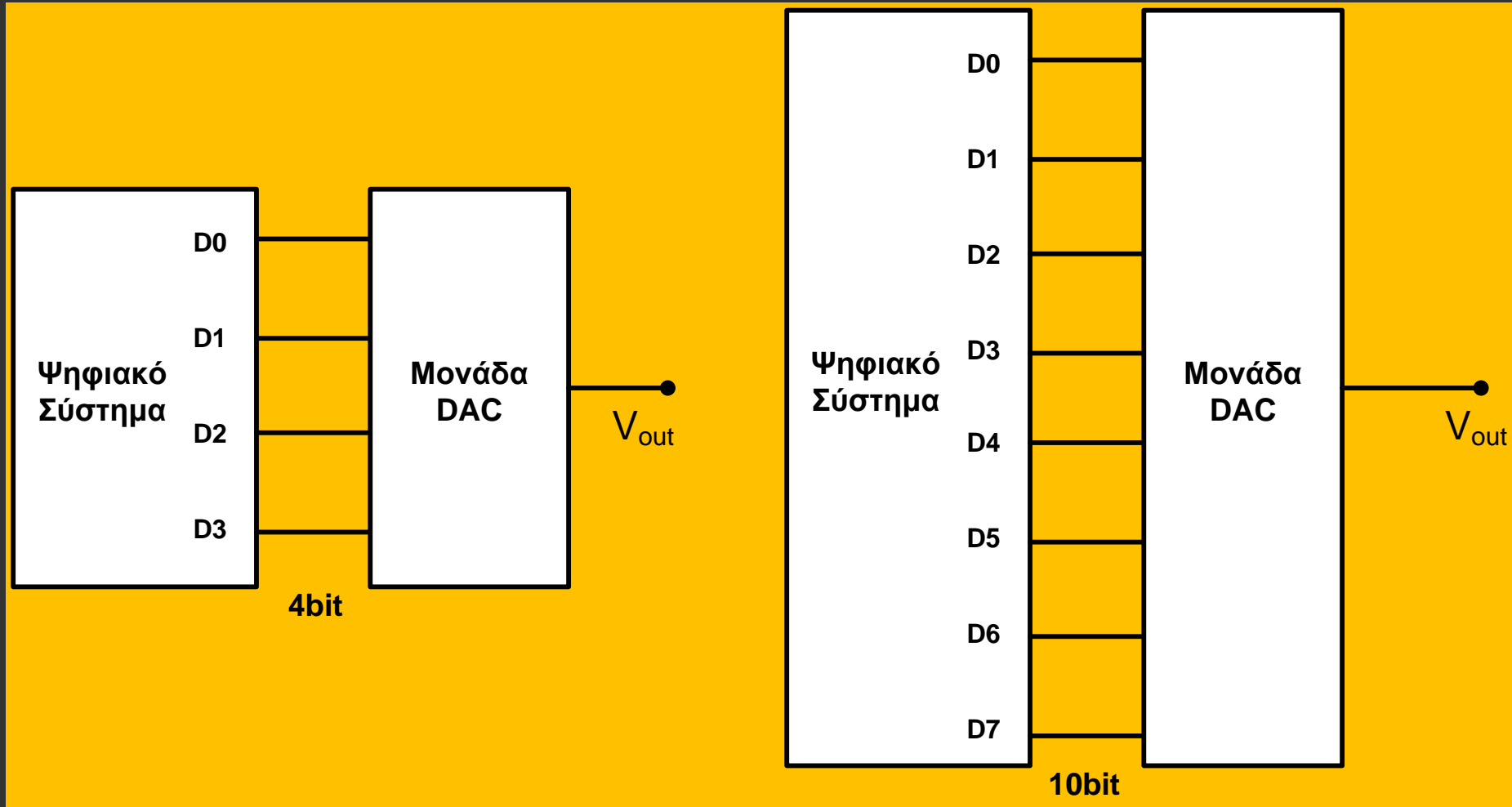
$$V_{ref} = 2.3V, Q = 2.246mV$$

$\Delta V < Q$, η μεταβολή δεν γίνεται αντιληπτή από το μετατροπέα

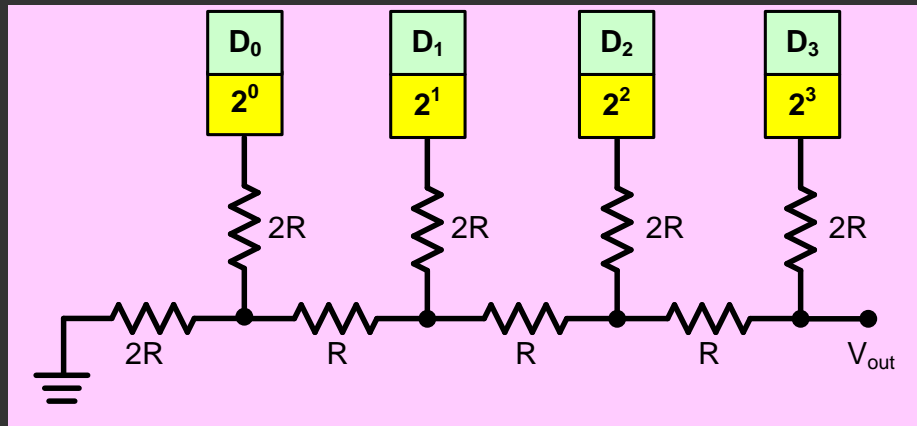
Γενική μορφή μετατροπέα



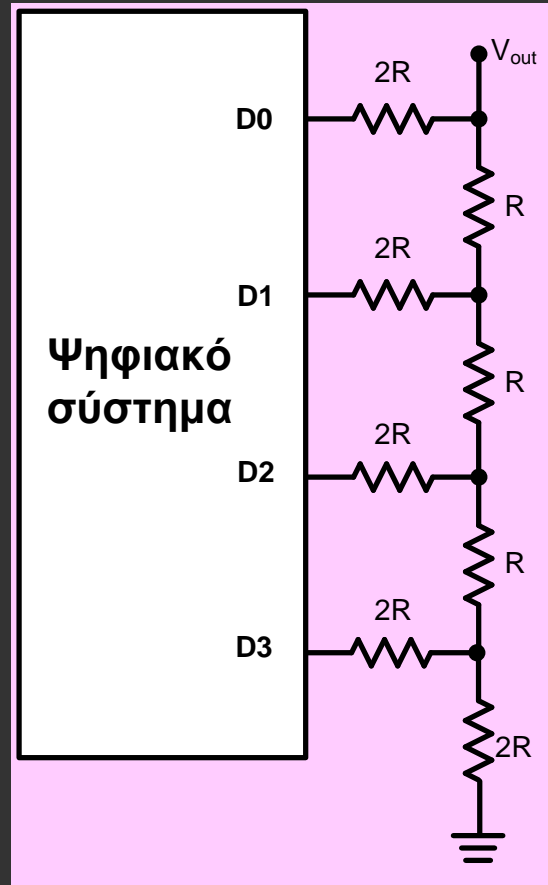
Μετατροπή ψηφιακού σήματος σε αναλογικό (1)



Μετατροπή ψηφιακού σήματος σε αναλογικό (2)

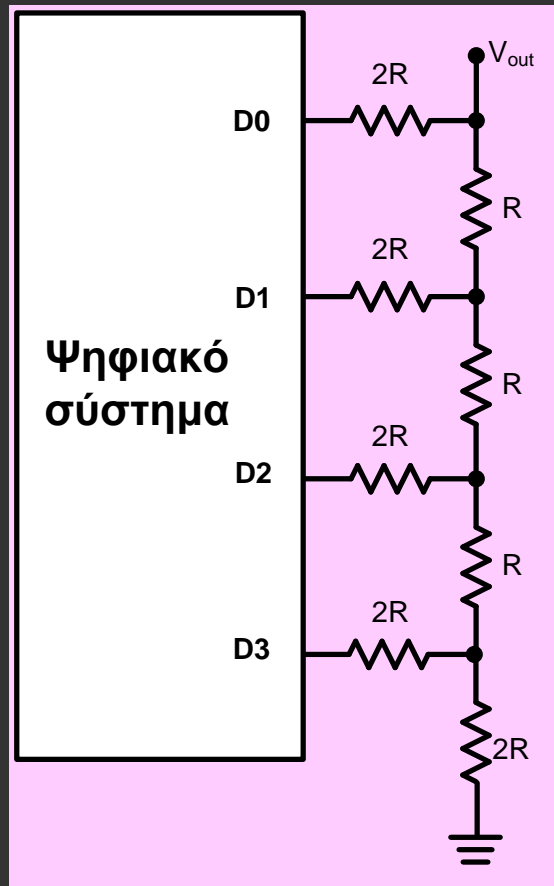


Δικτύωμα αντιστάσεων



$$V_{out} = \frac{V_{ref}}{2^n} \cdot val$$

Μετατροπή ψηφιακού σήματος σε αναλογικό (3)



Παράδειγμα για 4bit
Έξοδος 0111 (δηλαδή 7)

$$V_{out} = \frac{5V}{16} \cdot 7 = 2.1875V$$

$$V_{out} = \frac{U_{D0}}{16} + \frac{U_{D1}}{8} + \frac{U_{D2}}{4} + \frac{U_{D3}}{2}$$

Μετατροπή ψηφιακού σήματος σε αναλογικό (4)

Για έξοδο 0111, $D_3=0$, $D_2=1$, $D_1=1$, $D_0=1$

$$U_{D_3}=0V, U_{D_2}=5V, U_{D_1}=5V, U_{D_0}=5V$$

$$\begin{aligned} V_{out} &= \frac{5V}{16} + \frac{5V}{8} + \frac{5V}{4} + \frac{0V}{2} \\ &= 0.3125V + 0.625V + 1.25V + 0V = 2.1875V \end{aligned}$$

Μετατροπή ψηφιακού σήματος σε αναλογικό (5)

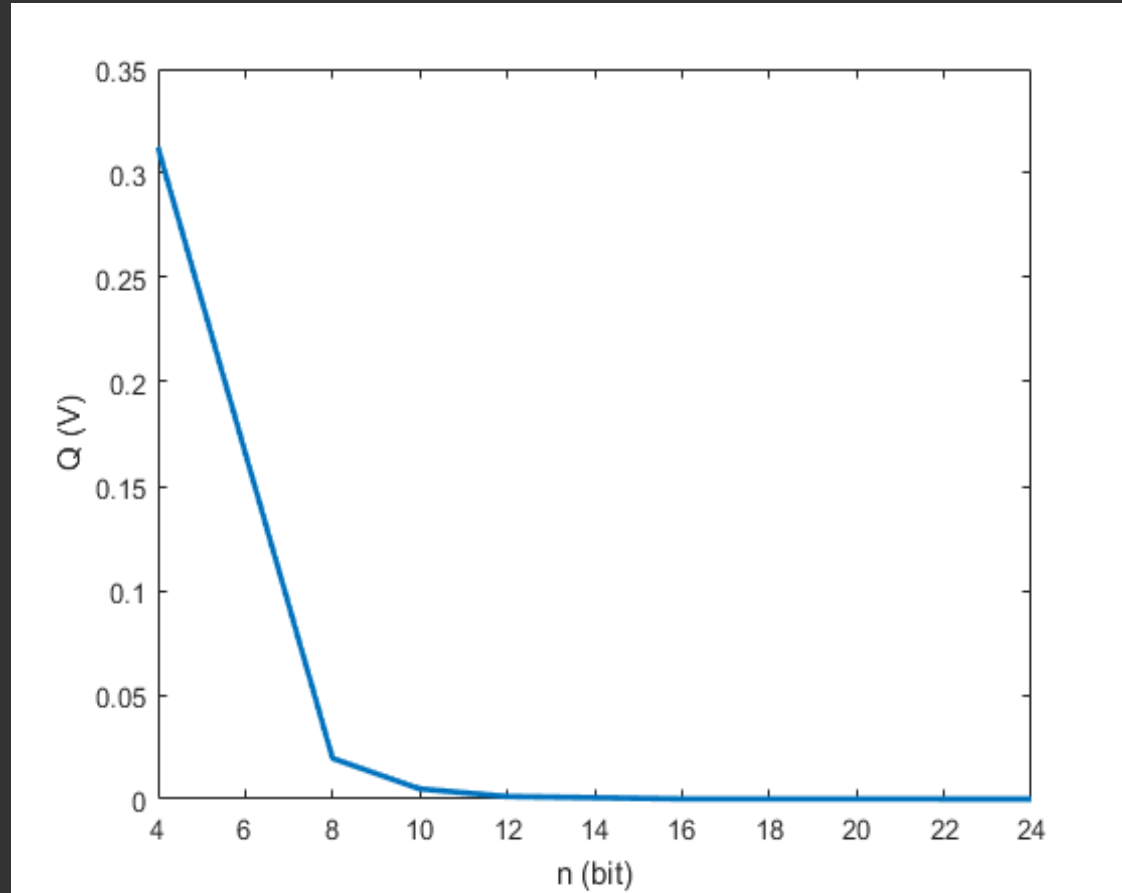
Έξοδος ψηφιακού συστήματος (δυαδικό)	Έξοδος ψηφιακού συστήματος (δεκαδικό)	Έξοδος δικτυώματος V_{out} (V)
0000	0	0
0001	1	0.3125
0010	2	0.6250
0011	3	0.9375
0100	4	1.2500
0101	5	1.5625
0110	6	1.8750
0111	7	2.1875
1000	8	2.5000
1001	9	2.8125
1010	10	2.1250
1011	11	2.4375
1100	12	2.7500
1101	13	2.0625
1110	14	2.3750
1111	15	2.6875



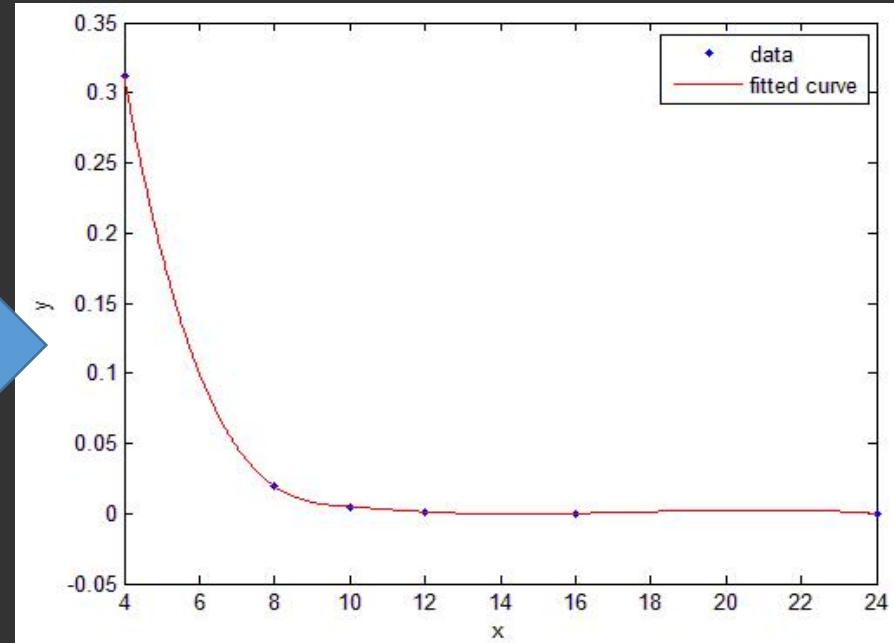
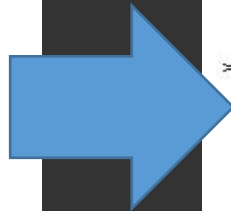
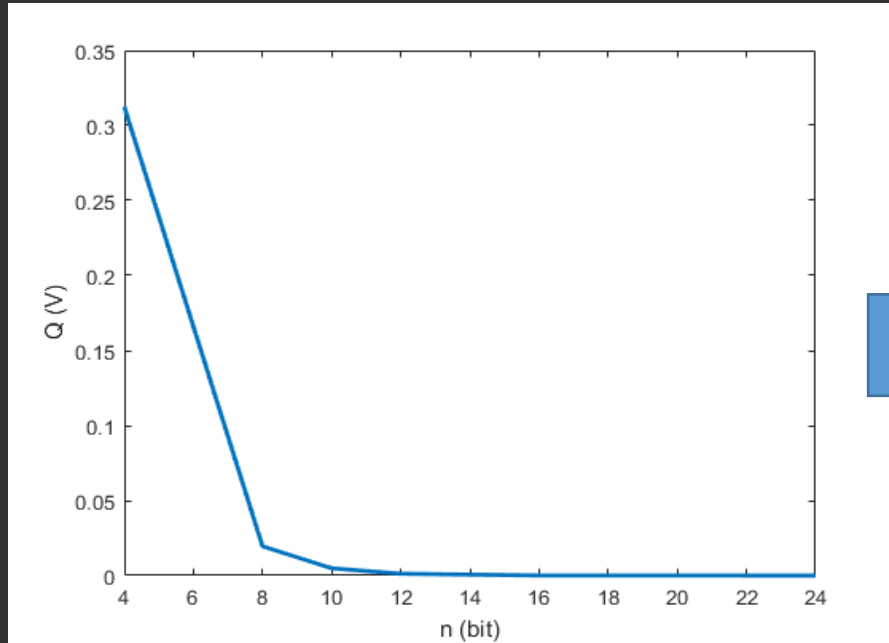
Μελέτη ανάλυσης μετατροπέα (1)

MATLAB

```
clc;  
clear;  
vref=input('Vref (V)=');  
n=[4 8 10 12 16 24];  
q=vpa(zeros(1,6));  
for i=1:6  
    p=2^n(i);  
    q(i)=vpa(vref/p);  
end  
plot(n,q,'LineWidth',2)  
  
xlabel('n (bit)');  
ylabel('Q (V)');
```



Μελέτη ανάλυσης μετατροπεία (2)



MATLAB

```
x=n'  
y=q'  
f=fit(x,y,'cubicinterp')  
figure  
plot(f,x,y)
```

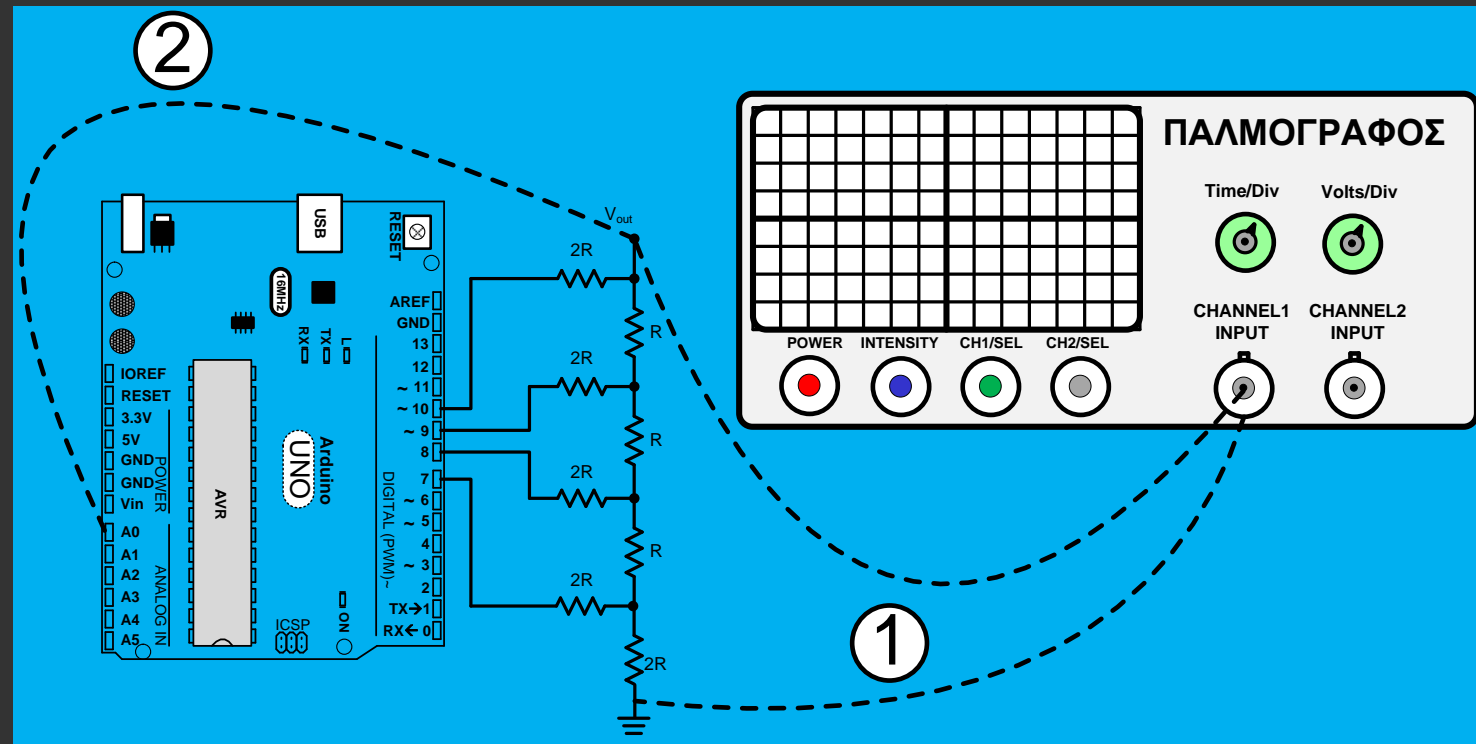
Κώδικας υπολογισμού
τάσης εξόδου

MATLAB

```
clc;  
clear;  
mval=zeros(1,512);  
mout=zeros(1,512);  
n=input('n (bit)=');  
vref=input('Vref (V)=');  
p=2^n;  
vp=vref/p;  
i=1;  
for up=0:255  
    mval(i)=up;  
    mout(i)=vp*up;  
    i=i+1;  
end  
  
for down=255:-1:0  
    mval(i)=down;  
    mout(i)=vp*down;  
    i=i+1;  
end  
figure; bar(mout);
```

Παραγωγή αναλογικής τάσης από το ψηφιακό σύστημα (1)

Πειραματική διάταξη



Παραγωγή αναλογικής τάσης από το ψηφιακό σύστημα (2)

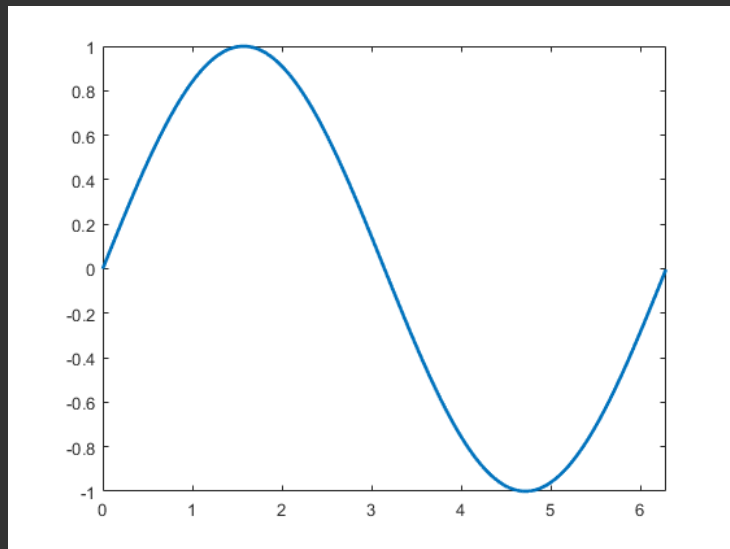
Τιμή ακροδεκτών (έξοδοι Arduino) 1=HIGH, 0=LOW				Τιμή στο δεκαδικό
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15

Κώδικας Arduino

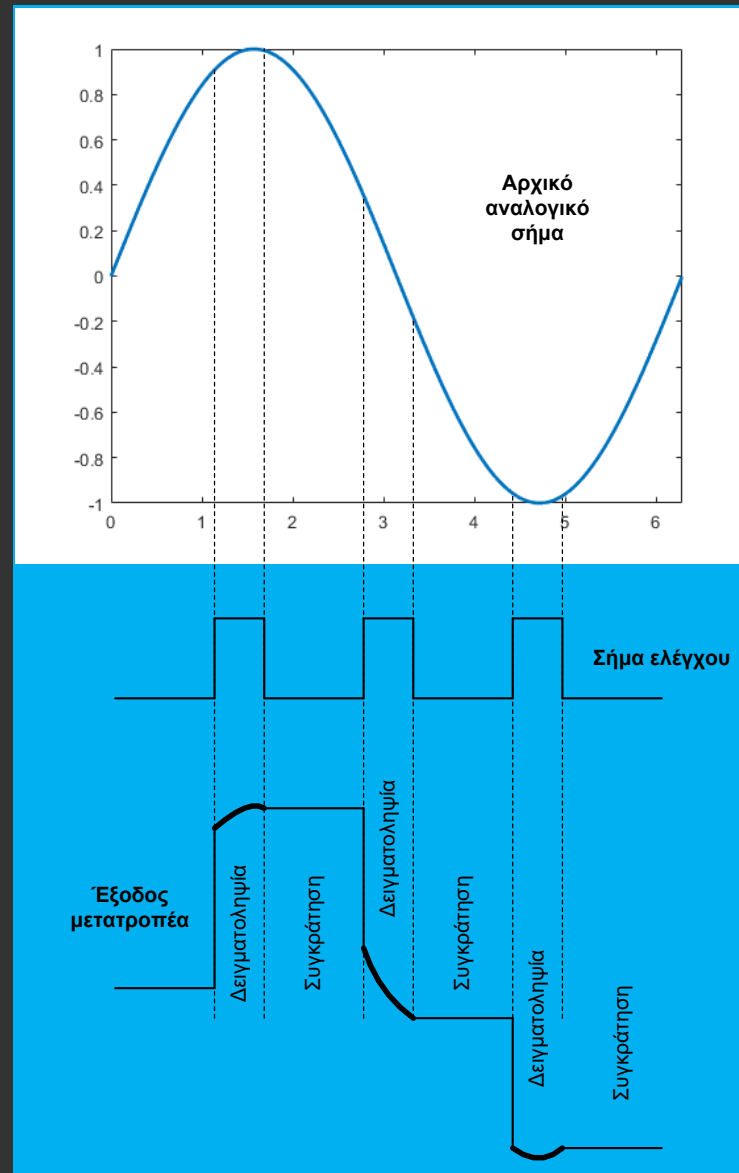
```
int b[]={0,0,0,0};  
void setup()  
{  
  Serial.begin(9600);  
  for(int i=7;i<11;i++)  
    pinMode(i,OUTPUT);  
}
```

```
void loop()  
{  
  int number=(b[0]*8)+(b[1]*4)+(b[2]*2)+(b[3]*1);  
  
  for (int port=0;port<4;port++)  
    digitalWrite(10-port,b[port]);  
  
  delay(100);  
  int a=analogRead(0);  
  float vin=(a*2.88)/1000;  
  Serial.println(vin);  
  
  if (number%8==0) b[0]=!b[0];  
  if (number%4==0) b[1]=!b[1];  
  if (number%2==0) b[2]=!b[2];  
  if (number%1==0) b[3]=!b[3];  
  
  delay(1000);  
}
```

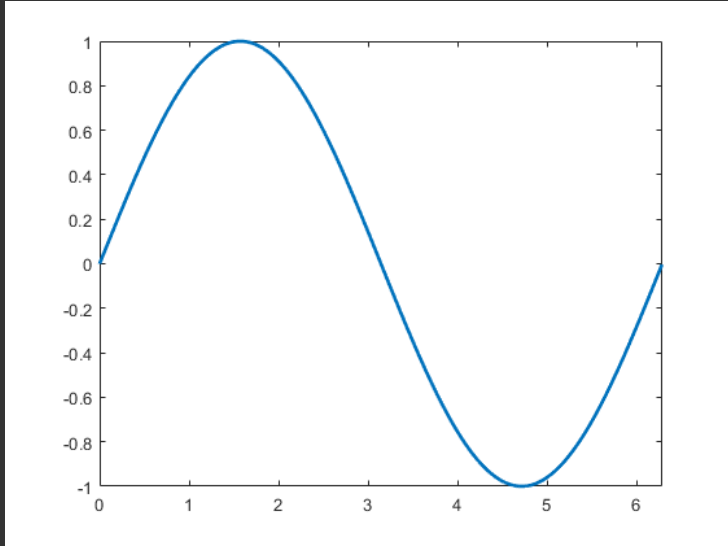
Δειγματοληψία και συγκράτηση



$$f_{\text{sampling}} \geq 2f_{\text{signal}}$$



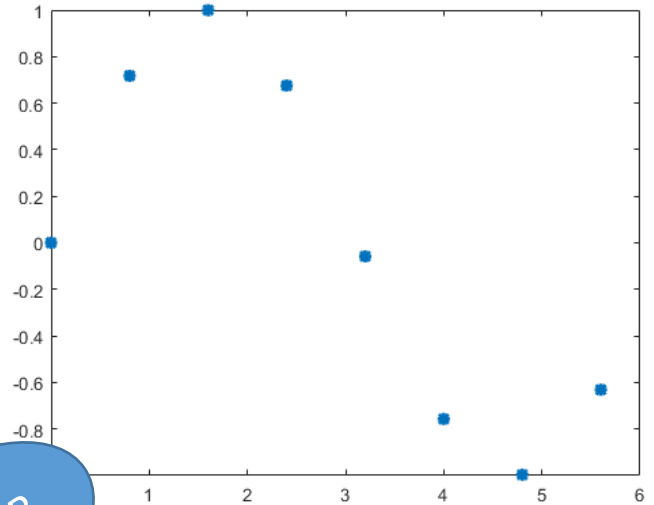
Μελέτη δειγματοληψίας (1)



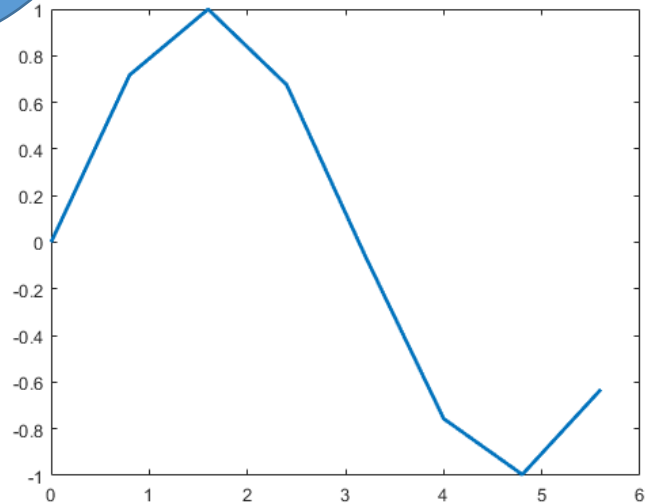
```
x=(0:0.01:2*pi);  
y=sin(x);  
step=100;  
plot(x,y,'LineWidth',2);  
xlim([0 2*pi]);
```

MATLAB

```
x=(0:0.01:2*pi);  
y=sin(x);  
steps=80;  
s=1;  
for i=1:steps:numel(x)  
    sample(s)=y(i);  
    xpos(s)=x(i);  
    s=s+1;  
end  
plot(xpos,sample,'*','LineWidth',2);  
figure;  
plot(xpos,sample,'LineWidth',2);
```



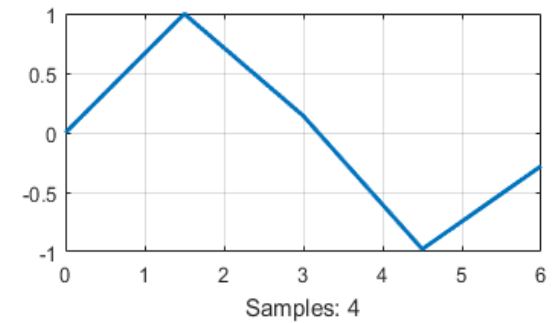
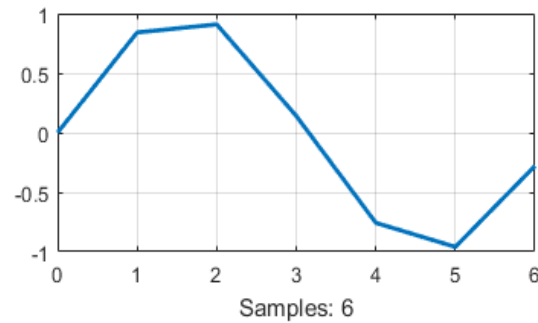
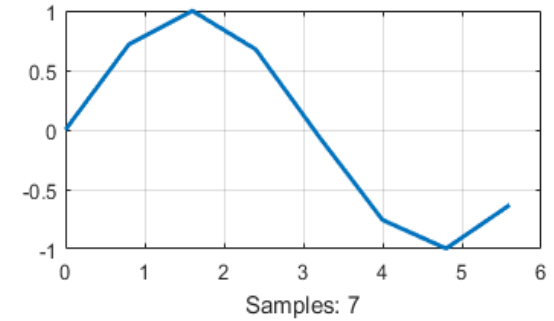
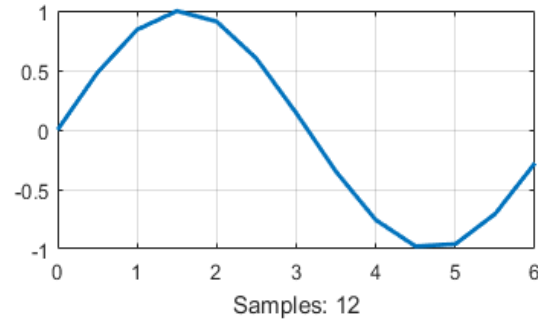
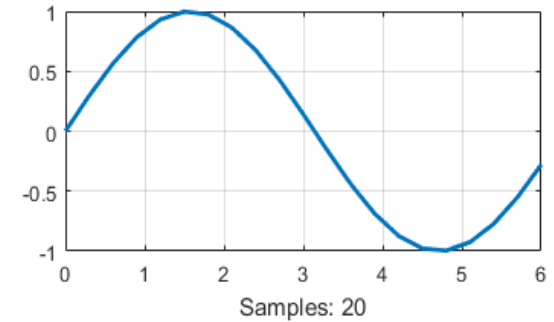
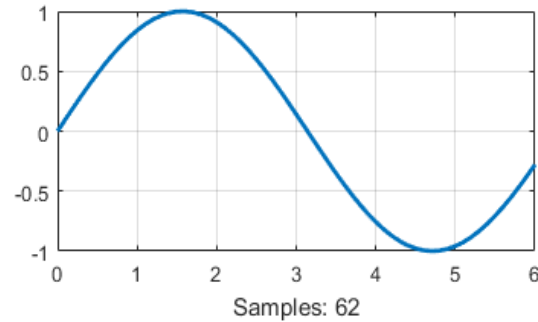
MATLAB



Μελέτη δειγματοληψίας (2)

```
x=(0:0.01:2*pi);  
y=sin(x);  
plot(x,y,'LineWidth',2);  
xlim([0 2*pi]);  
figure;  
steps=[10 30 50 80 100 150];  
f=1;  
for j=1:1:numel(steps)  
    s=1;  
    elements=floor((numel(x)/steps(j)));  
    str=num2str(elements);  
    sample=zeros(1,elements)  
    xpos=zeros(1,elements);  
    for i=1:steps(j):numel(x)  
        sample(s)=y(i);  
        xpos(s)=x(i);  
        s=s+1;  
    end  
    subplot(3,2,f);  
    plot(xpos,sample,'LineWidth',2);  
    xlabel(['Samples: ' str]);  
    xlim([0 6]);  
    grid on;  
    f=f+1;  
end
```

MATLAB



Μελέτη δειγματοληψίας (3)

```
plot(xpos,sample,'LineWidth',2)
```



```
plot(xpos,sample,'*','LineWidth',2)
```

MATLAB

