Προγραμματισμός Ι (ECE115)

#1

μνήμη & μεταβλητές
πρόγραμμα & εκτέλεση

Σπύρος Λάλης
lalis@uth.gr

Ψηφιακά δεδομένα, μνήμη, μεταβλητές

Δυαδικός κόσμος

- Οι υπολογιστές είναι δυαδικές μηχανές
- Όλη η πληροφορία (δεδομένα και κώδικας) κωδικοποιείται ως μια ακολουθία από 0 ή 1

- Η ελάχιστη μονάδα πληροφορίας ονομάζεται **bit**
- 1 bit μπορεί να πάρει τις τιμές 0 / 1

- Η βασική μονάδα πληροφορίας είναι το **byte**
- 1 byte αποτελείται από 8 bit

0	0	1	1	0	1	0	1

1	1	1	1	1	1	1	1

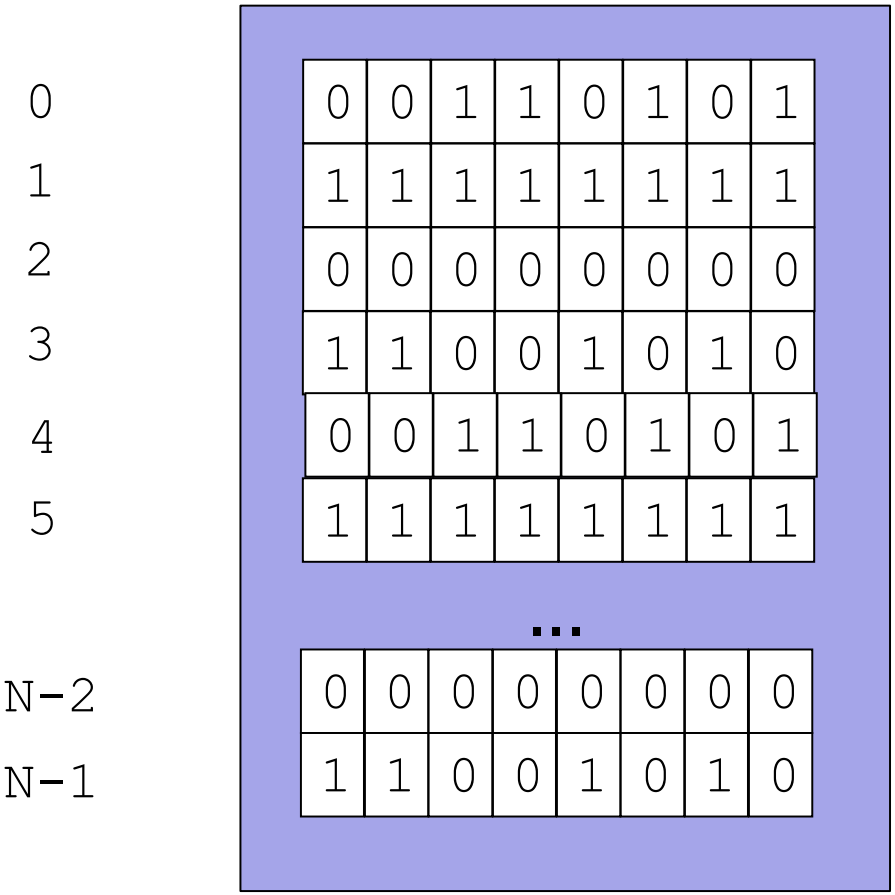
0	0	0	0	0	0	0	0

1	1	0	0	1	0	1	0

Μνήμη

- **Αφαίρεση:** μια (μακριά) σειρά από bytes
- Πως γίνεται αναφορά σε ένα συγκεκριμένο byte;
- **Διεύθυνση**
  - μας λέει το **πού** βρίσκεται ένα byte στην μνήμη
  - συγκεκριμένα: ο **αριθμός σειράς** του byte στη μνήμη
- Οι διευθύνσεις αρχίζουν (θεωρητικά) από την τιμή 0

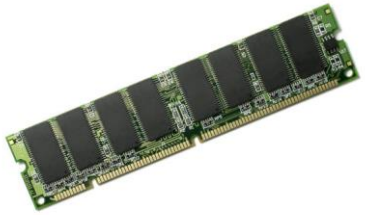
διευθύνσεις περιεχόμενα



Μνήμη / αποθηκευτικός χώρος Η/Υ

Κύρια μνήμη (RAM)

- γρήγορη πρόσβαση
- μερικά GB



Σκληρός δίσκος (hard disk)

- αργή πρόσβαση
- λίγα TB

- 1 KB = 1024 B = 2^{10} B
- 1 MB = 1024 KB = 2^{20} B
- 1 GB = 1024 MB = 2^{30} B
- 1 TB = 1024 GB = 2^{40} B

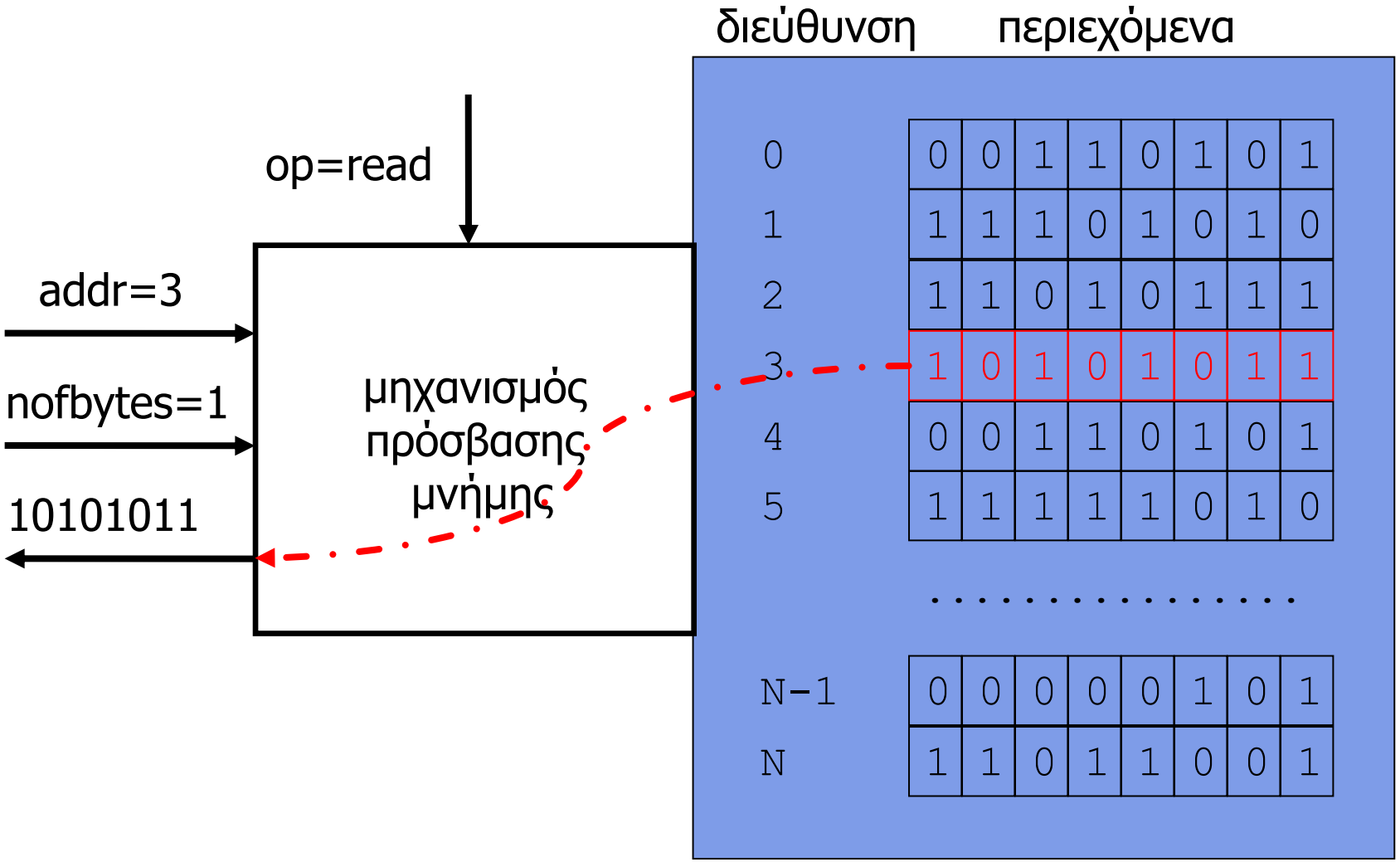
Πρόσβαση στην μνήμη

- Λειτουργίες: ανάγνωση / εγγραφή
- Σημείο αναφοράς: διεύθυνση
- Ποσότητα δεδομένων: αριθμός bytes

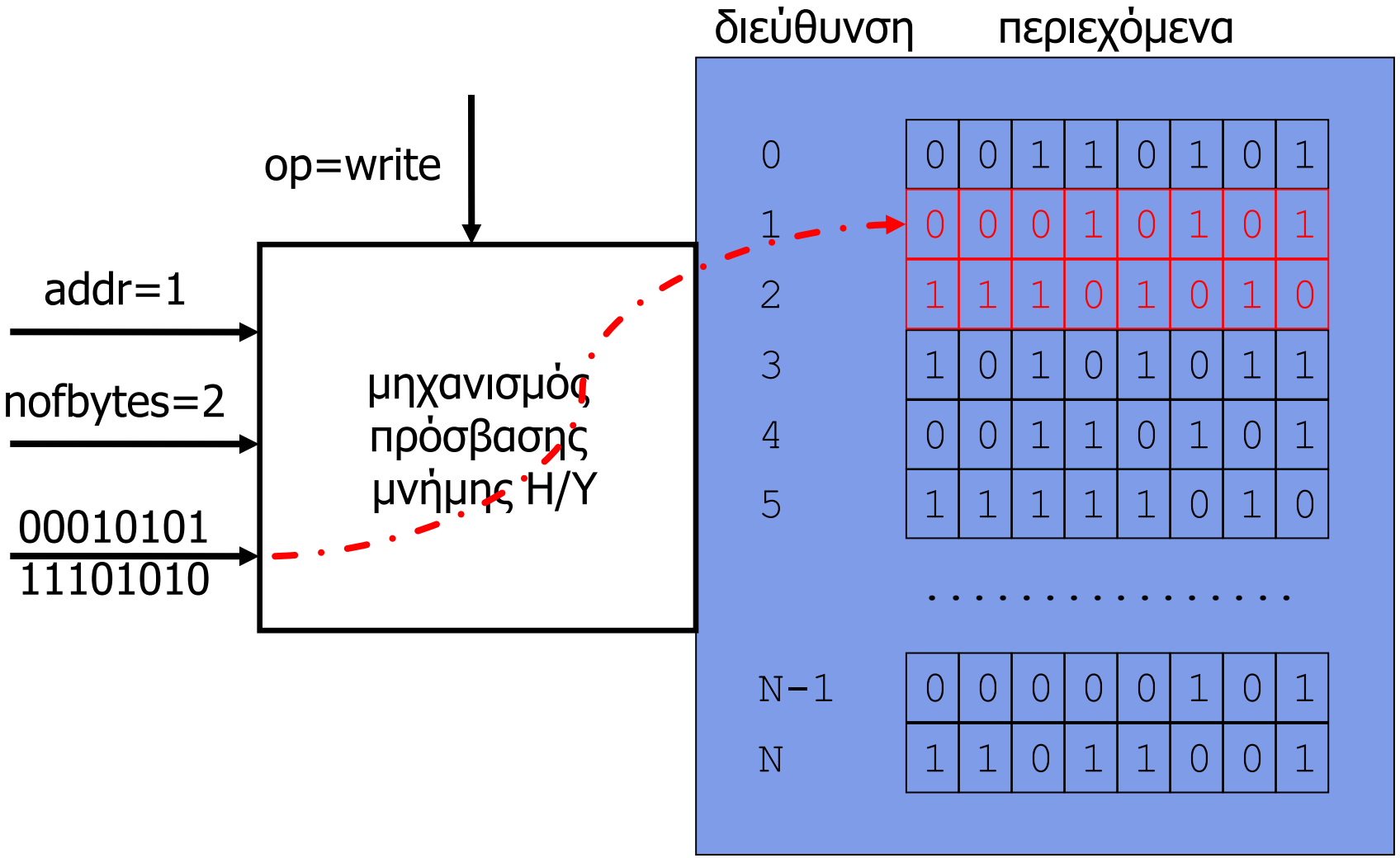
- **Ανάγνωση:** επιστρέφει τις τιμές των bytes που έχουν αποθηκευτεί στις αντίστοιχες θέσεις

- **Εγγραφή:** προσδιορίζει τις τιμές των bytes που θα αποθηκευτούν στις αντίστοιχες θέσεις

Ανάγνωση


διεύθυνση
περιεχόμενα
op=read
addr=3
nofbytes=1
10101011
μηχανισμός
πρόσβασης
μνήμης
0
1
2
3
4
5
N-1
N
0 0 1 1 0 1 0 1
1 1 1 0 1 0 1 0
1 1 0 1 0 1 1 1
1 0 1 0 1 0 1 1
0 0 1 1 0 1 0 1
1 1 1 1 1 0 1 0
0 0 0 0 0 1 0 1
1 1 0 1 1 0 0 1

Εγγραφή


διεύθυνση
περιεχόμενα
op=write
addr=1
nofbytes=2
00010101
11101010
μηχανισμός
πρόσβασης
μνήμης Η/Υ
0
1
2
3
4
5
N-1
N
0 0 1 1 0 1 0 1
0 0 0 1 0 1 0 1
1 1 1 0 1 0 1 0
1 0 1 0 1 0 1 1
0 0 1 1 0 1 0 1
1 1 1 1 1 0 1 0
0 0 0 0 0 1 0 1
1 1 0 1 1 0 0 1

Κωδικοποίηση δεδομένων

- Κωδικοποίηση: η μετατροπή δεδομένων από ένα σύστημα αναπαράστασης σε ένα άλλο
  - δεκαδικό -> δυαδικό
  - χαρακτήρες -> δυαδικό

- Πόσα bits χρειαζόμαστε για κάθε είδος δεδομένων;
- Περισσότερα bits/bytes
  - μεγαλύτερο πεδίο τιμών
  - μεγαλύτερη ακρίβεια
- Με N bits κωδικοποιούμε 2^N διαφορετικές τιμές
  - π.χ. πεδίο φυσικών [0... 2^N-1]
  - π.χ. πεδίο ακεραίων [-2^{N-1}...2^{N-1}-1]

Δεδομένα και προγραμματισμός

- Για κάθε δεδομένο πρέπει να καθοριστεί (θεωρητικά, **από τον προγραμματιστή**)
  - η θέση μνήμης για την αποθήκευση του
  - ο αριθμός των bytes που χρειάζονται για την αποθήκευση των τιμών που μπορεί να λάβει
  - η κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται για κάθε τιμή στο δυαδικό σύστημα

- Απάνθρωπο!

- Χρειάζεται κατάλληλη υποστήριξη από τις γλώσσες προγραμματισμού ...

Τύποι δεδομένων

- Κάθε γλώσσα προγραμματισμού ορίζει ένα σύνολο από βασικούς **τύπους δεδομένων**
- Κάθε βασικός τύπος έχει
  - συγκεκριμένο **μέγεθος** (σε bytes)
  - συγκεκριμένη δυαδική **κωδικοποίηση** και αντίστοιχο πεδίο τιμών
- Ο προγραμματιστής ορίζει κάθε δεδομένο του προγράμματος ως «αντικείμενο» ενός τύπου
  - έτσι καθορίζεται **έμμεσα** το μέγεθος και η κωδικοποίηση (η **σημασία** των bits που αντιστοιχούν στο αντικείμενο)
- Η μνήμη χρησιμεύει για την αποθήκευση των bits/bytes **χωρίς** να γίνεται ερμηνεία τους

Μεταβλητή

- **Αντικείμενο δεδομένων** του προγράμματος
  - με συγκεκριμένο **όνομα** και **τύπο**
- «**Αναθέτουμε**» μια τιμή σε μεταβλητή
  - η (κωδικοποιημένη) τιμή (bytes) γράφεται στην αντίστοιχη θέση της μνήμης
- «**Διαβάζουμε**» μια μεταβλητή
  - η (κωδικοποιημένη) τιμή (bytes) διαβάζεται από την αντίστοιχη θέση της μνήμης
- «**Δέσμευση**» μεταβλητής
  - κράτηση αντίστοιχου χώρου στην μνήμη
- «**Ζωή**» μεταβλητής
  - διάστημα κατά το οποίο η κράτηση παραμένει σε ισχύ

```
int var;
```

θεση/διεύθυνση: 1
τύπος: int

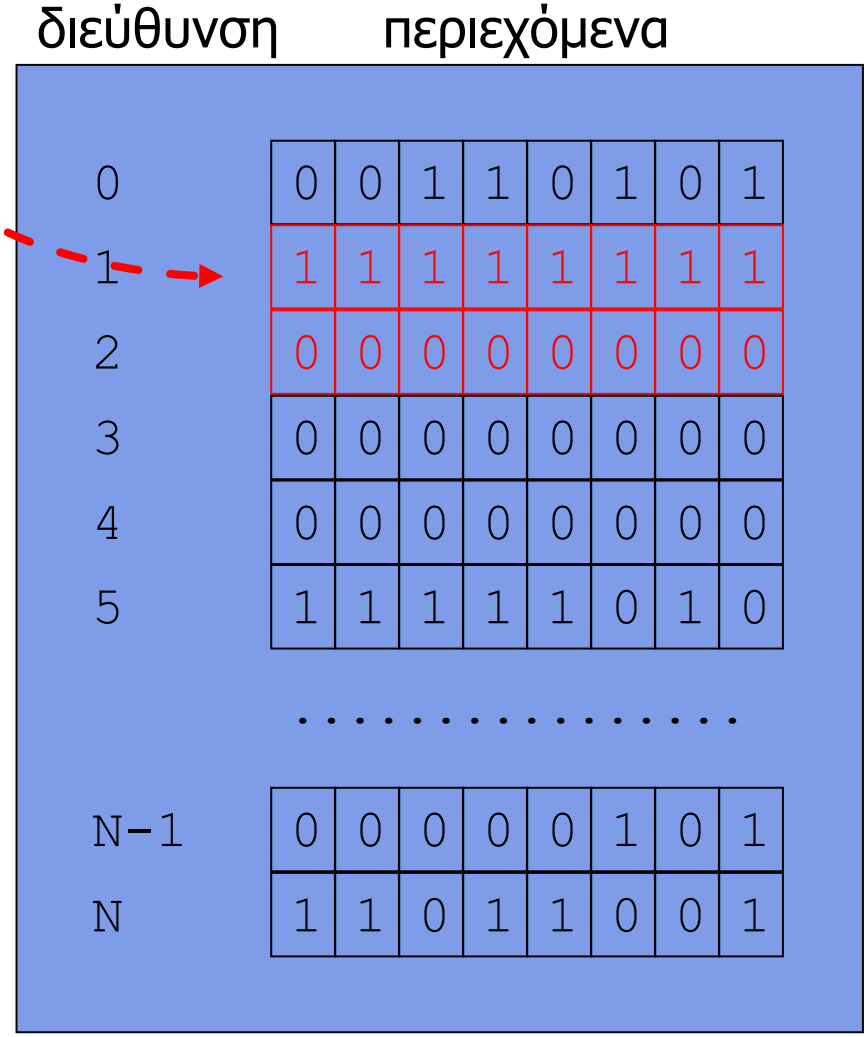
τύπος int

μέγεθος: 2 bytes (ενδεικτικό)
ερμηνεία: ακέραιος
κωδικοποίηση: 2's complement

τι τιμή έχει η μεταβλητή var;

διάβασε από τη διεύθυνση της var όσα bytes ορίζει ο τύπος της, και ερμήνευσέ τα σύμφωνα με τη σύμβαση κωδικοποίησης του

αποτέλεσμα = 255
(για little-endian)



Διαφάνεια αποθήκευσης/κωδικοποίησης

- Ο προγραμματιστής **δεν** χρειάζεται να γνωρίζει το πώς ακριβώς αποθηκεύεται/κωδικοποιείται η πληροφορία στην μνήμη του υπολογιστή
- Η προσπέλαση των περιεχομένων των μεταβλητών του προγράμματος γίνεται με **διαφανή** τρόπο
  - ένα από τα πλεονεκτήματα του να χρησιμοποιεί κανείς μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου

- Αυτό δεν ισχύει όταν
  - χρησιμοποιείται γλώσσα μηχανής
  - όταν παρακάμπτεται το «σύστημα τύπων» της γλώσσας
    - βλέπε αργότερα ...

Πρόγραμμα & εκτέλεση

Πρόγραμμα / Γλώσσα προγραμματισμού

- **Πρόγραμμα:** εντολές προς τον υπολογιστή
  - έτσι όπως τις «καταλαβαίνει» ο υπολογιστής
  - με λίγη βοήθεια … (ο υπολογιστής ξέρει μόνο από 0 και 1)

- **Γλώσσα προγραμματισμού:** γλώσσα σχεδιασμένη για να γράφουμε εντολές προς τον υπολογιστή

- Περίπου σαν τις κανονικές γλώσσες
- Αλλά πιο αυστηρή / τυπική
  - περιορισμένο **λεξιλόγιο**
  - σαφής **σημασιολογία**
  - ξεκάθαρο **συντακτικό**

Σύνταξη & σημασία

- **Σύνταξη:** κανόνες για τον σχηματισμό προτάσεων
- **Σημασία:** το νόημα που έχουν οι συντακτικά επιτρεπτές προτάσεις

- **Υπάρχουν συντακτικά επιτρεπτές προτάσεις που δεν έχουν επακριβώς ορισμένη (μια μοναδική) σημασία;**

- Στις ανθρώπινες γλώσσες: ναι!
  - μαζί μιλάμε και χώρια καταλαβαινόμαστε
- Σε γλώσσες προγραμματισμού: (κατά κανόνα) όχι

Για παράδειγμα

- Συντακτικά ορθές προτάσεις

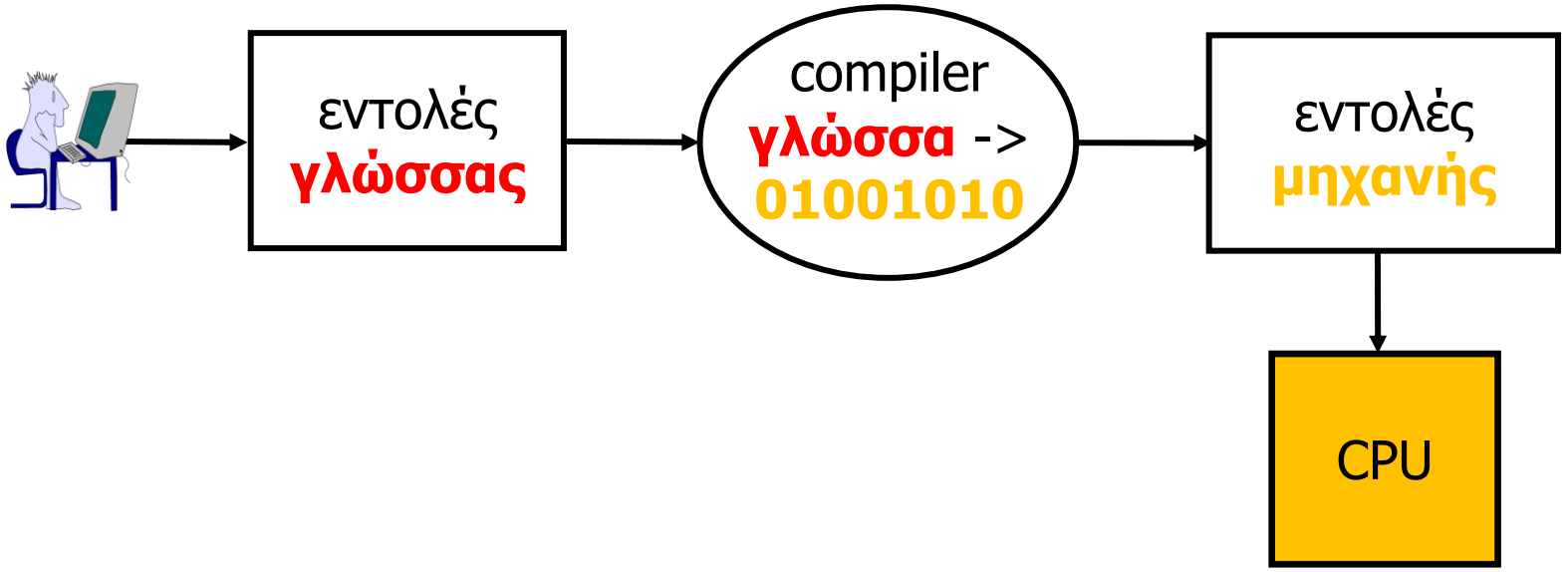
```
-2+13
15/5-2
```

- Όμως, ποια είναι η σημασία των παραπάνω;

```
-2+13:      (-2)+(13)  ή  -(2+13)
15/5-2:     (15/5)-2   ή   15/(5-2)
```

Μεταγλώττιση (compilation)

- **Κώδικας:** μια σειρά εντολών προς τον υπολογιστή, γραμμένες με βάση μια γλώσσα προγραμματισμού
- **Μεταγλώττιση:** διαδικασία μετατροπής κώδικα από μια γλώσσα σε μια άλλη
  - συνήθως από εντολές υψηλού επιπέδου σε εντολές μηχανής
  - μια εντολή γλώσσας υψηλού επιπέδου μπορεί να αντιστοιχεί σε μια σειρά εντολών γλώσσας μηχανής
- **Γίνεται από ειδικά προγράμματα, τους λεγόμενους μεταγλωττιστές (compilers)**
- Η μεταγλώττιση γίνεται (συνήθως) ως ξεχωριστή διαδικασία, πολύ πριν αρχίσει η εκτέλεση του κώδικα
  - υπάρχουν περιπτώσεις όπου η μετάφραση γίνεται ακριβώς πριν αρχίσει η εκτέλεση (just in time compilation)

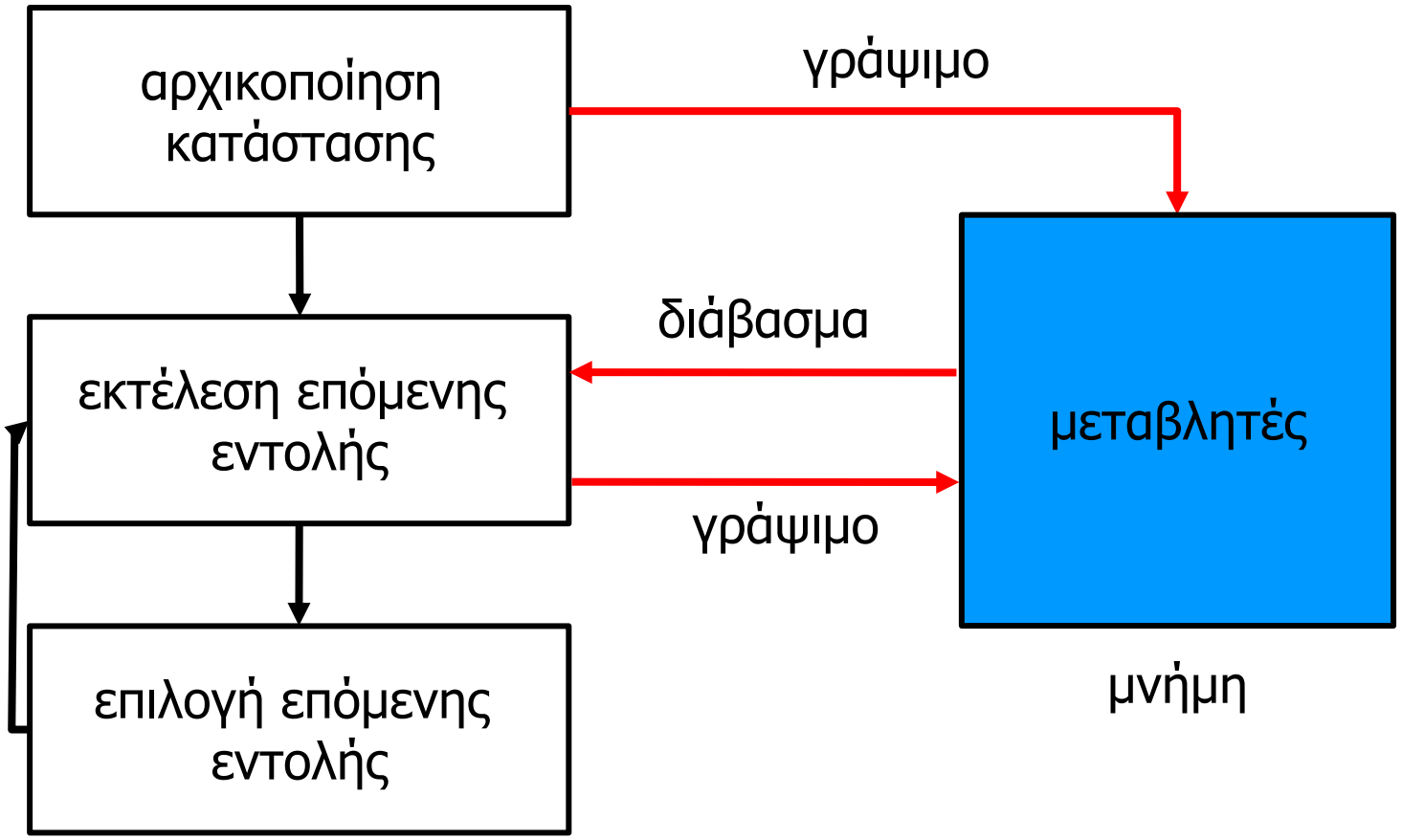

εντολές
γλώσσας
compiler
γλώσσα ->
01001010
εντολές
μηχανής
CPU

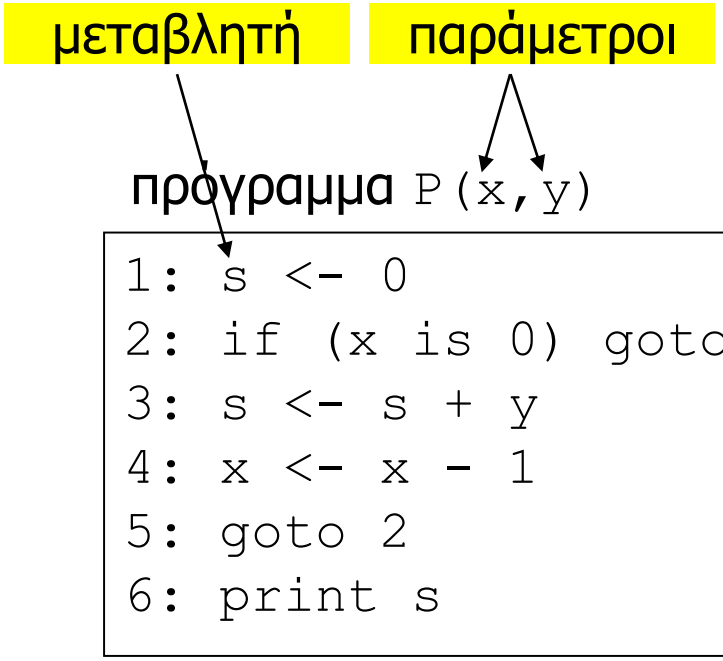
Εκτέλεση κώδικα

- Κάθε γλώσσα έχει συγκεκριμένες **συμβάσεις** για την αποτίμηση και εκτέλεση των εκφράσεων/προτάσεων
- Συνήθως **«από αριστερά προς τα δεξιά»** και **«από πάνω προς τα κάτω»**
  - όπως γράφουμε/διαβάζουμε κείμενα (στον δυτικό κόσμο)

- Μπορεί να γίνουν **άλματα** μέσα στον κώδικα
  - είτε «προς τα εμπρός» είτε «προς τα πίσω»
  - παράκαμψη ή επανάληψη εκτέλεσης κομματιών κώδικα
- Εντολές **ελέγχου ροής εκτέλεσης** προγράμματος
  - διαβάζουν την κατάσταση του προγράμματος και ανάλογα μεταφέρουν την εκτέλεση σε ένα προκαθορισμένο σημείο

Εκτέλεση προγράμματος



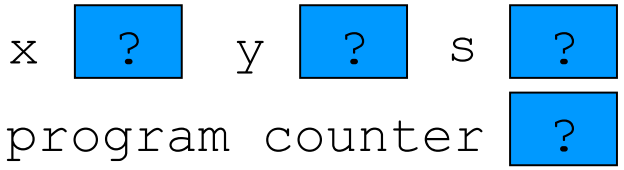

μεταβλητή
παράμετροι
πρόγραμμα P(x,y)
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s

μεταβλητή παράμετροι

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

εκτέλεση `P(0,5)`

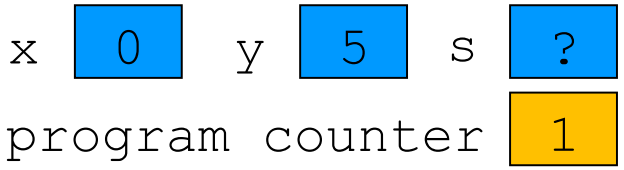


εκτέλεση `P(0,5)`

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

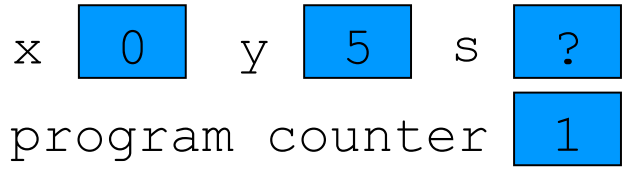
εκτέλεση `P(0,5)`



πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

εκτέλεση `P(0,5)`

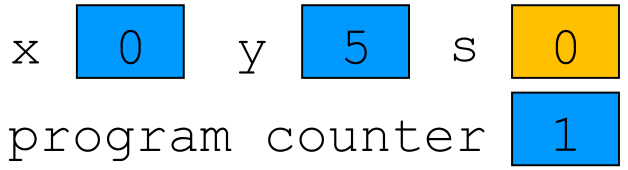


`s <- 0`

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

εκτέλεση `P(0,5)`

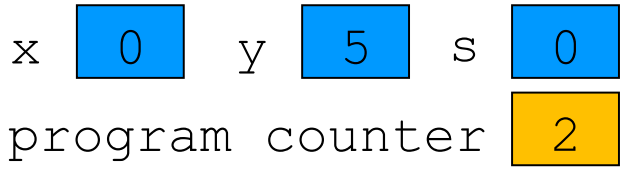


`s <- 0`

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

εκτέλεση `P(0,5)`

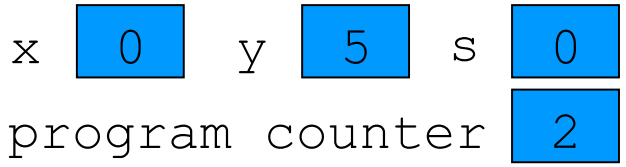


`s <- 0`

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

εκτέλεση `P(0,5)`

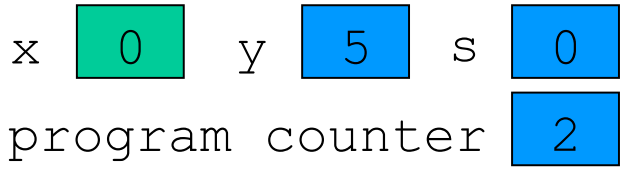


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
```

εκτέλεση `P(0,5)`

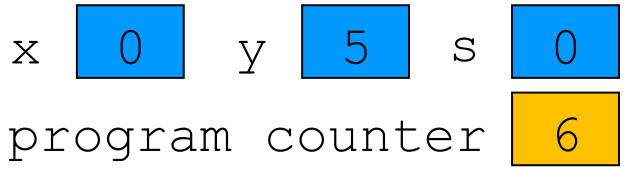



```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
```

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

εκτέλεση `P(0,5)`




```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
```

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

εκτέλεση `P(0,5)`

x 0 y 5 s 0

program counter 6

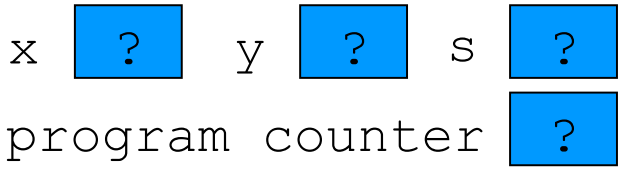
πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
print s
```

0

εκτέλεση `P(2,5)`



πρόγραμμα `P(x,y)`

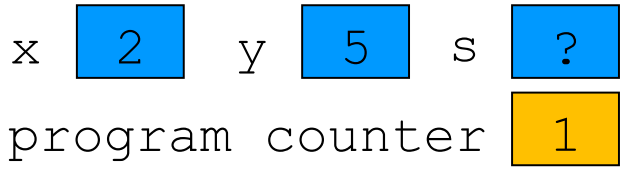
```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

εκτέλεση `P(2,5)`

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

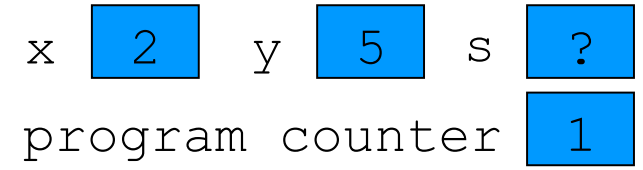
εκτέλεση `P(2,5)`



πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

εκτέλεση `P(2,5)`

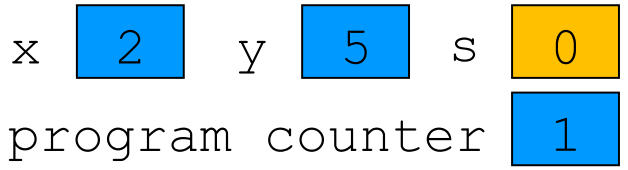


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
```

εκτέλεση `P(2,5)`

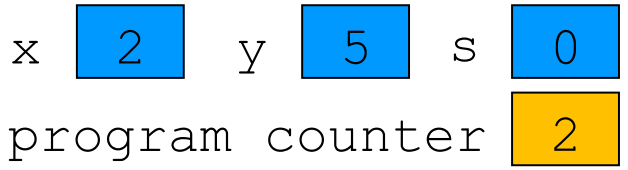


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
```

εκτέλεση `P(2,5)`

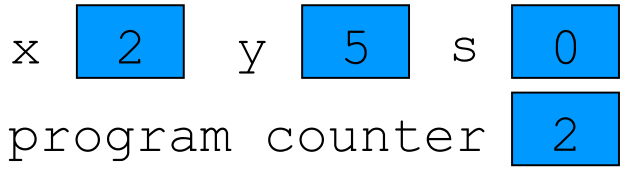


`s <- 0`

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

εκτέλεση `P(2,5)`

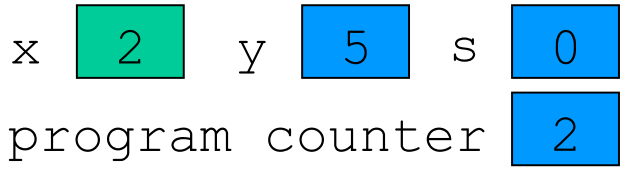


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
```

εκτέλεση `P(2,5)`

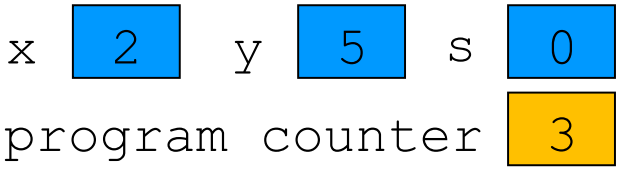


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
```

εκτέλεση `P(2,5)`

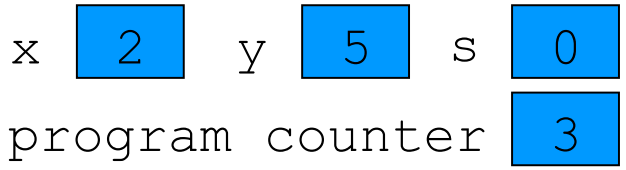


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
```

εκτέλεση `P(2,5)`

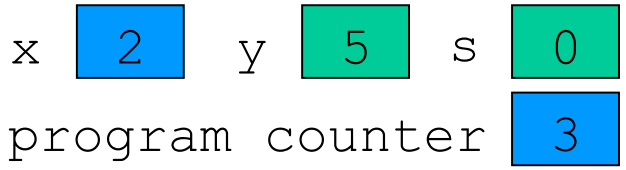


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
```

εκτέλεση `P(2,5)`

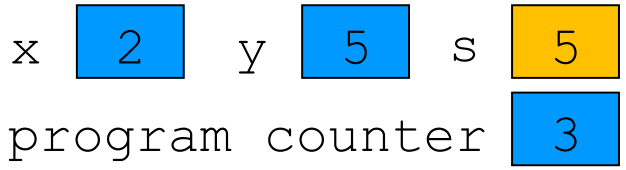


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
```

εκτέλεση `P(2,5)`

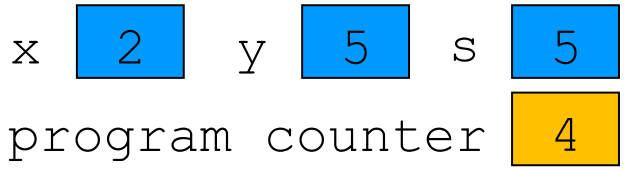


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
```

εκτέλεση `P(2,5)`

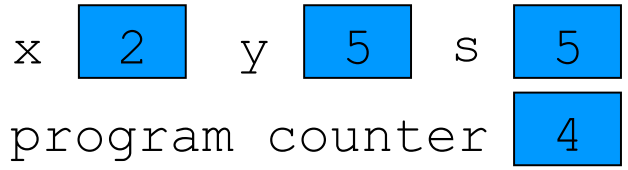


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
```

εκτέλεση `P(2,5)`

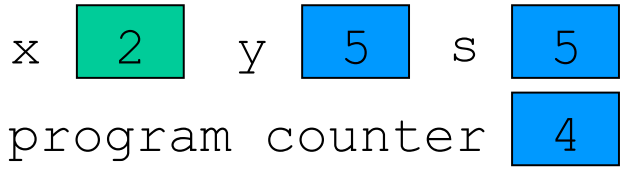


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
```

εκτέλεση `P(2,5)`

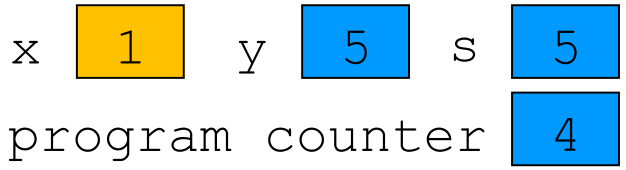


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
```

εκτέλεση `P(2,5)`

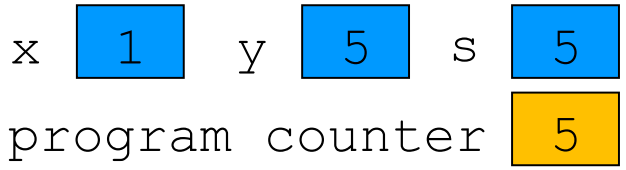


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
```

εκτέλεση `P(2,5)`

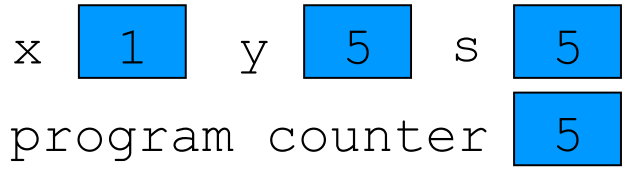


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
```

εκτέλεση `P(2,5)`

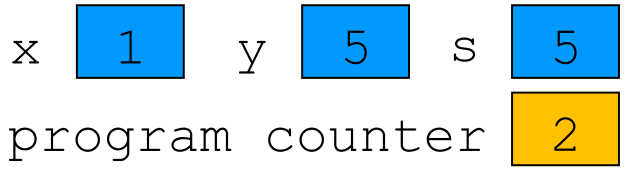


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
```

εκτέλεση `P(2,5)`

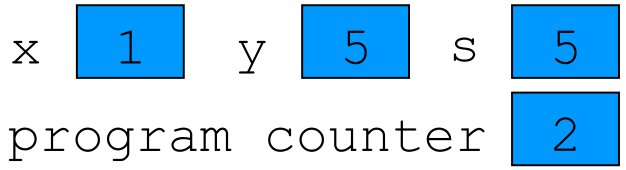


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
```

εκτέλεση `P(2,5)`

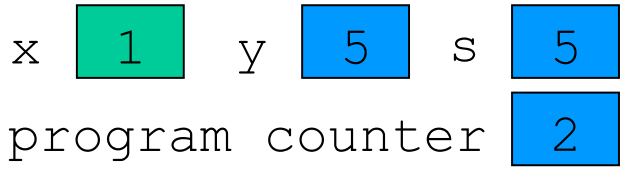


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
```

εκτέλεση `P(2,5)`

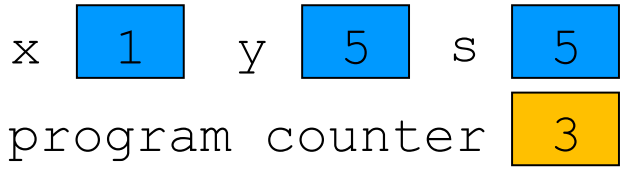


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
```

εκτέλεση `P(2,5)`

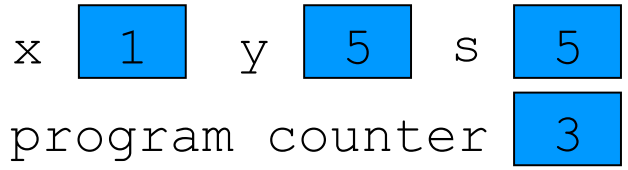


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
```

εκτέλεση `P(2,5)`

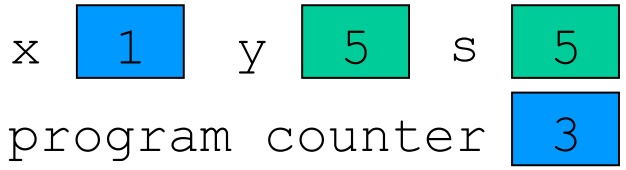


πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
```

εκτέλεση `P(2,5)`



πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
```

εκτέλεση `P(2,5)`

x 1 y 5 s 10

program counter 3

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
```

εκτέλεση `P(2,5)`

x 1 y 5 s 10

program counter 4

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
```

εκτέλεση `P(2,5)`

x 1 y 5 s 10

program counter 4

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
```

εκτέλεση `P(2,5)`

x 1 y 5 s 10

program counter 4

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
```

εκτέλεση `P(2,5)`

x 0 y 5 s 10

program counter 4

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
```

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

εκτέλεση `P(2,5)`

x 0 y 5 s 10

program counter 5

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
```

εκτέλεση `P(2,5)`

x 0 y 5 s 10

program counter 5

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
```

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

εκτέλεση `P(2,5)`

x 0 y 5 s 10

program counter 2

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
```

εκτέλεση `P(2,5)`

x 0 y 5 s 10

program counter 2

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
```

εκτέλεση `P(2,5)`

x 0 y 5 s 10

program counter 2

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
```

πρόγραμμα `P(x,y)`

```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

εκτέλεση `P(2,5)`

x 0 y 5 s 10

program counter 6

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
```

εκτέλεση `P(2,5)`

x 0 y 5 s 10

program counter 6

πρόγραμμα `P(x,y)`

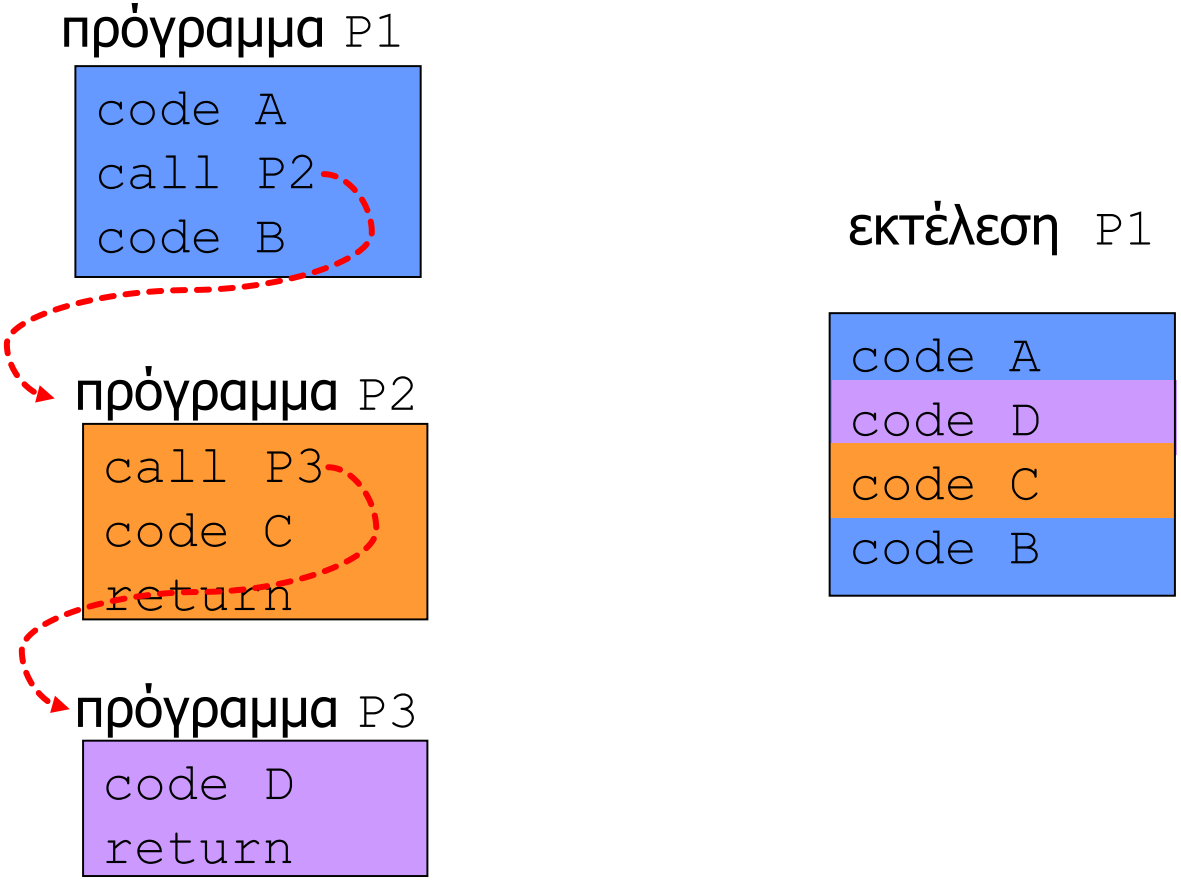
```
1: s <- 0
2: if (x is 0) goto 6
3: s <- s + y
4: x <- x - 1
5: goto 2
6: print s
```

```
s <- 0
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
s <- s + y
x <- x - 1
goto 2
if (x is 0) goto 6
print s
```

10

Υποπρογράμματα

- Ομάδα εντολών (και δεδομένων) που είναι **συντακτικά** ή/και **εκτελεστικά** ανεξάρτητη (αυτόνομη) από τον υπόλοιπο κώδικα
  - ένα πρόγραμμα μπορεί να αποτελείται από (ή να χρησιμοποιεί) πολλά διαφορετικά υποπρογράμματα
- Όταν καλείται ένα υποπρόγραμμα, η εκτέλεση **μεταφέρεται** στο υποπρόγραμμα
- Όταν τερματιστεί η εκτέλεση του, **επιστρέφει** πίσω στο πρόγραμμα που πραγματοποίησε την κλήση
- Η χρήση υποπρογραμμάτων αποτελεί μια από τις βασικές αρχές **δομημένου προγραμματισμού**
  - πολύ σημαντικό στην πράξη

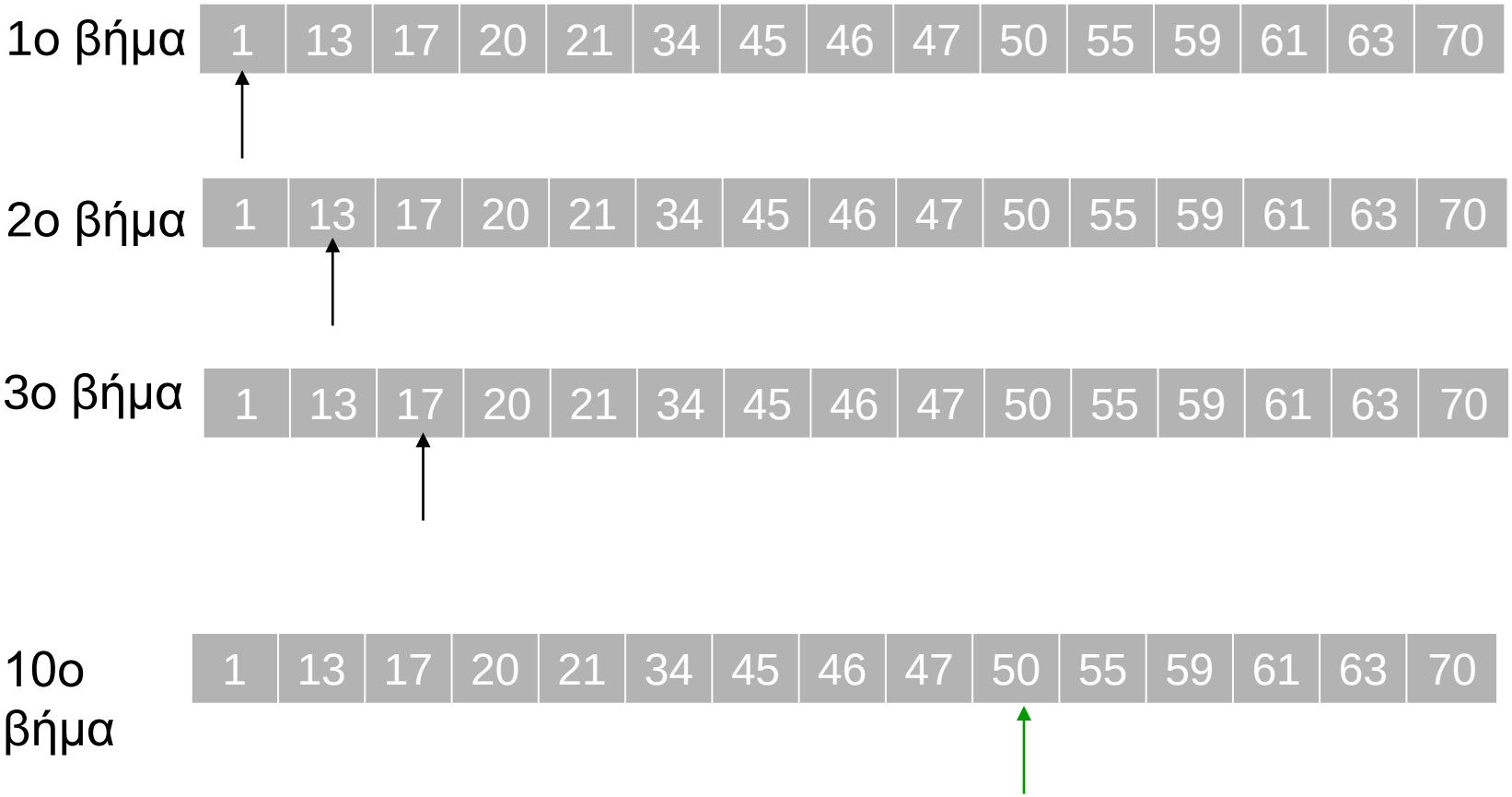

πρόγραμμα P1
code A
call P2
code B
πρόγραμμα P2
call P3
code C
return
πρόγραμμα P3
code D
return
εκτέλεση P1
code A
code D
code C
code B

Μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων

- **Ανάλυση** του προβλήματος
  - τι δεδομένα έχουμε στην διάθεση μας;
  - τι θέλουμε να βρούμε;
  - πώς σπάει σε μικρότερα / απλούστερα προβλήματα;
  - ποια στρατηγική πρέπει να ακολουθήσουμε;
- Σχεδιασμός **αλγορίθμου/μεθόδου**
  - ακριβής ακολουθία πεπερασμένων βημάτων που πρέπει να ακολουθηθούν για να λυθεί το πρόβλημα
- Απαιτήσεις
  - ορθότητα, καλή επίδοση, εξοικονόμηση πόρων
- Για το ίδιο πρόβλημα μπορεί να υπάρχουν περισσότεροι (κατάλληλοι) αλγόριθμοι

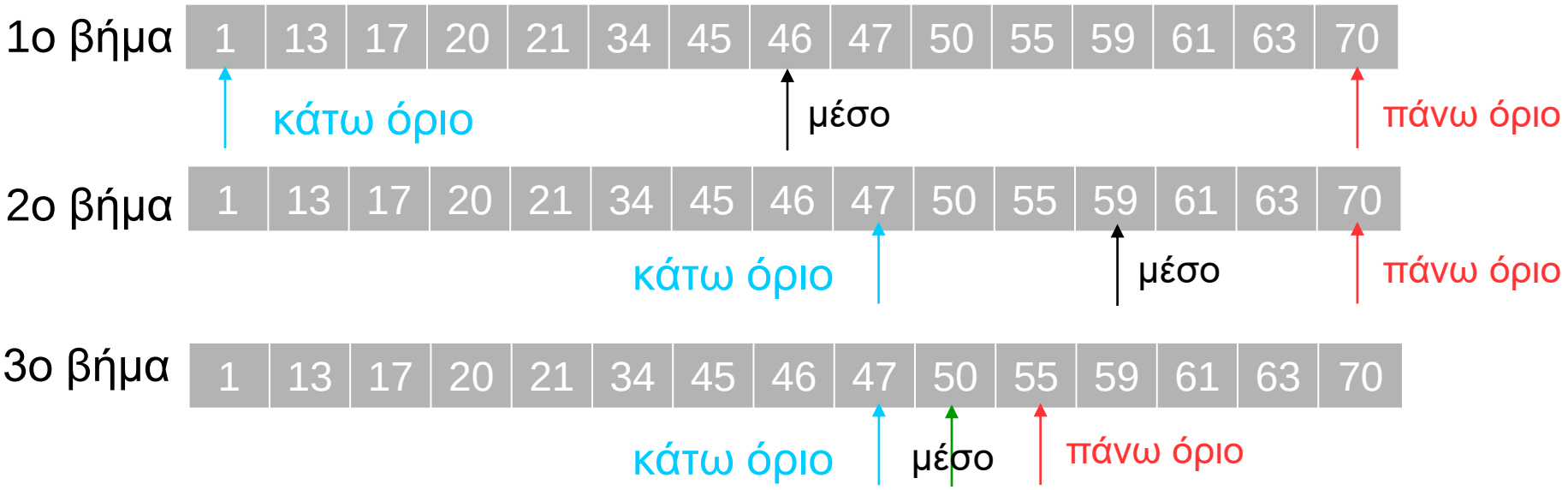
Παράδειγμα: γραμμική αναζήτηση

Βρες τη θέση που υπάρχει (αν υπάρχει) η τιμή 50



Παράδειγμα: δυαδική αναζήτηση

Βρες τη θέση που υπάρχει (αν υπάρχει) η τιμή 50



Ορθότητα (correctness)

- Ο κώδικας υλοποιεί την επιθυμητή (προδιαγεγραμμένη) λειτουργικότητα
  - για όλες τις περιπτώσεις
- Επιτυχής μετάφραση **δεν** συνεπάγεται ορθότητα
- Εκτέλεση χωρίς σφάλματα **δεν** συνεπάγεται ορθότητα

- Ακόμα και όταν το πρόγραμμα «φαίνεται» να τρέχει κανονικά, μπορεί να μην λειτουργεί (εντελώς) σωστά
  - ίσως δεν κάνει αυτό που θέλουμε, σε όλες τις περιπτώσεις
  - ίσως υπάρχουν σημασιολογικά ή/και λογικά λάθη …
  - … που είναι δύσκολο να εντοπιστούν

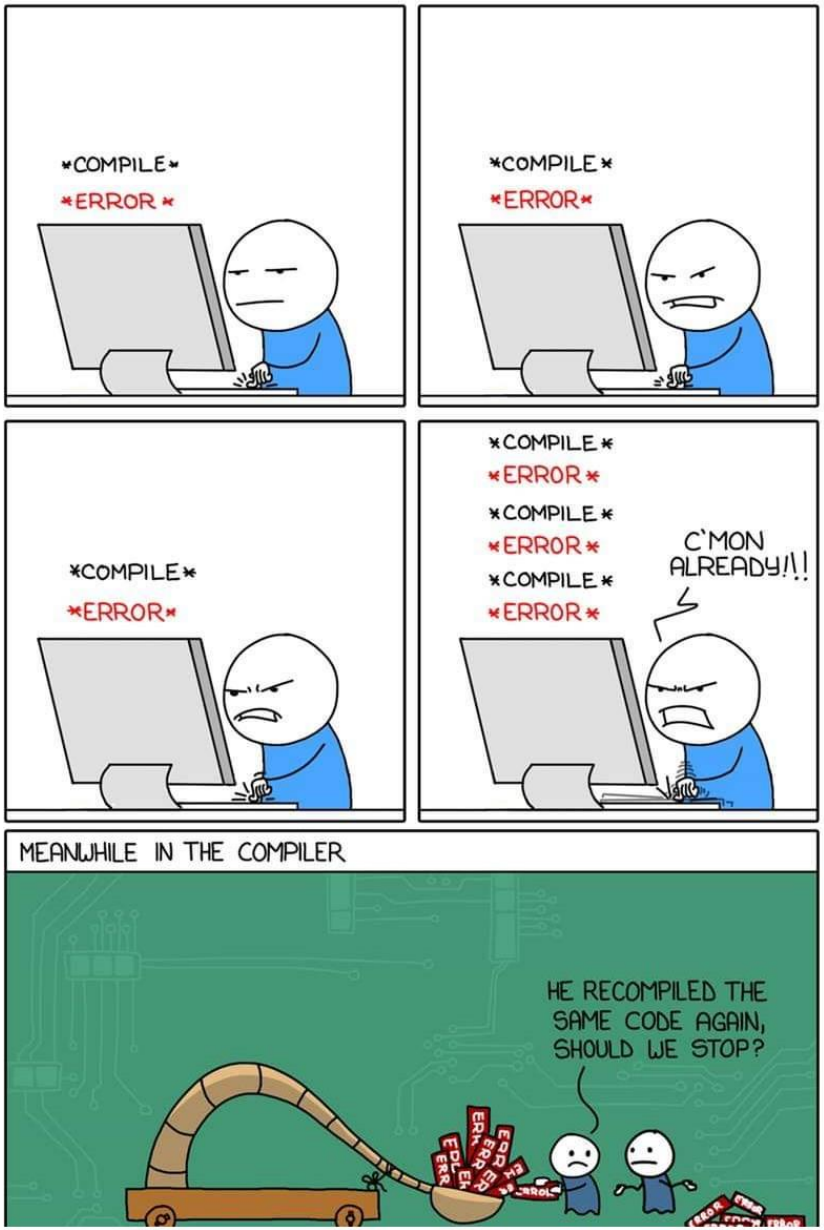
Αποσφαλμάτωση (debugging)

- **Συντακτικό** επίπεδο (εύκολο)
  - ο κώδικας δεν αντιστοιχεί σε συντακτικά επιτρεπτή πρόταση
  - ευκολάκι, νά' ναι καλά αυτός που έγραψε τον compiler
- **Σημασιολογικό** επίπεδο (δύσκολο)
  - ο κώδικας είναι συντακτικά σωστός και εκτελείται (τρέχει) αλλά εμείς δεν χρησιμοποιούμε σωστά κάποια εντολή
  - άλλο θέλουμε να κάνουμε και άλλο ζητάμε από τον υπολογιστή να κάνει: παράγεται λάθος αποτέλεσμα
  - επίπονο, αλλά η κατάσταση βελτιώνεται με την εμπειρία
- **Λογικό** επίπεδο (πιο δύσκολο)
  - ο κώδικας είναι συντακτικά και σημασιολογικά σωστός
  - υπάρχει λάθος σε επίπεδο αλγορίθμου/μεθόδου (**σκέψης**)
  - το πιο δύσκολο, ακόμα και για πολύ έμπειρους

Εμφάνιση λαθών/σφαλμάτων

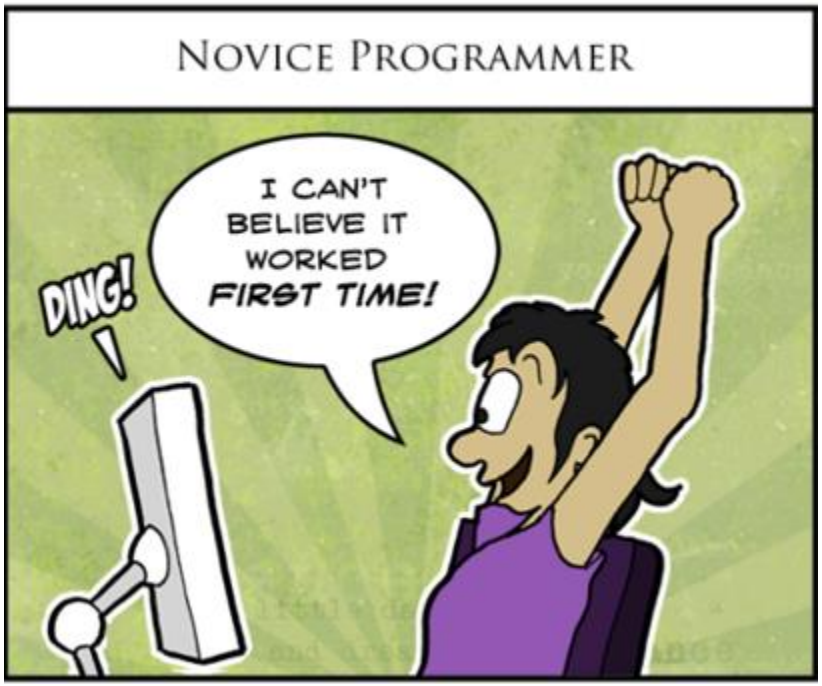
- **Χρόνος μετάφρασης** (compile time)
  - ο εντοπισμός γίνεται από τον μεταγλωττιστή, αναλόγως με την γλώσσα προγραμματισμού
  - π.χ. συντακτικά λάθη, λάθη ανάθεσης τιμών, ...
- **Χρόνος εκτέλεσης** (run time / execution time)
  - ο εντοπισμός γίνεται από το περιβάλλον εκτέλεσης (λειτουργικό ή ακόμα και τον ίδιο τον επεξεργαστή)
  - π.χ. προσπέλαση άκυρων διευθύνσεων, αριθμητικά λάθη, ...
  - συνήθως προκαλείται τερματισμός της εκτέλεσης
- **Μετά την εκτέλεση**
  - ο εντοπισμός γίνεται από τον χρήστη ή ένα άλλο πρόγραμμα
  - με βάση τα αποτελέσματα που παράγει το πρόγραμμα, χωρίς να έχει παρουσιάσει κάποιο «ορατό» σφάλμα

Για όλα φταίει αυτός ...



... ο compiler

Ο νέος (ψάρι, γατάκι)



Ο παλιός