

ΗΥ 232

Οργάνωση και Σχεδίαση Υπολογιστών

Διάλεξη 1

Εισαγωγή στο μάθημα

Νίκος Μπέλλας

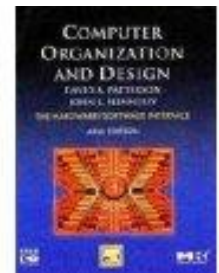
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ, Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων

Οργανωτικά Θέματα

- Διδάσκων:
 - Νίκος Μπέλλας, Κτήριο Γκλαβάνη, Γραφείο Β3.7, 2^{ος} όροφος
 - Προσωπική ιστοσελίδα: <http://inf-server.inf.uth.gr/~nbellas/>
 - Τηλ. : 74704, email: nbellas@inf.uth.gr
 - Ώρες γραφείου: Θα ανακοινωθούν
- Υπεύθυνος Εργαστηρίου:
 - Ντίνος Παρασύρης
 - email: korarasy@inf.uth.gr
- Παραδόσεις:
 - Δευτέρες 10-12 πμ, Πέμπτες 12-2 μμ
 - Φροντιστήριο σχετικά με το εργαστήριο κατά την διάρκεια του μαθήματος

Οργανωτικά Θέματα

- URL:
 - <http://inf-server.inf.uth.gr/courses/CE232/>
 - Να το επισκέπτεστε καθημερινά
 - Οτιδήποτε έχει σχέση με το μάθημα θα ανακοινώνεται στην ιστοσελίδα
- Σημειώσεις:
 - Θα αναρτούνται στην ιστοσελίδα του μαθήματος από την προηγούμενη μέρα
- Βιβλίο:
 - Patterson & Hennessy, *Οργάνωση και Σχεδιασμός Υπολογιστών*, 4^η έκδοση, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Τόμοι A & B
 - Κεφ. 1-5 και παραρτήματα
 - Οι καλύτερη πηγή πληροφόρησης σε θέματα Αρχιτεκτονικής είναι το Internet



Απαιτήσεις – Αξιολόγηση

HY232

Οι φοιτητές θα χωριστούν σε **δύο κατηγορίες**

1. Οι φοιτητές που παίρνουν το μάθημα για πρώτη φορά, ανεξαρτήτως έτους
 - Όσοι από αυτούς τους φοιτητές θέλουν, μπορούν να πάρουν το εργαστηριακό κομμάτι του μαθήματος
 - Με άλλα λόγια, τα εργαστήρια είναι προαιρετικά για τους φοιτητές που δηλώνουν το μάθημα για πρώτη φορά
2. Οι φοιτητές που έχουν δηλώσει το μάθημα στο παρελθόν και όσοι δεν θέλουν να πάρουν το εργαστήριο

Αξιολόγηση για πρώτη κατηγορία φοιτητών

HY232

- Η βαθμολογία σας στο HY232 θα εξαρτηθεί:
 - **Εργαστηριακές Ασκήσεις:** 30% του βαθμού
 - Υποχρεωτικές εβδομαδιαίες ασκήσεις
 - **Δύο Πρόοδοι:** 30% του βαθμού
 - **Τελική εξέταση:** 40% του βαθμού
 - **Τελικός Βαθμός** = $30\% * \text{Πρόοδοι} + 30\% * \text{Εργαστήριο} + 40\% * \text{Τελική Εξέταση} \geq 5$
 - Με τους εξής περιορισμούς:
 - a) Πρόοδος ≥ 3 , ΚΑΙ
 - b) Τελικό ≥ 3 , ΚΑΙ
 - c) Μέσος όρος σε όλα τα εργαστήρια ≥ 5

Αξιολόγηση για δεύτερη κατηγορία φοιτητών HY232

- Η βαθμολογία σας στο HY232 θα εξαρτηθεί μόνο από το τελικό διαγώνισμα του Φεβρουαρίου
- Δεν θα υπάρξουν πρόοδοι ή εργαστήρια
- Το τελικό διαγώνισμα θα είναι εφ' όλης της ύλης

Απαιτήσεις – Αξιολόγηση

HY134

- Όσοι φοιτητές χρωστάνε το μάθημα της Εισαγωγής στους Η/Υ (HY134) μπορούν να παρακολουθήσουν, να εξετασθούν και να περάσουν το μάθημα μαζί με την Οργάνωση.
 - Θα εξετασθούν στην πρόοδο μετά το τέλος της ύλης της Εισαγωγής- Πρώτη πρόοδος.
 - Αυτός θα είναι και ο τελικός τους βαθμός στο HY134
- Μόνο όσοι φοιτητές περάσουν την Εισαγωγή θα μπορέσουν να συνεχίσουν με την Οργάνωση
 - Η βαθμολογία σας στην Οργάνωση θα εξαρτηθεί από τα ίδια πράγματα όπως ακριβώς και στους υπόλοιπους φοιτητές.
 - Όσοι περάσουν το HY134 και επιθυμούν μπορούν να πάρουν τα εργαστήρια του HY232.

Συνεργασία και Αντιγραφές

- Μπορείτε να συνεργαστείτε να συζητήσετε μεταξύ σας οτιδήποτε σχετικά με το μάθημα και τα εργαστήρια
 - Συμπεριλαμβανομένης και της λύσης
- Μετά την συνεργασία όμως θα πρέπει να γράψετε το δικό σας κώδικα.
- Οι εργασίες είναι **ατομικές ή κατά ομάδες των δύο**.
- Όποιος/Όποια αντιγράφει κώδικα ή δίνει κώδικα σε συμφοιτητή/τρια, θα μηδενίζεται στην άσκηση
 - Την δεύτερη φορά θα κόβεται από το μάθημα
- Το ίδιο και αντιγραφή σε γραπτή εξέταση

Περιεχόμενο μαθήματος (Curriculum)

- Γενική περιγραφή της οργάνωσης ενός Η/Υ
- Εισαγωγή στη συμβολική γλώσσα μηχανής (assembly)
 - Συμβολικές εντολές και ορίσματα (ή τελούμενα) εντολών
 - Καταχωρητές και διαχείριση μνήμης
- Αναπαράσταση αριθμητικών δεδομένων στον Η/Υ
 - Προσημασμένοι και μη προσημασμένοι ακέραιοι αριθμοί
 - Αναπαράσταση σταθερής και κινητής υποδιαστολής (fixed και floating point)
- Σχεδίαση απλών και προχωρημένων αριθμητικών μονάδων
 - Αθροιστές, πολλαπλασιαστές, διαιρέτες
- Μετρικές απόδοσης ενός προγράμματος
- Γλώσσες περιγραφής υλικού - Verilog

Περιεχόμενο μαθήματος (Curriculum)

- Αρχιτεκτονική επεξεργαστή ενός κύκλου
 - Data Path and Control
- Αρχιτεκτονική επεξεργαστή με διοχέτευση
 - Data hazards: bypassing and forwarding
 - Control hazards: branch instructions
 - Exceptions
 - Παραδείγματα υλοποίησης ενός επεξεργαστή με την χρήση της γλώσσας Verilog
- Ιεραρχία μνήμης
 - Βασική λειτουργία κρυφών μνημών (cache memories)
 - Μέτρηση και βελτίωση της απόδοσης της μνήμης cache
 - Εικονική μνήμη (virtual memory)
- Εισαγωγή στον παραλληλισμό
 - Παραλληλισμός εντολών και δεδομένων
- Παραδείγματα πραγματικών επεξεργαστών
 - Γλώσσα μηχανής Intel x86

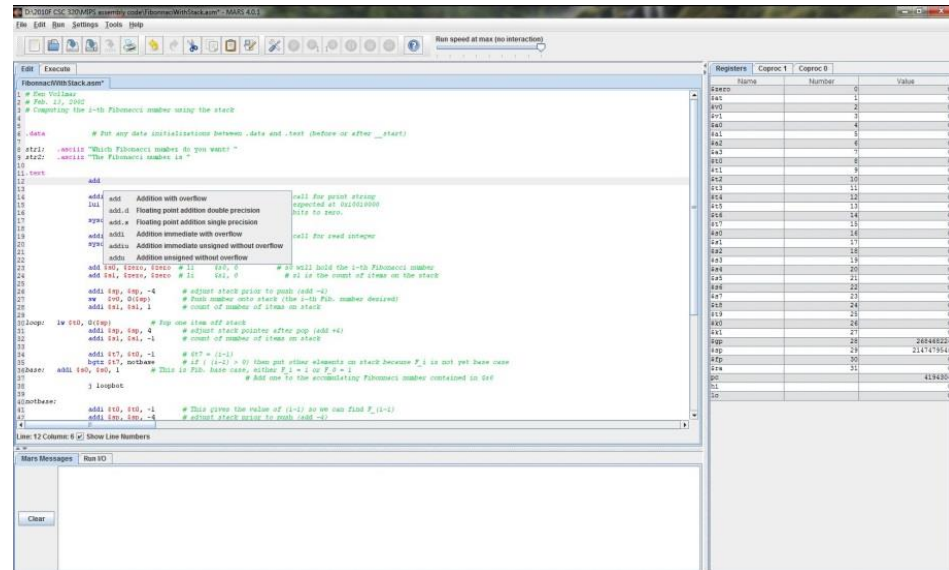
Περιεχόμενο μαθήματος (Curriculum)

- Εργαστήριο Μαθήματος:
 - *A μέρος*: εργαστηριακές ασκήσεις προγραμματισμού στην γλώσσα Assembly
 - *B μέρος*: εργαστηριακές ασκήσεις υλοποίησης του επεξεργαστή MIPS σε Verilog
 - Εβδομαδιαίες εργασίες (homeworks)
 - Θα έχουμε περίπου 10 εργαστήρια
 - Εξέταση εργαστηρίων κάθε Παρασκευή 11-7 μμ στο εργαστήριο A1

Εργαστηριακές Ασκήσεις

- Οι εργαστηριακές ασκήσεις περιλαμβάνουν

- προγραμματισμό σε γλώσσα μηχανής Assembly του επεξεργαστή MIPS
- σταδιακή υλοποίηση σε Verilog κομματιών ενός επεξεργαστή και προσομοίωση



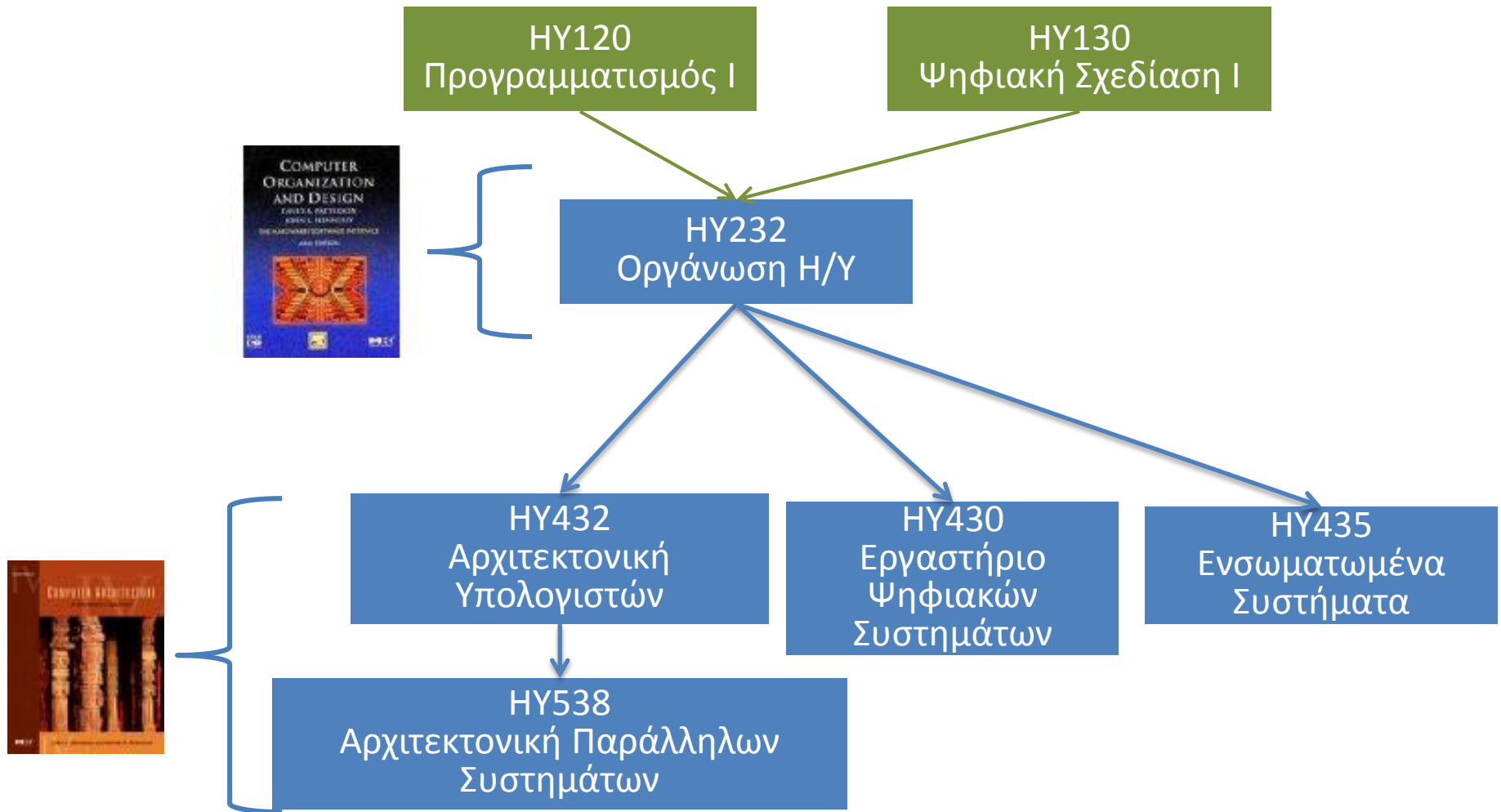
Φιλοσοφία του μαθήματος (I)

- **Σ1:** Ένα από τα σημαντικότερα μαθήματα του τμήματος
 - Το μάθημα θα τελειώσει στο τέλος του εξαμήνου; δεν θα υπάρχουν εργαστήρια ή homeworks για τον Σεπτέμβριο
- **Σ2:** Διαβάζετε κατά την διάρκεια του εξαμήνου και όχι μόνο πριν την πρόοδο ή το τελικό διαγώνισμα
 - Ο καλύτερος τρόπος για να μάθετε σωστά και σε βάθος.
 - Η πρόοδος και τα εργαστήρια αυτόν τον σκοπό έχουν
 - Είναι αδύνατον να περάσετε το μάθημα με διάβασμα μόνο στο τέλος
- **Σ2:** Διαβάζετε από το βιβλίο – Οι σημειώσεις είναι κυρίως για γρήγορες επαναλήψεις
 - Ίσως το κορυφαίο βιβλίο για Αρχιτεκτονική Η/Υ
- **Σ3:** Μην προσπαθείτε να απομνημονεύσετε την ύλη. Σκεφτείτε το γιατί συμβαίνει κάτι και προσπαθήστε να βρείτε εναλλακτικές λύσεις

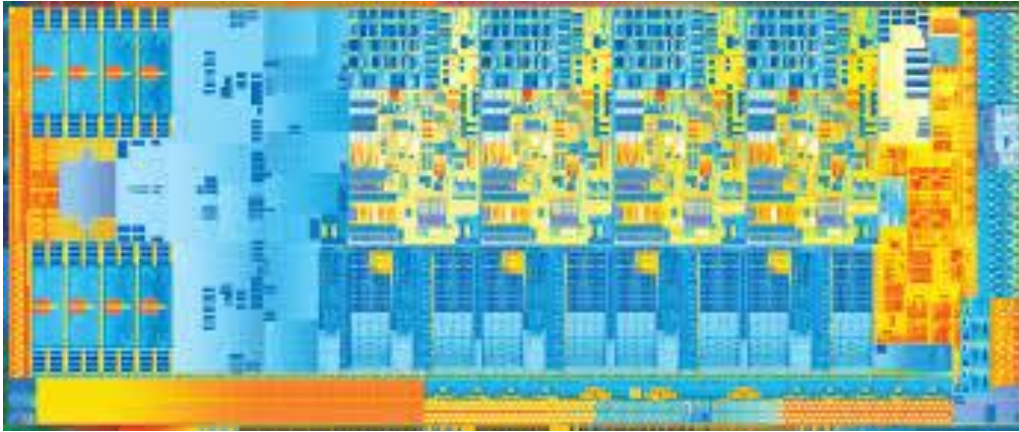
Συμβουλές (II)

- **Σ4:** Μάθετε καλά Αγγλικά και κυρίως την Αγγλική ορολογία (lingua franca της Πληροφορικής).
 - Δεν νοείται επιστήμονας Πληροφορικής που να μην έχει ευχέρεια στην αγγλική ορολογία της Πληροφορικής
- **Σ5:** Κάνετε πολλές ερωτήσεις στο μάθημα και στα εργαστήρια
 - Δεν υπάρχουν ανόητες ερωτήσεις
 - Κατά πάσα πιθανότητα και πολλοί άλλοι θα θέλουν να ρωτήσουν το ίδιο πράγμα, απλά ντρέπονται

Μαθήματα Αρχιτεκτονικής στο τμήμα μας



Ας ξεκινήσουμε



Intel Ivy Bridge Processor



NVIDIA GPU

Απρόσημοι δυαδικοί ακέραιοι (*unsigned integers*)

- Ο απρόσημος δυαδικός αριθμός:

$$b = b_{n-1}b_{n-2}\dots b_1b_0, b_i \in \{0,1\}$$

έχει τιμή: $b = b_{n-1}2^{n-1} + b_{n-2}2^{n-2} + \dots + b_12^1 + b_02^0$

- Εύρος τιμών: 0 έως $+2^n - 1$

- Παράδειγμα

- $0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 1011_2$
 $= 0 + \dots + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$
 $= 0 + \dots + 8 + 0 + 2 + 1 = 11_{10}$

- Χρησιμοποιώντας 32 bits

- 0 έως $+4,294,967,295$

Προσημασμένοι ακέραιοι στη μορφή Συμπλήρωμα του 2 (2s-Complement)

- Ένας προσημασμένος δυαδικός αριθμός:

$$b = b_{n-1}b_{n-2}\dots b_1b_0, b_i \in \{0,1\}$$

έχει τιμή: $b = -b_{n-1}2^{n-1} + b_{n-2}2^{n-2} + \dots + b_12^1 + b_02^0$

- Εύρος: -2^{n-1} έως $+2^{n-1} - 1$

- Παράδειγμα

- $1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1100_2$
 $= -1 \times 2^{31} + 1 \times 2^{30} + \dots + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0$
 $= -2,147,483,648 + 2,147,483,644 = -4_{10}$

- Χρησιμοποιώντας 32 bits

- $-2,147,483,648$ to $+2,147,483,647$

Προσημασμένοι ακέραιοι στη μορφή Συμπλήρωμα του 2 (2s-Complement)

- Το πιο σημαντικό bit (most significant bit) είναι το πρόσημο ενός αριθμού:
 - 1 για αρνητικούς αριθμούς
 - 0 για μη αρνητικούς αριθμούς
- Ερώτηση:
 - Ποια η δεκαδική τιμή του 1011_2 ?
- Απάντηση:
 - Χρειαζόμαστε και επιπλέον πληροφορία σχετικά με το εάν ο αριθμός είναι προσημασμένος
 - 11_{10} (απρόσημος)
 - -5_{10} (προσημασμένος)

Προσημασμένοι αριθμοί των 4-bits

Προσημασ. Δεκαδικό	Δυαδικό
-8	1000
-7	1001
-6	...
-5	1011
...	...
-1	1111
0	0000
1	0001
...	...
5	0101
6	0110
7	0111

Υπολογισμός αντιθέτου

- Αντιστρέψτε και προσθέστε 1
 - Αντιστροφή σημαίνει $1 \rightarrow 0, 0 \rightarrow 1$

$$x + \bar{x} = 1111\dots111_2 = -1$$

$$\bar{x} + 1 = -x$$

- Παράδειγμα: το αντίθετο του +2
 - $+2 = 0000\ 0000 \dots 0010_2$
 - $-2 = 1111\ 1111 \dots 1101_2 + 1$
 $= 1111\ 1111 \dots 1110_2$

Μετατροπή Ακεραίου Δεκαδικού σε Δυαδικό

- Είδαμε πώς μετατρέπουμε έναν ακεραίο δυαδικό σε δεκαδικό αριθμό

$$b = -b_{n-1}2^{n-1} + b_{n-2}2^{n-2} + \dots + b_12^1 + b_02^0$$

- Πως μετατρέπουμε έναν ακεραίο δεκαδικό b σε δυαδικό αριθμό $b_{n-1}b_{n-2}\dots b_1b_0, b_i \in \{0,1\}$

Απάντηση:

- Με διαδοχικές ακεραίες διαιρέσεις του τρέχοντος υπολοίπου με το 2, κρατώντας το υπόλοιπο
 - Ποιός είναι ο δυαδικός αντίστοιχος του 55;
 - $55/2 = 27$, Υπόλοιπο = **1**
 - $27/2 = 13$, Υπόλοιπο = **1**
 - $13/2 = 6$, Υπόλοιπο = **1**
 - $6/2 = 3$, Υπόλοιπο = **0**
 - $3/2 = 1$, Υπόλοιπο = **1**
 - $1/2 = 0$, Υπόλοιπο = **1**

- $(55)_{10} = (110111)_2$

Μετατροπή Κλασματικού Δυαδικού σε Δεκαδικό

- Πως μετατρέπουμε έναν κλασματικό δυαδικό

$$b_{n-1}b_{n-2}\dots b_1b_0, b_{-1}b_{-2}\dots b_{-m}, b_i \in \{0,1\}$$

στον αντίστοιχο κλασματικό δεκαδικό b

Απάντηση:

$$b = b_{n-1}2^{n-1} + b_{n-2}2^{n-2} + \dots + b_12^1 + b_02^0 + b_{-1}2^{-1} + b_{-2}2^{-2} + \dots + b_{-m}2^{-m}$$

- Ποιός είναι ο δεκαδικός αντίστοιχος του $1001,011$;

$$1000,011 = 2^3 + 2^{-2} + 2^{-3} = 8,375$$

Μετατροπή Κλασματικού Δεκαδικού σε Δυαδικού

- Πως μετατρέπουμε έναν κλασματικό δεκαδικό b στον αντίστοιχο κλασματικό δυαδικό

$$b_{n-1}b_{n-2}\dots b_1b_0.b_{-1}b_{-2}\dots b_{-m}, b_i \in \{0,1\}$$

Απάντηση:

- Το ακέραιο τμήμα του b , ξεχωριστά όπως έχουμε ήδη δείξει
- Το κλασματικό μέρος του b , με διαδοχικούς πολλαπλασιασμούς με το 2, κρατώντας κάθε φορά το πιο σημαντικό ψηφίο (0 ή 1)

- Ποιά είναι η δυαδική αναπαράσταση του 23,634 ;

- $(23)_{10} = (10111)_2$

- $(0,634)_{10} = ?$

$$0,634 * 2 = 1,268$$

$$0,268 * 2 = 0,536$$

$$0,536 * 2 = 1,072$$

$$0,072 * 2 = 0,144$$

$$23,634 = 10111,1010\dots$$

ΚΟΚ.

Μετατροπή Κλασματικού Δεκαδικού σε Δυαδικού

- Τι γίνεται σε περίπτωση αρνητικού κλασματικού αριθμού b ;

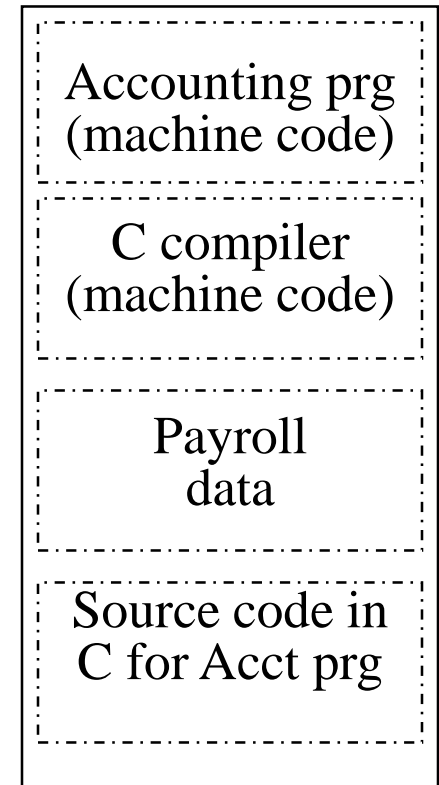
Απάντηση:

- Όπως και πριν, ξεχωρίζουμε το ακέραιο τμήμα του b , από το κλασματικό
 - Ποιά είναι η δυαδική αναπαράσταση του $(-23,634)_{10}$ με ακρίβεια 4 κλασματικών ψηφίων;
 - Βρίσκουμε πρώτα την δυαδική αναπαράσταση του $(23,634)_{10}$
 - $(23)_{10} = (010111)_2$
 - $(0,634)_{10} = (0,1010\dots)_2$
 - $(23,634)_{10} = (010111,1010)_2$
 - $(-23,634)_{10} = (101000,0110)_2$
 - Συνεπώς, στην μετατροπή από αρνητικό σε θετικό, θεωρούμε όλον τον αριθμό (ακέραιο και κλασματικό τμήμα)

Θεμελιώδεις Αρχές των Μοντέρνων Υπολογιστών

- Οι εντολές (*instructions*) καθώς και τα δεδομένα (*data*) κάθε τύπου (*integer, float, char, κοκ*) αναπαριστούνται στην μνήμη σαν αριθμοί .
 - Υπολογιστές αποθηκευμένου προγράμματος (*stored program computer*)
- Αυτό σημαίνει ότι τα προγράμματα μπορούν να αποθηκευθούν και να μεταφερθούν σε αρχεία (*files*)
- Είτε σε μορφή πηγαίου κώδικα (*source code*) είτε σε μορφή δυαδικού κώδικα (*binary code*)

Memory



Θεμελιώδεις Αρχές των Μοντέρνων Υπολογιστών

- Αρχή της σειριακής εκτέλεσης εντολών
 - Στην κανονική ροή του προγράμματος οι εντολές εκτελούνται η μία μετά την άλλη
 - Χρήση ενός ειδικού καταχωρητή (32-bits ή 64-bit) ως μετρητή προγράμματος (Program Counter ή PC), ο οποίος διατηρεί τη διεύθυνση της τρέχουσας εντολής στη μνήμη
 - Έλεγχος ροής προγράμματος με άλματα και διακλαδώσεις (σε άλλες διευθύνσεις)