

Εργασία 2η

Error Detection with Hamming Code using MIPS assembly language

Σύνοψη

Bit position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Encoded data bits	p1	p2	d1	p4	d2	d3	d4	p8	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11
Parity bit coverage	p1	x		x		x		x		x		x		x	
p2		x	x			x	x			x	x			x	x
p4				x	x	x	x					x	x	x	x
p8								x	x	x	x	x	x	x	x
p16															

Γράψτε ένα πρόγραμμα στη **συμβολική γλώσσα του επεξεργαστή MIPS32**, το οποίο θα διαβάζει 12 ψηφία (0 ή 1) και ελέγχει αν τα ψηφία αυτά αντιστοιχούν σε μια σωστή κωδικολέξη με άρτια ισοτιμία, βάσει του αλγορίθμου Hamming.

Βοηθητικά στοιχεία

Ο αλγόριθμος Hamming μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο και τη διόρθωση σφαλμάτων κατά τη μεταφορά-μετάδοση δεδομένων (λέξεων) οποιουδήποτε μεγέθους m .

Έστω, ότι η μετάδοση αφορά μια λέξη μήκους ενός byte, δηλαδή $m=8$. Για παράδειγμα:

1	1	1	1	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

Αν κατά τη μεταφορά αλλοιωθεί το 2^ο ΛΣΨ (λιγότερο σημαντικό ψηφίο) ο δέκτης θα λάβει τη λέξη ως εξής:

1	1	1	1	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

Πως θα μπορούσε να εντοπιστεί αυτό το σφάλμα;

Hamming Code

Μια λύση δόθηκε από τον **Richard Hamming**¹: Σε κάθε λέξη m ψηφίων προστίθενται r ψηφία ισοτιμίας. Έτσι η προκύπτουσα κωδικολέξη (Codeword) έχει συνολικά $m + r$ ψηφία. Ο έλεγχος της κωδικολέξης μας δίνει τη δυνατότητα να εντοπίσουμε αλλά και να διορθώσουμε το σφάλμα.

¹ https://amturing.acm.org/photo/hamming_1000652.cfm

Πιο αναλυτικά

Έστω ότι επιθυμούμε την κατασκευή ενός κώδικα Hamming άρτιας ισοτιμίας για τη λέξη:

1	1	1	1	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

που έχει μήκος $m = 8$. Με βάση τον αλγόριθμο Hamming πρέπει να προστεθούν $n = 4$ ψηφία ισοτιμίας.

Υπολογισμός 4 ψηφίων άρτιας ισοτιμίας

Τα ψηφία των οποίων οι θέσεις παριστάνουν μια δύναμη του 2 είναι ψηφία (άρτιας) ισοτιμίας, ενώ τα υπόλοιπα είναι τα ψηφία δεδομένων.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		1		1	1	1		0	0	0	0

Τα ψηφία ισοτιμίας υπολογίζονται με βάση τα ψηφία δεδομένων που ελέγχουν, βάσει του αλγορίθμου και βρίσκονται στις θέσεις:

Ψηφίο Ισοτιμίας	Ψηφία που ελέγχει για άρτια ισοτιμία:
1	1, 3, 5, 7, 9, 11
2	2, 3, 6, 7, 10, 11
4	4, 5, 6, 7, 12
8	8, 9, 10, 11, 12

Για παράδειγμα, **το ψηφίο 4** ελέγχει τα ψηφία **4, 5, 6, 7, 12** της κωδικολέξης. Τα ψηφία αυτά έχουν τις τιμές $[5] = 1$, $[6] = 1$, $[7] = 1$, $[12] = 0$. Το πλήθος των μονάδων είναι **3**. Για να έχουμε άρτια ισοτιμία, **το ψηφίο 4 πρέπει να γίνει 1** (άρτια ισοτιμία = άρτιος αριθμός μονάδων).

Το ίδιο και για τα υπόλοιπα ψηφία ισοτιμίας (1, 2 και 8). Έτσι, η προκύπτουσα κωδικολέξη των 12 ψηφίων είναι:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

Η ανίχνευση σφάλματος

Έστω ότι κατά τη μετάδοση, υπάρχει αλλοίωση στο ψηφίο 11 (2^ο ΛΣΨ) της κωδικολέξης που θα παραλάβει ο δέκτης, από 0 σε 1:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0

Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα τα ψηφία 1, 2 και 8 που ελέγχουν τη θέση 11 (βλ. πίνακα παραπάνω), να μη δίνουν πλέον άρτια ισοτιμία.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0

Η διόρθωση του σφάλματος

Βάσει του αλγορίθμου Hamming, το άθροισμα των θέσεων των ψηφίων ελέγχου, δηλαδή $1+2+8=11$ μας δίνει τη θέση του αλλοιωμένου ψηφίου.

Άρα θα πρέπει να διορθωθεί το ψηφίο 11 της κωδικολέξης (από 1 σε 0):

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

Ζητείται:

Γράψτε ένα πρόγραμμα στη **συμβολική γλώσσα του επεξεργαστή MIPS32**, το οποίο:

- **Διαβάζει** μια κωδικολέξη 12 ψηφίων, ως 12 χαρακτήρες '0' ή '1'.
- **Ελέγχει** την κωδικολέξη έτσι ώστε να προκύπτει άρτια ισοτιμία για όλα τα ψηφία ισοτιμίας.
- **Εμφανίζει το αποτέλεσμα** του ελέγχου, δηλαδή **'No error in Codeword'** αν η κωδικολέξη είναι-μεταδόθηκε σωστά ή **'Error in Codeword'** αν είναι λάθος.

Οδηγίες Παράδοσης

- Η εργασία είναι **ατομική**.
- Ονομάστε το αρχείο που περιέχει το πρόγραμμα, με τον αριθμό του φοιτητικού σας μητρώου και κατάληξη .txt, για παράδειγμα **3190001.txt** (το e-class δέχεται συγκεκριμένους τύπους αρχείων, όχι .s).
- Εκτελέστε το πρόγραμμά σας στον προσομοιωτή SPIM και βεβαιωθείτε ότι δεν έχει συντακτικά ή άλλα σφάλματα.
- Στην πρώτη γραμμή του προγράμματος γράψτε, ως σχόλιο, τα **προσωπικά σας στοιχεία** (Επώνυμο, Όνομα, Αριθμό Μητρώου) με κεφαλαίους λατινικούς χαρακτήρες. Για την αποφυγή προβλημάτων κωδικοποίησης των χαρακτήρων να μην χρησιμοποιήσετε ελληνικούς χαρακτήρες (ούτε ως σχόλια) αλλά μόνο λατινικούς.
- Να υποβάλετε την εργασία σας στο **e-class** μέχρι και την Παρασκευή **18/12/2020**.
- Εργασίες που θα σταλούν με άλλη διαδικασία, για παράδειγμα e-mail, δε θα γίνουν δεκτές.
- Η μέγιστη βαθμολογία της 2^{ης} εργασίας είναι **7 μονάδες** από τις 20 που συνολικά μπορείτε να λάβετε από τις εργασίες.
- Η βαθμολογία της 2^{ης} εργασίας θα προκύψει κατά **50% από την εργασία και κατά 50% από το τεστ**. Το τεστ θα γίνει **από απόσταση**, μέσω του Microsoft Teams και του e-class, την **Τετάρτη 16/12/2020**, ώρες **3-5**.

Για οποιαδήποτε απορία μπορείτε να επικοινωνείτε με την κ. Μαρία Τογαντζή mst@aueb.gr