### Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών

Δεκέμβριος 2016

**ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΙΚΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

# 1η Εργαστηριακή Άσκηση

Ρόπουτης Δημήτρης 8233 Μπαλτζής Ευριπίδης 8196

Ομάδα 6 Group 3

**ΤΜΗΜΑ Ι**

## Περιγραφή της λειτουργίας του προγράμματος

Στο τμήμα Ι της πρώτης εργαστηριακής άσκησης, μας ζητήθηκε να υλοποιήσουμε τον μηχανισμό σύγκρισης των 2 ΑΕΜ, και στην περίπτωση που το ΑΕΜ 1 ήταν μεγαλύτερο να εμφανίζονται στα led της πλακέτας τα δύο τελευταία ψηφία του μεγαλύτερου ΑΕΜ. Κατόπιν έπρεπε να ενεργοποιηθούν τα κατάλληλα led ανάλογα με το αν τα ΑΕΜ ήταν άρτια ή περιττά. Για την υλοποίηση αυτών ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία:

Αρχικά δηλώθηκε η θέση της program memory στην οποία θα αποθηκευτούν οι εντολές και οι σταθερές του προγράμματος. Τα δύο ΑΕΜ αποθηκεύτηκαν στο τέλος για να αποφευχθούν ορισμένα προβλήματα που πιθανόν να προέκυπταν. Κατά την εκκίνηση του προγράμματος τέθηκαν όλα τα bit του καταχωρητή data direction register του PortD ίσα με 1 προκειμένου να ορισθεί το PortD ως input port (switches). Αντίστοιχα τα bit του data direction register του PortB τέθηκαν ίσα με 0 προκειμένου να ορισθεί το PortB ως output port (leds).

Για την προσπέλαση της program memory ο κατακευαστής επιτρέπει μόνο τη χρήση του καταχωρητή Z. Γι αυτό τα δύο bytes του χρησιμοποιούνται για να δείξουν στον πίνακα AEMs\_Table στον οποίο είναι καταχωρημένα τα δύο ΑΕΜ. Για την διαδικασία της σύγκρισης, φορτώνονται στους καταχωρητές R16 και R17 τα MSBytes των ΑΕΜ1 και ΑΕΜ2 αντίστοιχα και συγκρίνονται. Σε περίπτωση που το ΑΕΜ2 είναι μεγαλύτερο, τότε το πρόγραμμα μεταβαίνει στο ερώτημα 3. Αν τα συγκεκριμένα bytes είναι ίσα τότε φορτώνονται στους καταχωρητές R16 και R17 τα αμέσως επόμενα bytes μεγαλύτερης σημασίας των δύο ΑΕΜ προκειμένου να συγκριθούν εκ νέου.

Αν κατά την παραπάνω διαδικασία διαπιστωθεί ότι το ΑΕΜ1 είναι μεγαλύτερο τότε θα πρέπει να αναπαρασταθούν στα led της πλακέτας τα δύο τελευταία ψηφία του ΑΕΜ1. Για να γίνει αυτό, φορτώνεται στον καταχωρητή Ζ η διεύθυνση του 3ου ψηφίου και αποθηκεύεται στον καταχωρητή R16. Επειδή η αποθήκευση των ΑΕΜ στην program memory έγινε με την ASCII αναπαράστασή τους, πρέπει να αφαιρεθεί ο αριθμός 0x30 για να προκύψει ο αντίστοιχος αριθμός. Μετά την αφαίρεση, ο καταχωρητής R16 υφίσταται swap προκειμένου να τοποθετηθεί το 3ο ψηφίο του ΑΕΜ1 στα 4 bit μεγαλύτερης σημασίας του. Παρόμοια διαδικασία ακολουθείται και για το 4ο ψηφίο του ΑΕΜ1 το οποίο αποθηκεύεται στον R17 μέσω του Z ο οποίος έχει υποστεί μετααύξηση κατά την προηγούμενη ανάθεση προκειμένου να δείχνει στο επιθυμητό ψηφίο. Τέλος, το περιεχόμενο των δύο καταχωρητών προστίθεται ούτως ώστε το 4ο ψηφίο του ΑΕΜ1 να τοποθετηθεί στα 4 bit μικρότερης σημασίας του R16. Καθώς τα leds είναι αρνητικής λογικής, εκτελείται η εντολή του συμπληρώματος και το αποτέλεσμα περνιέται στον καταχωρητή PortB ώστε να ενεργοποιηθούν τα αντίστοιχα leds. Πριν τη λήξη του ερωτήματος αυτού, η σημαία T τίθεται ίση με 1 προκειμένου να δηλώσει ότι το ΑΕΜ1 είναι το μεγαλύτερο εκ των δύο ΑΕΜ. Τέλος ακολουθεί μια ρουτίνα καθυστέρησης προκειμένου η ένδειξη των led να παραμείνει για 6 δευτερόλεπτα πριν από την συνέχεια του προγράμματος.

Για την υλοποίηση του επόμενου ερωτήματος (1.3) αρχικά απενεργοποιούνται όλα τα leds της πλακέτας και ελέγχεται η σημαία T προκειμένου να διαπιστωθεί ποιο ΑΕΜ είναι το μεγαλύτερο σύμφωνα με την σύγκριση που προηγήθηκε. Κατόπιν φορτώνεται στον καταχωρητή Z η διεύθυνση του LSByte του μεγαλύτερου ΑΕΜ και αποθηκεύεται στον R17. Στη συνέχεια ο Ζ αλλάζει ώστε να δείχνει το LSByte του μικρότερου ΑΕΜ το οποίο αποθηκεύεται στον R16. Για να καθοριστεί αν τα ψηφία είναι άρτια ή περιττά, ελέγχεται το τελευταίο bit καθενός εκ των καταχωρητών R16 και R17. Στην περίπτωση που είναι 1 (περιττό ΑΕΜ) ενεργοποιείται το αντίστοιχο led, ενώ αν είναι 0 (άρτιο ΑΕΜ) το αντίστοιχο led παραμένει απενεργοποιημένο. Τέλος το πρόγραμμα εισέρχεται σε έναν ατέρμων βρόχο μέχρι να πατηθεί το πλήκτρο RESET από την πλακέτα.

# ΤΜΗΜΑ ΙΙ

## Περιγραφή της λειτουργίας του προγράμματος

Στο τμήμα ΙΙ, έγινε χρήση των διακοπτών (switches) της πλακέτας προκειμένου να εμφανισθούν στα leds ορισμένα προκαθορισμένα ζεύγη αριθμών, διαφορετικών για κάθε πλήκτρο. Ο ορισμός του PortD ως input port και του PortB ως output port, έγινε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που εφαρμόστηκε στο τμήμα Ι. Επίσης χρειάστηκε να επαναληφθεί η διαδικασία της σύγκρισης των ΑΕΜ και η ανάλογη ρύθμιση της σημαίας Τ. Ακόμα, ελέγχεται αν τα ΑΕΜ είναι άρτια ή περιττά και αναλόγως διαμορφώνονται τα δύο bit χαμηλότερης σημασίας του καταχωρητή R21 (τα υπόλοιπα έχουν τεθεί ίσα με 1) στον οποίο αποθηκεύεται ουσιαστικά η κατάσταση που θα πρέπει να έχουν τα leds στη περίπτωση που πατηθεί ο switch 7.

Αφού υπολογιστούν τα παραπάνω, το πρόγραμμα εισέρχεται σε έναν επαναληπτικό βρόχο στον οποίο παραμένει επ αόριστον μέχρι να πατηθεί κάποιο από τα switches 0-3 ή 7. Αν πατηθεί κάποιο από τα υπόλοιπα πλήκτρα το πρόγραμμα παραμένει σε αυτόν τον βρόχο. Ο καταχωρητής R16 χρησιμοποιείται στην προκειμένη περίπτωση για να κρατάει την κατάσταση του καταχωρητή PIND ο οποίος δηλώνει ποιο πλήκτρο είναι πατημένο (θέτοντας 0 στο αντίστοιχο bit). Μόλις πατηθεί ένα εκ των επιθυμητών πλήκτρων, το πρόγραμμα εισέρχεται σε έναν νεό βρόχο στον οποίο παραμένει για όση ώρα το εν λόγω πλήκτρο παραμένει πατημένο. Σημειώνεται πως ο χρόνος εκτέλεσης του προγράμματος είναι ταχύτατος σε σχέση με το διάστημα που το πλήκτρο παραμένει πατημένο, συνεπώς το πρόγραμμα προλαβαίνει να εξέλθει από τον πρώτο βρόχο και να μπει στον δεύτερο πριν αφεθεί το πλήκτρο. Εν τω μεταξύ, στον καταχωρητή R16 έχει αποθηκευτεί η κατάσταση του PIND και κατ' επέκταση το ποιο πλήκτρο πατήθηκε. Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος για να προσδιοριστεί το switch που επέλεξε ο χρήστης και ο έλεγχος του προγράμματος μεταβαίνει στο αντίστοιχο label για την ενεργοποίηση των κατάλληλων leds.

Όσον αφορά την απεικόνιση των ψηφίων των ΑΕΜ στα leds (για τα πλήκτρα 0-3), η διαδικασία που ακολουθείται είναι ίδια με του πρώτου τμήματος της άσκησης, αλλάζοντας φυσικά τα ψηφία που απεικονίζονται ανάλογα με το πλήκτρο που πατήθηκε. Φορτώνεται αρχικά στον καταχωρητή Ζ η διεύθυνση του προς αναπαράσταση ψηφίου και αυτό αποθηκεύεται στον καταχωρητή R19.

Ακολουθεί η αφαίρεση του 0x30 (για μετατροπή από ASCII) και η εντολή swap για τον λόγο που περιγράφηκε προηγουμένως. Έπειτα προστίθεται στον ίδιο καταχωρητή και το επόμενο ψηφίο προς αναπαράσταση, ο R19 αντιστρέφεται (συμπλήρωμα του 1) και το πρόγραμμα μεταβαίνει στο label END.

Προκειμένου να ενεργοποιηθούν τα leds που πρέπει, ο R19 περνιέται στον καταχωρητή PortB και στη συνέχεια ακολουθεί ένα πρόγραμμα που παράγει μια χρονική καθυστέρηση μέσω δύο εμφωλευμένων βρόχων. Για να επιτευχθεί η χρονική καθυστέρηση των 6 δευτερολέπτων, οι counters τω δύο βρόχων έχουν ρυθμιστεί κατάλληλα ώστε το πρόγραμμα να απαιτεί 24\*106 κύκλους μηχανής για να ολοκληρωθεί. Το νούμερο αυτό έχει υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψιν την συχνότητα λειτουργίας του ATMega16 που είναι στα 4 ΜHz. Μετά το πέρας του υποπρογράμματος αυτού, τα leds σβήνουν και το πρόγραμμα τελειώνει εισερχόμενο σε έναν ατέρμων βρόχο.

Στην περίπτωση που το πλήκτρο που πατήθηκε είναι το switch 7, μεταβιβάζεται το περιεχόμενο του R21 (έχει καθοριστεί από πριν) στο PortB ούτως ώστε τα δύο leds μικρότερης σημασίας να δηλώσουν αν τα ΑΕΜ είναι άρτια ή περιττά. Η κατάσταση αυτή παραμένει μόνιμα μέχρι να πατηθεί το πλήκτρο RESET της πλακέτας, καθώς παρακάμπτεται το υποπρόγραμμα καθυστέρησης όπως ορίζει η εκφώνηση.