



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΗΜΜΥ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΠΕΞΕΡΓΑΣΤΩΝ & ΥΛΙΚΟΥ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ:

ΗΡΥ 411 – ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΙΚΡΟΠΕΞΕΡΓΑΣΤΩΝ

ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2021

Καθ. Α. Δόλλας

Εργαστήριο 3

ΕΞΟΙΚΕΙΩΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΣΕΙΡΙΑΚΗ ΘΥΡΑ ΣΤΟΝ ATMEL AVR

ΕΚΔΟΣΗ : 1.1

**Προθεσμία: Κυριακή 31 Οκτωβρίου 2021, έως τα μεσάνυχτα
Ηλεκτρονική υποβολή στο eClass**

Όλα τα Εργαστήρια είναι ΑΤΟΜΙΚΑ και όχι κατά ομάδες

Σκοπός - Βήματα

Σκοπός του εργαστηρίου είναι η περαιτέρω εξοικείωση με το περιβάλλον ανάπτυξης για μικροελεγκτή AVR. Είναι το πρώτο εργαστήριο στο οποίο θα έχουμε δύο διεργασίες, ανεξάρτητες μεταξύ τους, και απεικονισμένες σε διαφορετικά Interrupts η καθεμία: την ανανέωση της οθόνης, όπως την μάθαμε στο Εργαστήριο 2, και, την χρήση της σειριακής θύρας RS-232, στην οποία στέλνουμε (μόνο) χαρακτήρες ASCII. Όπως και στα προηγούμενα εργαστήρια το αντίστοιχο του `main()` προγράμματος παραμένει να είναι ένας ατέρμονας βρόχος. Τα βήματα αφορούν: (α) τυχόν μικρές αλλαγές στον κώδικα του εργαστηρίου 2, και, (β) νέο κώδικα για την σειριακή θύρα.

Επί πλέον από τα παραπάνω, θέλουμε οι κώδικες να είναι «καθαροί», με ξεχωριστά block comments στις μεγάλες ενότητες (π.χ. αρχή προγράμματος, κώδικες για Interrupts, κώδικας κυρίως προγράμματος, κλπ.). **Για τώρα, παραμένουμε στην γλώσσα Assembly.** Καλό είναι εκτός από Interrupts να χρησιμοποιούμε και υπορουτίνες, χωρίς (ακόμη) να είμαστε

πολύ αυστηροί στο πως περνάμε ορίσματα και επιστρέφουμε αποτελέσματα. Στοιίβα πάντως πρέπει να υπάρχει.

Περιγραφή του Εργαστηρίου

Όσον αφορά την λειτουργικότητα, το Εργαστήριο 3 βάζει μέσα από την σειριακή θύρα RS232 (USART) έναν αριθμό έως οκτώ ψηφία στην μνήμη, της οποίας κατόπιν ο υφιστάμενος κώδικας του Εργαστηρίου 2 δείχνει τα περιεχόμενα στην οθόνη. Οι εντολές που μπορεί να πάρει από την RS232 ο AVR (και που θυμίζουν το κλασσικό Hayes command set), ενδεικτικά είναι:

```
AT<CR><LF>
C<CR><LF>
N123<CR><LF>
N01229763<CR><LF>
```

Οι ASCII χαρακτήρες <CR> και <LF> είναι αντίστοιχα οι 0x0D και 0x0A. Παρότι μπορεί κατά περίπτωση σε πραγματικά συστήματα να χρησιμοποιείται μόνο ο ένας από τους δύο, εμείς θα έχουμε και τους δύο, που είναι η πιο γενική περίπτωση. Η προέλευσή τους και η σημασία τους έχει εξηγηθεί στο Φροντιστήριο του εργαστηρίου.

Θεωρούμε ότι δεν υπάρχουν λάθη, ενδεικτικά δεν υπάρχουν άλλες εντολές, δεν υπάρχουν κενά μέσα στις εντολές, δεν υπάρχει κενό ή κάτι άλλο ανάμεσα σε <CR> και <LF>, δεν υπάρχουν ορίσματα που δεν είναι ASCII ή άλλοι χαρακτήρες, κλπ.

Θεωρούμε όμως ότι μπορεί ο αριθμός να μην είναι οκταψήφιος, στην οποία περίπτωση η θέση του πλέον σημαντικού ψηφίου δεν είναι εκ των προτέρων γνωστή – στα παραπάνω παραδείγματα της εντολής «N» το πιο σημαντικό ψηφίο είναι (αντίστοιχα) το «1» στη 3^η θέση και το «0» στη 8^η θέση.

Είναι σημαντικό, όταν δίνουμε προδιαγραφές, να μην αφήνουμε ασάφειες. Για παράδειγμα, στο παραπάνω παράδειγμα, όταν δώσουμε το N123<CR><LF> μετά από το N01229763<CR><LF> η οθόνη θα δείχνει 123 ή 01229123; Η απάντηση είναι ότι θα δείχνει 123, το N αρχικοποιεί την οθόνη και οι αριστερότερες θέσεις δεν θα δείχνουν τίποτα (με όρους Εργαστηρίου 2 η έξοδος είναι "F" για όλα τα LED σβυσμένα).

Εκτέλεση του Εργαστηρίου

Αλλαγές στον Κώδικα του Εργαστηρίου 2

Πριν προχωρήσουμε στον νέο κώδικα για την σειριακή θύρα RS232 πρέπει να κάνουμε (εφόσον χρειάζεται) τις εξής

αλλαγές στον κώδικα του Εργαστηρίου 2:

1. Αν για την αποθήκευση των δεδομένων που δείχνουμε στην οθόνη χρησιμοποιούσαμε την flash το αλλάζουμε για να χρησιμοποιήσουμε την RAM (προσοχή so να μην είναι σε περιοχή που σχετίζεται με την στοίβα του AVR). Προφανώς η αποκωδικοποίηση μπορεί (και καλό είναι) να βρίσκεται στην flash.
2. Βεβαιωνόμαστε ότι έχουμε ενεργοποιήσει την στοίβα του AVR (αυτό μάλλον το έχετε κάνει όλες/όλοι γιατί χρειάζεται για να εκτελούνται σωστά τα IRET).
3. Ορίζουμε ένα νέο χαρακτήρα προς απεικόνιση, τον χαρακτήρα 0x0A (συμπτωματικά ίδιο με το <LF> αλλά όχι με την ίδια χρήση, απλά είναι ο επόμενος δυαδικός χαρακτήρας -σε δεκαεξαδική μορφή- μετά το BCD 9, δηλαδή το 0x09), με απεικόνιση στα 7-segment LED 0xFF, που σημαίνει ότι εσωτερικά στον AVR εκτός από τους αριθμούς 0₁₀-9₁₀ σε απεικόνιση BCD, έχουμε και τον A₁₆ για να υποδηλώσουμε σβυστή οθόνη στο αντίστοιχο ψηφίο (θυμίζουμε ότι το ASCII «0» δεν είναι το 0x00). Για παράδειγμα, όταν πάρουμε την εντολή C<CR><LF> δεν κάνουμε τίποτα άλλο από το να γεμίσουμε την μνήμη των δεδομένων (ψηφίων) προς την οθόνη με 0x0A και στις οκτώ θέσεις.
4. Μετά από μελέτη για την σειριακή θύρα RS232, αν μας χρειάζεται ο TIMER που έχουμε ήδη χρησιμοποιήσει, τότε απεικονίζουμε σε διαφορετικό TIMER τον κώδικα του Εργαστηρίου 2. Το εγχειρίδιο του AVR αναφέρεται στην σειριακή θύρα σαν USART, και σας ενδιαφέρει ο baud rate generator.

Ενδεχόμενα υπάρχουν φοιτητές/φοιτήτριες που δεν έχουν ακόμη διευθετήσει το ρολόι του AVR να είναι στα 10MHz. Για να μην κάνουμε πιο δύσκολη την ζωή από όσο χρειάζεται, όσοι/όσες είσαστε στην κατηγορία αυτή μπορείτε να συνεχίσετε να χρησιμοποιείτε το ρολόι που έχετε ήδη, με δύο παρατηρήσεις: (1) ότι θα πρέπει η θύρα RS232 να λειτουργεί σωστά και στην προβλεπόμενη ταχύτητα με το ρολόι που έχετε, και (2) ότι στο μέλλον θα κληθείτε να κάνετε την αλλαγή, και όσο περισσότερο κώδικα αναπτύσσετε τόσο περισσότερες παρεμβάσεις θα χρειαστεί να κάνετε.

Νέος Κώδικας για την Σειριακή Θύρα

Παρατηρούμε ότι από φυσικής άποψης, η σειριακή θύρα χρησιμοποιεί για το σήμα RXD τον ακροδέκτη PD0 (PIN 14) και για το σήμα TXD τον ακροδέκτη PD1 (PIN 15). Επομένως δεν χρειάζεται να πειράξουμε καθόλου τις θύρες στις οποίες απεικονίσαμε την οθόνη. Η θύρα χρησιμοποιείται με τον

συνηθισμένο τρόπο, δηλαδή «ασύγχρονα» (καμμία σχέση με ασύγχρονη λογική που ορθότερα ονομάζεται «θεμελιώδης τρόπος σχεδίασης» – εδώ η ορολογία «ασύγχρονη» είναι σωστή, δεν έχουμε συγχρονισμένα ρολόγια πομπού και δέκτη). Αυτό το αναφέρουμε εκ προοιμίου γιατί σε σύγχρονο τρόπο λειτουργίας χρειάζεται εξωτερικό ρολόι – αυτό το αποφεύγετε τελείως.

Όλοι οι χαρακτήρες που μεταδίδουμε είναι ASCII – έχουμε ήδη εξηγήσει στο μάθημα γιατί. Οι επιτρεπόμενες εντολές είναι οι παρακάτω, που τις παραθέτουμε μαζί με την απάντηση που δίνει ο AVR στο τερματικό (π.χ. τον υπολογιστή μας που έχει συνδεθεί με το σύστημα μέσω putty και με ένα μετατροπέα USB to RS232 όταν με το καλό κατεβάσουμε κώδικα στο STK-500):

Εντολή από PC (ASCII)	Επεξήγηση Ορίσματος X	Ενέργεια Εντολής	Απάντηση προς PC (ASCII)
AT<CR><LF>	-	Απλή Απάντηση OK μετά το <LF>, καμμία άλλη ενέργεια	OK<CR><LF>
C<CR><LF>		Καθαρισμός οθόνης και απάντηση OK μετά το <LF>	OK<CR><LF>
N<X><CR><LF>	<X>: 1-8 χαρακτήρες ASCII που όλοι αντιστοιχούν σε δεκαδικό ψηφίο	Καθαρισμός οθόνης, αποθήκευση ορισμάτων στην μνήμη της οθόνης, απάντηση OK μετά το <LF>	OK<CR><LF>

Προφανώς χαρακτήρες ελέγχου "A", "C", "<CR>" κλπ. συγκρίνονται με την αντίστοιχη τιμή από τον πίνακα ASCII, ενώ τα αριθμητικά ορίσματα που έρχονται σε ASCII πρέπει να μετατραπούν σε BCD **με εφαρμογή της κατάλληλης μάσκας**. Το επαναλαμβάνουμε ότι δεν υπάρχει μετατροπή δυαδικού αριθμού πουθενά, αν σας έρθει στην θέση 3 ο χαρακτήρας ASCII «9» τότε το τρίτο ψηφίο στην οθόνη είναι το «9». Από την άλλη, επειδή δεν ξέρετε πόσους χαρακτήρες έχει κάθε μετάδοση, έχει νόημα κάθε φορά που έρχεται ένας νέος να μεταφέρετε στην μνήμη κατα μία θέση τους προηγούμενους, αυτό μπορεί να γίνει και με μία ρουτίνα χωρίς ορίσματα, δηλαδή κάθε φορά να κάνετε επτά μετακινήσεις (ελαφρά σπάταλο, αλλά όχι και πολύ αν σκεφτεί κανείς τον κώδικα για να βρείτε τον σωστό αριθμό και να τον κάνετε βρόχο). Σε κάθε περίπτωση οι μετακινήσεις είναι «προς τα πάνω», αλλιώς θα πανωγράφετε

χρήσιμη πληροφορία.

Η ταχύτητα της σειριακής μας θύρας είναι **9600baud** (απαραίτητα). Προτείνουμε την απλή σύνδεση 8 data bits, 1 stop bit, no parity, αλλά οποιοσδήποτε άλλος τρόπος σύνδεσης είναι OK αρκεί να τον καταλαβαίνετε ώστε να μπορείτε να τον αλλάξετε εφόσον χρειαστεί.

Αναφερθήκαμε στο να δείτε αν χρειάζεται ο TIMER που ήδη χρησιμοποιείτε. Αυτό περισσότερο χρειάζεται να γίνει σαν άσκηση και για μελλοντική χρήση, και λιγότερο σαν κάτι που θα αλλάξει πολύ τον κώδικά σας. Μελετήσετε καλά το πως αρχικοποιείτε τον baud rate generator της σειριακής θύρας.

Παρουσίαση /Εξέταση

Επειδή το μάθημα γίνεται χωρίς βοηθούς, ισχύουν για την εξέταση όσα ίσχυαν και στα προηγούμενα Εργαστήρια, δηλαδή ανεβάζετε στο eClass ολόκληρο το Microchip (Atmel) Studio Project με όλους τους κώδικες πηγής και την αναφορά και ότι άλλο είναι χρήσιμο (π.χ. αρχεία εισόδου) σε ένα zip/gzip. Επί αυτού θα εξεταστείτε κάποια στιγμή.

ΒΟΗΘΗΜΑ 1: Όπως και στα προηγούμενα εργαστήρια, αν χρειάζεται να «κάψετε» ένα ή λίγους καταχωρητές στο main() για να κρατήσετε κάποια πληροφορία, π.χ. σε ποιο ψηφίο από τα οκτώ βρίσκεται η μετάδοση, αυτό επιτρέπεται για τώρα.

ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Θα αναρτηθεί στο eClass αναλυτική ανακοίνωση για τους κώδικές σας και για την αναφορά όσον αφορά σχόλια και τεκμηρίωση. Κώδικες γραμμένοι και τεκμηριωμένοι «στο γόνατο» και με αντίστοιχες αναφορές θα βαθμολογηθούν ως τέτοιοι, το ίδιο και οι αναφορές. Όταν λέμε να είναι σύντομες οι αναφορές, εννοούμε ότι η σχετική πληροφορία υπάρχει, σε ικανοποιητικά Αγγλικά (OXI Greeklish) στον κώδικα, οπότε η αναφορά κυρίως είναι σε συντομία ο σκοπός του εργαστηρίου, κάποιο block diagram, κάποιοι υπολογισμοί (π.χ. πως υπολογίσατε prescalers, κλπ.) και πως δοκιμάστηκε ο κώδικας. Επίσης, πολύ πιθανόν η πληροφορία που χρειάζεται να δώσετε να μην χωράει σε δύο σελίδες και η αναφορά να πρέπει να είναι περισσότερες. Δεν υπάρχει τυπικό άνω όριο στις αναφορές (αν και σε περίπτωση που είναι δωδεκασέλιδες σίγουρα κάτι δεν κάνετε σωστά), δισέλιδες αναφορές θα βαθμολογηθούν στην βάση της πληρότητας – αν όλα όσα πρέπει να πείτε χωράνε σε δύο σελίδες δεν υπάρχει πρόβλημα από μέρους μου.

Προφανώς, δεν χρειάζεται να περιλάβετε ότι είναι σε προηγούμενες αναφορές (εκτός αν σας ζητηθεί), αλλά έχει

νόημα π.χ. να αναφέρετε τι αλλαγές έχετε κάνει στον κώδικα του Εργαστηρίου 2 ώστε να υπάρχει κάπου τεκμηριωμένο. Κρατήσετε αντίγραφα των παλιών κωδίκων για να μπορείτε να αναφερθείτε σε αυτά, αλλά ανά πάσα στιγμή πρέπει να υπάρχει ο τελευταίος κώδικας με την πλήρη του τεκμηρίωση.

ΠΡΟΣΟΧΗ (τα ξέρετε, αλλά τα ξαναθυμίζουμε)!

1) Η προεργασία να είναι σε ηλεκτρονική μορφή και μαζί με αρχεία με κώδικες που να μπορούμε να εκτελέσουμε. Το αρχείο πρέπει να το υποβάλλετε στο Webcourses.

2) Η έλλειψη προετοιμασίας ή επαρκούς τεκμηρίωσης οδηγεί σε απόρριψη.

3) Η διαπίστωση αντιγραφής σε οποιοδήποτε σκέλος της άσκησης οδηγεί στην απόρριψη όλων των εμπλεκομένων από το σύνολο των εργαστηριακών ασκήσεων, άρα και του μαθήματος. Αυτό γίνεται οποιαδήποτε στιγμή στη διάρκεια του εξαμήνου. Ως αντιγραφή νοείται και μέρος της αναφοράς, π.χ. σχήματα.

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ! ☺