

**Κατασκευή αισθητήρα μέτρησης καρδιακών παλμών με χρήση Arduino
και εμφάνιση αποτελεσμάτων σε VGA οθόνη με τη χρήση FPGA**

Εργασία Εξαμήνου στο μάθημα Ενσωματωμένα Συστήματα

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Μηνάς Δασυγένης

Ιούνιος 2012

Ομάδα εργασίας:

1. Τσάρτσαρος Κων/νος (260)
2. Παπαδόπουλος Παναγιώτης (240)
3. Μακρυνιώτης Θωμάς (226)

Στοιχεία μαθήματος:

Η εργασία αυτή υλοποιήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος “Ένσωματωμένα Συστήματα” του 8^{ου} εξαμήνου.

Υπέυθυνος Καθηγητής: Μ. Δασυγένης

Περιγραφή:

Η βασική λειτουργία του project που υλοποιήθηκε είναι η εξής:

1. Μέτρηση από φωτοευαίσθητη δίοδο μέσω του αισθητήρα PulseSensor®
2. Κανονικοποίηση σήματος των μετρήσεων μέσω χαμηλοπερατού φίλτρου
3. Επεξεργασία του σήματος εισόδου μέσω της πλακέτας Arduino
 - α. Λήψη μετρήσεων (sampling)
 - β. Ανίχνευση παλμών (pulse-up->pulse->pulse-down)
 - γ. Κανονικοποίηση μετρήσεων λόγω ταχύτητας του κυκλώματος και ευαισθησίας του αισθητήρα
 - δ. Καταμέτρηση παλμών και του χρονικού διαστήματος μεταξύ τους
 - ε. Εξαγωγή μέσου όρου
4. Αποστολή μέσω Serial σύνδεσης στην πλακέτα FPGA
5. Υλοποίηση soft-core επεξεργαστή Picoblaze, VGA interface και UART Serial Interface στην πλακέτα FPGA
6. Λήψη της μέτρησης από το Serial Interface του ενσωματωμένου συστήματος και εμφάνιση του στην οθόνη

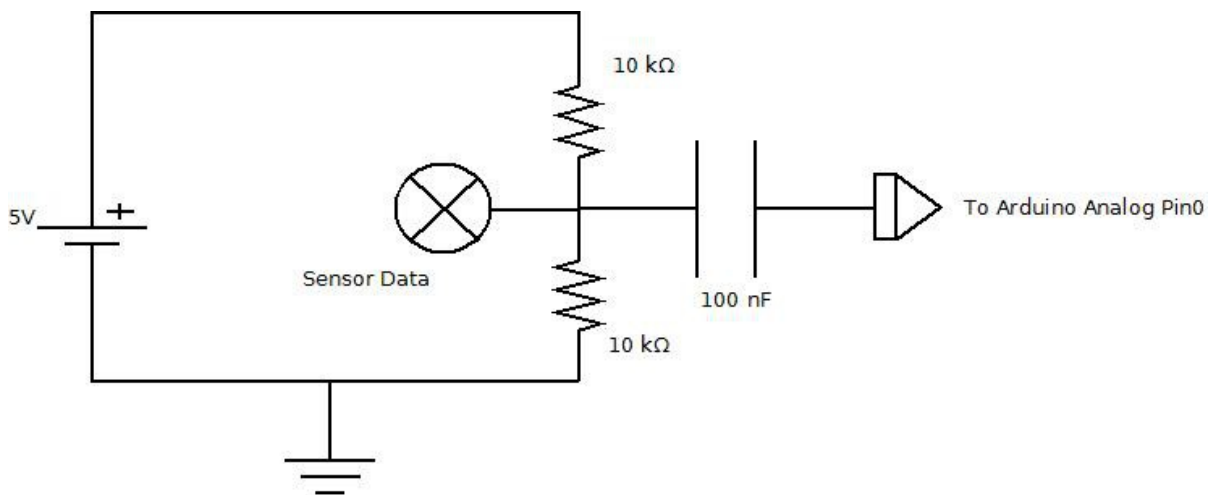
Hardware:

1. Πλακέτα Arduino Uno®
2. Αισθητήρας φωτός PulseSensor®
3. Breadboard για την υλοποίηση του χαμηλοπερατού φίλτρου και ενός διαιρέτη τάσης
4. Πλακέτα FPGA (Xilinx Spartan-3E Starter Kit)
5. VGA οθόνη

Λειτουργία αισθητήρα:

Ο αισθητήρας δεν είναι τίποτα άλλο παρά μια φωτοδίοδος και ένα LED (πράσινο λόγω των χαρακτηριστικών της δίοδου). Ο αισθητήρας περιλαμβάνει και ένα μικρό κύκλωμα ενίσχυσης (με χρήση τελεστικού ενισχυτή). Για την λήψη της επιθυμητής μέτρησης ο αισθητήρας τοποθετείται στο δάχτυλο ή σε άλλα σημεία του σώματος όπου το πάχος της επιδερμίδας είναι μικρό. Καθώς ο αισθητήρας έρχεται σε επαφή με το σώμα, η μόνη διέξοδος για το φως του LED είναι μέσα από την επιδερμίδα, μέσα στη οποία γίνεται μερική διάχυση του φωτός. Καθώς διαχέεται το φως, ένα μέρος του επιστρέφει προς τον αισθητήρα. Έτσι η φωτοδίοδος μας επιτρέπει να πάρουμε μια μέτρηση τάσης στα άκρα της (η βαθμονόμηση της οποίας αργότερα θα μας επιτρέψει στην συνέχεια να αναγνωρίσουμε τους παλμούς). Όταν το διαχεόμενο φως συναντήσει το αίμα στα αιμοφόρα αγγεία, ένα μέρος του θα απορροφηθεί από αυτά. Κατά την διάρκεια ενός καρδιακού παλμού η πυκνότητα του αίματος αυξάνεται (παρόμοια με την διάδοση ενός εγκάρσιου κύματος), συνεπώς εκείνη την χρονική στιγμή η απορρόφηση του φωτός από το αίμα θα είναι μεγαλύτερη άρα και η ένταση του φωτός που θα φτάσει στην δίοδο θα είναι μικρότερη. Έτσι αναγνωρίζοντας την διάδοση του πυκνού αίματος (καρδιακού παλμού) βλέπουμε διαφοροποίηση στην τιμή της τάσης στα άκρα της φωτοδίοδου.

Χαμηλοπερατό Φίλτρο:



Το φίλτρο αυτό έχει ως βασικό σκοπό την αποκοπή των υψηλών συχνοτήτων (δηλαδή κυρίως τον θόρυβο που προκαλείται από την παραμικρή κίνηση του σώματος) καθώς και την προσαρμογή του V_{bias} του σήματος εισόδου.

Διαιρέτης τάσης:

Υλοποιήθηκε διαιρέτης τάσης από 5V CMOS σε 3.6V LVTTTL λόγω ασυμφωνίας τάσεων ανάμεσα στην πλακέτα Arduino Uno και την FPGA.

VGA Interface:

Η υλοποίηση του VGA interface έγινε με την χρήση ενός απλού VGA driver, μιας dual-port RAM σε ρόλο video memory και μιας ROM σε ρόλο font memory. Η σύνδεση με τον επεξεργαστή γίνεται με την χρήση διαύλων τοποθέτησης κέρσορα (x,y), διαύλων διεύθυνσης και διαύλου ελέγχου.

UART Serial Interface:

Η υλοποίηση του Serial Interface έγινε με την χρήση του reference design της Xilinx για uart16550 Serial Interface με την χρήση 16byte buffers. Η επικοινωνία με το Arduino γίνεται σε 115200 baud rate.

Κώδικας Assembly:

Το πρόγραμμα assembly που γράφτηκε υλοποιεί τον εξής αλγόριθμο:

main_loop:

```
{  
    Έλεγχος για νέα δεδομένα  
    Αν υπάρχουν  
        κάλεσε write_to_vga  
}
```

write_to_vga:

```
{  
    Διάβασε τον χαρακτήρα  
    Τύπωσε τον στη οθόνη  
    Επέστρεψε  
}
```

Sources:

1. <http://www.pulsesensor.com> (Αισθητήρας PulseSensor)
2. <http://www.xilinx.com/products/intellectual-property/picoblaze.htm>
(Μικροελεγκτής Picoblaze)
3. http://www.javiervalcarce.eu/wiki/VHDL_Macro:_VGA80x40 (VGA Interface)