

## ΑΣΚΗΣΗ 8

**ΑΝΔΡΟΜΙΔΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ 1084641**

**ΤΣΙΛΙΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ 1084642**

1)

Το module `kbd_protocol` υλοποιεί την ανάγνωση και αποκωδικοποίηση των δεδομένων από πληκτρολόγιο PS/2, ανιχνεύοντας τότε ένα πλήκτρο απελευθερώνεται. Συγκεκριμένα, συγχρονίζει πρώτα το εξωτερικό ρολόι του πληκτρολογίου (`ps2clk`) με το εσωτερικό ρολόι του κυκλώματος, ώστε να εντοπίζει με αξιοπιστία τις κατιούσες ακμές που σηματοδοτούν την άφιξη κάθε bit από το πακέτο δεδομένων. Σε κάθε τέτοια ακμή, αποθηκεύει ένα bit από το `ps2data` σε shift register 10 bit, το οποίο συγκεντρώνει ολόκληρο το πακέτο (start bit, 8 data bits, parity και stop bit). Όταν ολοκληρωθεί η λήψη 11 bits (μετρώντας με το `cnt`), το κύκλωμα ελέγχει εάν το πακέτο είναι έγκυρο (start bit = 0, stop bit = 1, σωστή ισοτιμία). Αν είναι, και εάν προηγουμένως είχε ληφθεί ο ειδικός κωδικός `0xF0`, που δηλώνει απελευθέρωση πλήκτρου, τότε καταχωρεί τον `scancode` στην έξοδο `scancode`. Σε αντίθετη περίπτωση, αν το νέο πακέτο είναι `0xF0`, απλώς θέτει μια σημαία (`f0 <= 1`) ώστε το επόμενο byte να θεωρηθεί ως πλήκτρο που απελευθερώθηκε. Έτσι, το module αγνοεί τα πατήματα (key presses) και δίνει έξοδο μόνο όταν το πλήκτρο σηκώνεται, δηλαδή μόνον όταν η αλληλουχία `0xF0` ακολουθείται από έναν `scancode`.

Στη συνέχεια, το module `scan_2_7seg` μετατρέπει συγκεκριμένους `scancodes` αριθμητικών πλήκτρων (0–9) στον κατάλληλο κώδικα για 7-τμηματική ένδειξη. Το `eight module` ενώνει τα δύο παραπάνω υποσυστήματα.

Αν κρατήσουμε πατημένο ένα αριθμητικό πλήκτρο, δεν εμφανίζεται αμέσως τίποτα στην έξοδο, γιατί η μονάδα `kbd_protocol` αγνοεί όλα τα `scancodes` μέχρι να λάβει τον κωδικό απελευθέρωσης (`0xF0`) και τον αντίστοιχο κωδικό πλήκτρου. Δηλαδή, το κύκλωμα έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να αντιδρά μόνο κατά την απελευθέρωση του πλήκτρου, όχι κατά το πάτημα. Αυτό συμβαίνει επειδή ο έλεγχος γίνεται με βάση τη σειρά λήψης: πρώτα το `0xF0` (release indicator), και μετά ο `scancode` του πλήκτρου που απελευθερώθηκε.

2)

Αυτό το κύκλωμα διαβάζει δεδομένα από πληκτρολόγιο PS/2 και εμφανίζει σε δύο 7-τμηματικές ενδείξεις (left, right) τον scancode δύο πλήκτρων: του τελευταίου που απελευθερώθηκε και του προηγούμενου πριν από αυτό. Το module `kbd_protocol` αναλύει το πρωτόκολλο PS/2, συγχρονίζει το εξωτερικό ρολόι `ps2clk` με το εσωτερικό ρολόι `clk` και ανιχνεύει τις κατιούσες ακμές του `ps2clk`, οι οποίες σηματοδοτούν τη λήψη νέου bit. Όταν φτάσουν 11 bits (start, 8 data, parity, stop), ελέγχει εάν το πακέτο είναι έγκυρο και, αν ναι, εξετάζει αν έχει προηγηθεί ο κωδικός 0xF0, που δηλώνει την απελευθέρωση πλήκτρου. Σε αυτή την περίπτωση, αποθηκεύει το νέο scancode ως `scancode` και μεταφέρει το προηγούμενο στην έξοδο `prevscancode`, ώστε να θυμάται δύο συνεχόμενες απελευθερώσεις πλήκτρων. Τα δύο αυτά bytes περνούν στα modules `scan_2_7seg`, τα οποία μετατρέπουν τους γνωστούς scancodes αριθμητικών πλήκτρων (0–9) στους αντίστοιχους κωδικούς 7-τμηματικής απεικόνισης. Έτσι, στην οθόνη εμφανίζεται το πιο πρόσφατο πλήκτρο που σηκώθηκε και δίπλα του το προηγούμενο. Αν κρατηθεί πατημένο ένα πλήκτρο, δεν εμφανίζεται τίποτα, καθώς το κύκλωμα ενεργοποιείται μόνο όταν υπάρξει απελευθέρωση του πλήκτρου, μετά από λήψη του 0xF0.

3)

Αυτό το σύστημα επιτρέπει την εκτέλεση βασικών αριθμητικών πράξεων μεταξύ δύο ψηφίων, τα οποία εισάγονται μέσω πληκτρολογίου PS/2. Τα αποτελέσματα προβάλλονται σε 7-segment display. Το σύστημα χωρίζεται σε επιμέρους modules με διαφορετικές λειτουργίες. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά.

#### **Module: `kbd_protocol`**

Υλοποιεί τον υποδέκτη PS/2 πληκτρολογίου. Καταγράφει το πρωτόκολλο του PS/2, συλλέγοντας σειριακά δεδομένα και ανιχνεύοντας τον χαρακτήρα F0 (που δηλώνει απελευθέρωση πλήκτρου). Αποθηκεύει:

- Τον τρέχοντα κωδικό (`scancode`).

- Τον προηγούμενο (`prevscancode`).

- Τον πιο πρόσφατα απελευθερωμένο κωδικό λειτουργίας (`mdscancode`).

Αυτός ο σχεδιασμός εστιάζει μόνο σε scancodes που αντιστοιχούν σε απελευθέρωση πλήκτρων (release events).

### **Module: calculator**

Αυτό είναι το κύριο module αριθμητικών πράξεων. Δέχεται ως είσοδο τρεις scancodes:

prevscan: πρώτος αριθμός (π.χ. 2).

scan: δεύτερος αριθμός (π.χ. 3).

mdscan: είσοδος που καθορίζει τη λειτουργία/πράξη (π.χ. + ή /).

Οι πράξεις που υποστηρίζονται είναι:

Πρόσθεση (κωδικός 79 → +)

Αφαίρεση (κωδικός 7B → -)

Πολλαπλασιασμός (κωδικός 22 → \*)

Διαίρεση (κωδικός 4A → /)

Οι scancodes μεταφράζονται σε αριθμούς 0–9 με assign εντολές. Ο υπολογισμός γίνεται μέσω assign και, για τη διαίρεση, καλείται ξεχωριστό module divider. Το αποτέλεσμα είναι 7-bit και προωθείται σε επόμενο module για απεικόνιση.

### **Module: divider**

Αυτό το module υλοποιεί ακεραία διαίρεση 4-bit αριθμών. Η λογική του είναι βασισμένη σε επαναληπτική αφαίρεση/ολίσθηση και υποστηρίζει:

Καταγραφή του υπολοίπου (Rem)

Καταγραφή του πηλίκου (Quo)

Εάν ο διαιρέτης είναι 0, τότε το πηλίκο μηδενίζεται για αποφυγή σφάλματος.

### **Module: scan\_2\_7seg**

Μεταφράζει έναν PS/2 scancode σε εξάμπιτη μορφή για απεικόνιση σε 7-segment οθόνη. Υποστηρίζει τους αριθμούς 0–9 με βάση τα πλήκτρα του πληκτρολογίου.

### **Module: result\_2\_7seg**

Μετατρέπει το 7-bit result της αριθμητικής πράξης σε 7-segment κωδικοποίηση για εμφάνιση του αριθμού 0–9.

**Module: eight (Top Level)**

Συνδέει όλα τα παραπάνω modules σε ένα ενιαίο σύστημα. Παίρνει ως είσοδο το ρολόι και τα σήματα του PS/2 πληκτρολογίου και εξάγει:

Την απεικόνιση του scan και prevscan (left, right)

Το αποτέλεσμα της πράξης (s)