

## 10. ΜΕΛΕΤΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΑΘΡΟΙΣΗΣ – ΑΦΑΙΡΕΣΗΣ ΔΥΑΔΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΩΝ

### 1. Αντικείμενο Μελέτης

- Δυαδική αριθμητική
- Συμπληρωματικά συστήματα (ως προς 1 και ως προς 2)
- Κυκλώματα άθροισης – αφαιρέσης
- Η γνώση και κατανόηση της χρήσης διαφόρων κυκλωμάτων με ολοκληρωμένα κυκλώματα (IC) στην εκτέλεση των πράξεων πρόσθεσης και αφαιρέσης δύο δυαδικών αριθμών.

### 2. Εισαγωγή στην πράξη της άθροισης

Η πρόσθεση είναι η συνηθέστερη αριθμητική πράξη που πραγματοποιείται σε έναν ψηφιακό υπολογιστή.

Αν το υλικό του υπολογιστή μπορεί να προσθέσει δύο δυαδικούς αριθμούς, τότε οι υπόλοιπες αριθμητικές πράξεις μπορούν να πραγματοποιηθούν με επιπλέον υλικό.

-Η αφαίρεση είναι η πρόσθεση του συμπληρώματος του αφαιρέτη στον μειωτέο.

Ο πολλαπλασιασμός χρησιμοποιεί επαναλαμβανόμενες προσθέσεις του πολλαπλασιαστέου στον εαυτό του.

Η διαίρεση χρησιμοποιεί επαναλαμβανόμενες αφαιρέσεις του διαιρέτη από το διαιρετέο.

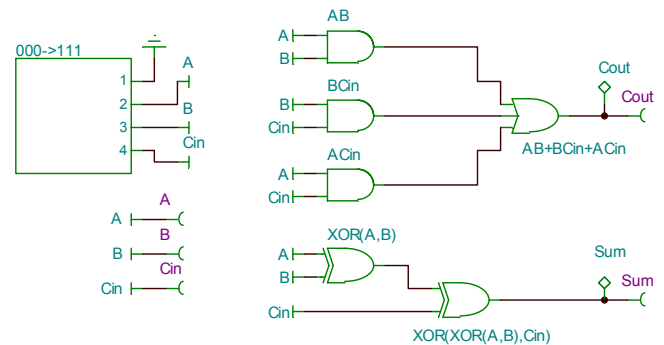
Παλαιότερα λόγω του κόστους του υλικού, όλες οι πράξεις γίνονταν με βάση την πρόσθεση. Ωστόσο σήμερα μπορούμε να χρησιμοποιούμε αφοσιωμένο υλικό για την πραγματοποίηση της κάθε πράξης.

### 3. Υλοποίηση πλήρους αθροιστή με πύλες XOR και NAND

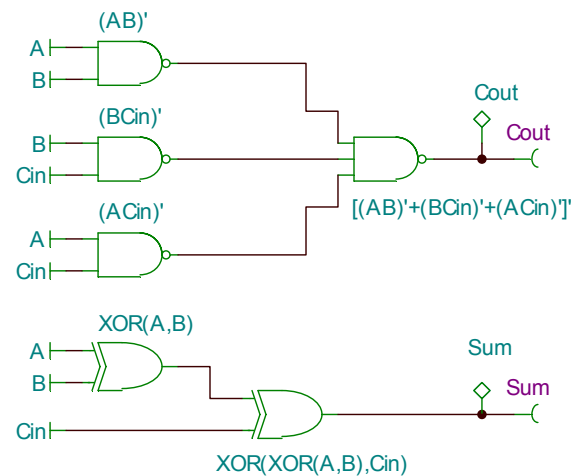
Να υλοποιήσετε κύκλωμα πλήρους αθροιστή με πύλες XOR και NAND, ξεκινώντας από την εξαγωγή του πίνακα αληθείας.

Στην **Εικόνα 1** φαίνεται το κύκλωμα με πύλες XOR και στην **Εικόνα 2**, το διάγραμμα χρονισμού. Επαληθεύστε την ορθότητα του διαγράμματος χρονισμού με την πίνακα αληθείας του πλήρη αθροιστή. Ομοίως στην **Εικόνα 3**

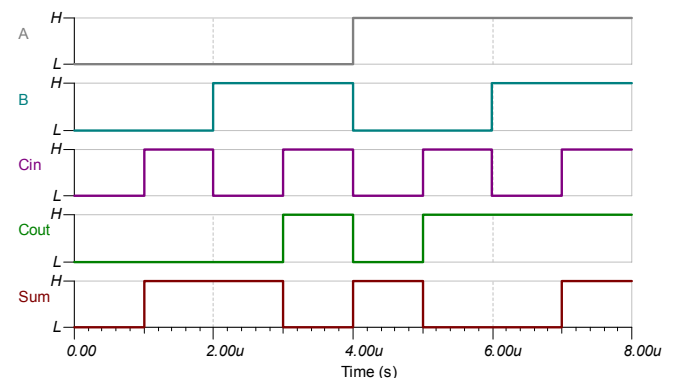
φαίνεται το κύκλωμα του πλήρους αθροιστή με πύλες NAND και στην **Εικόνα 4** η χρονική του προσομοίωση. Οι χρονικές προσομοιώσεις στις **Εικόνες 2** και **4** είναι όμοιες όπως και πρέπει.



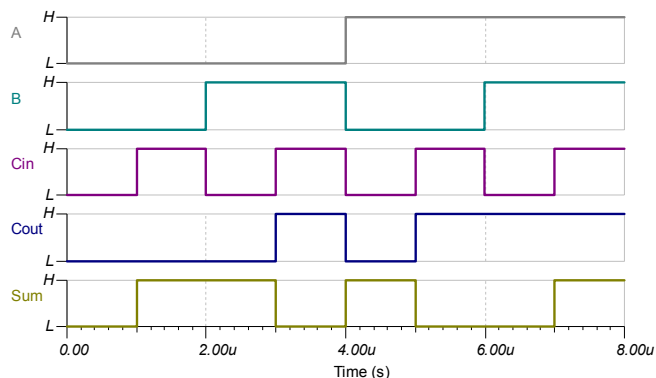
**Εικόνα 1.** Υλοποίηση πλήρους αθροιστή με πύλες XOR.



**Εικόνα 3.** Υλοποίηση πλήρους αθροιστή με πύλες NAND.



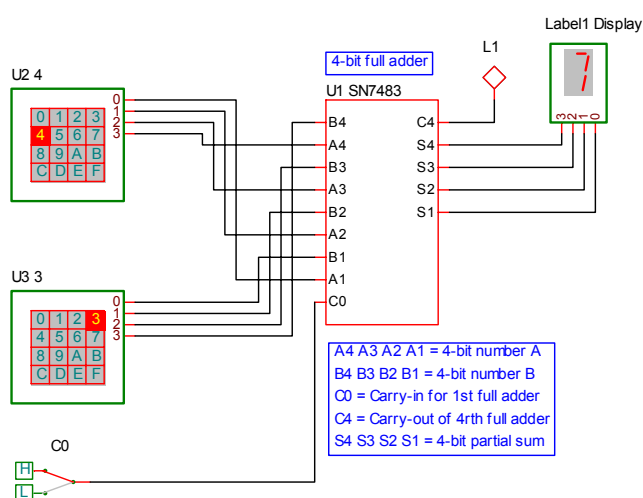
**Εικόνα 2.** Διάγραμμα χρονισμού πλήρους αθροιστή με πύλες XOR.



**Εικόνα 4.** Διάγραμμα χρονισμού πλήρους αθροιστή με πύλες NAND.

#### 4. Λειτουργία του 7483. Πλήρης αθροιστής 4bit

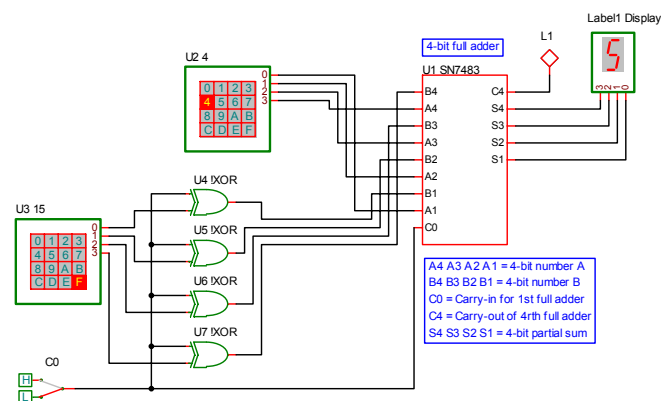
Να χρησιμοποιήσετε το IC **7483** για την πρόσθεση δύο 4bit αριθμών. Στην **Εικόνα 5** φαίνεται ένα κατάλληλο κύκλωμα. Σχεδιάστε το κύκλωμα στο περιβάλλον του TINA, τρέξτε διαφορα παραδείγματα και περιγράψτε τη λειτουργία του.



**Εικόνα 5.** Λειτουργία του 7483. Πλήρης αθροιστής 4bit.

#### 5. Λειτουργία του 7483. Πλήρης αθροιστής-αφαιρέτης 4bit

Εξηγήστε τη λειτουργία του κυκλώματος της **Εικόνας 6**.

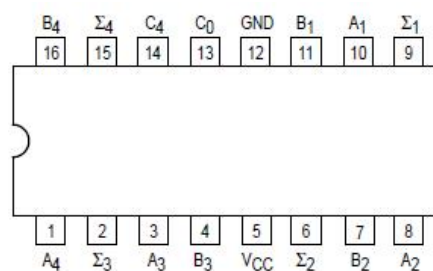


**Εικόνα 6.** Λειτουργία του 7483. Πλήρης αθροιστής-αφαιρέτης 4bit.

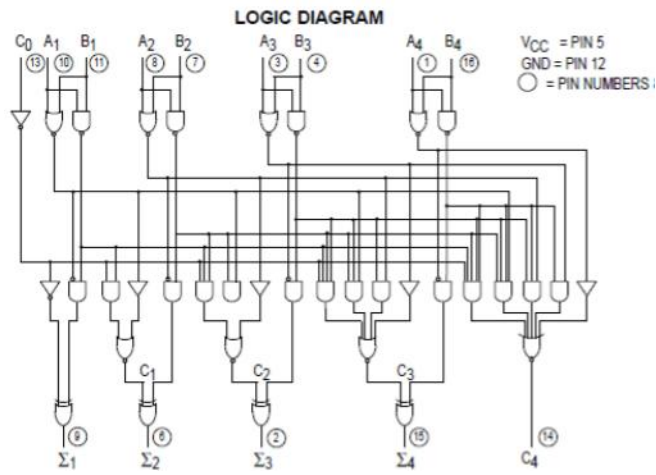
Σχεδιάστε το κύκλωμα της **Εικόνας 6** στο περιβάλλον του TINA και τρέξτε παραδείγματα για να δείξετε τον τρόπο λειτουργίας του.

#### 6. Υλοποίηση πλήρους αθροιστή - αφαιρέτη με το 7483 στο PENCIL BOX

Στην **Εικόνα 7** παρουσιάζεται η τοπολογία του SN7483 που αποτελεί έναν πλήρη αθροιστή με 4bit με εσωτερικό κύκλωμα πρόβλεψης κρατούμενου. Δέχεται δύο 4 bit αριθμούς (στις θέσεις A1-A4 και B1-B4 αντίστοιχα) και ένα κρατούμενο εισόδου (C0). Παράγει το άθροισμα στις εξόδους Σ1-Σ4 και το κρατούμενο στη θέση C4, που αποτελεί το MSB. Το λογικό διάγραμμα του SN7483 παρουσιάζεται στην **Εικόνα 8**.

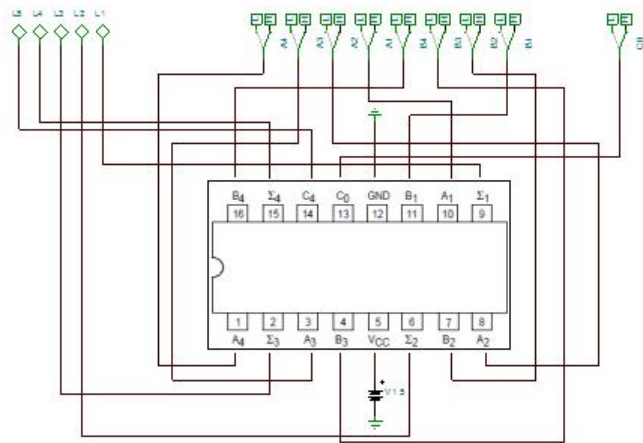


**Εικόνα 7.** Η τοπολογία του SN7483 που αποτελεί έναν πλήρη αθροιστή με 4bit με εσωτερικό κύκλωμα πρόβλεψης κρατούμενου.

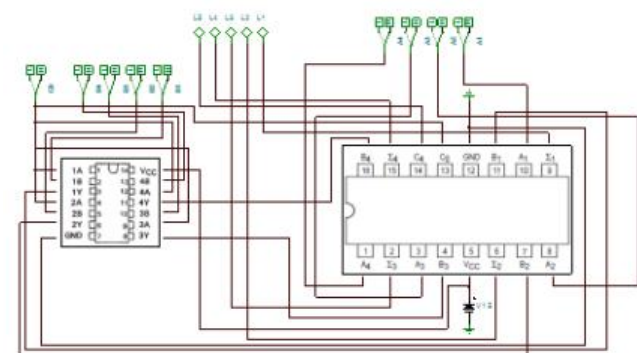


Εικόνα 8. Το λογικό διάγραμμα του SN7483.

Μια ενδεικτική διασύνδεση του SN7483 στην Εικόνα 9.



Εικόνα 9. Ενδεικτική διασύνδεση του SN7483.



Εικόνα 10. Ενδεικτική συνδεσμολογία SN7486 και SN7483 για την υλοποίηση κυκλώματος άθροισης – αφαιρέσεως.

Το SN7483 αν συνδυαστεί με το SN7486 (πύλες XOR) μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως αφαιρέτης. Η ιδέα είναι να εκτελέσει την πράξη  $A+(-B)$ , όπου το  $-B$  θα αναπαρασταθεί στο

συμπλήρωμα ως προς δύο. Το SN7486 περιέχει 4 πύλες XOR. Η διασύνδεση πρέπει να γίνει σε αντιστοιχία με το κύκλωμα άθροισης – αφαιρέσεως που είδαμε στο τμήμα των προσομοιώσεων και το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 6. Μια ενδεικτική συνδεσμολογία των δύο ολοκληρωμένων φαίνεται στην Εικόνα 10.

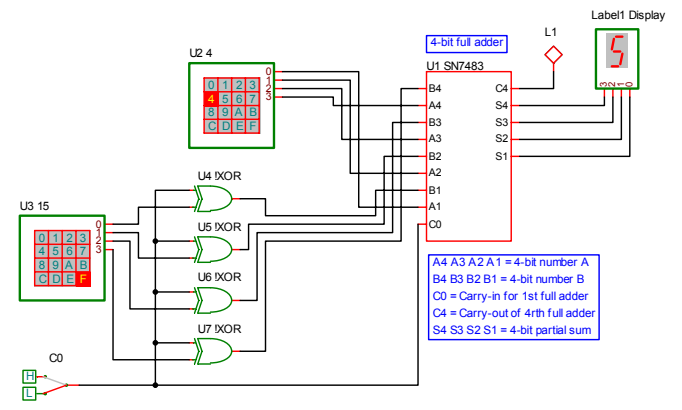
7. Ασκήσεις για λύση

1. Να σχεδιάσετε ένα κύκλωμα που να δέχεται ακέραιο 4bit και να επιστρέφει το συμπλήρωμα -1 (Σ1) του αριθμού αυτού.

2. Να σχεδιάσετε ένα κύκλωμα που να δέχεται 4bit ακέραιο και να επιστρέφει το συμπλήρωμα-2 (Σ2) του αριθμού αυτού, χρησιμοποιώντας το κύκλωμα του Σ1.

3. Να σχεδιάσετε ένα κύκλωμα που να δέχεται 4bit ακέραιο και να επιστρέφει το Σ2 του αριθμού αυτού, χρησιμοποιώντας υλοποίηση απευθείας από τον πίνακα αληθείας.

4. Να σχεδιάσετε ένα κύκλωμα πλήρη αθροιστή χρησιμοποιώντας δύο ημιαθροιστές και μία πύλη OR. Οι ημιαθροιστές να υλοποιηθούν με πύλες XOR και AND.



Εικόνα 11.

5. Θεωρήστε το κύκλωμα της Εικόνας 11. Αν το  $C0=0$  και το  $U2=5$  και στην έξοδο βλέπουμε  $L1=1$  και  $Label\_1\_Display=5$ , να πείτε ποιος αριθμός έχει φορτωθεί στον U3 καθώς και τις τιμές μετά την κάθε XOR.

6. Θεωρήστε το κύκλωμα της Εικόνας 11. Αν το  $C0=1$  και το  $U2=5$  και στην έξοδο βλέπουμε  $L1=0$  και  $Label\_1\_Display=F$ , να πείτε ποιος αριθμός έχει φορτωθεί στον U3 καθώς και τις τιμές μετά την κάθε XOR.

## 7. Πρόσθεση αριθμών με το SN7483.

Να συνδέσετε το SN7483 ως αθροιστή δύο 4bit δυαδικών αριθμών A και B (πρέπει να χρησιμοποιήσετε και τους 8 διακόπτες, από 4 για τον κάθε αριθμό). Ο ακροδέκτης C0 (13) να είναι σε λογικό 0 εφόσον υποθέτουμε ότι το κρατούμενο από την προηγούμενη πρόσθεση ψηφίων είναι μηδέν. Τις εξόδους X4,Σ4-Σ1 να τις συνδέσετε στους ενδείκτες λογικές (λαμπάκια).

Να κάνετε τις επόμενες προσθέσεις και να συμπληρώσετε τους πίνακες:

Αριθμός στο 10δικό	C4	A4/B4/Σ4	A3/B3/Σ3	A2/B2/Σ2	A1/B1/Σ1
A=+8					
B=+5					
Σ=A+B=					
Αριθμός στο 10δικό	C4	A4/B4/Σ4	A3/B3/Σ3	A2/B2/Σ2	A1/B1/Σ1
A=+12					
B=+11					
Σ=A+B=					

Πώς θα αλλάξουν τα προηγούμενα αποτελέσματα αν το C0=1;

## 8. Πρόσθεση/Αφαίρεση αριθμών με το SN7483 και το SN7486.

Να κάνετε τις κατάλληλες συνδεσμολογίες και να πραγματοποιήσετε τις προσθέσεις:

$$13+8, 13+(-8), 8+(-13)$$

Εξηγήστε τις απαραίτητες τροποποιήσεις και μετατροπές για την εξαγωγή των σωστών αποτελεσμάτων.