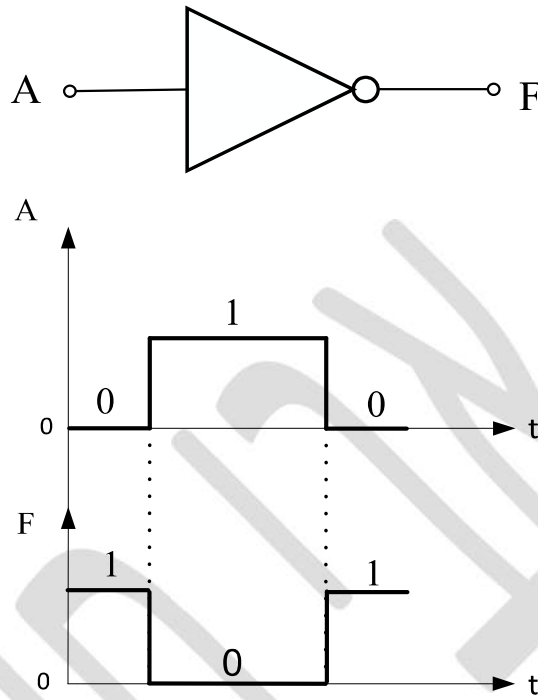


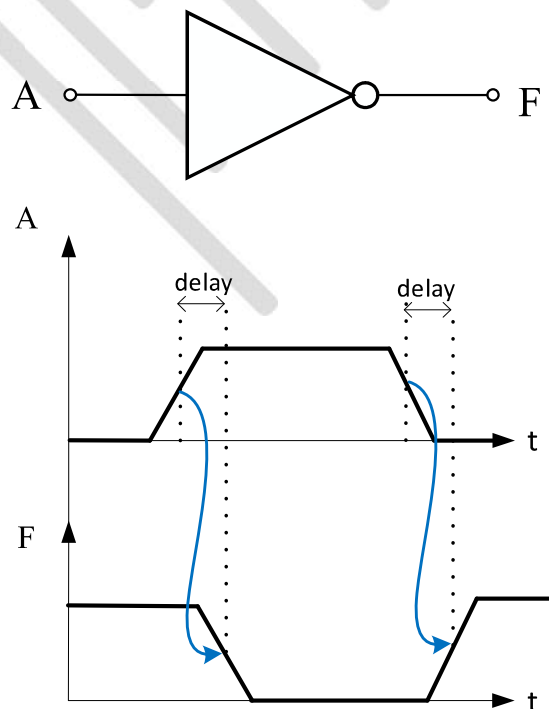
# Timing and Verification

## תזמון זמנים

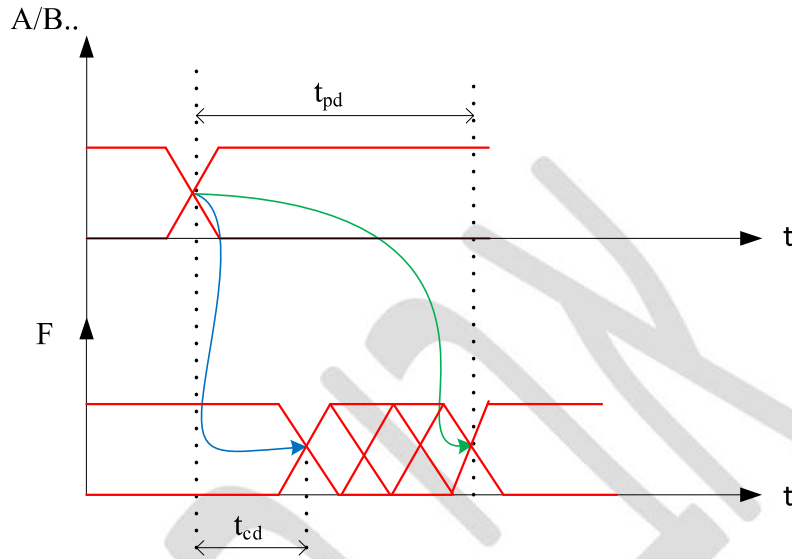
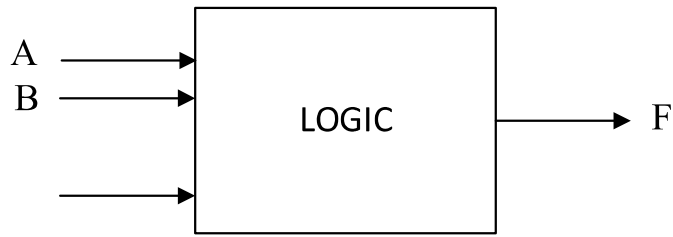
במערכת דיגיטלית אידאלית נקבל:



במערכת אמיתית נקבל השהייה בין הכניסה למוצא בגלל זמני המיתוג של הטרנזיסטורים הפנימיים.



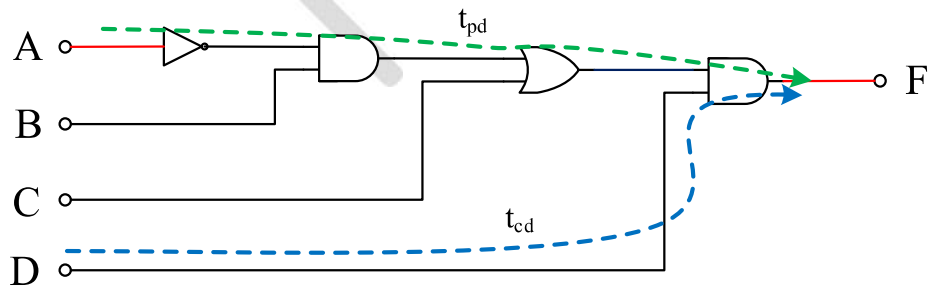
השהייה בין הכניסה למוצא



$t_{cd}$  (Contamination delay) – זמן השהייה עד שהמוצא מתחיל להשתנות.  
 $t_{pd}$  (Propagation delay) – זמן השהייה עד שהמוצא מסיים להשתנות.

השהייה כוללת

$t_{pd}$  נקבע לפי המסלול הארוך ביותר בין הכניסה למוצא.  
 $t_{cd}$  נקבע לפי המסלול הקצר ביותר בין הכניסה למוצא.



בדוגמה הנ"ל המסלול הארוך ביותר הוא:

$$t_{pd} = t_{pd}(not) + 2t_{pd}(and) + t_{pd}(or)$$

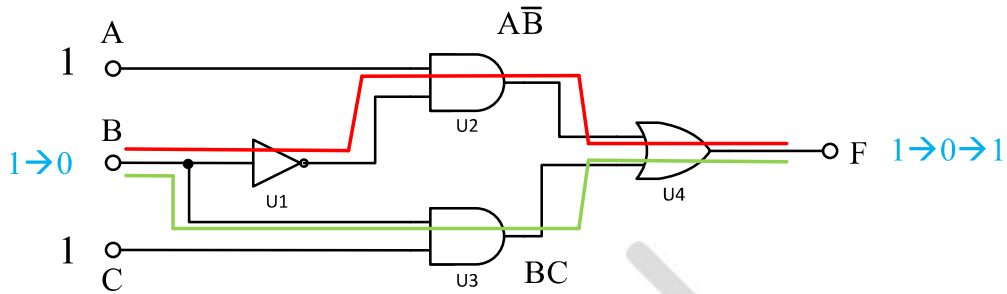
והקצר ביותר

$$t_{cd} = t_{cd}(and)$$

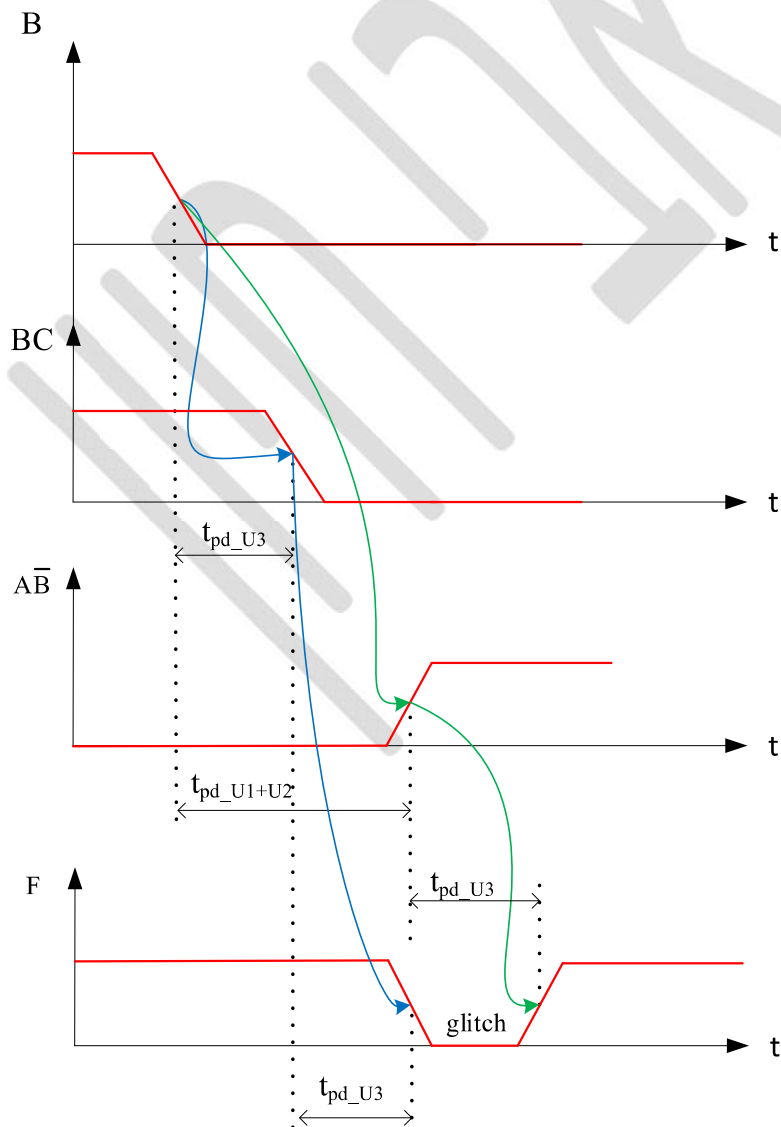
## Glitches

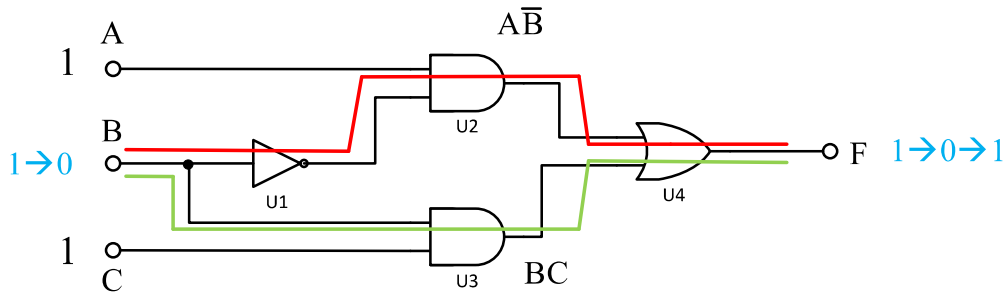
במעבר אחד האותות בכניסה עלול להיות אות לא רצוי במעבר

## לדוגמה

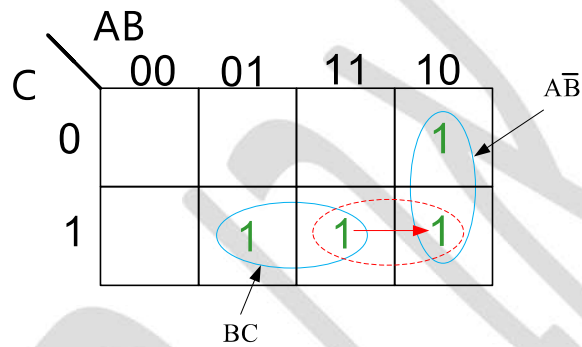


במעבר ממצב BC ל-  $A\bar{B}$  נקבל GLITCH

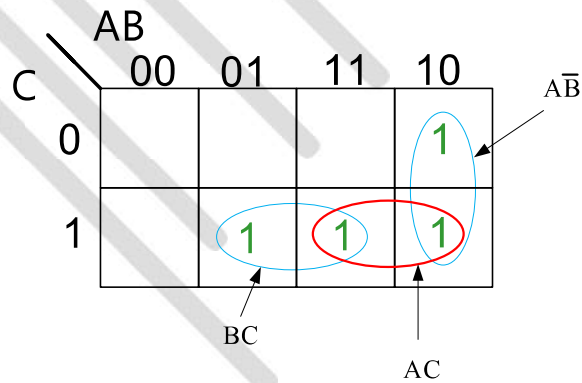




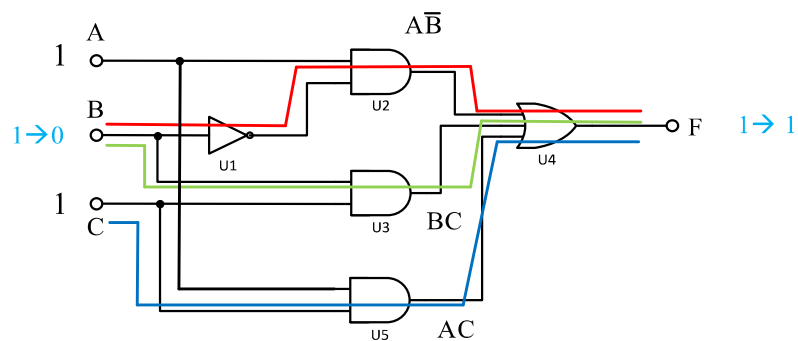
שינוי ב-B גורם לשינוי במוצא שער  $U3$  ורק לאחר מכן לשינוי במוצא  $U2$  ולכן נוצר הפרש זמן בו המוצא יורד ל-'0' לוגי למשך זמן התלוי בהשהיות של השערים. במפת קרנו אין חפיפה בין שני הערכים, לכן נקבל את ה-*glitch*



פתרון - ליצור חפיפה בין שתי הפונקציות, להוסיף שער  $AB$

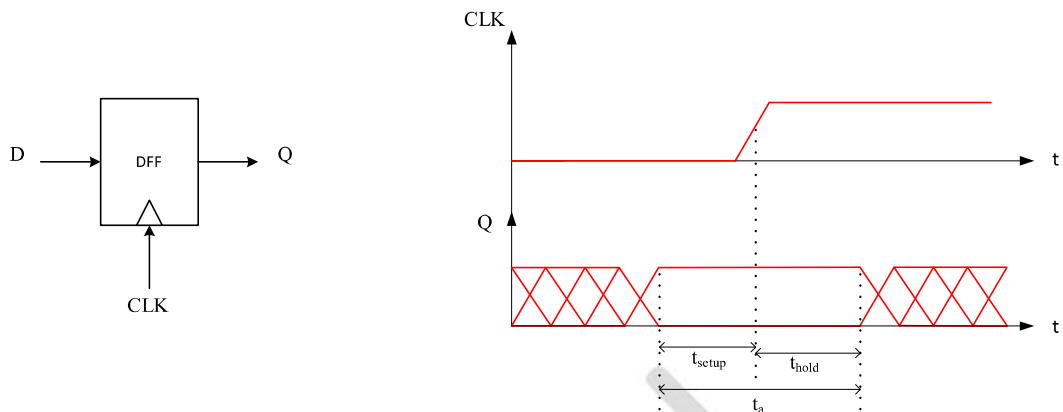


במעבר ערך  $AC$  יישאר '1' לוגי ולכן המוצא לא ישתנה



## תכן סינכרוני

## תזמון כניסה



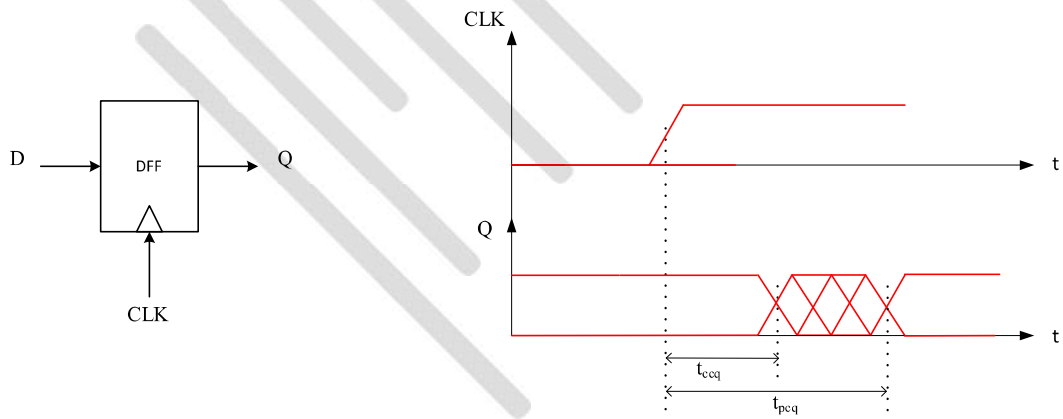
הזמן לפני עליית השעון שבו המידע חייב להיות יציב. (Setup time)  $t_{setup}$

הזמן אחרי עליית השעון שבו המידע חייב להיות יציב. (Hold time)  $t_{hold}$

הזמן סביב עליית השעון שבו המידע חייב להיות יציב. (Aperture time)  $t_a$

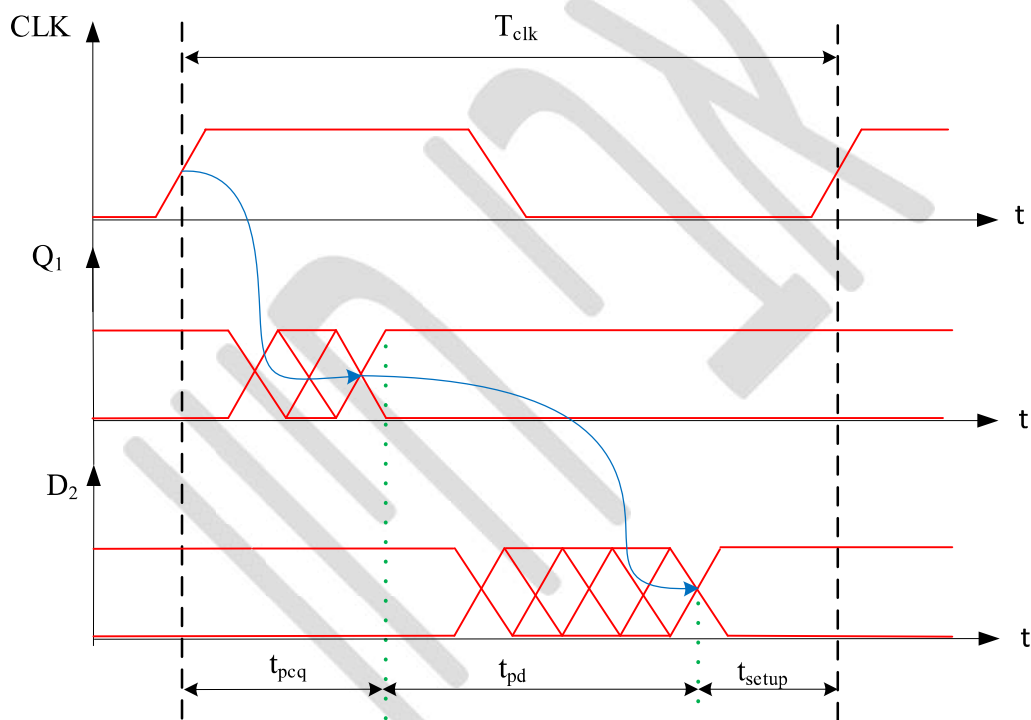
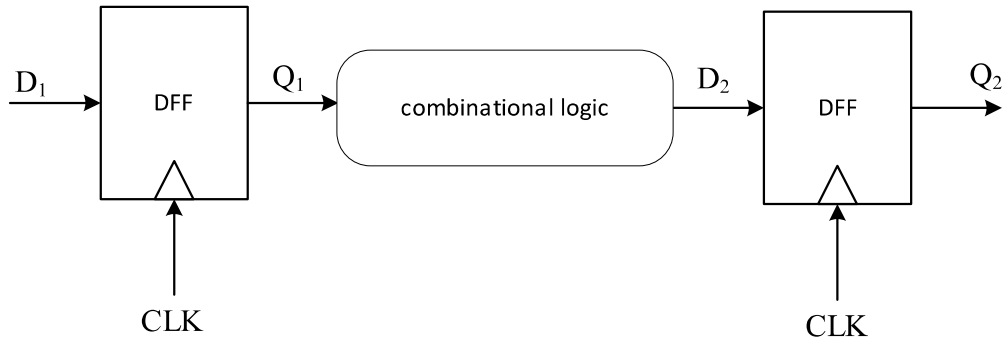
$$t_a = t_{setup} + t_{hold}$$

## תזמון יציאה



Contamination delay clock to q -  $t_{ccq}$  : הזמן המוקדם ביותר לאחר עליית השעון שבו המידע במוצא מתחיל להשתנות.

Propagation delay clock to q-  $t_{pcq}$  : הזמן אחרי עליית השעון שבו המידע יציב.

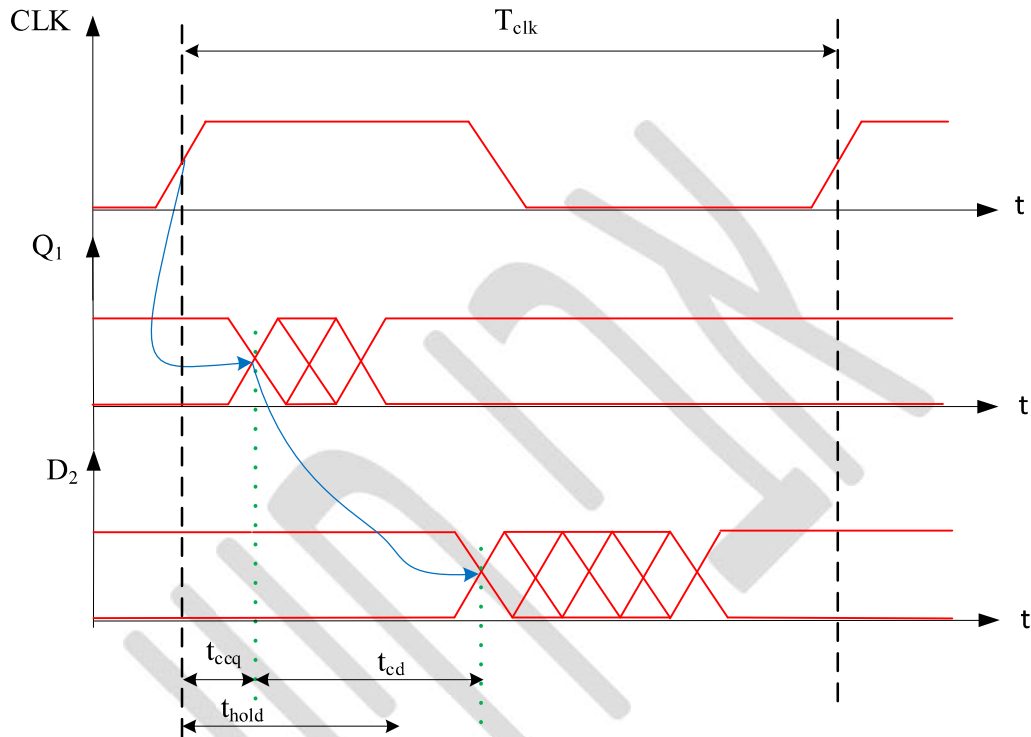
חיבור מספר *Flip-Flop* לשעון עם זמן מחזור  $T_{clk}$ 

## תהליך

- מעליית השעון הראשונה ה-*FF* הראשון מוציא את המידע היציב לאחר  
(Propagation delay clock to q)  $t_{pcq}$
- האות עובר דרך מערכת לוגית לאחר שהייה –  $t_{pd}$  (Propagation delay)
- המידע צריך להיות יציב בכניסת ה-*FF* השני לפחות למשך  $t_{setup}$  (Setup time)

$$f_{max} = \frac{1}{T_{clk}} = \frac{1}{t_{pcq} + t_{pd} + t_{setup}}$$

בדיקה של  $t_{hold}$  (Hold time) - הזמן אחרי עליית השעון שבו המידע שבו המידע חייב להיות יציב.



צריך ש-  $D_2$  יהיה יציב לפחות בזמן  $t_{hold}$  אחרי עליית השעון.

לפעולה תקינה יש צורך לבדוק שהתנאי הבא מתקיים:

$$t_{ccq} + t_{cd} > t_{hold}$$