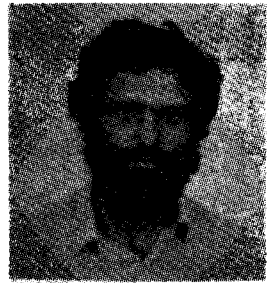


Szinkronizáló flip-flopok metastabil állapotát befolyásoló tényezők

NEMES MIHÁLY

BME Híradástechnikai Elektronika Intézet



NEMES MIHÁLY

tusz után tanársegédként, majd adjunktusként dolgozik a HEI Áramkörök Osztályon. Ipari gyakorlatát a MEV-ben töltötte 1982-ben.

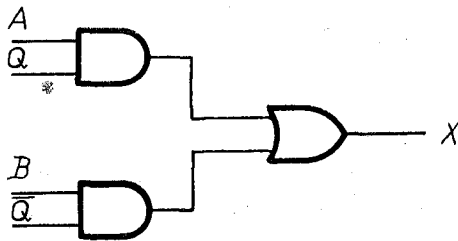
A BME Villamosmérnöki Kar Híradástechnika Szakán végzett 1974-ben. Kétéves ösztöndíjas stá-

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben a flip-flop viselkedését befolyásoló olyan tényezőkre mutatunk rá, amelyeket a szakirodalomban eddig figyelmen kívül hagytak. Figyelembevételükkel a flip-flop tulajdonságai javíthatók.

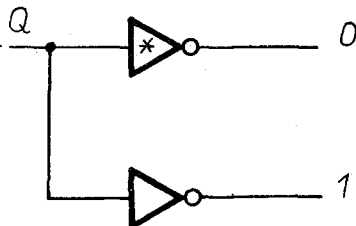
1. Bevezetés

Ha egy flip-flopot egy külső jeltől való mintavételezésre használunk, és ez a jel a mintavételező jelhez képest aszinkron módon változik, akkor előfordulhat, hogy a flip-flop metastabil állapotba kerül. Ez a jelenség akkor lép fel, ha a bemeneti jel változása közben fejeződik be a mintavételezés engedélyezése, ekkor a flip-flop két kimenete közötti potenciálkülönbség tetszőlegesen kis értéket felvehet. A magára hagyott flip-flop átbillenési ideje arányos ennek a kezdeti potenciálkülönbségnek a reciprokával. Hibás működés léphet fel, ha a mintavételező flip-flop kimenetei sokáig a logikai 0 és 1 szintek közötti átmeneti tartományban tartózkodnak, amit két példán lehet könnyen belátni.



H 142 - 1

1. ábra. A metastabil állapot hibás kimenő jelet eredményezhet



H 142 - 2

2. ábra. A metastabil állapot hibás kimenő jelet eredményez

Beérkezett: 1985. XII. 10.

1. A flip-flop Q és \bar{Q} kimenetét is felhasználjuk, mégpedig azzal a feltételezéssel, hogy ezek mindig egymás negáltjai. Az 1. ábrán egy olyan áramkört láthatunk, amelynek x kimenő jele $Q=1$ esetén A -val, $Q=0$ esetén B -vel egyezik meg. Ha $Q=Q=1$, akkor $x=1$, ha A és B közül bármelyik 1.

2. A flip-flop valamelyik kimenetére több kapu csatlakozik, amelyeknek átviteli karakterisztikája nem pontosan egyforma, akkor ezek különbözőképpen „értelmezhetik” az átmeneti tartományban tartózkodó jel állapotát. Ha pl. a 2. ábrán látható, csillaggal jelölt inverter küszöb feszültsége nagyobb, mint a másiké, akkor előállhat az ábrán mutatott eset: A két inverter kimenő jele egymás negáltja lesz.

A mintavételező flip-flopok metastabil működésével számos szerző foglalkozott. Kinniment és Woods [1]-ben analitikus összefüggést határoztak meg az R_F szinkronizációs hibaarányra:

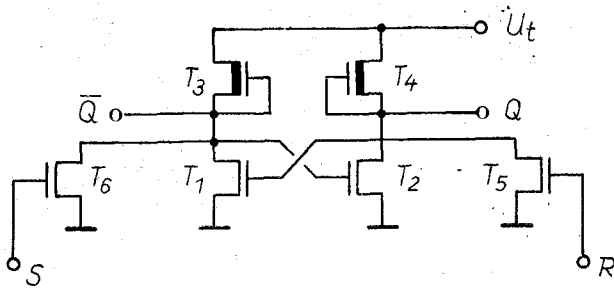
$$R_F = \frac{2f_A f_B}{A\omega} e^{-A\omega t_d} \quad (1)$$

ahol f_A és f_B a flip-flop két bemenő jelének frekvenciája, $A\omega$ a flip-flop erősítés-sávzsélesség szorzata és t_d a metastabil állapot megszűnésére engedélyezett idő. (1)-ből nyilvánvaló, hogy a hibaarány csökkenthető gyorsabb flip-flop használatával és/vagy t_d növelésével.

Az alábbiakban rámutatunk, hogy vannak olyan, a metastabil viselkedést befolyásoló tényezők is, amelyek (1)-ben nem szerepelnek.

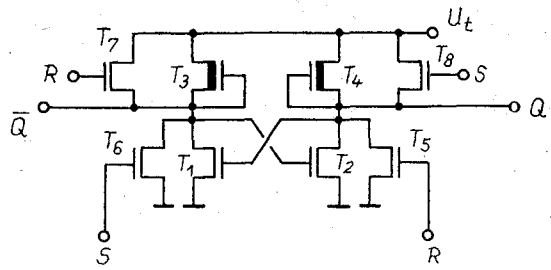
2. A flip-flop jellemzése

Legyen a 3. ábrán látható flip-flop Q kimenete 1 állapotban és adjunk az R bemenetre T_i szélességű pulzust. Q 1-ben fog maradni, vagy 0-ba vált attól függően, hogy a pulzus milyen hosszú. A 4a. ábra mutatja a T beállási idő és T_i összefüggését. Ebből a diagramból kiindulva rajzolhatunk egy másikat, amely alkalmasabb flip-flopok összehasonlítására (4b. ábra). ΔT_i egy T_i^* körül elhelyezkedő időintervallum hosszát jelöli. Ha a be-



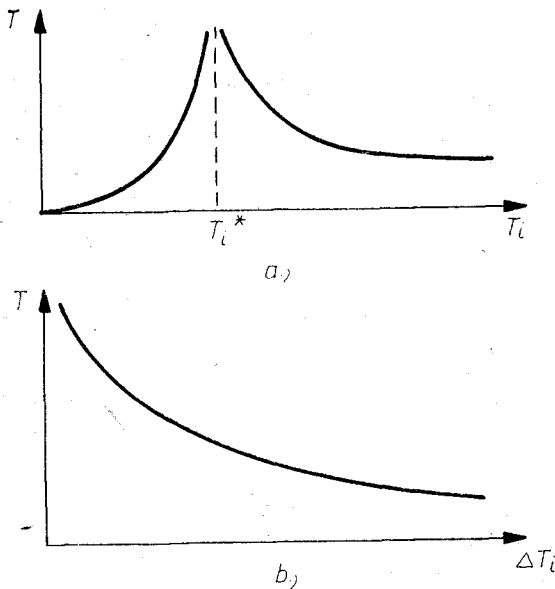
H 142 - 3

3. ábra. A flip-flop felépítése



H 142 - 5

5. ábra. A módosított flip-flop



H 142 - 4

4. ábra. A beállási idő a billentő pulzus szélességének függvényében

meneti pulzus szélessége ebbe az intervallumba esik, akkor a beállási idő a függőleges tengelyről leolvasható értékkel megegyezik, vagy nagyobb annál. Két flip-flop közül az a jobb, amelynek a görbéje alacsonyabban helyezkedik el: Ugyanakkora T értéket csak kisebb intervallumban lép túl a beállási idő.

3. A flip-flop működését befolyásoló tényezők

Tegyük fel, hogy $T_i = T_i^*$, tehát az áramkör végtelen hosszú ideig metastabil állapotban marad. Ez azt jelenti, hogy a bemeneti pulzus megszűnése után $U_Q = U_{\bar{Q}} = U_{\pm}$. U_{\pm} értéke az áramkörre jellemző. Változtassuk meg most T_i -t: $T_i = T_i^* + \Delta t$. A bemeneti pulzus megszűnésének pillanatában $U_Q = U_{\pm} - \Delta U_1$ és $U_{\bar{Q}} = U_{\pm} + \Delta U_2$, tehát $\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2$ differenciális jel jön létre.

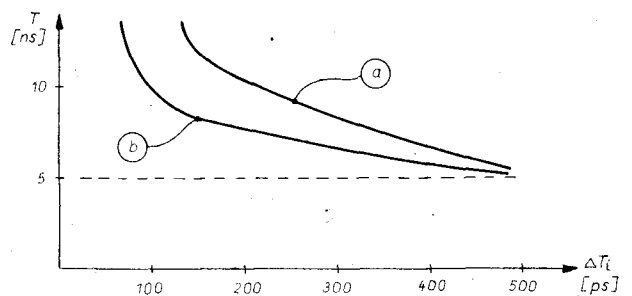
A flip-flop viselkedését két tényező határozza meg:

1. Egy adott Δt által létrehozott ΔU nagysága.
2. Egy adott kezdeti ΔU hatására létrejövő billenés sebessége. (1) csak ennek az utóbbi tényezőnek a hatását veszi figyelembe. Gyors flip-flop létrehozása mellett az is cél, hogy kis Δt nagy ΔU -t okozzon. Ehhez a következőkre van szükség:

- a) A bekapcsoló tranzisztor (T_3) legyen széles, hogy nagy áramot hozzon létre. Minél nagyobb ez az áram, annál nagyobb lesz ΔU_1 .
- b) U_{\pm} legyen a T_1 — T_3 inverter transzfer karakterisztikájának legmeredekebb szakaszán, hogy ΔU_2 a lehető legnagyobb legyen. Ezt úgy érhetjük el pl. hogy két további tranzisztort (T_7 és T_8 az 5. ábrán) alkalmazunk. Míg T_5 U_Q -t csökkenti, T_7 ugyanakkor $U_{\bar{Q}}$ -t növeli, ezáltal U_{\pm} nő.

4. Számítógépes szimulációs eredmények

A szimulációt az ANAL—20 áramköranalízis-program segítségével végeztem el. A 6. ábrán látható „a” jelű görbe a 3. ábra áramkört jellemzi, az 1. táblázatban feltüntetett paraméterértékek mellett. A „normális” átbillenés (amikor a bemeneti pulzus megfelelően hosszú volt) 5ns alatt játszódott le. A terhelő kapacitás a Q és \bar{Q} kimeneteken egyaránt 0,05 pF volt.



H-142-6

6. ábra. A kétféle flip-flop összehasonlítása

1. táblázat

	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
W/L	14/6	14/6	8/8	8/8	14/6	14/6

Következő lépésként T_7 -et és T_8 -at ($W/L=6/6$) kapcsoljuk az áramkörhöz. Ezáltal a normális átbillenési idő 3,2 ns-ra csökkent. Annak érdekében, hogy $U=$ hatására rámutassunk, az áramkört szándékosan lelassítottuk T_1 és T_2 30/6-ra való megnövelésével. Így a normális átbillenési idő visszaállt 5ns-ra. Erre azért volt szükség, hogy meggyőzzük az olvasót: Nem arról van szó, hogy egyszerűen egy gyorsabb áramkört hasonlítunk össze egy lassúval. A 6. ábrán a „b”

jelű görbe jellemzi ezt az áramkört. ΔT_i lecsökkent, pl. $T=10$ ns-nál 220 ps-ról 100 ps-ra, annak ellenére, hogy T_1 és T_2 növelésével lecsökkentettük $A\omega$ -t!

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetét fejezi ki Mihály Zsigmondnak az itt leírtakról folytatott hasznos beszélgetéséért.

I R O D A L O M

- [1] D. J. Kinniment, J. V. Woods: Synchronizing and arbitration circuits in digital systems”, Proc. Inst. Elec. Eng., England, Vol. 123, Oct. 1976.