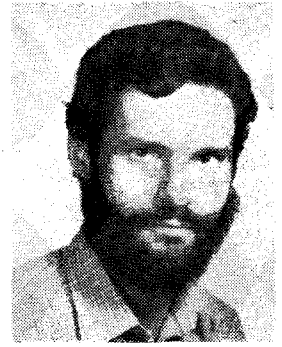


# MOS integrált áramkörökben alkalmazott utánhúzásos terhelés dinamikus tulajdonságai

NEMES MIHÁLY

BME Híradástechnikai Elektronika Intézet



## ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk röviden összefoglalja az utánhúzásos terhelés méretezési szempontjait. Ismerteti az utánhúzás tulajdonságaiból adódó dinamikus hiszterézist, és hogy ennek milyen hatásai vannak a kapuk működésére.

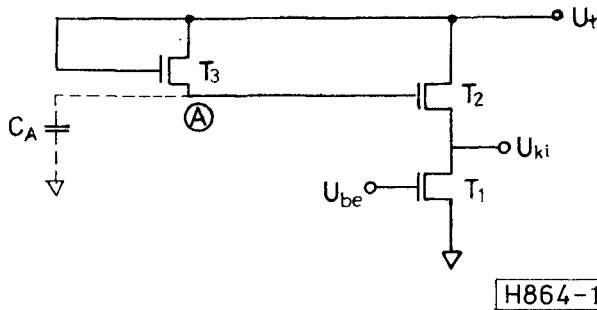
## Bevezetés

Röviden összefoglaljuk az utánhúzásos terhelés méretezési szempontjait, rámutatunk az utánhúzás tulajdonságaiból adódó dinamikus hiszterézisre, és arra, hogy ennek a jelenségnek milyen hatásai vannak a kapuk működésére. Az áramkörök analízisét az ANAL-20 program segítségével végeztük el.

## Az utánhúzás működési elve

Az utánhúzás (bootstrap) alkalmazása a kapu maximális kimenőfeszültségét és a felfutási tranziens sebességét növeli meg. Az 1. ábrán látható inverter  $T_3$  tranzisztora bekapcsolt állapotban a lezárás határhelyzetében üzemel.  $T_1$  kikapcsolása után a kimenőfeszültség növekedni kezd. Az A pont feszültségének változása:

$$\Delta U_A = \Delta U_{ki} \frac{C_A}{C_A + C_{gs2}}$$



1. ábra

Ha az A pontot terhelő kapacitás kicsi, akkor  $T_2$  gate-source feszültsége csaknem konstans marad,  $T_2$  áramgenerátorként működik.

## Az utánhúzás hatását rontó tényezők

- a)  $C_A$  nem nulla. A felfutási tranziens alatt  $T_3$  lezárt állapotban van, ezért  $C_A$  mindössze két komponensből tevődik össze:

NEMES MIHÁLY

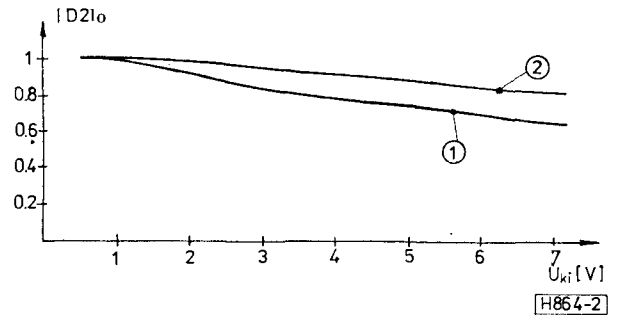
A BME Villamosmérnöki Kar Híradástechnika Szakán 1974-ben végzett. Kétéves ösztön-

díjasi státus után tanárségédként dolgozik tovább a HEI Áramkörök Osztályán. Ipari gyakorlatát a MEV-nél töltötte 1982-ben. (A)

- $T_3$  source-bulk kapacitása;
- $T_2$  gate-drain kapacitása.

A dinamikus tulajdonságok szempontjából  $T_3$  csatornahossza lényegtelen, csak arra kell törekedni, hogy source-területe minimális legyen.  $T_2$  gate-je és source-a közé kapcsolhatunk egy kapacitást, ezáltal  $C_A$  hatása csökken.

- b)  $T_2$  küszöbfeszültsége a szubsztrát-hatás következtében növekvő  $U_{ki}$ -vel csökken.  $I_{D2}$  akkor is csökken, ha  $U_{gs2}$  állandó marad.



2. ábra

Olyankor, ha nagy a tápfeszültség (pl. 12 V), tehát az utánhúzást csak a sebesség növelése vagy pl. tranzier kapuk vezérlő jelének előállításra céljából alkalmazzuk, akkor a gyakorlatban előforduló esetek többségében az utánhúzás hatásosságát alapvetően a szubsztrát-hatás korlátozza. Példaként tekintsünk egy viszonylag nagy áramú (200  $\mu$ A-es) invertert, amelynél tehát  $C_{gs2}$  viszonylag kicsi ( $W_2 = 6 \mu\text{m}$ ,  $L_2 = 24 \mu\text{m}$ ). A 2. ábra ① jelű görbéje mutatja  $I_{D2}$  változását a kimenőfeszültség függvényében, a bekapcsolt állapotban mérhető áramra normálva. A ② jelű görbe ugyanezt a normált áramot adja meg 100 pF-os, tehát gyakorlatilag végtelen utánhúzó kapacitás alkalmazása mellett. Látható, hogy a javulás nem jelentős. Kisebb áramú fokozatnál, ahol  $C_{gs2}$  nagyobb, a javulás még kisebb mértékű. Ebből az következtetés vonható le, hogy ilyen áramkörök-nél általában nem érdemes utánhúzó kapacitást alkal-

Beérkezett: 1983. IV. 14.

mazni, mert a sebesség javulása nem áll arányban a felhasznált többletfelülettel.

### Az utánhúzás által okozott dinamikus hiszterézis

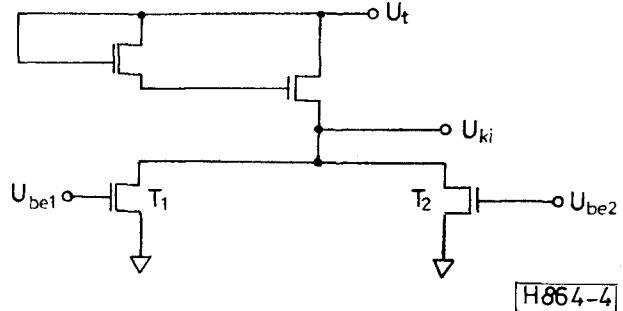
Az alábbiakban arra mutatunk rá, hogy az utánhúzás alkalmazása miatt a kapu transzfer karakterisztikájában hiszterézis jön létre.

Tekintsük az 1. ábrán látható áramkört. A bemenőfeszültség legyen  $U_1$ ,  $T_1$  és  $T_2$  árama  $I_1$ ,  $U_{ki}$  pedig  $U_{ki1}$  értékű. Növeljük meg a bemenőfeszültséget  $\Delta U$ -val, ekkor a fokozat árama  $I_2 > I_1$  értékre áll be. Csökkentsük most le a bemenőfeszültséget  $\Delta U$ -val. Az utánhúzás miatt  $T_2$  „megőrzi” az  $I_2$  áramot (ha nem is tökéletesen), ezért a kimenőfeszültség  $U_{ki1}$ -nél nagyobb értékre áll be.

Természetesen az  $A$  pont feszültsége nem marad konstans, hanem a szivárgási áram által meghatározott sebességgel csökken, míg végül  $U_{ki}$  ismét eléri az  $U_{ki1}$  értéket. Mivel azonban a szivárgás által okozott feszültségváltozás idő szerinti deriváltja nagyságrendekkel kisebb az áramkör kimenetén a vezérlés hatására létrejövő feszültségváltozás sebességénél, gyakorlati szempontból az áramkör hiszterézis-jelenséget mutat. Az elnevezésben szereplő dinamikus jelzővel arra kívántunk rámutatni, hogy végtelen hosszú időt engedve meg a kimenőfeszültség beállításához, ez a jelenség nem észlelhető. Gyakorlatilag ez azt jelenti, hogy ha egy áramköranalízis-programmal vizsgáljuk az áramkört, mégpedig úgy, hogy a DC transzfer-karakterisztikát számíttatjuk ki a

programmal, akkor ez a hiszterézis-jelenség rejtve marad.

A 3. ábra mutatja az 1. ábrán látható áramkör dinamikusan mérhető transzfer karakterisztikáját. A bemenőfeszültséget igen lassan változtatva, a diagramon látható módon változik a kimenőfeszültség.



4. ábra

### A dinamikus hiszterézis hatásai

a) Bekapcsolt állapotban megnő a kapu érzékenysége a zavaró impulzusokra.

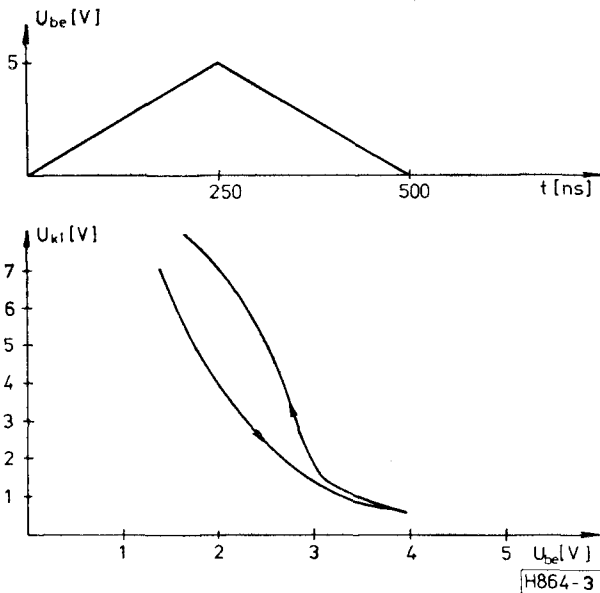
Tegyük fel, hogy a kapu bekapcsolt állapotban van, kimenőfeszültsége  $U_0$ . Ha a bemenetére pozitív zavaró impulzus érkezik, ennek befejeződése után a kimenőfeszültség a statikus  $U_0$  értéknél nagyobbra áll be, és huzamosan ebben az állapotban is marad. Ez azt jelenti, hogy a kimeneti zajtartalék lecsökken.

Ugyanilyen zajtartalék-csökkentő hatása van annak is, ha a bemenőfeszültség lengések után áll be a logikai „H” szintre.

b) Ha NOR-kaput alakítunk ki utánhúzásos terheléssel (4. ábra), akkor a fentebb említett zajtartalék-csökkentés fokozottabban jelentkezik bizonyos vezérléseknél.

Példaként tekintsük a 4. ábrán látható kétbemenetű NOR kaput. A vizsgálatok elején legyen  $T_1$  és  $T_2$  is bekapcsolva, majd  $T_2$ -t kapcsoljuk ki. Ekkor a kimenőfeszültség a statikusan mérhetőnél nagyobb értékre áll be, tehát eleve jobban megközelelti a küszöbfeszültséget, mintha csak  $T_1$ -et kapcsoltuk volna be. A  $T_1$  bemenetére érkező zajimpulzusok ezt a zajtartalékot tovább csökkentik.

Ez a hatás természetesen annál erősebb, minél több bemenetű a NOR kapu. Nyilvánvalóan, ha egy 4-bemenetű kapu mindegyik bemenetére logikai „H” szintet adunk, majd 3 bemenetre „L”-et, akkor a kimeneti feszültség eltérése a statikus értéktől nagyobb lesz, mint a kétbemenetű kapu esetében (feltéve, hogy a tranzisztorok geometriája mindkét esetben azonos).



3. ábra