

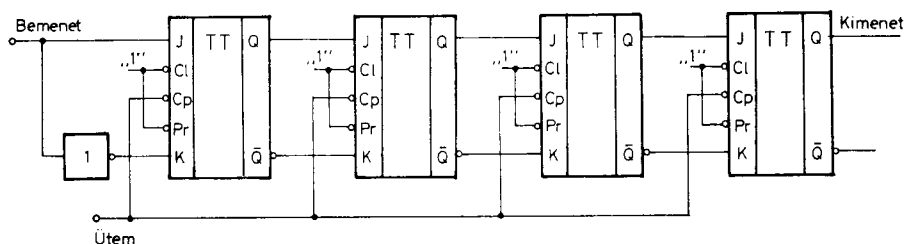
Cp pozitív felfutó élének hatására az átmenet ideje alatti D bemeneteken levő szintek kikerülnek a Q kimenetekre. Az áramkör bemenetei egyenként egy TTL egységterhelést jelentenek. A kimenetek L szintnél 10, H szintnél 20 TTL egységterhelést bírnak meghajtani. MR (Master Reset) az órajeltől függetlenül L szint hatására az összes flip-flopot törli. ($Q=0$). Gyakran használatos tároló típus még pl. a 74LS373, 8 bites D latch 3 állapotú kimenettel, amelynél a beírás szinttel történik, a 74LS374, 8 bites D flip-flop 3 állapotú kimenettel, amelybe a beírás órajel élre történik.

1.3. LÉPTETŐREGISZTEREK

1.3.1. A léptetőregiszterek működési alapelve

A léptetőregiszterek (léptetőtárolók; Shift-regiszterek) egymással oly módon összekapcsolt flip-flopok, hogy mindegyik kimenete a következő bemenetéhez csatlakozik. Az ütem impulzus, órajel egyidejűleg jut el a flip-flopokra (1.64. ábra). Az így kialakított lánc első tagjának bemenetére vezetett információt az első ütemimpulzus beviszi tárolásra a flip-flopba. A következő ütemimpulzus átlépteti (eltolja) az információt a regiszter második flip-flopjába, az első rekeszbe pedig egy új bit kerül. "n" ütemimpulzus elteltével tehát "n" lépést tett meg az információ a léptetőregiszterben.

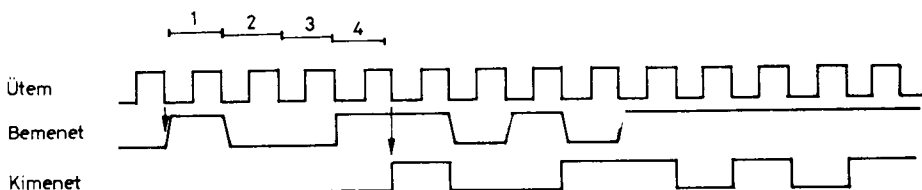
Az 1.64. ábrán JK master-slave flip-flopokból felépített 4 bites léptetőregiszter látható. Az első tároló bemenetén a J és



1.64. ábra.

a K között egy inverter van, úgyhogy a flip-flopokat csak a 10, ill. a 01 vezérlésekkel működtetjük.

A működést magyarázó impulzusdiagramok az 1.65. ábrán láthatók. Megfigyelhetjük, hogy a bemenet minden változás (akár 10, akár 01) - amely változást a JK flip-flop vezérlésének megfelelően csak az órajel 0 szintjénél vihetünk a bemenetre - 4 ütemimpulzussal később jelenik meg a kimeneten.

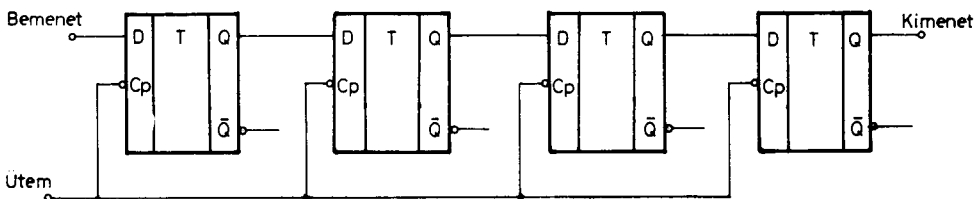


1.65. ábra.

1.3.2. Léptetőregiszterek felépítése, feladatai, integrált típusok

Felépítésüket tekintve, a léptetőregiszterek lehetnek integrált regiszterek (MSI, ill. LSI típusok), vagy tárolókból és kapukból összeállított léptetőregiszterek. Először az utóbbiakkal foglalkozunk. Tároló elemeknek leggyakrabban D flip-flopokat használunk. D tárolókkal felépített léptetőregisztert ábrázol az 1.66. ábra.

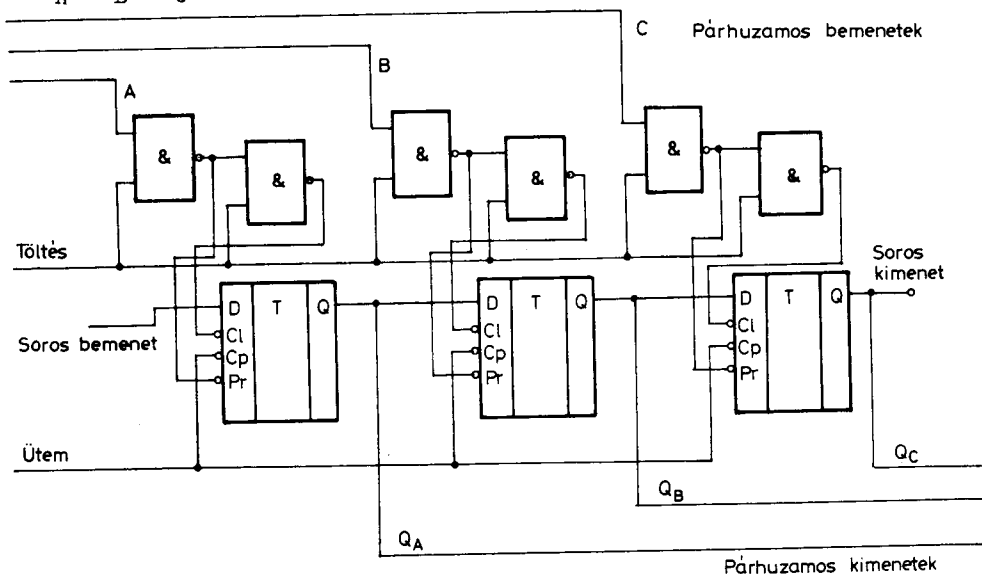
A flip-flopok élvezéreltek. (Pl. SN7474 típusú IC flip-flopjai.) (D latch - pl. 7475-ös IC - esetén az órajel 1 értékénél valamennyi flip-flop felvenné a bemenetre vitt információ értékét, ezért ez a fajta nem alkalmas léptetésre!)



1.66. ábra.

Elvezérelt D tárolók esetén csak az ütemimpulzus élénél hatások a bemenetek. Legyenek a flip-flopok 1 indításuak, vagyis 0-1 éllel vezérelhetők. Az első ütemimpulzus 0-1 élénél az első rekeszbe beolvasódik a bemenet értéke, ami a flip-flop kimenetén bizonyos késleltetési idővel jelenik meg. A késleltetési idő elteltével az első órajel 0-1 éle már egyik flip-flop-ra sem hatásos, így a 2., 3. ... stb. rekeszekben változás nem következhet be (csak a későbbi 2., 3., ... stb. ütemimpulzus 0-1 átmenetének hatására veszik fel az első információ értékét).

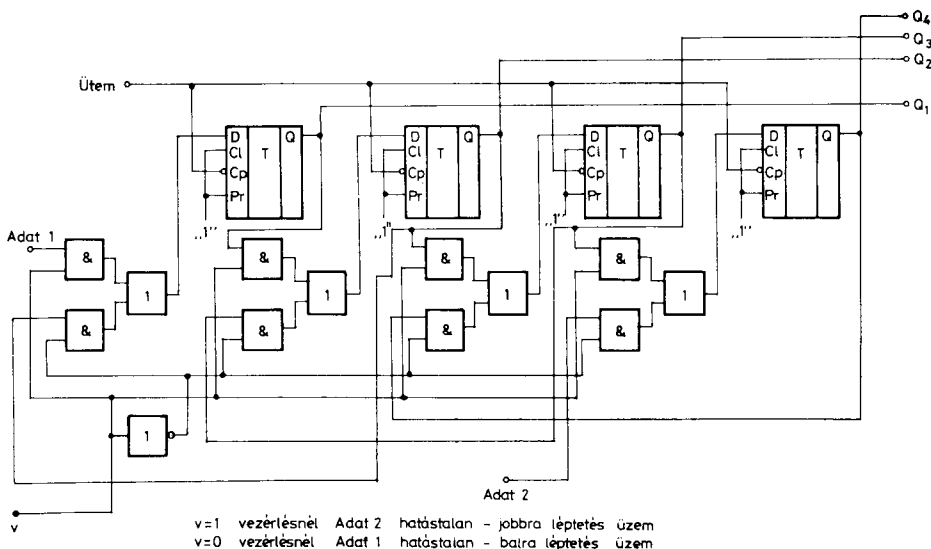
A működési alapelv (1.3.1.) tárgyalásakor lényegében a léptető regiszterek alapfunkcióját - soros bemenet, jobbra léptetés, soros kimenet - ismertettük. (Ezt az alapfunkciót teljesíti az 1.66. ábrán látható D tárolós regiszter is.) Az alkalmazások során, (pl. párhuzamos-soros, soros-párhuzamos átalakító), az is szükségessé válhat, hogy párhuzamosan lehessen beírni az információt a regiszterbe, és párhuzamosan lehessen kiolvasni belőle. Az 1.67. ábrán olyan léptetőregiszter látható, amelyet párhuzamosan és aszinkron módon (tehát az ütemimpulzustól függetlenül) lehet az A, B, C bemenetekén keresztül feltölteni információval. (Hasonlóképpen párhuzamosan lehet ki is venni a Q_A , Q_B , Q_C kimenetekén a regiszter tartalmát.)



1.67. ábra.

Számlálóművekben gyakran olyan regiszterekre van szükség, amelyekben jobbra és balra is eltolódhatnak az adatok. Kétirányú léptetőregisztert láthatunk az 1.68. ábrán.

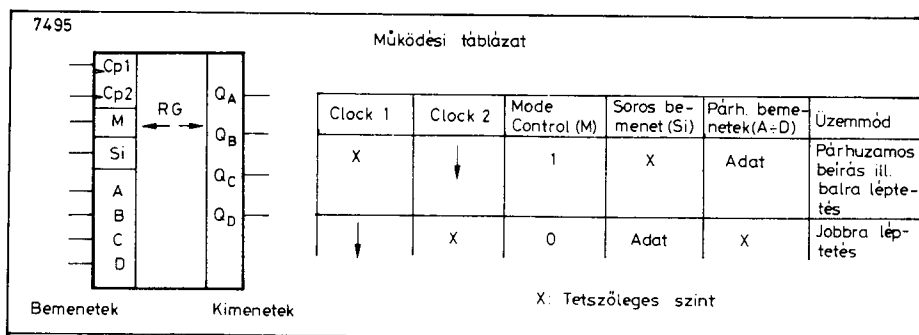
Az olyan léptetőregisztereket, amelyek az alapfunkció teljesítésén kívül kétirányú léptetésre is alkalmasak, továbbá párhuzamos beírási és párhuzamos kiolvasási lehetőséggel is rendelkeznek, szokás univerzális léptetőregisztereknek nevezni.



1.68. ábra.

Az egyes áramkörcsaládok típusválasztékában sok különböző léptetőregisztert találunk, úgyhogy adott alkalmazási esetben mindig rendelkezésre áll kellő áramkörti egység. Emiatt a gyakorlatban többnyire integrált típusokat alkalmazunk. (Az eddig közölt kapcsolásokkal főleg az volt a cél, hogy megértsük az egyes áramkörti elrendezések működését és megismerkedjünk a léptetőregiszterekkel kapcsolatos fogalmakkal.)

Jellegzetes TTL MSI áramkör a 7495 típusu 4 bites kétirányú léptetőregiszter (1.69. ábra). Jobbra léptetésnél Q_D a so-

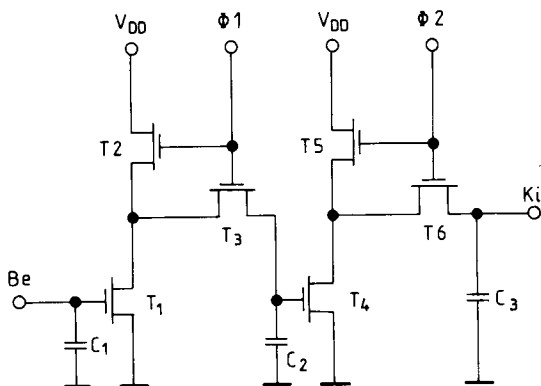


1.69. ábra.

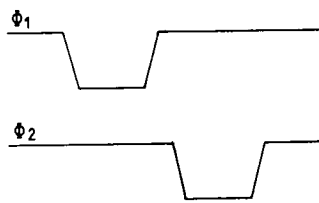
ros kimenet, S_i a soros bemenet. Balra léptetéskor az A, B és C párhuzamos bemenetekre a Q_B , Q_C és Q_D kimeneteket kell bekötni: $C=Q_D$, $B=Q_C$, $A=Q_B$ szerint. Ekkor D lesz a soros bemenet és Q_A a soros kimenet. Működési táblázatból látható, hogy külön órajel van a balra léptetésre, és külön órajel a jobbra léptetés üzemmódhoz. Az áramkör hátránya, hogy a balra léptetéshez "huzalozni" kell. A kétirányú léptetés szempontjából az 1.68. ábrán látható áramkörhöz hasonló működésű a 74194-es univerzális 4 bites léptetőregiszter. Órajel bemenete csak egy van, külön soros bemenete van balra léptetéshez, és külön jobbra léptetéshez. Az áramkör pozitív éllel vezérelhető (az órajel 0-1 élére léptet), a párhuzamos beírás, soros beírás, jobbra, ill. balra léptetés üzemmódokon kívül a kimenetek aszinkron (bemenetektől, órajeltől független) törlése is elvégezhető.

Az ECL áramkör családból gyakran használt tipusként a 10141 jelzésű (Signetics) univerzális 4 bites shift regisztert említjük meg. Ennél a típusnál a maximális léptetési frekvencia 200 MHz! CMOS léptetőregiszter például a 4021 (CD 4021, F 4021 ...) jelzésű áramkör 8 bites, 0-1 indítású, párhuzamos bemenetekkel is rendelkezik, a soros kimeneten történő kiolvasáson kívül az utolsó 3 bit (MSB felől) párhuzamos kiolvasása is lehetséges. Maximális léptetési frekvencia 18 MHz.

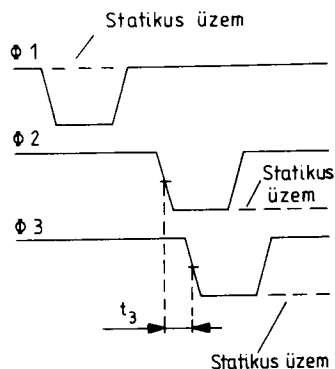
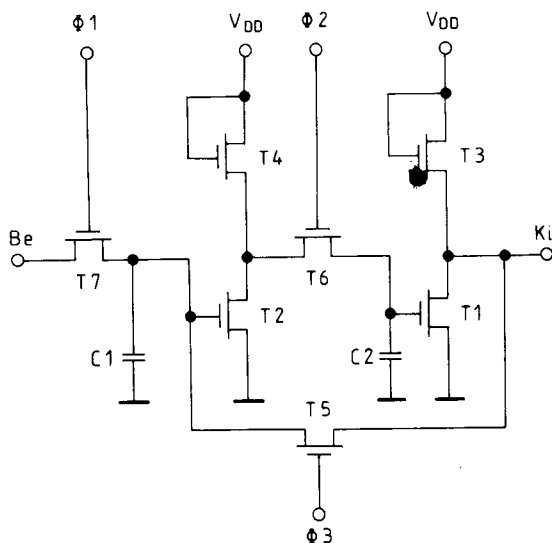
MOS dinamikus léptetőregiszter egyetlen celláját, valamint a működtető impulzusokat ábrázolja az 1.70. ábra.



1.70. ábra.



Φ_1 jel hatására T_2 és T_3 nyit, és attól függően, hogy T_1 zárva vagy nyitva van, feltölti vagy nem a C_2 kapacitást. A T_1 tranzisztor állapotát a C_1 kapacitás töltése határozza meg. A Φ_1 impulzus visszafutása után $\Phi_2 = 0$ hatására az információ C_2 -ből C_3 -ba íródik át. Az ismertetett regiszterelemet dinamikus kétfázisú cellának nevezzük. A dinamikus jelző arra utal, hogy Φ_1 és Φ_2 jeleknek nem lehet 0 az alsó határfrekvenciája (nem lehet statikus üzem). A működtető impulzusok alsó határfrekvenciáját a kapacitások szivárgása szabja meg. Statikus üzemben is használható MOS léptetőregiszter egy celláját és a működtető jeleket ábrázolja az 1.71. ábra.



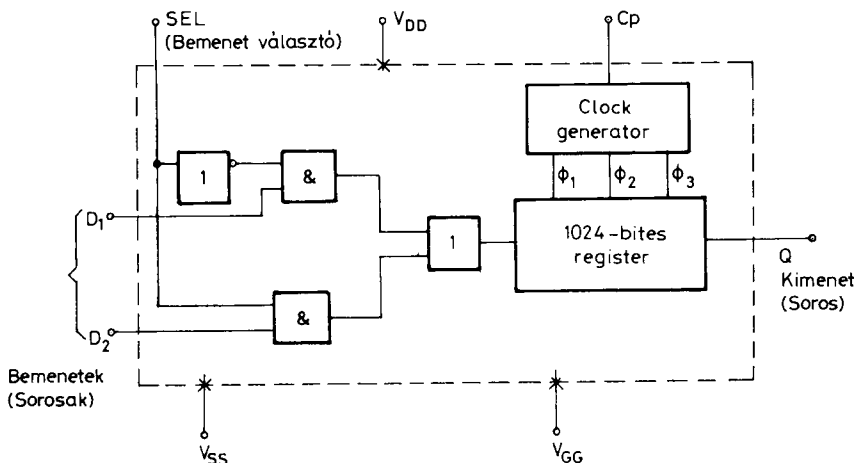
1.71. ábra.

$\phi_1 = 1$ és a folyamatos $\phi_2 = \phi_3 = 0$ esetben - T_5 tranzisztor nyitott - a cella statikus flip-floppá alakul, és így időkorlátozás nélkül képes az információt tartani. $\phi_1 = 1$ esetben ϕ_2 és ϕ_3 impulzusüzemi működésével ún. kvázistatikus üzem jön létre azért, hogy a C_1 -ben tárolt információt folyamatosan cirkuláltatjuk, azaz átírjuk C_2 -be, majd újból visszairjuk.

$\phi_3 = 1$ esetben a visszairás nem valósul meg, ilyenkor az áramkör, mint kétfázisú léptetőregiszter működik.

Itt jegyezzük meg, hogy a beírásra és a kiolvasásra is alkalmas ún. RAM memóriák LSI típusainál is találkozunk majd a dinamikus és statikus üzem fogalmával. A dinamikus RAM memóriáknál meghatározott időközönként gondoskodni kell a tárolt információ "felfrissítéséről".

A MOS áramkörcsaládban számos LSI típusú léptetőregiszter áramkört találunk. 1024 bites shift regiszter pl. a Signetics 2533-as jelzésű áramkör (1.72. ábra).



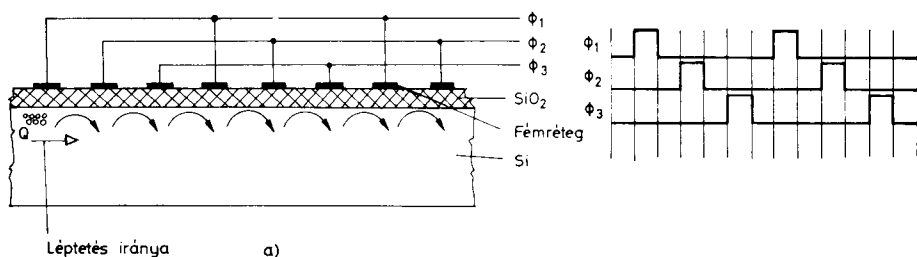
1.72. ábra.

A MOS regisztercellák működtetéséhez szükséges 3 fázisú órajeleket (ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3) előállító generátort tartalmazza az áramköri egység. A kimenet TTL kompatibilis (maximális húzóáram 10 mA), a maximális léptetési frekvencia 1,5 MHz. Hasonlóan LSI típus még a 3357-es, (FAIRCHILD) 4 X 80 bites léptetőregiszter.

A töltéscsatolt eszközök - CCD eszközök, (Charge Coupled Device) - egyik csoportját az analóg shift regiszterek alkotják.

A CCD regiszterek egyes rekeszei kondenzátorra felvitt töltés formájában tárolják az információt, amely információ lehet analóg is. Ezekben az eszközökben a léptetés fizikai folyamatát az egyes kondenzátorok áttöltődése jelenti.

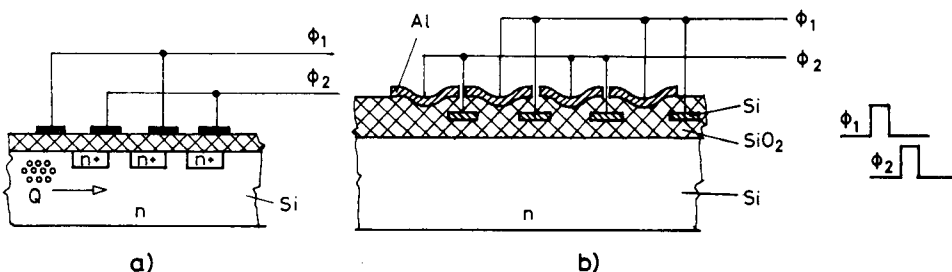
A működés elvét szemlélteti az 1.73. ábra.



1.73. ábra.

Mint látható, MOS inverziós réteget (O) juttatunk el a bemenő elektródától a kimenő elektródáig. A hármassával összekapcsolt gate elektródákra juttatott háromfázisú órajel sorozat hatására a Q töltés meghatározott irányba vándorol. Kétfázisú órajel alkalmazása esetén, a Q töltés mozgásának irányítása a gate elektródák közötti erőter eltorzításával oldható meg (1.73a és 1.73b ábra).

Az aszimmetrikus tér kialakítása az 1.74a ábra elrendezésénél diffundált n^+ szigetekkel történik, az 1.74b elrendezésnél pedig egymással fedésben lévő kapu elektródák alkalmazásával.

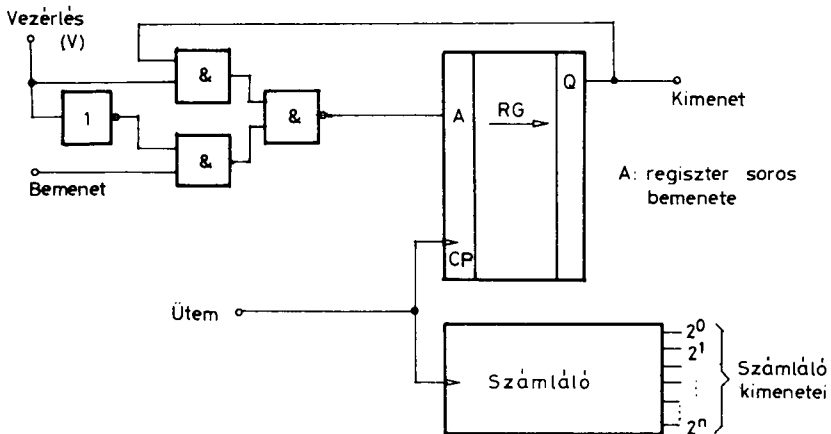


1.74. ábra.

CCD, 2 X 130 bites analóg shift regiszter a CCD 311 típusu áramköri egység (FAIRCHILD). RETICON gyártmány a SAD 1024 jelzésű 1024 bites analóg shift regiszter. Mindkét áramköri egység kétfázisú órajellel működtethető. A szomszédos rekeszek között a léptetés (az áttöltés) hatásfoka igen jó. 1024 lépés után az első rekeszbe "beírt" töltés 99,99 %-a jut el az utolsó rekeszbe.

1.3.3. Léptetőregiszterek felhasználási területei, alkalmazási példák

A léptetőregiszterek egyik felhasználási területe a tárolóként való alkalmazás. Leggyakrabban ún. ciklikus tárolót készítenek shift regiszterek felhasználásával (1.75. ábra).



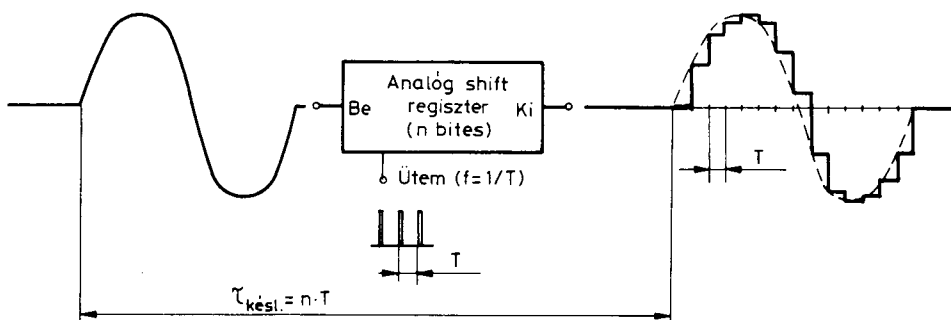
1.75. ábra.

A NAND kapukból felépített multiplexer "vezérlés" bemenetének logikai értékétől függően, visszajuttatható a regiszterbe a kimeneti információ, vagy ($v=0$ -ról) újabb adatok vihetők be kívülről a helyére. Az információk visszakereséséhez a regiszterrel szinkron ütemjel egy számlálót vezérel. Ez utóbbi állapota megadja annak a tárolási helynek (regiszter rekesznek) a sorszámát, amelynek tartalma éppen a léptetőregiszter kimene-

tén van. Az ilyen típusu tárolóknál a hozzáférési idő a léptetőregiszter hosszától és az ütemfrekvenciától függ. (pl. 1000 bit kapacitású regiszternél 10 MHz-es órajel frekvenciánál 100 μ s-os maximális hozzáférési idő adódik.) Ha nem a sebesség a döntő tényező, a ciklikus tárolók előnyösen alkalmazhatók, mivel egyszerű felépítésűek és könnyen vezérelhetők.

Gyakran használunk léptetőregisztereket aritmetikai áramkörökben. Ha pl. a szorzást olyan eljárással végezzük, hogy a szorzandót sorra végig szorozzuk a szorzó egyes számjegyeivel és az így keletkező részletszorzatokat a szorzó számjegyeinek helyiértéke szerint mindig eltoljuk, és a végén összeadjuk, akkor a részletszorzatok tárolására, egy-egy helyiértékkel történő eltolására párhuzamosan beírható, párhuzamosan olvasható léptetőregisztert használunk.

Léptetőregisztereket jelek késleltetésére is használhatunk. A soros bemenetre vezetjük a késleltetendő jelet, a soros kimeneten pedig a késleltetett jel jelenik meg. A késleltetési időt a $\tau_{\text{késl.}} = n \cdot T$ képlettel számíthatjuk, ahol n a rekeszek száma, T az órajel periódusideje. A korábban ismertetett analóg shift regiszterekkel analóg jelek késleltetését is megvalósíthatjuk. Az ütemjel periódusideje a késleltetési időn kívül a kimeneten megjelenő analóg jel felbontásának finomságát is befolyásolja (1.76. ábra). Nagy rekesszámu analóg regiszterekkel olyan nagyértékű késleltetések is megvalósíthatók, amelyek más eszközökkel (pl. magnetofon, művonalak) nehezen, vagy egyáltalán nem megoldhatók.



1.76. ábra.