

29. LOGIKAI TÁROLÓ ÉS SZÁMLÁLÓ ÁRAMKÖRÖK VIZSGÁLATA

Célkitűzés:

- A gyakorlat során bonyolultabb feladatok elvégzésére alkalmas digitális áramkörök, programozható áramkörök alapjait képező egyszerű szekvenciális hálózatok, a tároló és számláló áramkörök működését ismertetjük meg.

I. Elméleti áttekintés

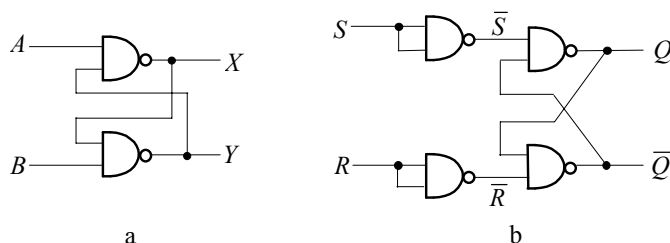
Az előző gyakorlat során megismert, elemi kapukból felépített ún. kombinációs hálózatok jellemzője, hogy kimeneti értékeik kizárólag a bemeneteken mérhető logikai értékektől függenek. Ezek az áramkörök ezért nem alkalmasak logikai értékek, állapot tárolására, ami nagymértékben korlátozza gyakorlati alkalmazhatóságukat. Példaként hozhatjuk fel azt az igen egyszerű esetet, amikor azt szeretnénk, hogy egy gomb megnyomásával egy LED világítani kezdjen, a következő gombnyomásra aludjon ki. Hasonlóan csak állapot tárolással oldható meg a gomb megnyomásainak számlálása, vagy például annak számlálása, hogy egy bejáraton hány személy haladt át. Ilyen feladatok megoldására alkalmazhatjuk az ún. szekvenciális logikai hálózatokat, melyek kimeneti értékei nem csak a bemeneti értékektől függenek, hanem az áramkör aktuális állapotától is, tehát az ilyen áramkörök valamilyen memóriával rendelkeznek. Félreértések elkerülésének érdekében megemlítjük, hogy itt nem a számítógépekben alkalmazott memóriákat (RAM, ROM, stb.) alkalmazzuk, melyek természetesen szintén alkalmasak állapot és adatok tárolására, de nem képesek egyéb logikai feladatok elvégzésére. Ez megfordítva is igaz: szekvenciális logikai áramköröket nem használnak számítógépek memóriájaként, bár elvileg alkalmasak lennének erre.

1. Egyszerű tárolók, RS tároló

A tárolási funkciót leggyakrabban az egyszerű kapuk kimeneteinek visszacsatolásával érhetjük el, amely kapcsolásokat billenő áramköröknek, „flip-flop”-oknak nevezzük. Ezt jól láthatjuk az ún. RS tároló (reset-set tároló) felépítésén, mely két NAND kapuval megvalósítható (1.a ábra, illetve a szokásos jelöléssel 1.b ábra).

Ha az 1.a ábrán látható kapcsolásnál A és B értéke 1, és X is 1, akkor az alsó kapu mindkét bemenete 1, azaz a kimenete $Y=0$ lesz. Hasonlóan igaz, ha $X=0$, akkor $Y=1$. $A=B=1$ esetén tehát az áramkör két stabil állapottal rendelkezik, és bármelyik állapotban van is, azt folyamatosan megtartja, tehát memóriával rendelkezik. Megállapíthatjuk, hogy $A=B=1$ esetén X és Y nem egyezhet meg, azaz mindig igaz, hogy X és Y egymás negáltjai. Ha B marad 1, és A értékét 0-ra változtatjuk, akkor a kapcsolás garantálja, hogy $X=1$ és $Y=0$ állapot áll be, míg $A=1$ esetén B -nek 0-ra változtatása $X=0$ és $Y=1$ állapotot eredményez, bármilyen megelőző állapot esetén. Ha A és B is logikai 0 értékű, akkor $X=Y=1$, teljesen függetlenül az előző állapottól. Megállapíthatjuk tehát, hogy az áramkör kimenetei

A és B értékétől függően megtartják előző állapotukat, beállíthatók 0 vagy 1 értékre, azaz egy olyan tárolót kaptunk, mely egy logikai értéket képes tárolni, melyet a tárolóba írhatunk. Az I. táblázat tartalmazza az áramkör igazság táblázatát.

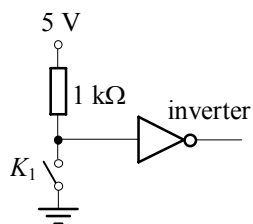


1. ábra

A	B	X	Y	megjegyzés
S	R	Q	$\bar{Q}$	
1	1	előző érték (Y negáltja)	előző érték (X negáltja)	tárolás
0	1	1	0	írás
1	0	0	1	írás
0	0	1	1	nincs tárolás („tiltott állapot”)

I. táblázat

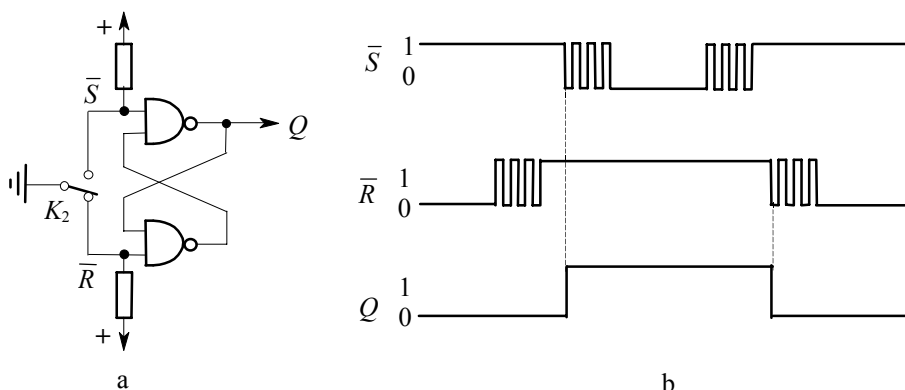
Az ilyen tárolót RS tárolónak nevezik, hiszen ha X -et tekintjük kimenetnek, akkor A az X beírását, B pedig X törlését vezérli, ezért A helyett leginkább $\bar{S}$, illetve $\bar{R}$ jelölés használatos. Az 1.b ábrán a két inverterként használt NAND kapu azért szükséges, mert így nem negatív logikát kapunk, hanem $S=1$ a beírást, $R=1$ a törlést, $S=R=0$ pedig a tárolást vezérli ($S=R=1$ a tiltott állapot).



2. ábra

Az RS tároló egyik egyszerű alkalmazása egy kapcsolóval előállítható „megbízható” logikai érték előállítása. Hogyan is állíthatunk elő egy kapcsolóval logikai értéket? Példa erre az igen egyszerű kapcsolás, amit a 2. ábra mutat. A K_1 kapcsoló zárt állásában az inverter bemenetére 0 V, ezáltal 0 logikai érték kerül, ami az inverter kimenetén logikai 1 szintet eredményez. Ha a kapcsoló nyitva van, a bemeneten levő, 5 V-ra kötött ellenállás megbízhatóan logikai 1 értéket tartja a bemeneti jelet, így a kimeneten logikai 0 érték jelenik meg.

Mechanikus kapcsoló mindig rendelkezik a kapcsolás pillanatában fellépő bizonytalansággal, ezért a logikai kimenő jel a kapcsoláskor rövid ideig igen gyorsan és véletlenszerűen ingadozik, ami gyakran megzavarja a gyors működésű logikai áramköröket (gondoljunk csak például a kapcsolások számlálására). Ezt a jelenséget (melyet gyakran pergésnek, „prell”-nek neveznek) RS tárolóval egyszerűen kiküszöbölhetjük, ezt mutatja a 3.a,b ábra.

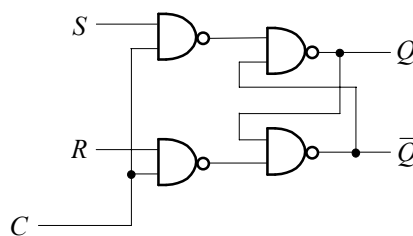


3. ábra

Hogyan érthetjük meg a kapcsolás működését? Induljunk ki abból az esetből, amikor a K_2 kapcsoló az alsó állásban van, ahogy az ábra is mutatja. Az $\bar{R}$ bemeneten ekkor 0, az $\bar{S}$ bemeneten pedig 1 érték van, tehát a kimeneten 0 jelenik meg. Ha a kapcsolót átkapcsoljuk, akkor először bizonytalanabbá válik a kontaktus, ezért az $\bar{R}$ bemeneten igen rövid ideig ingadozhat a jel, de közben a kimeneten változatlan, mivel $\bar{S}$ továbbra is 1, tehát a kimenet nem válthat 1-re. Amíg a kapcsoló a két végállás között mozog, $\bar{R}$ és $\bar{S}$ is stabilan 1, azaz a kimenet továbbra is változatlan. Mikor a kapcsoló a felső álláshoz ér, rövid idejű bizonytalan kontaktus miatt $\bar{S}$ értéke ingadozhat, és amikor először vált logikai 0 értékre, a kimenet logikai 1 értékre billen. $\bar{R}$ közben stabilan 1, így $\bar{S}$ bármilyen értéke esetén is marad a logikai 1 kimeneti szint.

2. Szinkronizált tárolók, élvezérelt tárolók

Gyakran előfordul, hogy egy tárolt adat, illetve állapot megváltoztatását időben valamilyen eseményhez, ütemjelhez szinkronizáltan szeretnénk végrehajtani, gondoljunk például a digitális óra működésére, ami másodpercenként változtatja állapotát. Az ilyen szinkronizáló bemenettel rendelkező billenő áramköröket órajelvezérelt flip-flopoknak nevezzük. Egy órajelvezérelt RS tárolót mutat a 4. ábra. A két

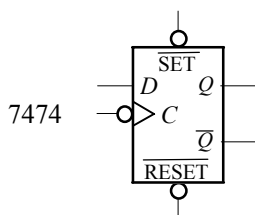


4. ábra

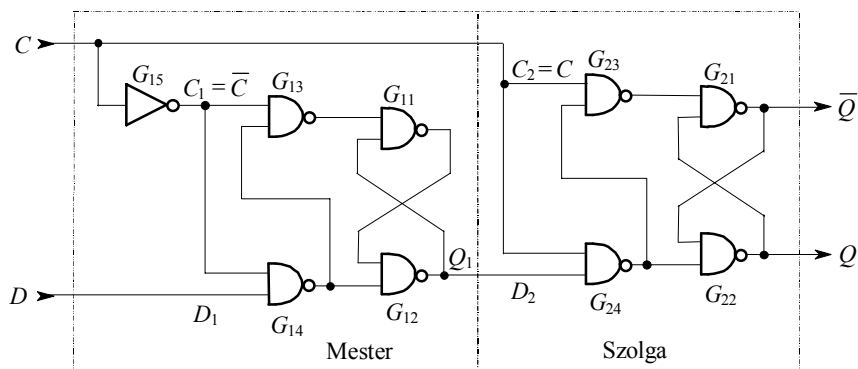
bemeneti NAND kapu biztosítja, hogy az S és R bemenetek csak a „ C ” órajel 1 értékénél lesznek hatással az áramkör működésére, 0 érték esetén folyamatosan a tároló funkció él.

Órajelvezérelt tárolóknak egy kicsit összetettebb fajtája az ún. mester-szolga típusú tároló. Ennek lényege, hogy két egymás után kapcsolt tárolóból áll, melyek első tagja (mester) az órajel egyik fázisában, míg a második (szolga) az órajel másik fázisában aktív. Így elérhetjük, hogy nem csak az órajel aktív állapotához szinkronizálhatunk, hanem az órajel 0-ról 1-re vagy 1-ről 0-ra váltásához (ún. felfutási illetve lefutási élekhez) is, ami sokkal precízebb időzítést tesz lehetővé. A kimenet tehát ebben az esetben csak a bemeneteknek az órajel váltását megelőző időpillanatbeli értékével befolyásolható. A ilyen „élvezérelt” mester-szolga típusú tárolóknak a D-tárolók (5. ábra) és a JK tárolók (6. ábra) a legnépszerűbb változatai, melyek integrált áramköri kivitelben kaphatók, gyakran külön törlő (Reset, Clear), beállító (Set, Preset) bemenettel is rendelkeznek. Ezen tárolók vázlatát és igazságtáblázatát a 5., 6. ábrák és az ezeknek megfelelő II., illetve III. táblázat tartalmazza. (A II. és a III. táblázatokban a

↓ jelölés az órajel (clock) $1 \rightarrow 0$ -ra változást, a
↑ jelölés az órajel (clock) $0 \rightarrow 1$ -re változást, a
* jelölés pedig tetszőleges logikai értéket jelent.)



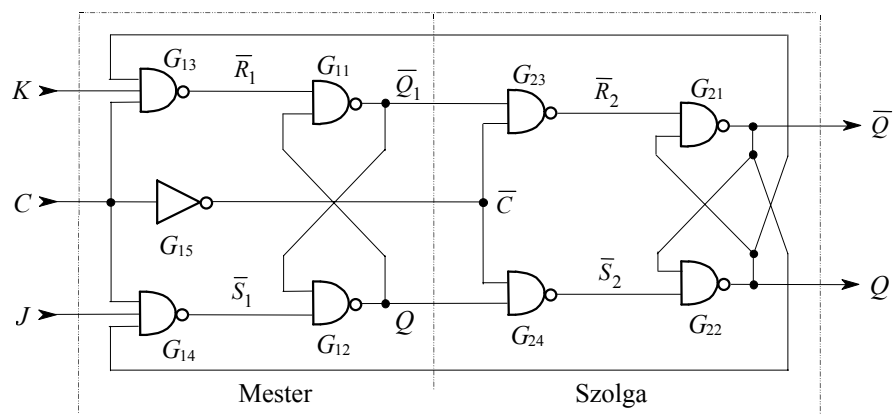
a



b

bemenetek				kimenetek		megjegyzés
$\overline{SET}$	$\overline{RESET}$	C	D	Q	$\overline{Q}$	
0	1	*	*	1	0	beállítás, H -ra állítás
1	0	*	*	0	1	törlés, L -re állítás
0	0	*	*	1	1	tiltott
1	1	↑	1	1	0	beírás, $D \rightarrow Q$
1	1	↑	0	0	1	beírás, $D \rightarrow Q$
1	1	0	*	Q_0	$\overline{Q}_0$	nincs váltás
1	1	1	*	Q_0	$\overline{Q}_0$	nincs váltás
1	1	↓	*	Q_0	$\overline{Q}_0$	nincs váltás

II. táblázat



b

6. ábra

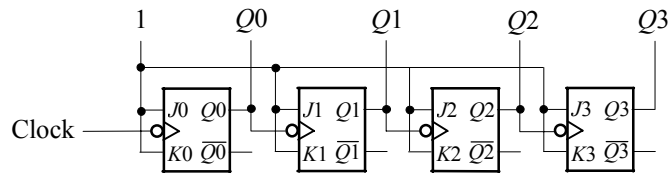
bemenetek					kimenetek		megjegyzés
$\overline{\text{SET}}$	$\overline{\text{RESET}}$	C	J	K	Q	$\overline{Q}$	
0	1	*	*	*	1	0	beállítás
1	0	*	*	*	0	1	törlés
0	0	*	*	*	0	0	tiltott
1	1	↓	0	0	Q_0	$\overline{Q}_0$	nincs váltás
1	1	↓	0	1	0	1	átírás
1	1	↓	1	0	1	0	átírás
1	1	↓	1	1	$\overline{Q}_0$	Q_0	váltás, inverzió
1	1	0	*	*	Q_0	$\overline{Q}_0$	nincs váltás
1	1	1	*	*	Q_0	$\overline{Q}_0$	nincs váltás
1	1	↑	*	*	Q_0	$\overline{Q}_0$	nincs váltás

III. táblázat

Megjegyezzük, hogy nem csak élvezérelt, hanem állapotvezérelt D és JK tárolók is léteznek. Az állapotvezérelt tárolóknál (a bemutatott órajelvezérelt RS tárolóhoz hasonlóan) a D illetve JK bemeneti értékek az órajel aktív állapotában (logikai 1 vagy 0 értékénél) folyamatosan a kimenetre hatnak, míg inaktívvá válásakor a kimenet értéke lezárul (tárolódik, „reteszeli”). Ezzel szemben az élvezérelt tárolóknál a bemenetek csak az órajel-váltás pillanatában képesek a kimenetet befolyásolni!

3. Számláló áramkörök

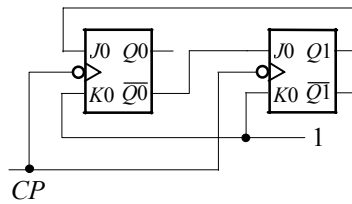
Számlálót építhetünk fel, ha az események bekövetkezéséhez órajelet rendelünk, az események számát pedig kettes számrendszerbeli egész számmal írjuk le. Egy N -bites számláló – amely 2^N különböző számot írhat le, tehát 2^N esemény számlálására képes – egy olyan N kimenetű szekvenciális hálózat, mely minden órajelimpulzus bekövetkezésekor növeli az addig tárolt szám értékét. A megoldás JK tárolókkal egyszerűbb, mint gondolnánk. Ha $J=K=1$, akkor a JK tároló kimenete minden órajelváltáskor (lefutó élnél) állapotot vált. Ha sorba kötünk JK tárolókat, melyek kimenete vezérli a következő tároló órajelbemenetét, akkor a következő tag az előző tag kimenetének lefutó élénél vált állapotot, azaz fele olyan gyakran változik. Így tehát egy kettes számrendszerben működő, ún. bináris számlálót kapunk. Úgy is szokás mondani, hogy az egyes tárolók kettővel osztanak, hiszen az órajelbemenetük frekvenciáját valóban felezik. A 7. ábra egy 4-bites számlálót



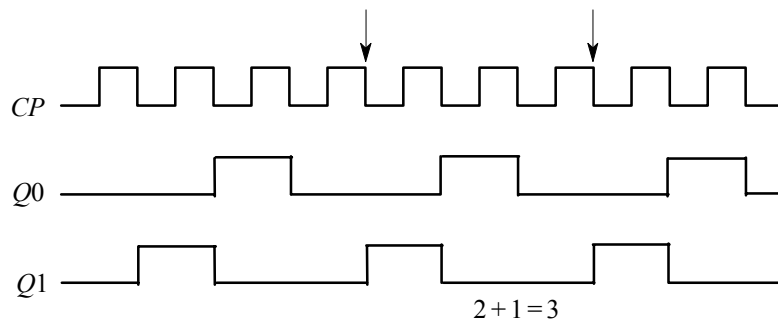
7. ábra

mutat be. Vegyük észre, hogy a számláló periodikus működésű, a maximális érték után újra nullára áll be.

Számlálókkal időmérés is megvalósítható, hiszen ha az órajel másodpercenként változik, akkor a számláló éppen az eltelt másodperceket mutatja. Az időt azonban szeretjük másodpercek helyett nap, óra, perc, másodperc egységekben kijeleszni, ezért nagyon jó lenne, ha rendelkeznénk bináris helyett olyan számlálókkal, melyek periódusa 60 és 12 vagy 24. Emellett a tízes számrendszer elterjedtsége miatt szükség van 10-es periódusú számlálókra is. Ezeket a számlálókat 2, 3, 5 periódusú számlálók sorba kötésével szokás megvalósítani. A kettővel osztó számláló maga egy JK tároló, a 3-mal és 5-tel osztó számláló néhány kiegészítő kapuval készíthető. 6-os számláló készíthető például egy 2-es és 3-as számláló sorba kötésével. Az ilyen számlálók kaszkádba kötésével kapott decimális, 24-es,



a

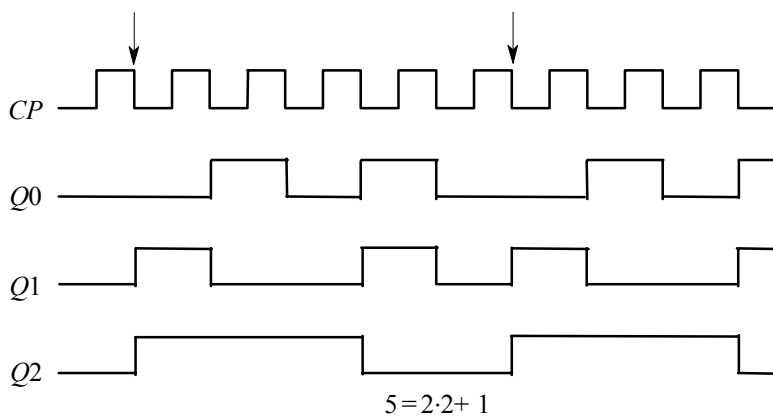


b

8. ábra



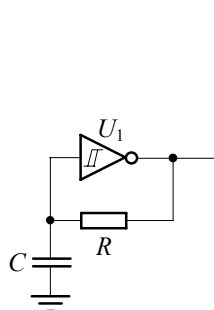
a



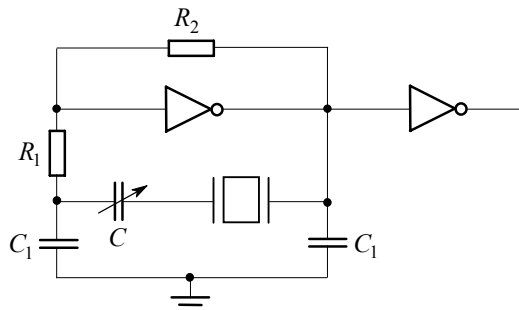
b

9. ábra

4. Oszcillátorok, órajelgenerátorok



10. ábra



11. ábra

II. A mérés menete

A kapcsolások elkészítésére egy kapcsolótábla áll rendelkezésre, amely alkalmas a tároló áramköröket tartalmazó integrált áramkörök fogadására és a feladatokban megadott kapcsolások megvalósítására. A kapcsolótáblán található logikai 0 és 1 érték előállítására szolgáló kapcsolósor, logikai értékek kijelzését végző LED-sor és numerikus kijelző is, amivel a számláló állását tudjuk számjegyekkel megjeleníteni. A gyakorlat során használt integrált áramkörök kivezetéseit a mellékelt adatlapok ismertetik. Elsőként mindig a tápfeszültséget kössük be, majd a kapcsolás többi részét hozzuk létre. Fontos, hogy a kapcsolás elkészültéig és gondos ellenőrzéséig a tápfeszültség mindig kikapcsolt állapotban legyen! Figyeljünk arra is, hogy a nem használt bemeneteket (pl. D tároló *S* és *R* bemeneteit) mindig kössük határozott 0 vagy 1 értékre, hiszen „lebegő” bemenet esetén nem garantált az áramkör megfelelő működése.

Feladatok:

1. Készítsünk RS tárolót NAND kapukból. Vegyük fel a kapcsolás igazságtáblázatát!
2. Építsen 4-bites bináris számlálót!
3. Készítsünk mechanikai kapcsolóval vezérelhető logikai jeladót inverterrel és RS tároló felhasználásával. Vizsgáljuk meg számlálóval, hogy pergésmentesítéssel és anélkül milyen a logikai kimenet!
4. Vegyük fel az órajelvezérelt RS tároló, D tároló és JK tároló igazságtáblázatát!
5. Készítsünk 4-bites bináris számlálót JK tárolók felhasználásával! A számláló adatait vezessük kijelzőre és vizsgáljuk meg a működést mechanikai kapcsolóval vezérelhető RS tárolóval pergésmentesített jeladóval.

6. Állítsunk össze egy másodperc számlálót 6-os és 10-es számláló segítségével. Készítsünk egy körülbelül 1 Hz-es működési frekvenciájú inverteres astabil multivibrátort, és ezzel vizsgáljuk meg az áramkör működését!

Kérdések:

1. Mi a szekvenciális és kombinációs hálózatok közötti legfontosabb különbség?
2. Miért hasznosak a szinkronizált tárolók?
3. Mi a számláló áramkörök működési elve?
4. Hogyan készíthetünk 10-es számrendszerben működő számlálót?
5. Használhatók-e a számlálók időtartam és frekvencia mérésére?

Ajánlott irodalom:

1. U. Tietze, G. Schenk: Analóg és digitális áramkörök, Műszaki Kiadó, Budapest, 1993.
2. Török M.: Elektronika, JATEPress, Szeged, 2000.