

Juhász Róbert

Funkcionális áramkörök



A követelménymodul megnevezése:

Elektronikai áramkörök tervezése, dokumentálása

A követelménymodul száma: 0917-06 A tartalomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-020-50



FUNKCIONÁLIS ÁRAMKÖRÖK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Az Ön munkájához nagy számban szükségesek különféle digitális áramkörü funkciókat megvalósító kapcsolások.

A munkába bekapcsolódni szándékozók számára ismertesse meg a különböző funkciót megvalósító áramköröket és áramkörü rendszereket.

A dolgozók már korábban megismerték a kombinációs és szekvenciális hálózatok analízisét és szintézisét, a legegyszerűbb áramkörü elemeket a kapuáramköröket és tárolóáramköröket.

1. Ismertesse meg az időfüggetlen logikai függvénnyel leírható kombinációs hálózatokra épülő funkcionális egységeket.
2. Ismertesse meg az időtől függő sorrendi hálózatokra épülő funkcionális egységeket, amelyeknek jellemzője, hogy működésük időfüggő logikai függvénnyel írható le.
3. Ismertesse meg a memóriákat , a memóriák feladatát és szerepét
4. Ismertesse meg az analóg– digitális átalakítók funkcionális egységeit és vázolja a kialakítások lehetőségeit

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A funkcionális áramkörök olyan összetett funkcióval rendelkező hálózatok amelyek számos más feladatban azonos formában fordulnak elő. Az ilyen kész a gyártó által elkészített áramköröket nevezzük funkcionális egységeknek. A funkcionális egységek ismeretére szükségünk van abból a szempontból, hogy a nagyobb bonyolultságú VLSI áramkörök is ezekből épülnek fel.

A funkcionális egységek valamely komplex digitális elektronikai feladatra kialakított, moduláris szempontok szerint felépülő összetett hálózatok.

KOMBINÁCIÓS HÁLÓZATOKRA ÉPÜLŐ FUNKCIONÁLIS EGYSÉGEK

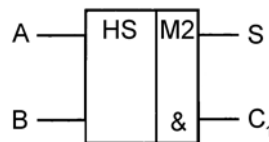
1. Aritmetikai áramkörök

Az aritmetikai áramkörök a számítógépek számológépeinek szerves részei. A tényleges számítási feladatokat ellátó áramkörökön kívül, ebbe a csoportba sorolhatók a számítási műveleteket kiegészítő nem kifejezetten számítási feladatokat ellátó áramkörök is.

A számítógépekben valamennyi számolási műveletet az összeadásra vezetnek vissza.

Összeadó áramkörök

A bináris összeadók legegyszerűbbje két egyjegyű bináris szám összeadására alkalmas ún. félösszeadó.



1. ábra. A bináris félösszeadó rajzjele

A félösszeadó áramkörök az A és B bemeneten érkező bináris számoknak az összegét állítja elő az S_0 és C_1 kimeneteken.

Az áramkörnek két bemenete van A és B a két összeadandó bit számára. A két kimenet amely az összeget és a keletkező átvitelt jelzi.

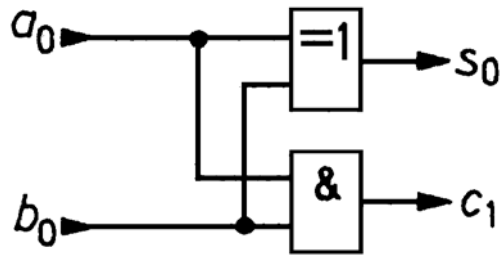
A félösszeadó igazságtáblája az alábbiak szerint alakul:

A_0	B_0	S_0	C_1
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Az összeadóhoz rendelt igazságtábla alapján felírható a két kimenet logikai függvénye:

$$C_1 = A_0 B_0 \quad \text{és} \quad S_0 = \overline{A_0} B_0 + A_0 \overline{B_0} = A_0 \oplus B_0$$

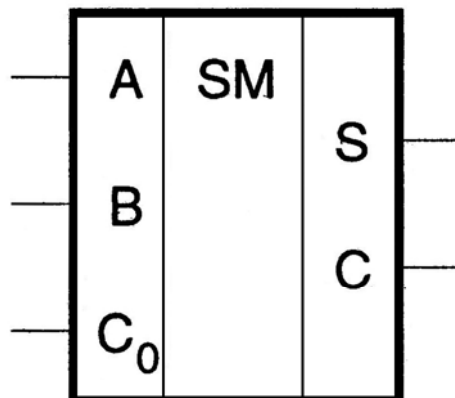
Az átvitelt ÉS függvény az összeget kizáró VAGY függvény valósítja meg. Logikai kapukból felépített félösszeadó kapcsolást a 2. ábra mutatja.



2. ábra. Logikai kapukból felépített félösszeadó

A félösszeadó nem alkalmas többjegyű bináris szám összeadására, mert nem veszi figyelembe az egyes helyiértékek összeadásánál, az előző helyiértéken keletkezett átvitelt. Így a félösszeadó egy több bites összeadónál csak az utolsó bit összeadását biztosítja.

Az átviteli jegyet is figyelembevevő egy bites összeadó a teljesösszeadó amelynek egy harmadik bemenete is van az előző helyiértéktől származó átvitel fogadására.



3. ábra. A teljes összeadó vázlatja

Több bites szám összeadásakor minden bitre A_i, B_i, C_i hárombemenetű és S_i, C_{i+1} kétkimenetű áramkör szükséges.

A teljes összeadó igazságtáblázatát az alábbi táblázatban láthatjuk, a táblázat alapján felírhatók a kimenetek logikai függvényei S_i és C_{i+1} .

A_i	B_i	C_i	S_i	C_{i+1}
0	0	0	0	0
0	1	0	1	0
1	0	0	1	0

1	1	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	1	0	1
1	1	1	1	1

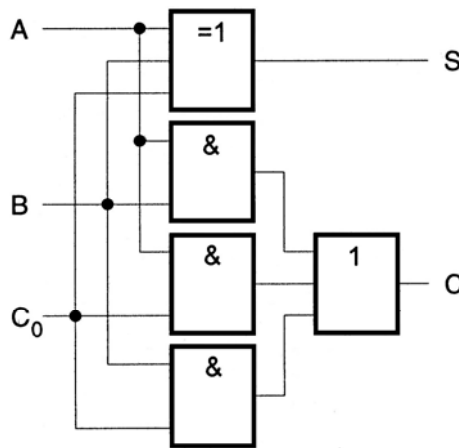
A logikai függvények az igazságtábla alapján az alábbiak szerint alakulnak:

$$S = \overline{A}BC + A\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + ABC \quad \text{és} \quad C_{i+1} = \overline{A}BC + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + ABC$$

$$S = A \oplus B \oplus C$$

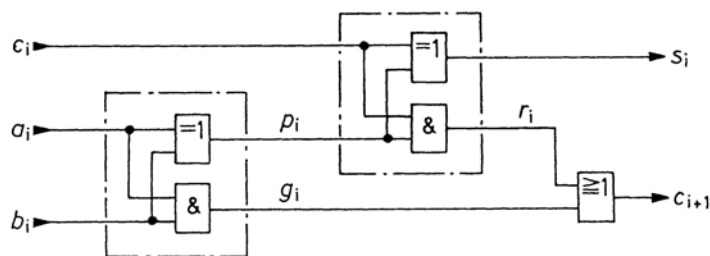
$$C_{i+1} = AB + AC + BC$$

Az egyszerűsítés után, a függvények alapján a teljes összeadó felrajzolható :



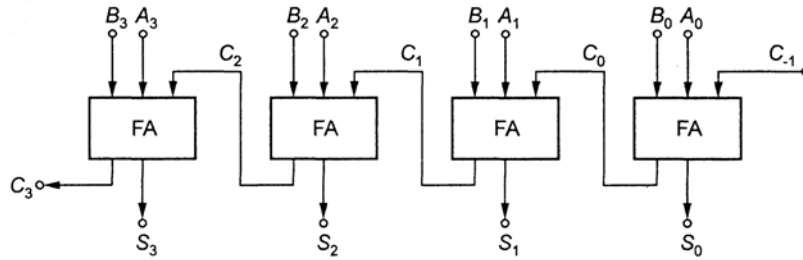
4. ábra. A teljes összeadó felépítése kapukból

Két félösszeadóból is összeállíthatjuk a teljesösszeadót



5. ábra. Teljesösszeadó félösszeadókból

Négy darab egy bites teljes összeadóból az átviteli bitek megfelelő összekötésével négybites összeadót hozhatunk létre. Az egyes helyértékeken teljesösszeadót alkalmazunk, az utolsó bit lehet félösszeadó.



6. ábra. Soros átvitelű 4 bites összeadó

Egy soros összeadó műveleti ideje nagyon hosszú, mert az eredményt csak akkor kapjuk meg ha az MSB bitet megelőző átvitelbit felveszi a végső értékét.(ripple carry)

A kettes számrendszerbeli számok összeadásához szükséges műveleti idő lerövidítésére párhuzamos logikát használunk. Ennél a logikánál minden átvitelt közvetlenül a bemeneti változók vezérelnek. Az ilyen párhuzamos vezérlésű áramkörrel a műveleti sebesség növelése válik lehetővé.

Az átvitelgyorsító az átvitel értékét az összeadandó számok bitjeiből, még az összeadás elvégzése előtt, minden helyértékre egyszerre állítja elő.

Egy több bites összeadónál a k-dik helyen átvitel keletkezik előáll (generálódik) ha mindkét összeadandónál az összeadandó bit értéke 1, és az átvitel terjed (propagation) ha a k-dik helyértéken legalább az egyik bit értéke 1.

Ha az előállítás jele: E és a terjesztés jele a: T. Az E függvénye $E_k = A_k B_k$, a T függvénye $T_k = A_k + B_k$

Az E és T függvények segítségével az átvitelgyorsító áramkör átviteli függvényei a következőképpen írhatók fel :

$$P_1 = E_1 + T_1 P_0, P_2 = E_2 + T_2 P_1, P_3 = E_3 + T_3 P_2, P_4 = E_4 + T_4 P_3.$$

Tehát a k-dik helyértéken átvitel van, ha ott átvitel keletkezik (E_k), vagy ha a (k-1)-dik helyértéken átvitel van (P_{k-1}), és ez a k-dik fokozaton átjut, terjed ($T_k P_{k-1}$).

A kisebb helyértékek átvitelfüggvényeit sorozatosan a nagyobb helyértékek átvitelfüggvényeibe helyettesítve :

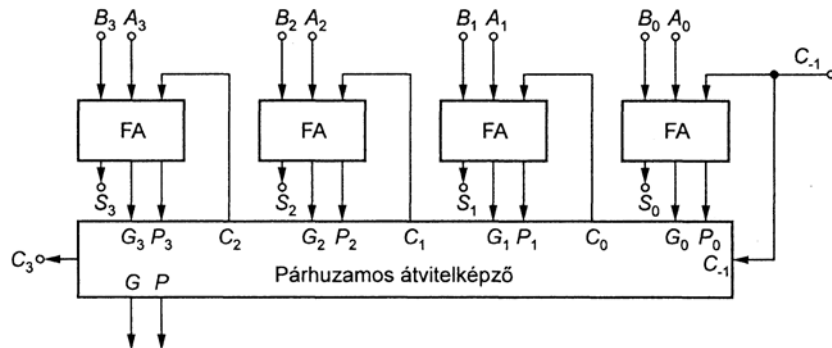
$$P_1 = E_1 + T_1 P_0$$

$$P_2 = E_2 + T_2 E_1 + T_2 T_1 P_0$$

$$P_3 = E_3 + T_3 E_2 + T_3 T_2 E_1 + T_3 T_2 T_1 P_0$$

$$P_4 = E_4 + T_4 E_3 + T_4 T_3 E_2 + T_4 T_3 T_2 E_1 + T_4 T_3 T_2 T_1 P_0$$

Ha az átviteli függvényekben alkalmazzuk az E_k -ra és T_k -ra felírt összefüggéseket, a P_k függvényekben csak olyan változók szerepelnek, amelyek már az összeadás kezdetén is rendelkezésre állnak.



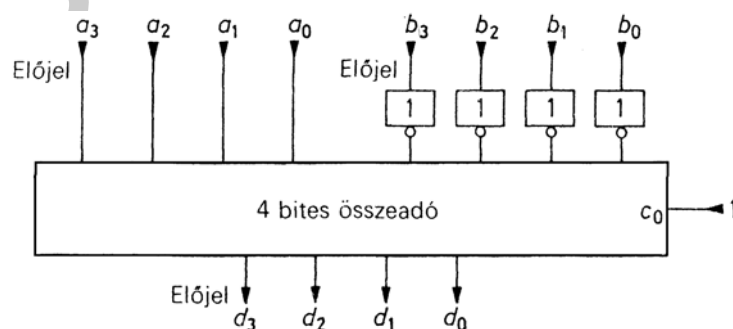
7. ábra. Párhuzamos átviteli logikájú 4 bites összeadó

Négynél több helyértékű összeadó áramkörök több négybites blokk összekapcsolásával nyerhetők.

Bináris kivonók

Az összeadást elvégző összeadó áramkörök analógiájára értelmezhető és megvalósítható a félkivonó és a teljeskivonó áramkör. Ezeknek az áramköröknek a jelentősége lényegesen kisebb mint az összeadóké, mert a kivonást általában a 2-es komplement hozzáadására vezetik vissza.

$D=A-B=A+(-B)$ azonosság érvényes. Ha számábrázolás kettes komplement kódú, akkor meghatározott szóhossznál B_N kettes komplementjét képezzük és A_N -hez hozzáadjuk. A kettes komplement előállításához a B_N minden egyes bitjénél negálást kell végrehajtani és 1-et hozzáadni. Az A_N és az 1 hozzáadása is ugyanazon összeadóval történhet, ha a túlcsoordulást jelző átvitelbiteket is kihasználjuk.



8. ábra. Kettes komplement kódú számok kivonása

Komparátorok

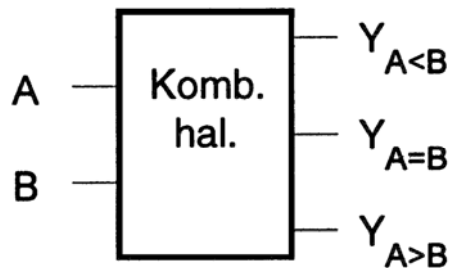
A komparátorok olyan áramkörök, amelyek két számot hasonlítanak össze. A három legfontosabb összehasonlítási feltétel : $A=B$, $A \ll B$, $A \gg B$.

A komparátorok olyan kombinációs hálózatok, amelyek a bemenetükre érkező két szám nagyságának egymáshoz való viszonyát, relációját mutatják meg a kimeneteken.

Sokoldalúan használhatók azok az összehasonlító komparátor áramkörök, amelyek két szám egyenlőségének kijelzésén kívül azt is eldöntik, hogy melyik szám a kisebb vagy a nagyobb.

Az ilyen áramköröket amplitúdó komparátoroknak nevezzük.

Az amplitúdó összehasonlításhoz szükséges azt is tudni, hogy a számok milyen kódban vannak. Általánosan felépített komparátorok kettes számrendszerben dolgoznak. A 9. ábrán egy egybites komparátor látható.



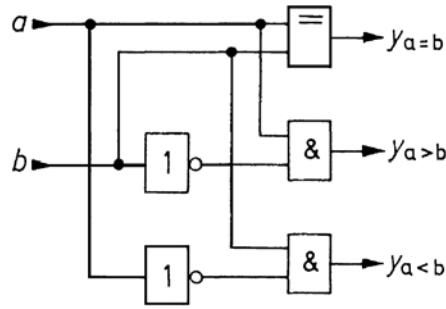
9. ábra Egybites komparátor áramkör rajzjele

Az egybites komparátor igazságtáblája :

A	B	$Y_{A=B}$	$Y_{A \ll B}$	$Y_{A \gg B}$
0	0	1	0	0
0	1	0	1	0
1	0	0	0	1
1	1	1	0	0

Ebből felírhatók a függvények ami alapján a komparátor áramköre összeállítható.

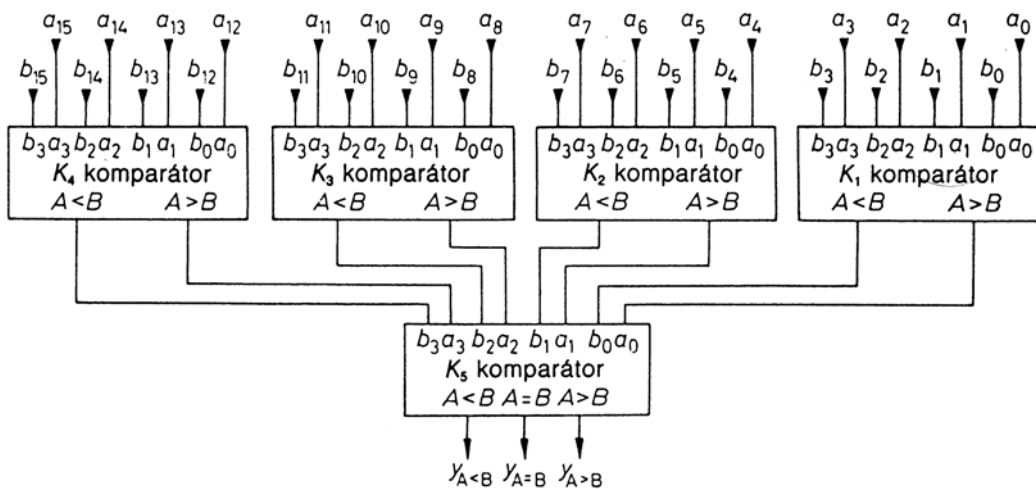
$$Y_{A \ll B} = \bar{A} \cdot B \qquad Y_{A=B} = A \oplus B \qquad Y_{A \gg B} = A \cdot \bar{B}$$



10. ábra. Az egybites komparátor kapcsolása

Több bites számokat úgy hasonlíthatunk össze, hogy először összevetjük a legnagyobb súlyú bitet. Ha ezek egymástól eltérőek, akkor viszonyuk meghatározza az eredményt. Ha egyelőek akkor a következő helyértékű biteket hasonlítjuk össze.

A kevesebb számú bitet tartalmazó komparátorok kibővíthetők és összekapcsolhatók.

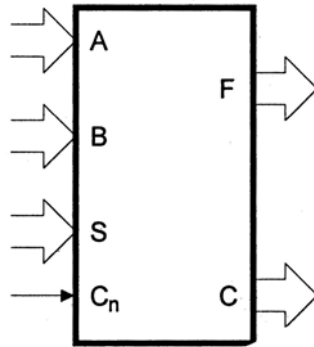


11. ábra. Komparátorok párhuzamos összekapcsolása

Az aritmetikai és logikai egység

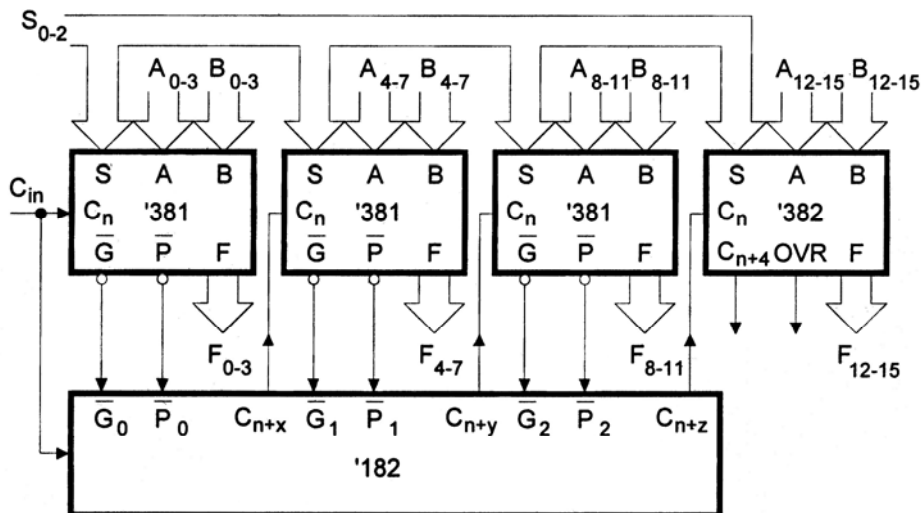
A kombinációs áramkörök bonyolult összetételét integrálták az ALU –Arithmetic Logic Unit egységbe.

Az aritmetikai–logikai egységek olyan kombinációs hálózatok, amelyek a bemeneteire érkező A és B számmal és a vezérlő S bemeneten megadott logikai vagy matematikai műveletet végzik el.



12. ábra. Az aritmetikai és logikai egység felépítése

Az A és B bemenetekre kerülnek az operandusok, az eredmény az F kimeneteken jelennek meg. Az S bemenetekre kerül az elvégzendő műveletet meghatározó kód. Áramkörünknel nyolc művelet elvégzésére van lehetőség. Az áramkör fogadni tudja az előző helyiértékről a C_n bemeneten az áthozatot. A \bar{G} az előállítás bit az átvitel gyorsításához, a \bar{P} a terjedés kimenet az átvitel gyorsításhoz.



13. ábra. 16 bites ALU gyors átvitelképzéssel

2. Kódok, kódellenőrzés, kódjavítás

Kódellenőrzés, kódjavítás

A kódellenőrzés legegyszerűbb formája amikor két kódszó között a Hamming távolság 2, akkor 1 hiba felfedezhető. Az ilyen kód javításának legtipikusabb formája az úgynevezett paritáskód.

A paritás előállító és vizsgáló áramkörök olyan kombinációs hálózatok, amelyek a bemeneteikre érkező kódokat páros vagy páratlan paritásra vizsgálják és az eredményt a kimeneteken megjelenítik.

A kód paritásának vizsgálata páratlanság vizsgálattal lehetséges. A páratlanság függvényét F_{pt} -vel jelöljük és a kód bitjeit A_1, A_2, \dots, A_n -nel. Ha a kódszóban a benne szereplő 1-esek száma páratlan, azaz a modulo 2 összeg értéke 1 akkor a paritásbit értéke 0 értékű.

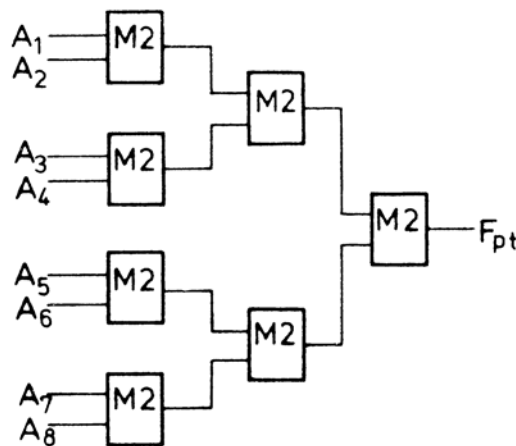
A páratlanság függvényét modulo 2 összeadással írhatjuk fel.

$$F_{pt} = A_1 \oplus A_2 \oplus A_3 \oplus \dots \oplus A_n$$

A műveletek megfelelő csoportosításával:

$$F_{pt} = [(A_1 \oplus A_2 \oplus A_3 \oplus A_4)] \oplus [(A_5 \oplus A_6 \oplus A_7 \oplus A_8)]$$

Megrajzolható tehát a páratlanság ellenőrző áramkör a fenti függvény alapján.



14. ábra. Páratlanság ellenőrző áramkör Modulo 2 összeg képzőkkel

Pároság ellenőrző áramkör a páratlanság ellenőrző áramkörből egyszerű invertálással alakítható ki. Így a $F_{ps} = \overline{F_{pt}}$

Nagyobb bitszám esetén több paritásellenőrző áramkör összekapcsolására van lehetőség.

Hibajavítás csak akkor lehetséges, ha a két kódszó között a Hamming távolság legalább 3.

Kódoló áramkörök

A kódolás tulajdonképpen három jól megkülönböztethető folyamatot fog össze.

- A tulajdonképpeni kódolás egy nagyobb terjedelmű kódból egy kisebb terjedelmű kódba való áttérést jelenti

- A kódolással általában betűket, képeket, szöveges információkat alakítunk át az átvihetőség biztosítása céljából
- A kódátalakítás, amely a kódkonverziós eljárást jelenti, a másik rendszer számára érthetővé teszi az információt a kódkulcs ismeretében.

Általánosságban mondhatjuk, hogy két szimbólumhalmaz egymáshoz rendelése a kódolás. Az áttéréshez használt kódszavak lehetnek állandó és változó hosszúságúak.

A digitális technikában többnyire kétállapotú jeleket használunk. Minden feldolgozni kívánt adatot először bináris jelekké alakítjuk, majd a feldolgozás után az eredetivé kell visszaalakítani.

Az átalakítás feltétele olyan egyezményes előírás, amely az adott rendszer minden eleméhez egyértelműen hozzárendel meghatározott bináris jelet. Ezt az eljárást kódolásnak a hozzárendelt, előírt értéket kódnak hívjuk.

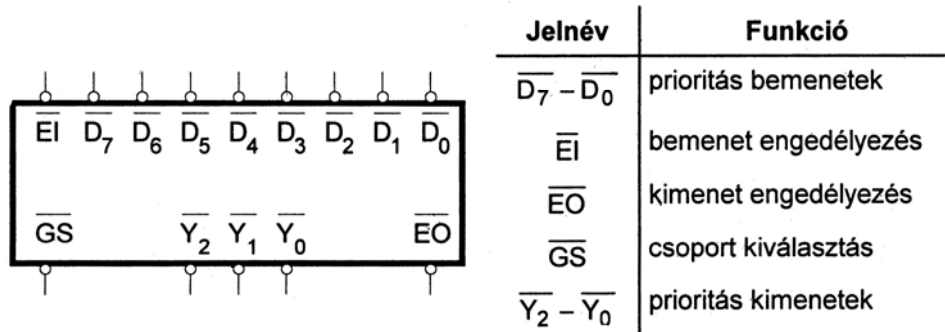
Minden kódoló áramkör felépíthető

- A kód igazságtáblázatának előállításával, minden kimenethez hozzárendeljük a kódnak megfelelő információt
- Meghatározzuk az egyes kimenetek függvényeit
- Megfelelő eljárással elvégezzük az egyszerűsítést

Decimális szám	Bináris Kódok					
	BCD kód 8 4 2 1	Aiken kód 2 4 2 1	Excess 3 kód	Gray kód	Johnson kód	Hamming kód
0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0
1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 1 0 0	0 0 0 1	0 0 0 0 1	1 1 0 1 0 0 1
2	0 0 1 0	0 0 1 0	0 1 0 1	0 0 1 1	0 0 0 1 1	0 1 0 1 0 1 0
3	0 0 1 1	0 0 1 1	0 1 1 0	0 0 1 0	0 0 1 1 1	1 0 0 0 0 1 1
4	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 1 1	0 1 1 0	0 1 1 1 1	1 0 0 1 1 0 0
5	0 1 0 1	1 0 1 1	1 0 0 0	0 1 1 1	1 1 1 1 1	0 1 0 0 1 0 1
6	0 1 1 0	1 1 0 0	1 0 0 1	0 1 0 1	1 1 1 1 0	1 1 0 0 1 1 0
7	0 1 1 1	1 1 0 1	1 0 1 0	0 1 0 0	1 1 1 0 0	0 0 0 1 1 1 1
8	1 0 0 0	1 1 0 1	1 0 1 1	1 1 0 0	1 1 0 0 0	1 1 1 0 0 0 0
9	1 0 0 1	1 1 1 1	1 1 0 0	1 1 0 1	1 0 0 0 0	0 0 1 1 0 0 1

BCD kódban a bináris szavak sorrendje és hozzárendelése pontosan megfelel az első 10 bináris számnak, ezért a bináris szavak helyértékeihez a 8-4-2-1 helyértékeket lehet rendelni.

A prioritás kódoló áramkörök (priority encoder) olyan kombinációs hálózatok, amelyek a bemenetek közül a legnagyobb prioritású bemenet sorszámaának kódját jeleníti meg a kimeneten.



15. ábra. A prioritás kódoló áramkör

A D0 és D7 bemenetek aktív alacsony szintűek, és a D7 jelű a legnagyobb prioritású. Ha a bemenetek közül egy vagy több alacsony szintű, akkor azon bemenet sorszámaának kódja jelenik meg amelyiknek a sorszáma a legnagyobb.

Multiplexerek

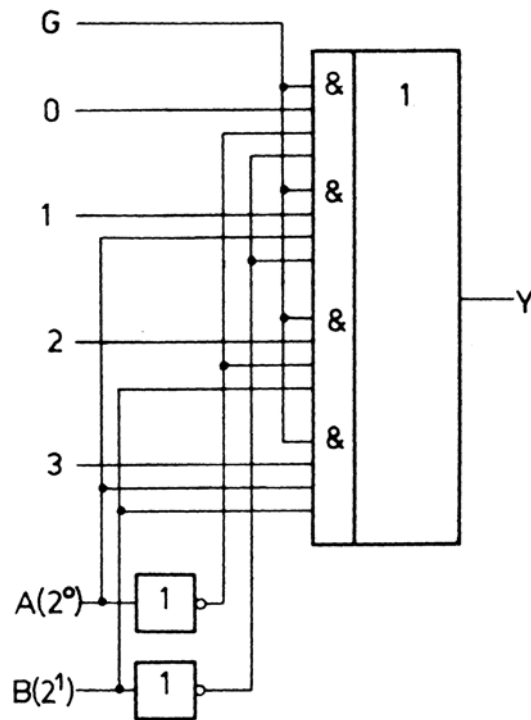
A multiplexerek feladata az adatkiválasztás. Több vonalon érkező jelek közül a címző bemenetekkel kiválasztottat továbbítja a kimenet felé.

A multiplexerek olyan kombinációs áramkörök amelyek a címbemeneten kijelölt bemenet tartalmát juttatja a kimenetre.

A multiplexerek olyan n számú bemenettel és m számú kimenettel rendelkező áramkörök, ahol a címvezetékek által meghatározott sorszámu bemenetet juttatja a címvezetékek által meghatározott sorszámu kimenetre.

A multiplexerekkel megvalósítható az adatszelekció vagy az adatválasztás.

Egy 4 bemenettel és 1 kimenettel rendelkező "4 vonaról-1 vonalra" multiplexer logikai kapcsolása látható a 16. ábrán.



16. ábra.4-ről 1-re multiplexer

Az áramkör G bemenete az áramkör kapuzását biztosítja. Ha a G bemeneten 1 szint van, ez az összes bemeneti kaput letiltja és ilyenkor a kimenet a bemenetektől függetlenül L szintű, azaz kikapcsolt állapotban van. A G bemeneten levő H szint az áramkör működését engedélyezi. A kívánt bemenet kiválasztására szolgál az A és B jelű címbemenet. Az ezekre kapcsolt kiválasztó jelkombináció a bemeneti kapuk közül mindig csak egyet engedélyez.

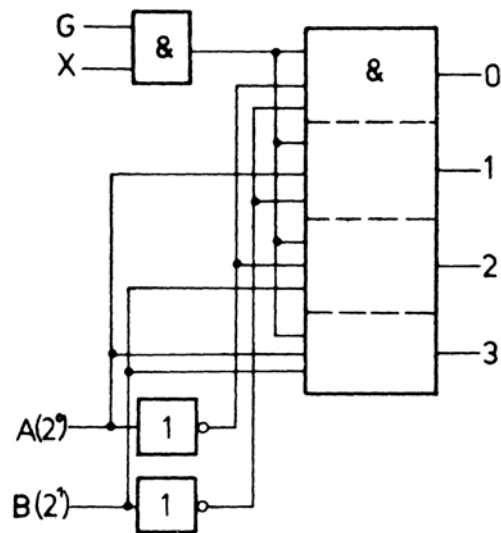
A multiplexer igazságtáblája az alábbiak szerint alakul:

G be	0 be	1 be	2 be	3 be	A be	B be	Y ki
1	1	x	x	x	0	0	1
1	0	x	x	x	0	0	0
1	x	1	x	x	1	0	1
1	x	0	x	x	1	0	0
1	x	x	1	x	0	1	1
1	x	x	0	x	0	1	0
1	x	x	x	1	1	1	1
1	x	x	x	0	1	1	0

A multiplexerek felhasználása nagyon sokrétű, legfontosabb feladatuk az adatválasztás, de használhatók párhuzamos-soros információ átalakításra is. Ilyenkor a címbemeneteket binárisan egy számlálóáramkör lépteti és a bemeneteken párhuzamosan megjelenő információ az órajel hatására egymás után sorban jelennek meg a kimeneten.

Demultiplexerek, dekódolók

Az adatelosztók vagy más néven demultiplexerek egy D bemeneti információt a cím által kiválasztott kimenetre juttatja. A demultiplexer működése tehát fordított mint a multiplexeré, de a logikai kapukkal felépített multiplexer nem alkalmas fordított irányú jel feldolgozására.



17. ábra A demultiplexer kapcsolása

A kiválasztó bemenetre kapcsolt vezérlőjel kombinációk a kimeneti kapuk közül mindig csak egyet engedélyeznek. Így ha a kapuzó G bemeneten H szint van X adatbemenet jele a kiválasztott bemenetre jut.

G be	X be	0 ki	1 ki	2 ki	3 ki	A be	B be
1	1	x	x	x	0	0	1
1	0	x	x	x	0	0	0
1	x	1	x	x	1	0	1
1	x	0	x	x	1	0	0
1	x	x	1	x	0	1	1
1	x	x	0	x	0	1	0
1	x	x	x	1	1	1	1
1	x	x	x	0	1	1	0

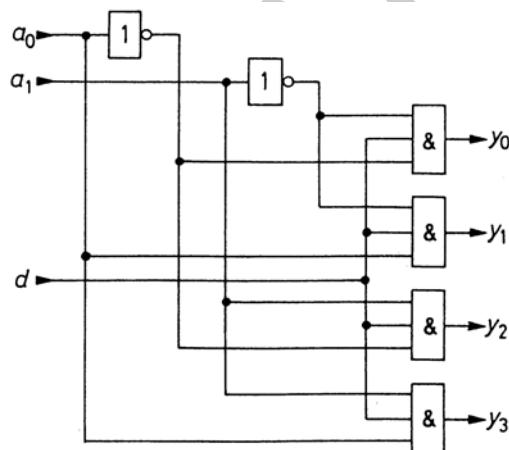
Analog kapcsolók alkalmazásával olyan áramkör alakítható ki amely alkalmas fordított irányú működésre is, így megfelelő vezérléssel multiplexerként vagy demultiplexerként használható.

A demultiplexereket főleg adatelosztásra használják, de használhatók az ilyen demultiplexerek párhuzamos–soros átalakításra is, a vezérlést itt is számláló veszi át, az információ párhuzamos megjelenítéséhez a kimenetre adattárolót kell kapcsolni.

A dekódoló a kódolás során átalakított információkat fordítják vissza. Az n -ből 1 dekódoló olyan áramkör, amelynek n kimenete és $\lg n$ bemenete van. Az y kimenetek közül mindig csak az lesz logikai 1-es értékű amelynek bináris értéke egyenlő az illető kimenet sorszámával.

A	a_0	a_1	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	0
2	1	0	0	1	0	0
3	1	1	x	0	0	0

Az a_0 és a_1 bemeneti változók az A szám bináris kódját ábrázolják, ebből közvetlenül kiolvashatjuk a dekódoló függvény diszjunktív normál alakját.



18. ábra. 4-ből 1 dekódoló kapcsolása

SORRENDI HÁLÓZATOKRA ÉPÜLŐ FUNKCIONÁLIS EGYSÉGEK

3. 1. Regiszterek

Digitális berendezések és a számítógépek gyakran igénylik, hogy az információt egy ideig meg kell őrizni és az információhoz gyors hozzáférést kell biztosítani.

Ha csak kevés információ tárolására és gyors hozzáférésre van szükség akkor az információkat tárolóban célszerű rögzíteni. Az ilyen tároló sorok a regiszterek. A tároló sorokat az teszi regiszterré, hogy egyszerre kerülnek azonos célú felhasználásra.

Az összetartozás áramkörileg is megvalósul, mert általában az ilyen tároló sorok közös vezérléssel, órajellel, törléssel rendelkeznek. A regiszterek az információátvitel szempontjából soros, párhuzamos hozzáférések lehetnek.

Soros beírásnál és kiolvasásnál csak a két szélső regiszternek van kapcsolata a környezetével, csak ezekhez lehet kívülről hozzáférni. Ilyen esetben a belső tartalomhoz csak úgy lehet hozzáférni, ha a regiszterben az információt eltoljuk, léptetjük. Ezt a feladatot valósítják meg a léptetőregiszterek.

Párhuzamos beírásnál és kiolvasásnál a regiszter minden tárolója egyszerre fogadja a párhuzamos információt, illetve onnan egyszerre olvasható ki. Ezeket a regisztereket léptetni nem kell, általában ezek a tároló sorok csak tárolásra alkalmasak. Ezek a párhuzamos tároló sorok átmeneti közbenső tároló regiszternek (puffer regiszter) nevezik.

A léptetőregiszter tárolók olyan láncolata, amely lehetővé teszi a bemenetére adott információ minden egyes órajelre történő továbblépését.

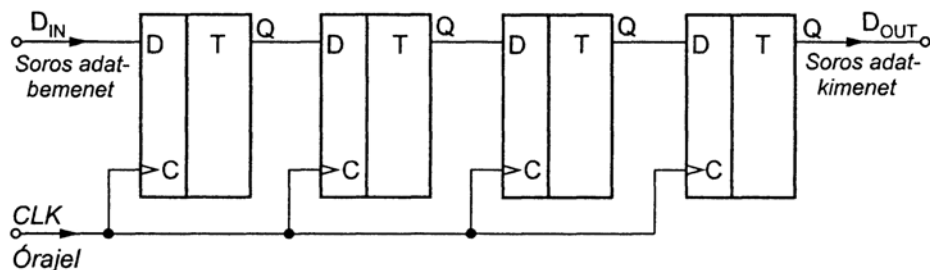
A léptetőregiszterekben alkalmazott tárolók csak órajel hatására működő szinkron tárolók lehetnek. A regiszterek ezek szerint lehetnek :

Soros-soros regiszter Mind a beírás , mind a kiolvasás sorosan történik- shiftelésre szükség van mind beírásakor, mind kiolvasásakor

Soros-párhuzamos regiszter a beírás az adatbemenetről sorosan a kiolvasás a regiszterből párhuzamosan történik. Csak a beírásakor szükséges a shiftelés, kiolvasás a kimenetekről párhuzamosan történhet

Párhuzamos-soros regiszter Beírás a párhuzamos bemeneteken keresztül történhet, kiolvasásakor az információ eltolására van szükség.

Párhuzamos-párhuzamos regiszter , nem kell az információt eltolni , az információ egyszerre kerül beírásra és egyszerre történik meg a kiolvasás, adatregiszterként használjuk.



19. ábra. 4 bites léptetőregiszter

Az órajel első ütemében a bemenetre adott információt az első tároló beolvassa. A második ütemben a beolvasott információt átadja a következő tárolónak és egyidejűleg beolvassa a bemeneten levő információt. A negyedik órajel után a léptetőregiszter megtelik a sorosan beírt információval. A négy tároló kimenetén párhuzamosan megjelenik a négy beírt információ. Átlátszó tároló nem alkalmas a feladat megoldására mert a beírt adat az órajel alatt végigfutna a rendszeren. Ezért regiszterek céljára csak mester–szolga rendszerű tárolók alkalmazhatók.

CLK	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄
1	D ₁	0	0	0
2	D ₂	D ₁	0	0
3	D ₃	D ₂	D ₁	0
4	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁
5	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂
6	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃
7	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄

4. 2. Számlálók

A számláló áramkörök feladata, hogy a bemenetükre érkező impulzus jelek számát megfelelően rögzítsék és kijelezzék. Ehhez a számlálóáramköröknek két feladatot kell ellátnia :

1. Tárolásra kell, hogy képes legyen .
2. Újabb impulzus esetén képesnek kell lennie a változtatásra, az új állapot felvételére

Egy számláló áramkörnek legalább annyi egymástól független állapottal kell rendelkeznie, amennyi a számlálandó impulzusok számának maximuma.

A számláló tulajdonságait meghatározza :

1. A számlálási kód típusa (bináris , BCD , Aiken , Johnson)
2. Az alkalmazott tárolók típusa (J–K , T, D)
3. A számlálási hossz – a modulus . (A számlálásban felvehető legnagyobb érték)
4. A számlálás iránya (előre–hátra)
5. A vezérlés típusa szerint (aszinkron vagy szinkron vezérlésű)
6. a számlálás folyamatossága (lineáris , vagy gyűrűs)

A számlálási kód szerint a számlálók lehetnek:

- Bináris számlálók
- Decimális számlálók
- BCD számlálók- normál BCD 8421 súlyozású számlálók.
- Egyéb kóddal működő számlálók (Excess 3 , Johnson, Gray stb.)

Az alkalmazott tárolók típusa szerint a tárolók készülhetnek J-K , T, és D tárolókból. A J-K tárolók kialakítása egyszerűbb, a vezérlési függvények lényegesen könnyebb megoldásokat kínálnak. A T tárolók és a D tárolók bonyolultabb vezérlőfüggvényeket eredményezzenek.

A számlálás hossza az adott feladathoz illeszthető és meghatározható. Mivel a tároló elemek kétállapotúak, n számú tároló elem alkalmazásával 2^n egymástól különböző állapot állítható elő, azaz a számláló 2^n darab impulzus leszámolására képes, modulusa 2^n .

A számlálás iránya szerint beszélhetünk növekvő sorrendű (up counter) , csökkenő sorrendű (down counter) és reverzibilis számlálókról (up-down counter).

Általában csak csökkenő számlálási irányú számlálót általában nem készítenek, a visszaszámlálást reverzibilis számlálókkal oldják meg.

A vezérlés típusa szerint a számlálók lehetnek aszinkron és szinkron számlálók .

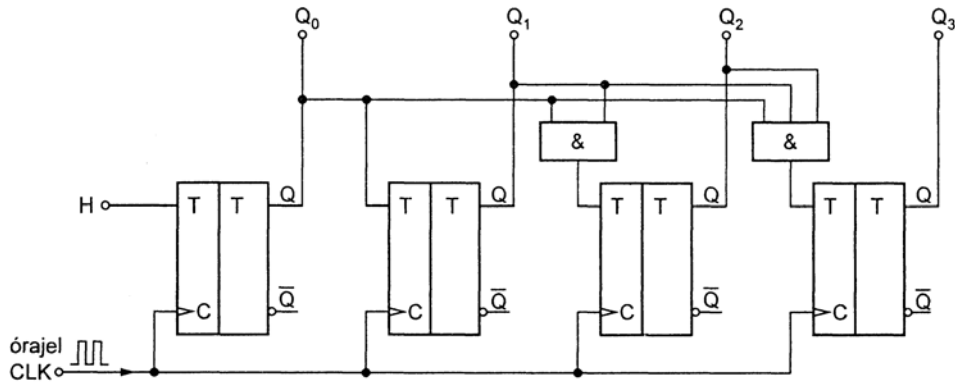
- Aszinkron számlálóknál a számlálandó impulzusok általában csak az LSB bit tároló elemét vezérlik. A többi tároló elem egymástól kapja a vezérlést, az egyes tárolók átbillenése nem azonos időpontban történik.
- A szinkron számlálóknál a számláló minden tároló eleme egyszerre kapja az órajelet.
-

Számlálás folytonossága szerint a számlálók lehetnek lineáris számlálók és ciklikus számlálók (gyűrűs számlálók).

- A lineáris számlálók csak egy megadott számlálási sorrendet számlálnak, a számlálási hossz végén megállnak.
- A ciklikus (gyűrűs számlálók) a számlálási hossz végén újabb impulzus esetén újra kezdik a számlálást folyamatosan m számolnak a számláló leállitásáig.
-

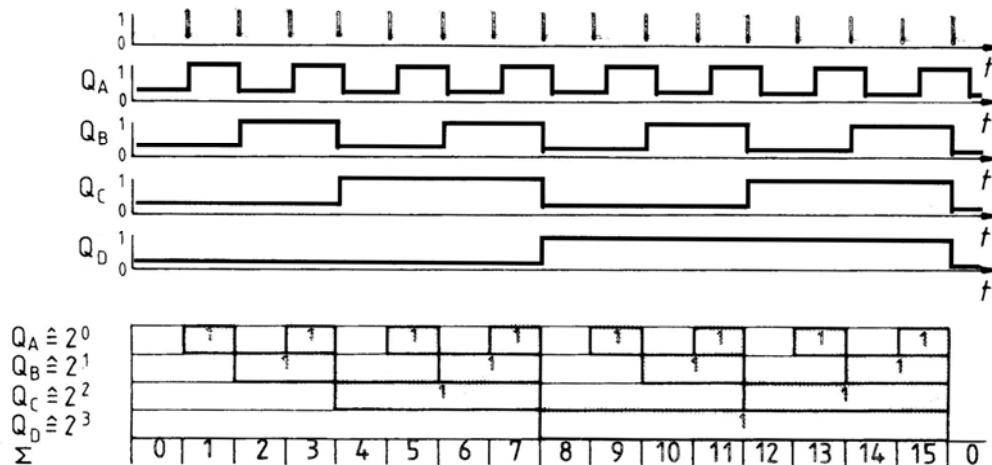
Aszinkron számláló

Legegyszerűbben készíthetünk bináris előreszámláló aszinkron kapcsolást T tárolókból. A T tárolók órajel bemenetét az előző tároló kimenetére kapcsoljuk. Az órajelet a legkisebb helyi értéken lévő tároló órajel bemenetére kapcsoljuk. A T tárolók T bemenetét 1-es feszültségszintre kapcsoljuk.



20. ábra. Bináris aszinkron számláló T tárolókból

Ha invertált bemenetű T tárolókat használunk akkor a T bemenet alaphelyzetben 1-es értékű és a tárolók egyszerű sorba kapcsolásával aszinkron számlálóhoz jutunk. A bináris számláló időfüggvénye :

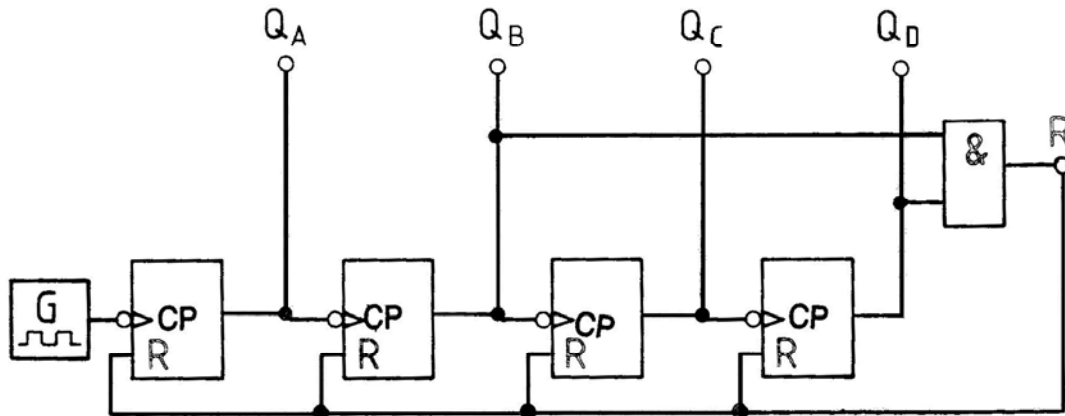


21. ábra. Az aszinkron számláló idődiagramja és a bináris kódolás értékei

Az aszinkron számlálóknál az egyes tárolók átbillenéséhez időre van szükség a tárolók ezért nem az órajellel szinkronban működnek. A késleltetés miatt az átváltás idején vezérlés nélküli kombinációk jelennek meg. Ezek a vezérlés nélküli kombinációk gyors működésű rendszerekben zavarokat okozhatnak, ezért az ilyen típusú számlálókat az ilyen rendszerekhez nem használják.

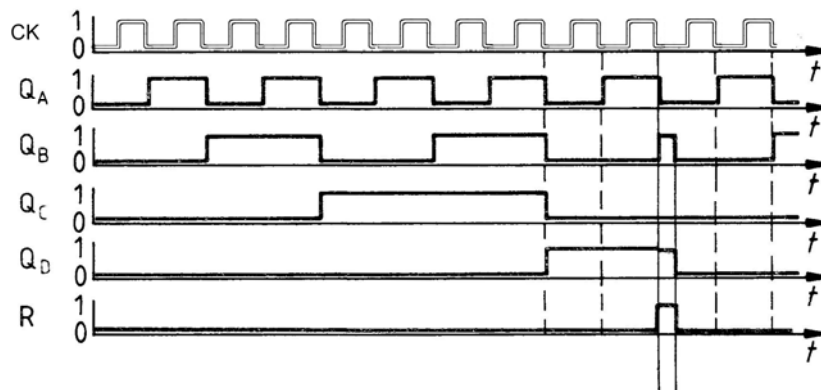
A BCD kódú aszinkron számláló

Bináris kódú aszinkron számlálókból BCD kódú aszinkron számláló lesz, hogyha a 9-es számlálóállás számláló állás túllépésekor minden minden fokozatot 0-ba állítunk vissza.



22. ábra. BCD kódú aszinkron számláló

Ha a számláló eléri a 10-es állást akkor a Q_A és a Q_B kimenetekre csatlakozó ÉS kapu az összes tároló törlését elvégzi az R bemeneteken. A 10-es pszeudo tetrádot a rendszer törléséhez használjuk fel ami gyors rendszerekben esetlegesen zavarokat okozhat.



23. ábra. BCD kódú aszinkron számláló törlése

Szinkron számlálók

Az aszinkron számlálóknál mivel a tárolók egymás után billenek át az átbillenési idők összeadódnak. A működés közben tehát a számláló olyan állapotokat is felvesz amelyek vezérlés nélkül keletkeznek. Ezek a pszeudotetrádok a gyors működésű rendszerek zavarát okozhatják, főleg akkor ha a keletkező fals kombinációk a vezérlés részét képezik.

A szinkron számlálóknál az összes tároló egyszerre billen át, a számláló állapotváltozásának ideje megegyezik a tárolók átbillenésének idejével.

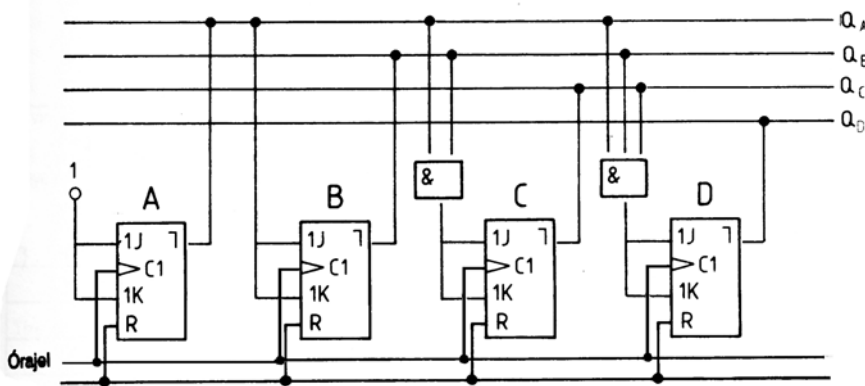
Az egyes átmenetekhez szükséges vezérléseket kombinációs hálózatok biztosítják.

Az átbillenési feltételeket megvalósító kombinációs hálózat bármilyen rendszerben megvalósítható.

Az áramkör működési sebességét az alkalmazandó órajel sorozat minimális periódusidejét egy tároló átbillenési ideje és az alkalmazott kombinációs hálózat működési ideje határozza meg. A kombinációs hálózat összetettebb volta sem növeli meg jelentősen az órajel periódusidejét.

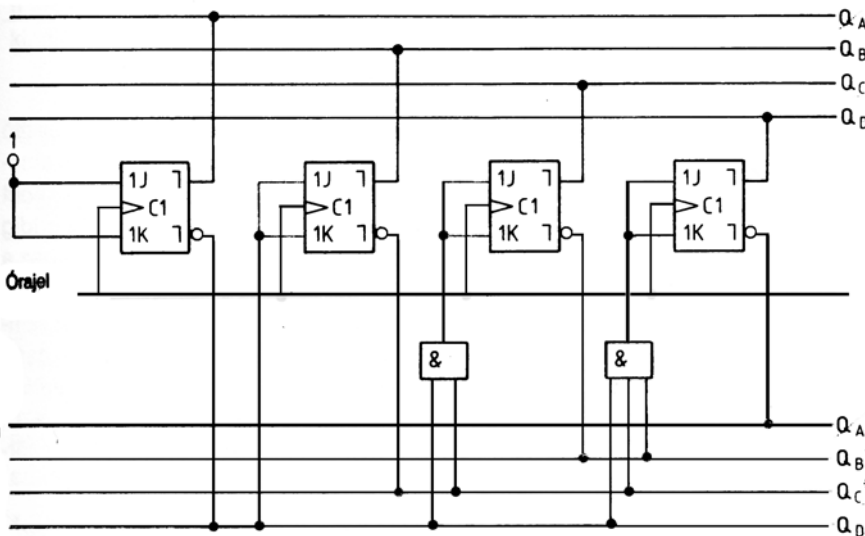
Szinkron bináris előreszámláló

Szinkron számlálóknál az órajel vezérlés módja közömbös, azaz mindegy, hogy a tárolók mester-szolga rendszerűek, vagy pozitív vagy negatív élvezérlésűek. Ennek oka, hogy az aszinkron számlálóknál a tárolók órajelei az előző tárolók kimenő jelei, azaz az értékek logikai tartalommal is bírnak, a szinkron számlálóknál csak az állapotváltozások ütemét határozzák meg.



24. ábra. Szinkron bináris számláló

A szinkron bináris visszaszámláló abban különbözik az előreszámlálótól, hogy a tárolók átbillenési feltételeit nem a Q hanem a \bar{Q} kimenetek jelei szolgáltatják.



25. ábra. Szinkron bináris hátraszámláló

Komplex számlálók

Programozható állásban törlődő számlálók: Két lehetőség van számlálónál törlőimpulzus kiadására :

- Dekódoljuk a számlálóállást. Ha az előre kiválasztott szám lép fel, akkor a dekódoló kimenetén impulzus keletkezik, amelyet törlőimpulzusként használhat
- A számláló állását egy komparátor a számlálószerkezeten kiválasztott számmal hasonlítja össze. Egyenlőség esetén a komparátor kiadja a törlőimpulzust.
-

Programozható kezdőértékű számlálók : Az ilyen számlálónál beállító impulzusként tetszőleges számlálóállást lehet beadni.¹

Gyűrűs számlálók: A gyűrűs számlálókban az állapotok számát lényegében visszacsatolás módja határozza meg.²

5. Memóriák

Adatok tárolására alkalmas eszközök a tárolók, amelyek egy bit tárolására alkalmasak, a regiszterek amelyek egy bitcsoportot képesek tárolni.

A memóriák egy nagyobb adathalmaz tárolására képesek.

A memóriák tehát olyan tároló elemek, amelyeknél a címvezetékek segítségével kiválasztott tároló elem tartalmát a vezérlőjelektől függően az adatkimenetre juttatjuk, vagy az adatbemenet tartalmát a tárolóba juttathatjuk.

A leggyakrabban használt memóriák :

RAM	Statikus
	Dinamikus
ROM	Maszkprogramozott (ROM, PLA)
	PROM (PAL, FPLA)
	EPROM
	EEPROM

A memóriák jellemzői:

¹ Klaus Beuth–Eugen Huber: Elektrotechnikai szakismeretek Híradástechnika II. B +V Lap és Könyvkiadó Kft. Budapest 1994.

² Fodor Tamás– Nagy Imre : Digitális számítógépek I. Műszaki Könyvkiadó Budapest 1990.

A memória kapacitás (capacity): ami a memóriában tárolt adatok mennyiségét jelenti. A memóriák kapacitását úgy adják meg, hogy az egyben utal a memória szervezésére is.

Memória kapacitás = rekeszek száma · rekeszek mérete

A rekeszek számát lényegében a címvonalak száma határozza meg, mert a címvonalak száma a rekeszek binárisan kódolt sorszámát tartalmazzák. N darab címvezetékkel tehát 2n rekeszrel rendelkezik a memória.

A rekeszek méretét az adatvonalak mennyisége határozza meg, hiszen egy rekesz minden egyes cellája egyszerre írható–olvasható.

A tároló elemek másik fontos jellemzője az elérési idő (access time). Ez az áramkör gyorsaságát jellemzi, azt mutatja meg, hogy mennyi időt vesz igénybe egy adat kiolvasása.

Az elérési idő alatt a cím kiadásától az adat rendelkezésre állásig eltelt időt értjük.

A memóriák másik fontos jellemzője a megcímezett rekesz hozzáférési módja.

A memóriák így lehetnek:

Az információ elérés szempontjából :

- *Tetszőleges* (véletlen hozzáférésű) memóriák: az adatok függetlenül a címtől ugyanannyi idő alatt érhetőek el. (RAM Random Acces Memory)
- *Soros* (szekvenciális hozzáférésű) memóriák: A keresett adat hozzáférési ideje különböző és függ a címtől, valamint a keresés kezdő címétől. (SAM Seriel Acces Memory)
- *Asszociatív* memóriák: A memória bemenetén lévő szót egyidejűleg összehasonlítja az egyes címeken tároltakkal, és azt a címet adja meg, amely által kijelölt rekeszben a tárolt szó megegyezik a bemeneti szóval.(CAM Content Addressable Memory)

Az információ beírhatósága szempontjából :

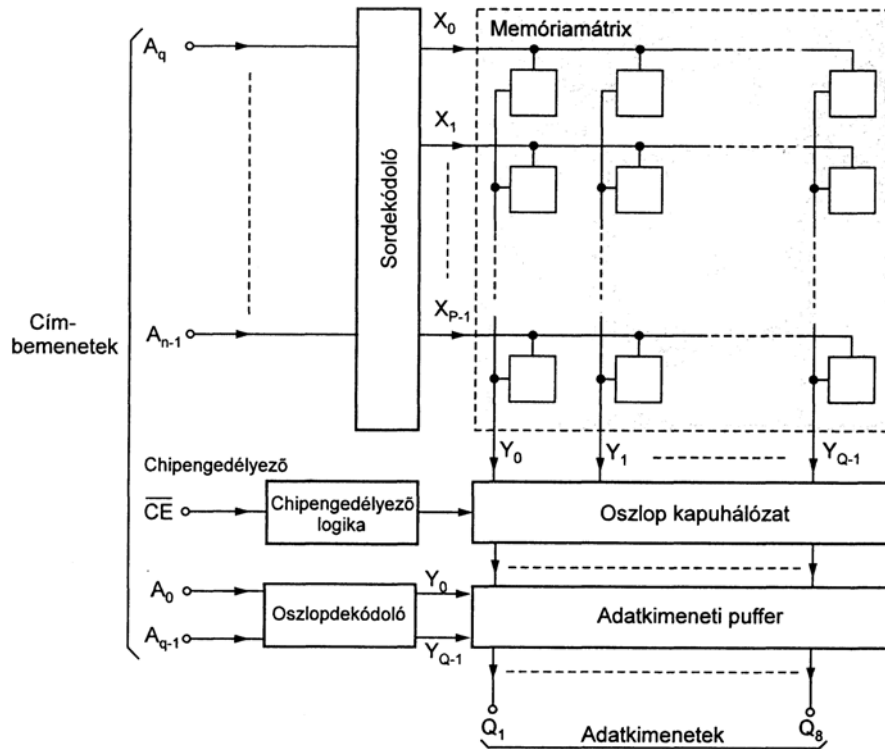
- *Végleges beírású* (irreverzibilis folyamat jön létre a memóriában, utána tartalma nem változtatható meg) Az információ csak olvasható. (ROM Read Only Memory)
- *Módosítható memória* (RAM Random Access Memory) – minden adat írható és olvasható.

Az információ megőrzésének szempontjából:

- Statikus memória: Az információt korlátlan ideig megőrzi, feltéve, hogy a tápfeszültsége nem szűnik meg.
- Dinamikus memória: Az információt csak akkor őrzi meg ha egy megadott frissítési időn belül a frissítés megtörténik, ellenkező esetben a beleírt információ véglegesen törlődik.

6. 1. A csak olvasható memóriák (ROM permanens tárák)

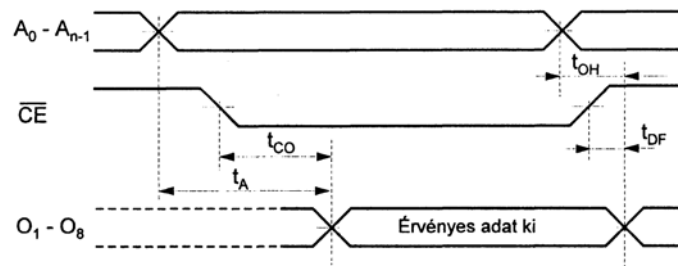
A bennük rögzített információt csak kiolvasni lehet. A hozzáférés szempontjából a ROM memóriák véletlen elérésűek. A ROM esetében a memória alapvető részét a memóriamátrix képezi. A ROM tárolócella kisebb felületet igényel mint a RAM cella.



26. ábra. Csak olvasható memória (ROM)

A sordekódoló a memóriamátrix P sorából a csak egyet jelöl ki, az oszlopdekódoló az oszlop-kapurendszer segítségével a kijelölt sorból M cella tartalmát írja be az adatkimeneti pufferbe. A szó hosszúsága $M=1, 2, 4$ vagy 8 bit lehet. A \overline{CE} engedélyező bemenet logikai 1 értéke alatt a kimenetek nagyimpedanciás lekapcsolt állapotban vannak. Az engedélyező bemenet 0 értéke mellett az adatkimenetről megcímzett rekesz tartalmát lehet kiolvasni.

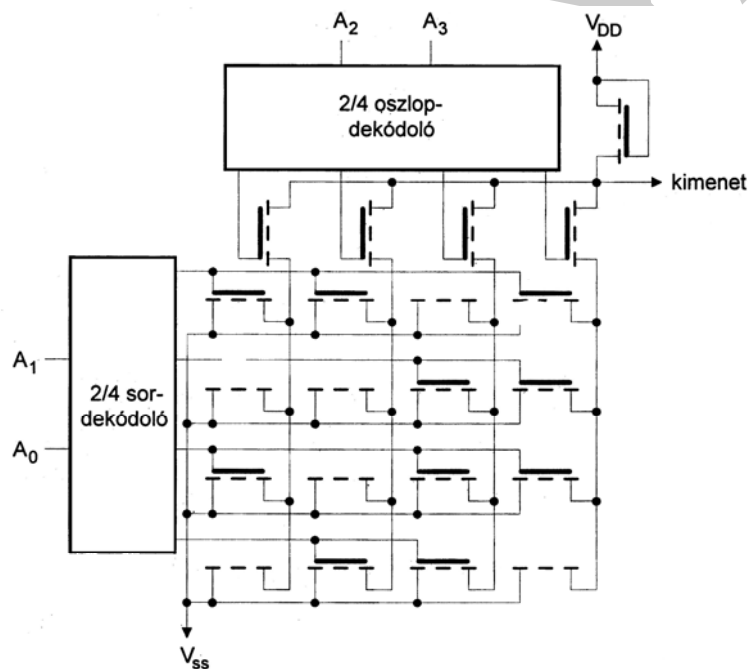
Az alábbi ábrán egy ROM jellegzetes kiolvasási diagramja látható:



27. ábra. ROM kiolvasási idődiagramja

Maszkprogramozott ROM áramkörök

Az ilyen áramkörökben a programot a gyártás során a fémezési maszk megfelelő kialakításával rögzítik. Ezek a tárcák a maszk ROM-ok. Az ilyen ROM-okat nagy sorozatban gyártott eszközök esetén célszerű alkalmazni. (pl. számológépekben, telefonokban stb.)



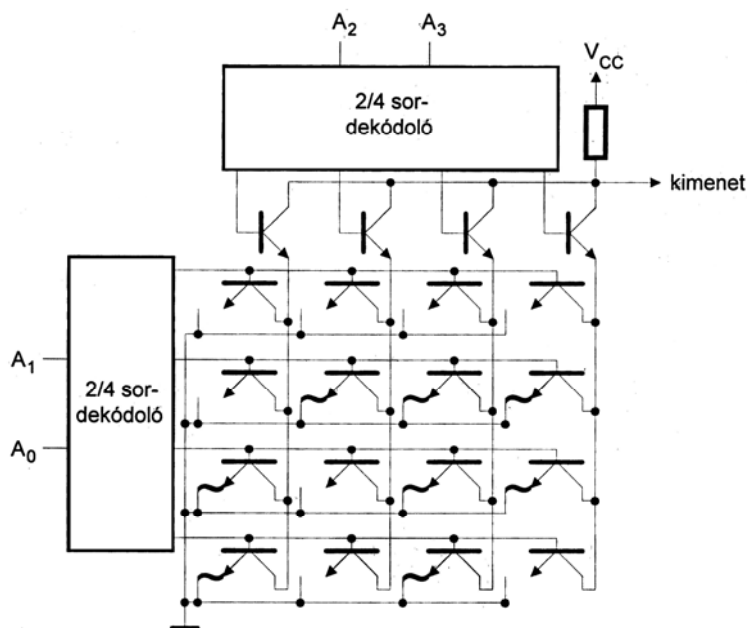
28. ábra. Maszkprogramozott ROM memóriamátrix

Az egy oszlopban levő tranzisztorok drainjei közösek, egyben az \bar{Y} címvonalt képezik. Két szomszédos oszlopban lévő tranzisztor source is közösen van kialakítva. Az X címvonalt az egy sorban levő tranzisztorok közös Gate elektródája képviseli. Ha a cella csatornafelülete fölött levő oxidréteg vastag, akkor a tranzisztor küszöb feszültsége meghaladja a kijelölt X címvonatra kapcsolt feszültséget. Mivel a csatorna nem jöhet létre ez a hely tranzisztorhiánynak felel meg.

Vékony oxidréteg esetén a tranzisztor küszöbfeszültsége a kijelölt X címvonal feszültség szintjénél kisebb. A kijelölt X címvonalra kapcsolt tranzisztorok vezetésbe jönnek.

Programozható ROM áramkörök (PROM áramkörök , felhasználáskor programozható)

Ez a ROM típus felhasználáskor, az adott áramkör jellemzőinek megfelelően programozható. Ezeket az áramköröket a felhasználó égeti be.



29. ábra. Programozható ROM áramkörök

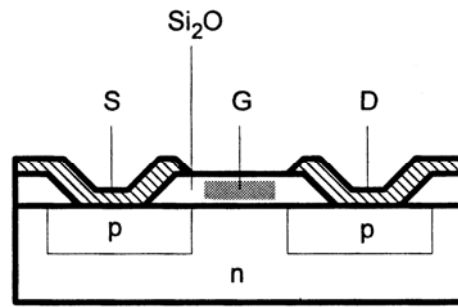
Minden megcímezett tárcella eredeti állapotban $D=1$ kimenő jelet ad. A cellák négyzetes mátrixban rendezkedve helyezkednek el. Az adott tárcella címezése úgy történik, hogy a megfelelő oszlop és sorvezetékre egy-egy logikai 1-est kapcsolunk.

Minden megcímezett tárcella eredeti állapotban 1-es kimenő jelet ad. Nulla beírásakor a kiszemelt cella kimenetén található biztosítékot kiegészítjük. A kiolvasó vezetékre akkora áramlöketet adunk, hogy a cella biztosítója kiégjen.

A programozáshoz a gyártó által biztosított programozó készülékeket használhatjuk. A PROM-ok általában szavakat tárolnak így a kimenetek száma a szó hosszúságának felel meg.

Az újraprogramozható ROM áramkörök az EPROM (Erasable PROM)

Az ilyen tároló áramkörökbe az információ ugyanúgy írható be mint a PROM áramkörökbe. A programozáshoz programozó készülékeket használunk.



30. ábra. EPROM felépítése

Az EPROM tulajdonképpen egy MOSFET amelynek G elektródája nincs kivezetve. Ha sz S és a D elektródák közé feszültséget kapcsolunk, akkor a letörés következtében nagyenergiájú elektronok lépnek ki a pn átmenetből, és eljutnak a G elektródára a nagy szigetelőkéességű szilícium-dioxid ellenére is. A G elektróda feltöltött vagy fel nem töltött állapota biztosítja, hogy a MOSFET vezet vagy sem.

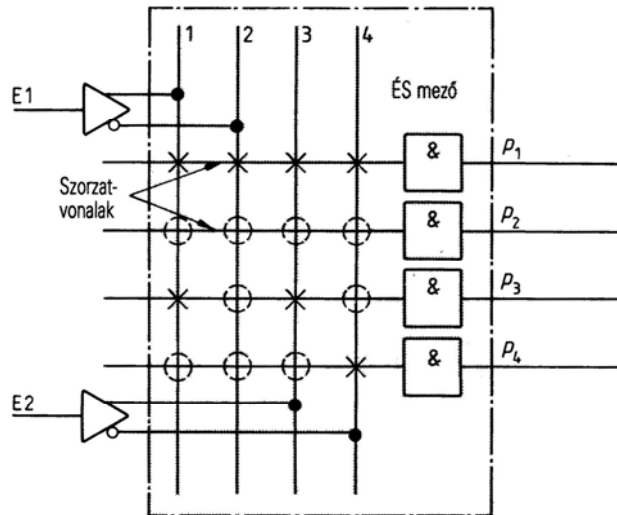
Mivel a G elektróda nincs kivezetve elektromosan az EPROM nem törölhető. A töltetlen G elektróda eléréséhez a félvezető felületét ultraibolya fényel (UV) fényel kell megvilágítani. Az UV fényel történő törléshez az EPROM-ot üveg ablakkal alakítják ki.

Programozott logikai elemek PLD és PLA valamint PAL áramkörök

A programozható logikai elemek PLD (Programable Logic Device) amelyekkel a felhasználó igényeinek megfelelő funkciójú függvényeket valósítanak meg.

Az áramkörök programozása a bennük kialakított összeköttetések "olvadóbiztosító" elven való megszüntetésével (égetés) történik.

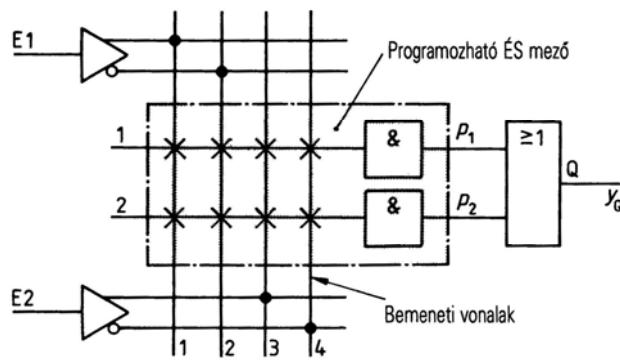
A PLD-eket az összeköttetések megszüntetésével programozhatjuk.



31. ábra A PLD "ÉS" mező

Egy PLD több ÉS kaput tartalmaz, ezért az áramkörnek ezen részét ÉS mezőnek hívjuk. A PLD bemeneteinek és az ÉS mezőnek az összekötését invertált és nem invertált teljesítményerősítők biztosítják.

Ha egy ÉS mező mintermjeit egymással VAGY kapcsolatba hozzuk olyan áramkörhöz jutunk, amellyel nagy számú logikai függvény valósítható meg. Ezek az áramkörök a PLA-k (Programmable Logic Array).



32. ábra. PLA áramkör

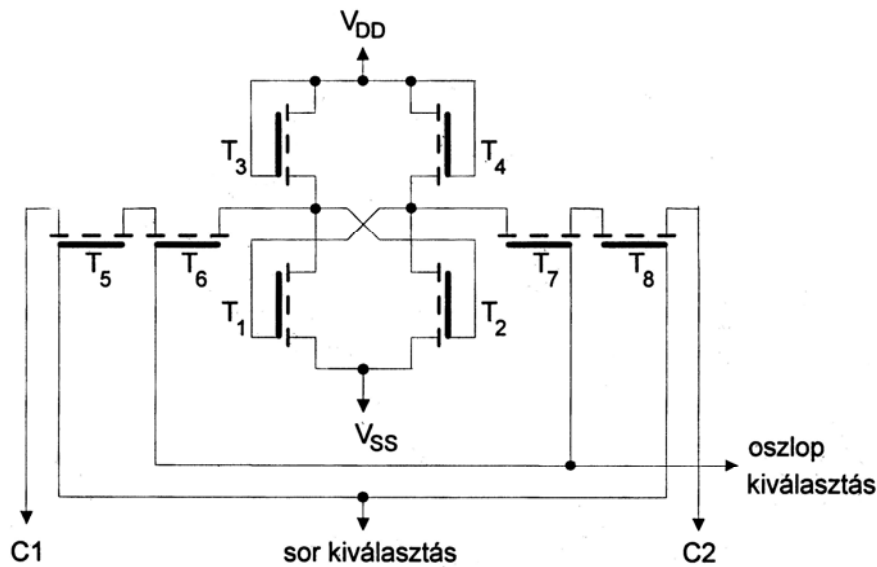
Ha a logikai függvények megvalósítására PLA áramköröket akarunk alkalmazni akkor a függvényeket ÉS-VAGY diszjunktív normál alakúra kell alakítani.

7. 2. Tetszőleges hozzáférésű, írható olvasható memóriák (RAM)

A tetszőleges hozzáférésű memóriáknál minden cella azonos idő alatt érhető el. Az ilyen memóriák írhatók és olvashatók is.

Statikus és dinamikus RAM áramköröket különböztetünk meg.

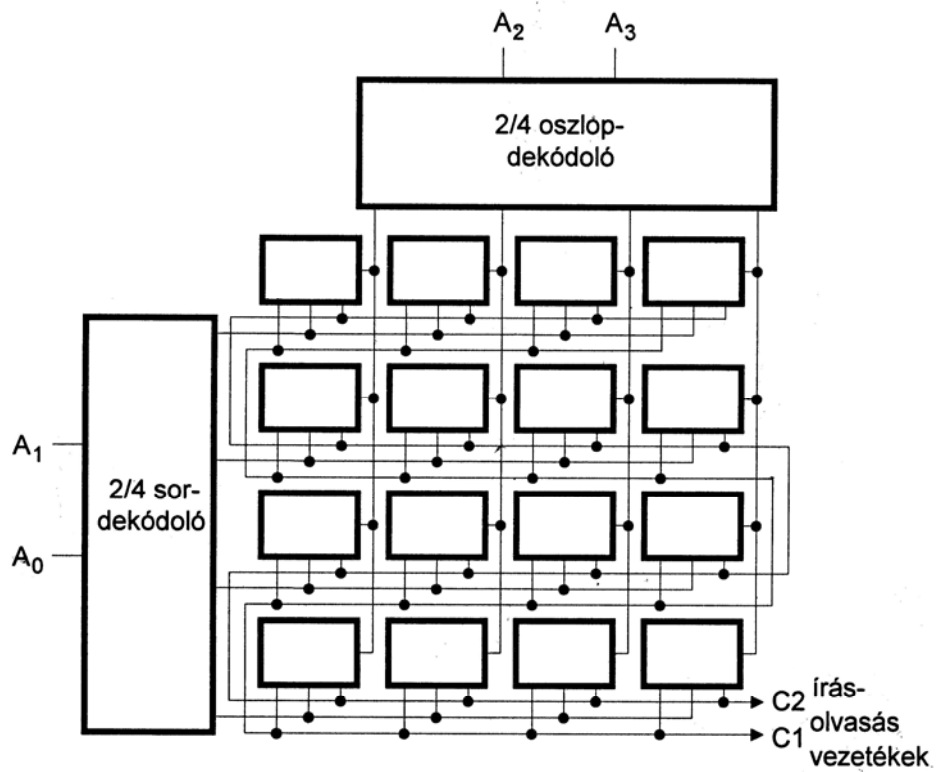
A statikus memória tároló eleme egy flip-flop, amely egy bit tárolására alkalmas. A dinamikus memória tároló cellája elektromos töltés formájában őrzi meg. Mivel az idő múlásával a tároló töltés csökken, ezért a dinamikus memóriákat frissíteni kell. A dinamikus memóriák kevesebb elemmel megoldhatók, ezért a dinamikus RAM-ok kapacitása nagyobb. Kis kapacitások esetén a statikus memóriák egyszerűbbek mert a statikus RAM-hoz nem kell bonyolult vezérlőelektronika.



33. ábra. Statikus MOS RAM cella

A cella 6 darab N csatornás MOS tranzisztorból épül fel. A T_1 és T_2 tranzisztorok adják a tároló elemet. A T_3 és T_4 az aktív munkaellenállás szerepét tölti be. A T_5 és T_6 tranzisztorok kapcsolják az adatvonalakra.

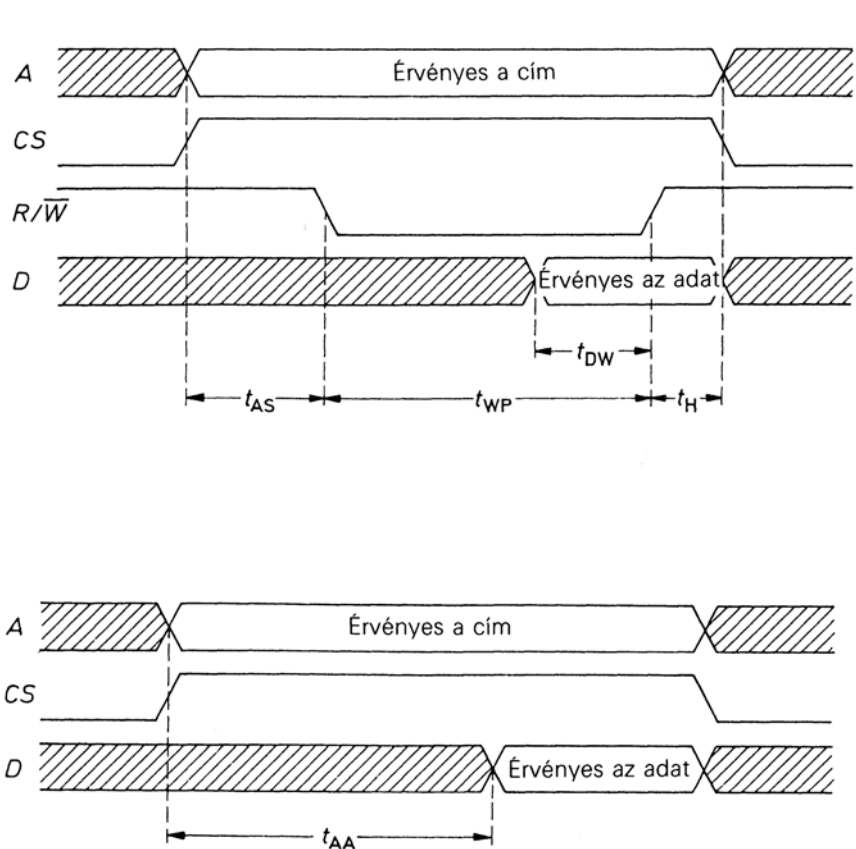
Az ilyen RAM felépítését mutatja az alábbi ábra. A cellákat P sorból és Q oszlopból álló mátrix alakba tömöríti. A memóriamátrix általában négyzetes alakú $P=Q$.



34. ábra. 16x1 bites statikus RAM felépítése

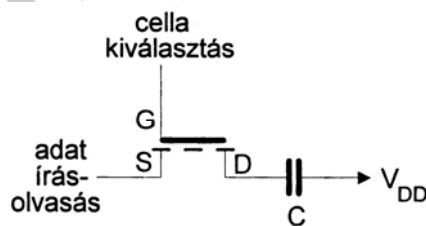
A mátrix celláit X sorkijelölő és Y oszlopkijelölő címvonalak segítségével választják ki. Ha valamelyik oszlop Y címvonala logikai 1 szintre kerül, akkor a szóban forgó oszlop $ADAT$ és \overline{ADAT} vonalaira kapcsolódó T₇ és T₈ tranzisztorok vezetésbe lépnek. Minden egyes cím egy-egy cellát tesz elérhetővé.

Egy statikus RAM írási olvasási ciklusa látható az alábbi ábrán :



35. ábra. Statikus RAM írási-olvasási diagramja

Dinamikus ram cellánál az információ tároló szerepét a C_s kondenzátor látja el. Az X címvonallal vezérelt T tranzisztor kapcsolja a kondenzátort az oszlopvonalra, amelyről az információt a kiolvasó erősítőn keresztül vesszük le.



36. ábra. Dinamikus RAM tároló cella

A C_s kondenzátor idővel veszít töltéséből. Az információ elvesztését a kondenzátor újratöltésével akadályozzák meg. Ezt az ismétlési (frissítési) folyamatot rendszeresen ismételni kell. A memória frissítését a frissítő erősítők könnyítik meg. A memória mátrix egy sorának kijelölésével az egész sor felfrissül. Az egész memória felfrissítése az összes P sor felfrissítéséből áll. A frissítés alatt a memória nem használható, ez a memória elérését csökkenti, időkiesés keletkezik. A frissítés megfelelő szervezésével elérhető, hogy a frissítést azokban az időintervallumokban végezzék amikor a memória nincs sem írás, sem olvasás alatt.

8. 4. D/A és A/D átalakítók

Ha folyamatos analóg jelet digitálisan kell feldolgozni, akkor az analóg bemenő jelet megfelelő számokká kell alakítani. Az átalakításkor keletkező Z számnak arányosnak kell

$$Z = \frac{U_{be}}{U_{LSB}}$$

lenni a bemenő feszültséggel.

Ahol az U_{LSB} a legkisebb súlyú bithez tartozó feszültségegység (Least Significant Bit), azaz a $Z=1$ -hez tartozó feszültség.

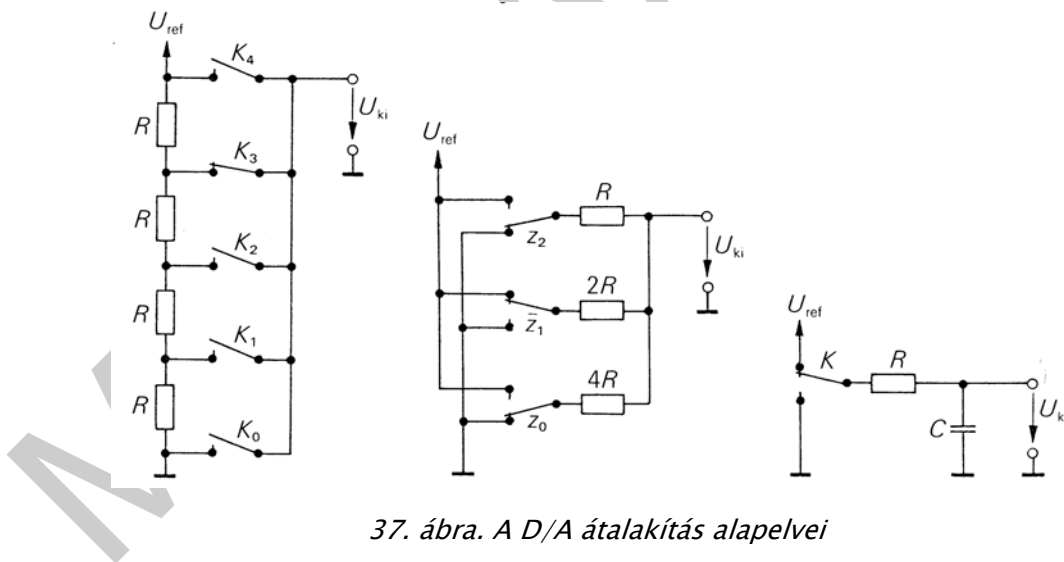
A digitális jel visszaalakítása fordítva történik. A digitál-analóg átalakítók kimeneti feszültsége mindig arányos a bemenetre adott számmal.

$$U_{ki} = U_{LSB} \cdot Z$$

A D/A átalakítók

A D/A átalakítás elvben három féle megoldással lehetséges

- Párhuzamos (direkt) eljárás
- Súlyozásos eljárás
- Számláncot alkalmazó eljárás



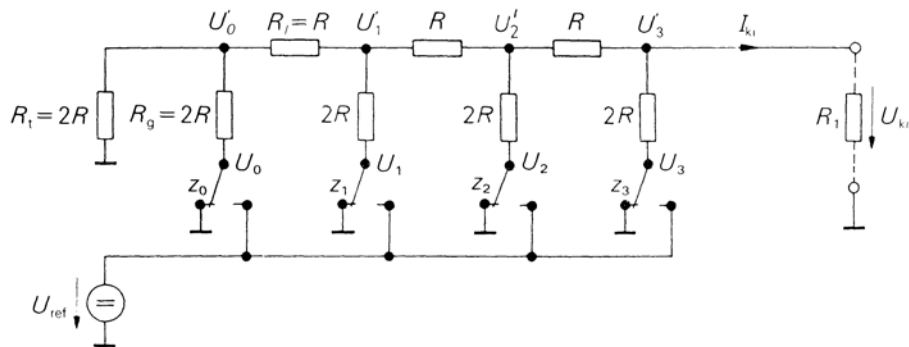
37. ábra. A D/A átalakítás alapelvei

A párhuzamos eljárásnál a feszültségosztóval minden lehetséges kimeneti feszültséget előállítunk.

A súlyozásos eljárásnál a súlyozó ellenállásokon át a szükséges kimeneti feszültség összegződéssel jön létre.

Számláncos eljárásnál a számláló a kapcsolót folyamatosan nyitja és zárja, a számlálót a digitális szám állítja be, a kimeneti feszültség számtani középértéke az analóg U feszültség.

Leggyakrabban a súlyozásos D/A átalakítót használjuk.



38. ábra. Létrahálózattal működő súlyozásos típusú D/A átalakító

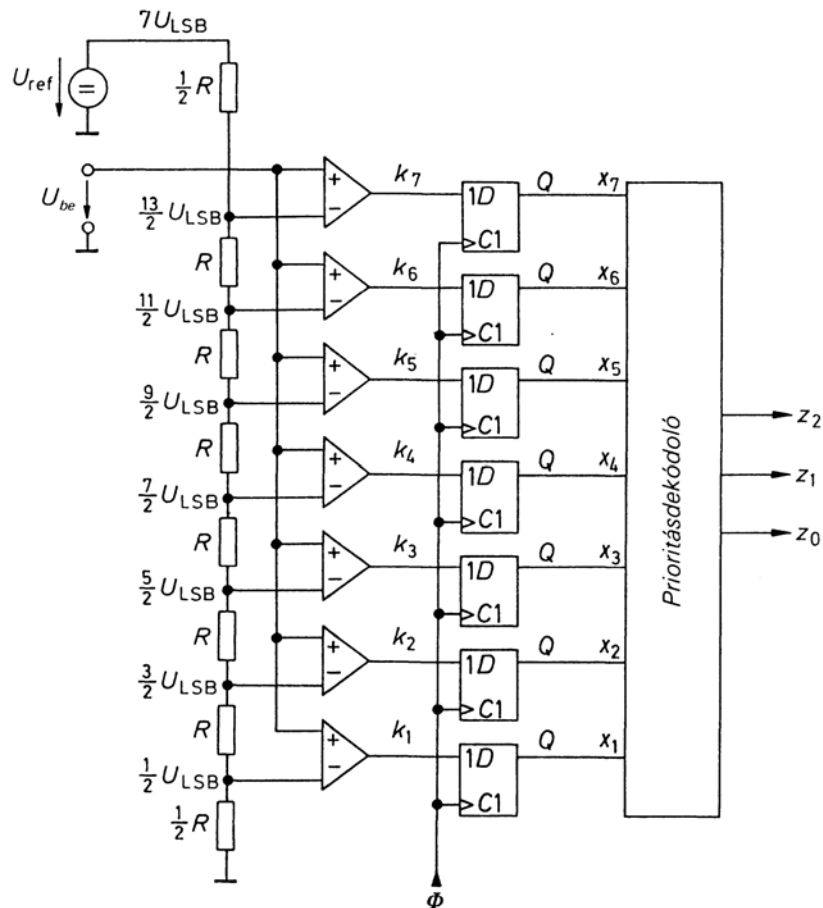
Az A/D átalakítók

Az A/D átalakító feladata a bemeneti feszültséggel arányos digitális szám előállítása

Az A/D átalakítás három elvileg eltérő megoldása létezik

- Közvetlen módszer (direkt módszer) (word at a time)
- A fokozatos megközelítés elve (digit at a time)
- A számlálót alkalmazó módszer (level at time)

A közvetlen típusú átalakítók esetén a bemeneti analóg feszültséget n fokozatnak megfelelő n darab referenciafeszültséggel hasonlítjuk össze, és megállapítjuk, hogy milyen intervallumba esik. Ahány sávra osztjuk a bemenőjel tartományát, annyi komparátort kell beépíteni. A komparátorok a feszültségosztó által előállított feszültséglépcsők alsó határát hasonlítják össze az ismeretlen bemeneti feszültséggel. Egy adott feszültségérték esetén alulról a komparátorok mind azt jelzik, hogy a referenciaértékük alacsonyabb mint az U_{be} érték, a feljebb lévő komparátorok pedig ellentétes jelzést szolgáltatnak. Az így kapott bináris kódot egy kombinációs logikai hálózattal átalakítják.

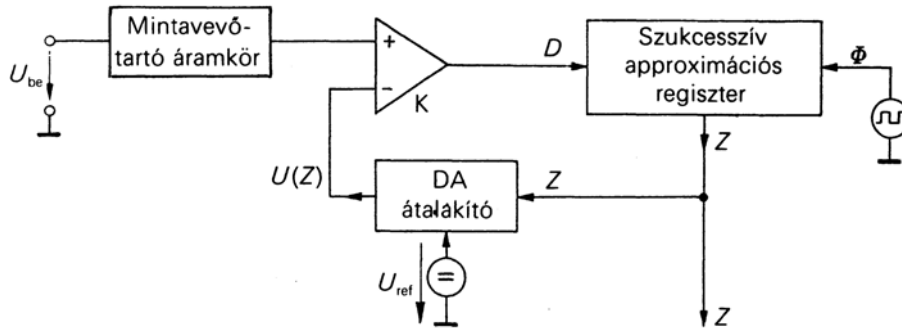


39. ábra. Komparátor soros közvetlen A/D átalakító

Fokozatos megközelítéses típusú A/D átalakító változatnál az átalakítás fokozatosan több lépcsőben történik. Először a legnagyobb helyértékű referenciafeszültséggel hasonlítjuk össze a beérkezett feszültséget, majd a maradékot összehasonlítjuk a következő helyértékkel és ezt folytatjuk a legkisebb bit eléréséig. Az összehasonlítások eredményét egy

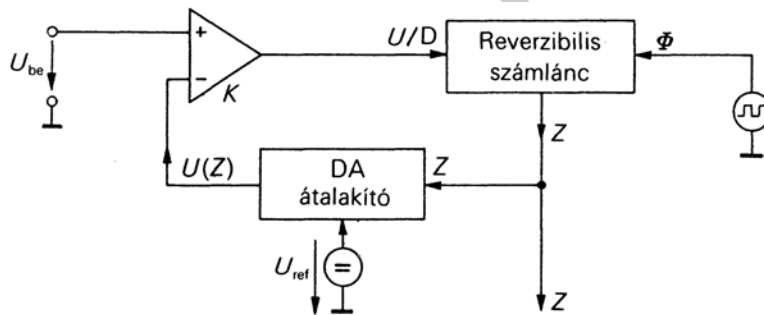
$$Z = (Z_{\max} + 1) \frac{U_B}{U_{ref}}$$

regiszter tárolja és az LSB helyérték elérése esetén: , ahol U_B a bemenő feszültség, U_{ref} a referencia feszültség.



40. ábra. Fokozatos megközelítésű A/D konverter

A számlálót alkalmazó A/D konverternél a működés középpontjában egy reverzibilis számláló áll, amelynek tartalmát annak függvényében növeljük vagy csökkentjük, hogy a számláló kimenetén megjelenő érték kisebb vagy nagyobb, mint az átalakító feszültsége. A D/A átalakító kimenetén megjelenő U_z feszültség a kompenzáló feszültség amely ha kisebb mint a bemenő U_{be} feszültség akkor a számlálót előre, ellenkező esetben hátrafelé számoltatja. A digitális kimenetet a számláló kimenete adja.



41. ábra. Kompenzációs elven működő számláló típusú A/D átalakító

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Olvassa el Tietze–Schenk: Analóg és digitális áramkörök könyvének 561. oldalán a kétsíkú párhuzamos átvitelképző logikájú 16 bites összeadó valamint 562. oldalán a BCD számok összeadására vonatkozó információkat.³

Ismerje meg Fodor Tamás–Nagy Imre : Digitális számítógépek I. 174–175. oldalán található összeadó–kivonó áramkör működését, vizsgálja meg, hogyan lehet kialakítani az összeadó felhasználásával kivonó áramköröket, hogyan lehet elvégezni az összeadóval két szám kivonását.⁴

Tanulmányozza Szűcs László: Digitális áramkörök tankönyvéből a 239–241. oldalon BCD számok összeadásának lehetőségeit. A bináris és a BCD kódú összeg közötti különbség megértéséhez különös figyelemmel kísérje a két összeg közötti különbséget jól mutató igazságtáblázatot. Ha egy dekádban átvitel képződik, akkor 6–ot hozzáadunk, hogy a helyértéksúlyozások különbségét kiegyenlítsük.⁵

Vizsgálja meg Tietze –Schenk : Analóg és digitális áramkörök 557. oldalán található érték összehasonlító komparátor kapcsolást amelyet a komparátor egységek soros összekapcsolásával képeztünk. Gondolja át a soros összekapcsolás lehetőségét és határozza meg az n bites szám összehasonlítására alkalmas összefüggéseket. ⁶

Olvassa el Fodor Tamás– Nagy Imre Digitális számítógépek I. tankönyvéből a 34–38. oldalán a kódellenőrzéssel és kódjavítással kapcsolatos elméleti ismereteket , majd vizsgálja meg 185–187. oldalán a kódjavításra használható áramkörü megoldásokat.⁷

A kódoló áramkörökkel kapcsolatos bővebb ismereteket szerezhethet Kovács Csongor : Digitális elektronika 20–22. oldalán található leírásból.⁸

A prioritás kódoló áramkörök részletesebben megismerhetők Szűcs László: Digitális áramkörök tankönyvéből a 250–252. oldalon. A prioritás kódolók összekapcsolásának és bővítésének lehetőségeit is megismerhetjük.⁹

Fodor Tamás –Nagy Imre: Digitális számítógépek I. tankönyvéből a 198–199. oldalán található információkból egyéb regisztertípusokat is megismerhet. Tanulmányozza részletesen a párhuzamos beírású regiszterekre vonatkozókat. Nagyon gyakori, hogy a léptetés kétirányban is történhet. Vizsgálja meg a kétirányú léptetés lehetőségét a tankönyv 200. oldalán található információk alapján.

³ Tietze–Schenk: Analóg és digitális áramkörök Műszaki Könyvkiadó Budapest 1993.

⁴ Fodor Tamás – Nagy Imre : Digitális számítógépek I. Műszaki Könyvkiadó Budapest 1990

⁵ Szűcs László: Digitális áramkörök Kiadó: Szűcs László Székesfehérvár 1997

⁶ Tietze–Schenk: Analóg és digitális áramkörök Műszaki Könyvkiadó Budapest 1993.

⁷ Fodor Tamás – Nagy Imre : Digitális számítógépek I. Műszaki Könyvkiadó Budapest 1990

⁸ Kovács Csongor: Digitális General Press Kiadó Budapest

⁹ Szűcs László: Digitális áramkörök Kiadó: Szűcs László Székesfehérvár 1997

Olvassa el Fodor Tamás– Nagy Imre: Digitális számítógépek I. 216–219. oldalán található BCD számlálókról szóló információkat.¹⁰

Vizsgálja meg Tietze–Schenk: Analóg és digitális áramkörök 261–262. oldalán található átkapcsolható számlálási ciklusú számlálót. Különösen figyeljen a szekvenciális hálózat ROM-mal történő megoldására.¹¹

Az alkalmazott ROM kapacitásának csak tört értékét használjuk ki, de még így is látható, hogy a ROM-mal történő megvalósítás hardverigénye lényegesen kevesebb. Új áramkörnél csak a ROM tartalmát (EPROM) kell megváltoztatni és minden más változtatás nélkül új hálózatot kapunk.

Tanulmányozza a PLA áramkörökkel kapcsolatos leírásokat az Informatika és ipari elektronika tankönyv 312–318. oldalán! Vizsgálja meg, hogy a PLA áramkörök alapstruktúrája milyen módon bővíthető ki! Tanulmányozza az FPLA (PAL) áramkörök kialakításának lehetőségét két programozható mezővel!¹²

Kovács Csongor: Digitális áramkörök című tankönyvének 142. oldalán nagy kapacitású RAM áramkörök kialakítására láthatunk példákat. Ismerje meg, hogy hogyan lehet a kisebb kapacitású RAM áramkörökből összeállítani nagyobb kapacitású áramköröket!¹³

A különböző frissítési stratégiákat megismerheti Szűcs László: Digitális áramkörök című művéből a 305. oldalon.¹⁴

Az A/D és a D/A átalakítás nagyon sokféle megoldása tanulmányozható Tietze–Schenk : Analóg és digitális áramkörök könyvének 704–739. oldalán.¹⁵

Az A/D és D/A konverterek nagyon jól megismerhetők Horváth Zoltán–Juhász Róbert–Masa László: Ipari elektronika című tankönyvéből az 51–75. oldalon.¹⁶

¹⁰ Fodor Tamás – Nagy Imre : Digitális számítógépek I. Műszaki Könyvkiadó Budapest 1990

¹¹ Tietze–Schenk: Analóg és digitális áramkörök Műszaki Könyvkiadó Budapest 1993.

¹² Informatika és ipari elektronika Műszaki Könyvkiadó Budapest 1997

¹³ Kovács Csongor: Digitális General Press Kiadó Budapest

¹⁴ Szűcs László: Digitális áramkörök Kiadó: Szűcs László Székesfehérvár 1997

¹⁵ Tietze–Schenk: Analóg és digitális áramkörök Műszaki Könyvkiadó Budapest 1993.

¹⁶ Horváth Zoltán–Juhász Róbert–Masa László: Ipari elektronika Műszaki Könyvkiadó Budapest 2000

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Tervezen egybites teljes kivonó áramkört. Az áramkör realizálása egy vagy kétszintű hálózattal történjen, amelyhez tetszőleges kapuáramköröket és invertereket használhat!

MUNKANYAG

2. feladat

Rajzoljon 2/4 bites dekódoló egységet invertált kimenetekkel. A kimenetek engedélyezését $\bar{E} = 0$ engedélyező bemenetről végezzük! Megvalósításhoz tetszőleges kapuáramköröket használhat.

MUNKANYAG

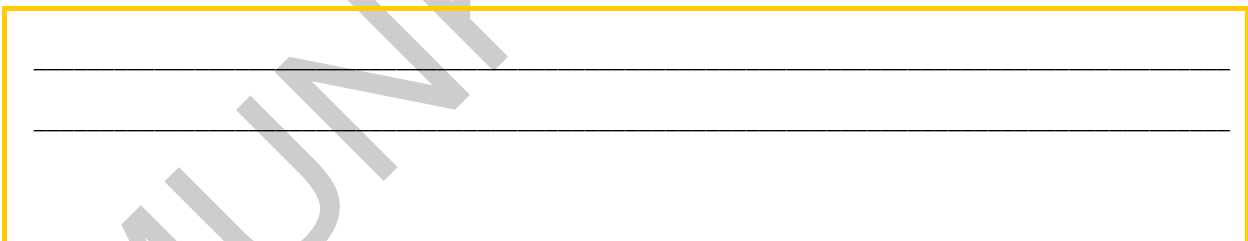
3.feladat

Rajzoljon 2/1/1 multiplexert negált kimenettel $\bar{E}=0$ engedélyező bemenetről végezzük a kimenetek engedélyezését! A megvalósításhoz tetszőleges kapuáramköröket használhat. Adja meg a multiplexer igazságtábláját! A függvényeket határozza meg és egyszerűsítse!

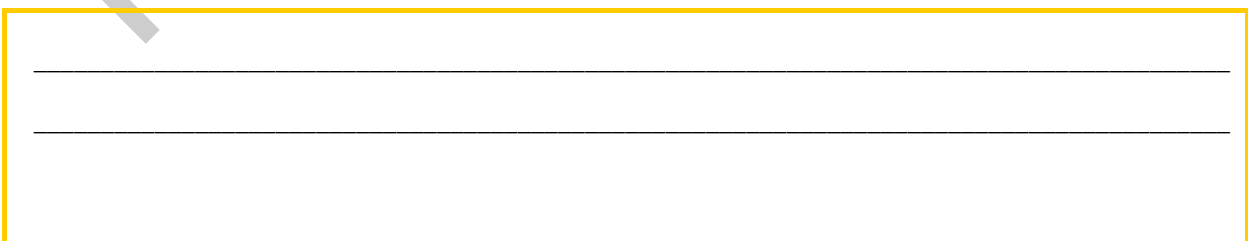
**4. feladat**

Válaszoljon az alábbi kérdésekre !

1. Miben különböznek egymástól a fél és a teljes összeadók ?



2. Összeadásnál mi ad lehetőséget az átvitelképzés gyorsítására ?



3. Milyen műveletek végezhetők el az ALU áramkörökkel?

4. Ismertesse a prioritás dekódoló működését !

5. Mi a multiplexerek alapvető feladata ?

6. Hogyan csoportosíthatjuk a regisztereket?

7. Mi a különbség a szinkron és az aszinkron számlálók között ?

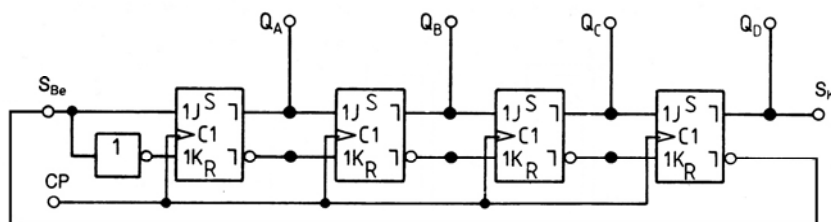
8. Hogyan csoportosíthatjuk a számlálókat ?

9. Milyen kapuáramkörre épülnek a paritás előállító és vizsgáló áramkörök ?

10. Rajzoljon egy egybites digitális komparátor áramkört tetszőleges kapuáramkörökkel !

5. feladat

Adott az alábbi számláló kapcsolás :



42. ábra. Számláló kapcsolás

Rajzolja meg a számláló idődiagramját !



6. feladat

Tervezze meg az alábbi áramkört. A kombinációs áramkörök elkészítéséhez tetszőleges kapuáramköröket használhat!

4 bites szinkron BCD hátraszámláló, T tárolókkal

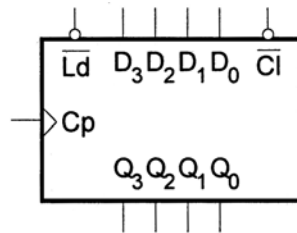
1. Rajzolja meg az állapotdiagramot!
2. Adja meg az állapotgráfot!
3. Adja meg a kapcsolás elkészítéséhez szükséges egyszerűsített logikai függvényeket!



7. feladat

Végezze el a számláló ciklusának rövidítését úgy, hogy az alábbiakban megadott állapotsorozatok jelenjenek meg az áramkör kimenetén!

A számláló jelei az alábbi ábrán láthatók :



43. ábra. Számláló alapjelei

A számláló állapot sorozatai : 0-1-2-3-7-8-9-0-1-2.....

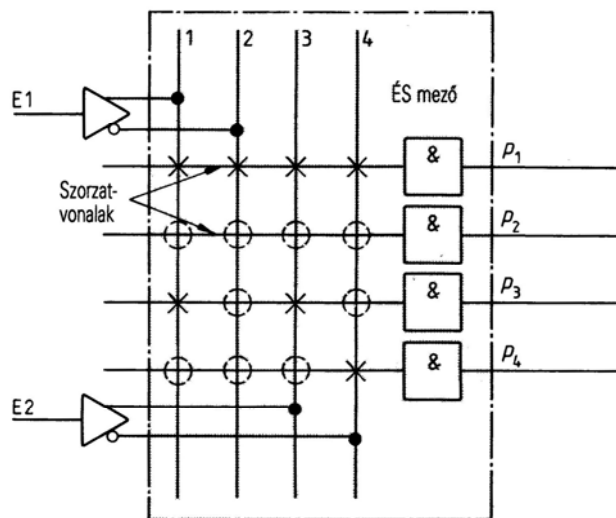
Vegyük figyelembe a beíró ($\overline{L_d}$) és a törlőjel (\overline{Cl}) jellegét. Az áramkörök késleltetését ne vegyük figyelembe a beírás szinkron, a törlés aszinkron történjen.

8. feladat

Mekkora annak a memóriának a kapacitása, ahol a címvezetékek száma 11 és a rekeszek mérete 8 bit ?

9. feladat

Milyen jelek keletkeznek az alábbi PLD kimenetén ha E_1 -et és E_2 -t vezéreljük?



44. ábra. Programozott ÉS mező PLD

10. feladat

Az $y_Q = (\bar{E}_1 + \bar{E}_2) \cdot (E_1 + E_2)$ logikai függvényt valósítsa meg PLA áramkörrel!

- Alakítsuk át a függvényt ÉS-VAGY alakúra !



- Készítsük el az átalakított kapcsolást PLA-val !



11. feladat

Adja meg, hogy az alábbiakban meghatározott memóriatartományok mekkora kapacitásúak! A szóhosszúságot is figyelembe véve adja meg, hogy a memória kialakításához hány darab memóriára van szükség! Töltse ki a táblázatot !

	Memória tartomány	Szó hossz	A memória mérete
--	-------------------	-----------	------------------

a)	5000-8FFF	8 bit	4k*1 bit
b)	0-FFFFFF	16 bit	16k*4 bit
c)	0-7FFFFFF	18 bit	1M*1 bit
d)	40000-7FFFF	32 bit	256k*1 bit

	Kapacitás	RAM-ok száma
a)		
b)		
c)		
d)		

MUNKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat

A kivonó egység igazságtáblázata :

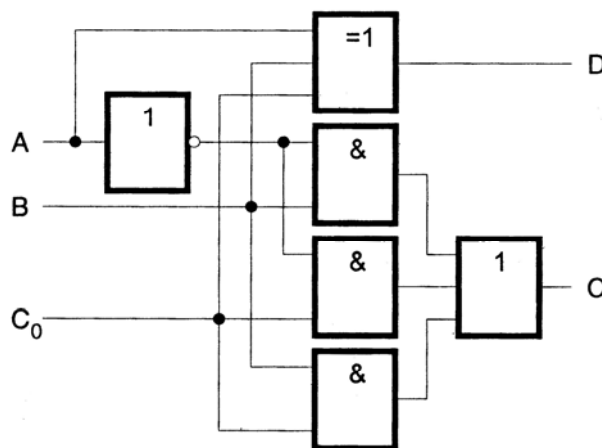
A	B	C ₀	D	C
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

Vezérlési függvények:

$$D = A \oplus B \oplus C$$

$$C = \bar{A} \cdot B + \bar{A} \cdot C_0 + B \cdot C_0$$

NÉV elemekből összeállított teljeskivonó kapcsolása az alábbi ábrán látható.

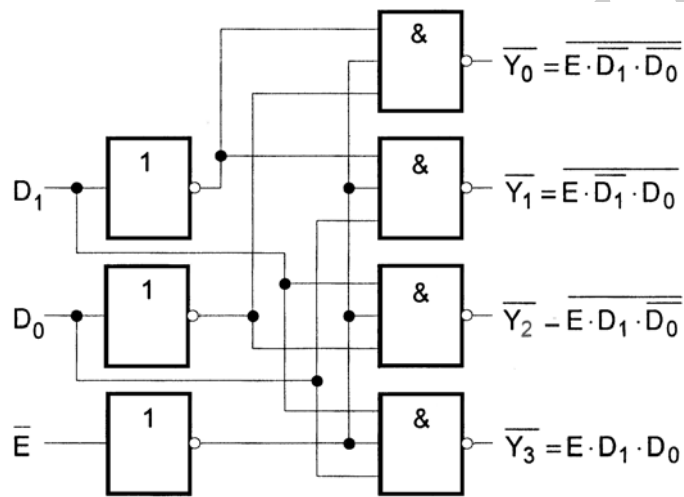


45. ábra. Teljeskivonó áramkör

2. feladat

A 2/4 bites dekódoló egység igazságtáblája :

\bar{E}	D_1	D_0	\bar{Y}_3	\bar{Y}_2	\bar{Y}_1	\bar{Y}_0
0	0	0	1	1	1	0
0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1
0	1	1	0	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1



46. ábra 2/4-es dekódoló egység

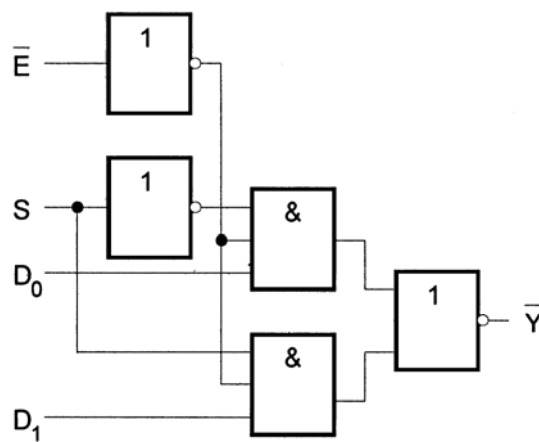
3. feladat

E	S	D_1	D_0	Y
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1

1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

$$Y = E \cdot \bar{S} \cdot D_0 + E \cdot S \cdot D_1$$

$$\bar{Y} = E \cdot \bar{S} D_0 + E \cdot S \cdot D_1$$



47. ábra. A multiplexer kapcsolása

4. feladat

1. Miben különböznek egymástól a fél és a teljes összeadók ?

A félösszeadók nem tudják figyelembe venni a kisebb helyértéktől érkező áthozat értékét, ezért a félösszeadók , csak az utolsó legkisebb helyértéken használhatók. A teljes összeadók 3. bemenete fogadni tudja az előző helyértéktől érkező áthozatot, a teljes összeadókból bármilyen hosszúságú összeadó áramkör készíthető.

2. Összeadásnál mi ad lehetőséget az átvitelképzés gyorsítására ?

Az átvitel gyorsítását az teszi lehetővé, hogy csupán a bemeneti adatokból megállapítható, hogy az adott összeadás esetén keletkezik-e átvitel. Az átvitelgyorsító az átvitel értékét tehát az összeadandó számok bitjeiből, még az összeadás elvégzése előtt, minden helyértéken egyszerre állítja elő.

3. Milyen műveletek végezhetők el az ALU áramkörökkel?

Az ALU áramkörökkel aritmetikai és logikai műveletek végezhetők el. Az ALU mérete és nagysága dönti, el, hogy az ALU milyen m egymástól független művelet elvégzésére alkalmas .

4. Ismertesse a prioritás dekóder működését!

A prioritás dekóder kimenetein annak a legmagasabb sorszámú bemenetnek a bináris kódja jelenik meg amelyiknek az értéke logikai 1-es értékű.

Ha például a bemenetek közül a 2. és az 1. bemenet logikai 1 értékű, akkor a kimeneten a 2. bemenetnek megfelelő 010 kód jelenik meg egy három bites átalakító esetén.

BEMENETEK							KIMENETEK			Decimális szám
Be7	Be6	Be5	Be4	Be3	Be2	Be1	Qc	QB	QA	Z
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
0	0	0	0	0	1	x	0	1	0	2
0	0	0	0	1	x	x	0	1	1	3
0	0	0	1	x	x	x	1	0	0	4
0	0	1	x	x	x	x	1	0	1	5
0	1	x	x	x	x	x	1	1	0	6
1	x	x	x	x	x	x	1	1	1	7

5. Mi a multiplexerek alapvető feladata?

A multiplexerek feladata az adatkiválasztás. Több vonalon érkező jelek közül a címző bemenetekkel kiválasztottat továbbítja a kimenet felé.

A multiplexerek olyan kombinációs áramkörök amelyek a címbemeneten kijelölt bemenet tartalmát juttatja a kimenetre.

6. Hogyan csoportosíthatók a regiszterek ?

Soros-soros regiszter Mind a beírás , mind a kiolvasás sorosan történik- shiftelésre szükség van mind beíráskor, mind kiolvasáskor

Soros-párhuzamos regiszter a beírás az adatbemenetről sorosan a kiolvasás a regiszterből párhuzamosan történik. Csak a beíráskor szükséges a shiftelés, kiolvasás a kimenetekről párhuzamosan történhet

Párhuzamos-soros regiszter Beírás a párhuzamos bemeneteken keresztül történhet, kiolvasáskor az információ eltolására van szükség.

Párhuzamos-párhuzamos regiszter , nem kell az információt eltolni , az információ egyszerre kerül beírásra és egyszerre történik meg a kiolvasás, adatregiszterként használjuk.

7. Mi a különbség a szinkron és az aszinkron számlálók között ?

A vezérlés típusa szerint a számlálók lehetnek aszinkron és szinkron számlálók .

- Aszinkron számlálóknál a számlálandó impulzusok általában csak az LSB bit tároló elemét vezérlik. A többi tároló elem egymástól kapja a vezérlést, az egyes tárolók átbillenése nem azonos időpontban történik.
- A szinkron számlálóknál a számláló minden tároló eleme egyszerre kapja az órajelet.

8. Hogyan csoportosíthatjuk a számlálókat ?

A számlálási kód szerint a számlálók lehetnek:

- Bináris számlálók
- Decimális számlálók
- BCD számlálók- normál BCD 8421 súlyozású számlálókól.
- Egyéb kóddal működő számlálók (Excess 3 , Johnson, Gray stb.)

Az alkalmazott tárolók típusa szerint a tárolók készülhetnek J-K , T, és D tárolókból. A J-K tárolók kialakítása egyszerűbb, a vezérlési függvények lényegesen könnyebb megoldásokat kínálnak. A T tárolók és a D tárolók bonyolultabb vezérlőfüggvényeket eredményezzenek.

A számlálás hossza az adott feladathoz illeszthető és meghatározható. Mivel a tároló elemek kétállapotúak, n számú tároló elem alkalmazásával 2^n egymástól különböző állapot állítható elő., azaz a számláló 2^n darab impulzus leszámlolására képes, modulusa 2^n .

A számlálás iránya szerint beszélhetünk növekvő sorrendű (up counter) , csökkenő sorrendű (down counter) és reverzibilis számlálókról (up-down counter).

Általában csak csökkenő számlálási irányú számlálót általában nem készítenek, a visszaszámlálást reverzibilis számlálókkal oldják meg.

A vezérlés típusa szerint a számlálók lehetnek aszinkron és szinkron számlálók .

- Aszinkron számlálóknál a számlálandó impulzusok általában csak az LSB bit tároló elemét vezérlik. A többi tároló elem egymástól kapja a vezérlést, az egyes tárolók átbillenése nem azonos időpontban történik.
- A szinkron számlálóknál a számláló minden tároló eleme egyszerre kapja az órajelet.

Számlálás folytonossága szerint a számlálók lehetnek lineáris számlálók és ciklikus számlálók (gyűrűs számlálók).

- A lineáris számlálók csak egy megadott számlálási sorrendet számlálnak, a számlálási hossz végén megállnak.
- A ciklikus (gyűrűs számlálók) a számlálási hossz végén újabb impulzus esetén újra kezdik a számlálást folyamatosan m számolnak a számláló leállításáig.

9. Milyen kapuáramkörre épülnek a paritás előállító és vizsgáló áramkörök ?

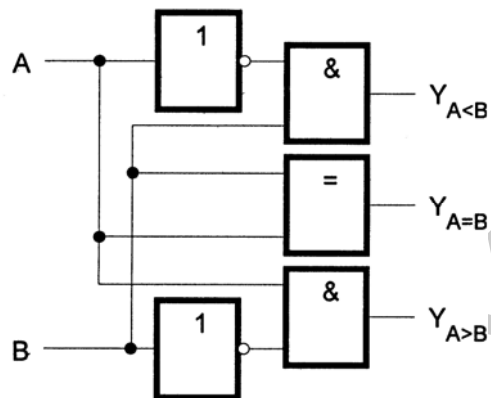
A kód paritásának vizsgálata páratlanság vizsgálattal lehetséges. A páratlanság függvényét F_{pt} -vel jelöljük és a kód bitjeit A_1, A_2, \dots, A_n -nel. Ha a kódszóban a benne szereplő 1-esek száma páratlan, azaz a modulo2 összeg értéke 1 akkor a paritásbit értéke 0 értékű.

A páratlanság függvényét modulo 2 összeadással írhatjuk fel.

$$F_{pt} = A_1 \oplus A_2 \oplus A_3 \oplus \dots \oplus A_n$$

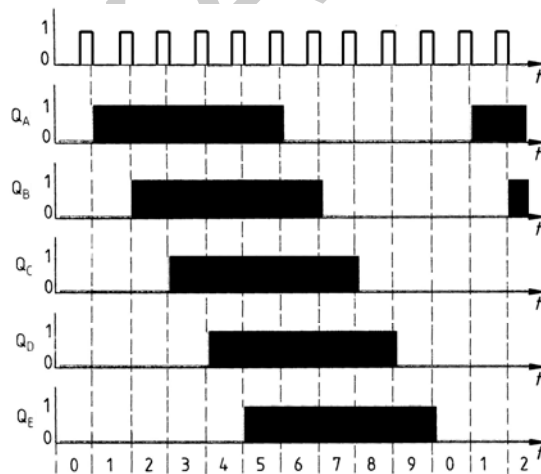
A paritás ellenőrzése tehát a kizáró vagy kapukra épülő áramköri hálózattal lehetséges.

10. Rajzoljon egy egybites digitális komparátor áramkört !



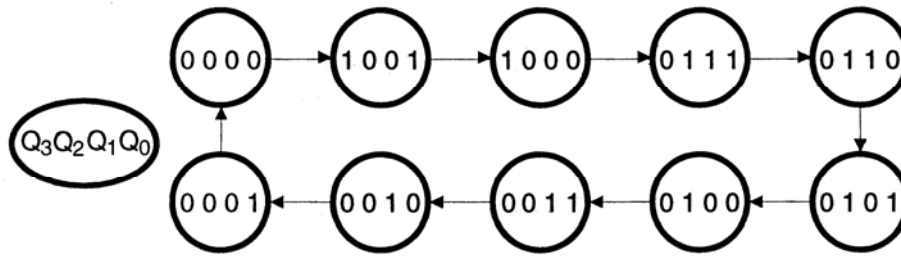
48. ábra. Egybites digitális komparátor

5. feladat



49. ábra. Johnson számláló idődiagramja

6. feladat



50. ábra. BCD hátraszámláló állapotgráfja

N állapot												N+1 állapot			
Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	T ₃	T ₂	T ₁	T ₀	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀				
0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1				
1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0				
1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1				
0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0				
0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1				
0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0				
0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1				
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0				
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1				
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0				

A tárolók vezérlési függvényei:

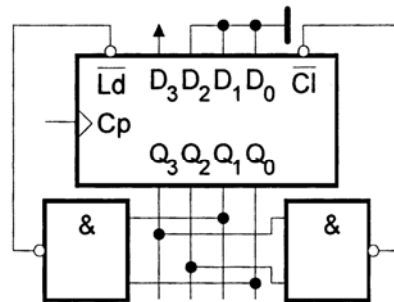
$$T_0 = 1$$

$$T_1 = \overline{Q_3} \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} + \overline{Q_3} \cdot Q_2 \cdot \overline{Q_0} + Q_3 \cdot \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0}$$

$$T_2 = \overline{Q_3} \cdot \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} + Q_3 \cdot \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0}$$

$$T_3 = \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0}$$

7. feladat



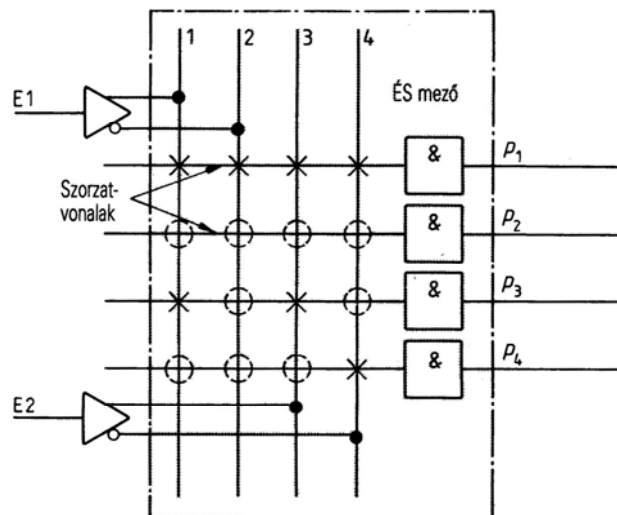
51. ábra A számláló kapcsolása

8. feladat

Mivel a rekeszek számát a címvonalak száma határozza meg ezért a 11 címvezetékekkel megcímezhető rekesz : $2^{11}=2028=2k$. Ha az adatvonalak száma 8, akkor a rekeszek mérete 8 bit.

Így az adott memória kapacitása : $2k \cdot 8$ bit.

9.feladat



52. ábra Programozott ÉS mező

$$p_1 = E_1 \cdot \bar{E}_1 \cdot E_2 \cdot \bar{E}_2 = 0 ,$$

$$p_2 = 1 \text{ (mert minden bemenetet felhúz tápfeszültségre)}$$

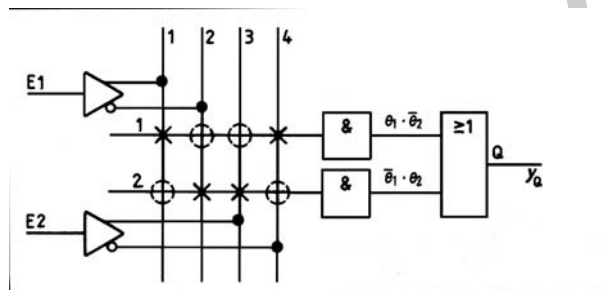
$$p_3 = E_1 \cdot E_2$$

$$p_4 = \bar{E}_2$$

10. feladat

$$\begin{aligned} \text{a) } y_Q &= (\bar{E}_1 + \bar{E}_2) \cdot (E_1 + E_2) \\ &= (\bar{E}_1 \cdot E_1) + (\bar{E}_2 \cdot E_1) + (\bar{E}_1 \cdot E_2) + (\bar{E}_2 \cdot E_1) \\ &= (\bar{E}_2 \cdot E_1) + (\bar{E}_1 \cdot E_2) \end{aligned}$$

b. A kapcsolás PLA áramkörrel



53. ábra. KIZÁRÓ VAGY kapcsolás PLA áramkörrel

11. feladat

	Kapacitás	RAM-ok száma
a)	16k*8 bit	32
b)	16M*9 bit	36
c)	8M*18 bit	144
d)	256k*32 bit	32

IRODALOMJEGYZÉK**FELHASZNÁLT IRODALOM**

Fodor Tamás – Nagy Imre : Digitális számítógépek I. Műszaki Könyvkiadó Budapest 1990

Tietze–Schenk: Analóg és digitális áramkörök Műszaki Könyvkiadó Budapest 1993.

Informatika és ipari elektronika Műszaki Könyvkiadó Budapest 1997

Kovács Csongor: Digitális General Press Kiadó Budapest

Szűcs László: Digitális áramkörök Kiadó: Szűcs László Székesfehérvár 1997

Horváth Zoltán–Juhász Róbert–Masa László: Ipari elektronika Műszaki Könyvkiadó Budapest 2000.

Klaus Beuth–Eugen Huber: Elektrotechnikai szakismeretek 2. B+V Lap és Könyvkiadó Kft. Budapest 1994.

Zombori Béla: Digitális elektronika Nemzeti Tankönyv és Tankönyvmester Kiadó Budapest 2002.

Fodor Tamás – Nagy Imre : Digitális számítógépek II. 6. kiadás Műszaki Könyvkiadó 1993.

D. Nührmann: Professzionális kapcsolástechnika OMIKK Budapest 1988.

Lambert Miklós: RC időzítésű billenőkörök Elektronika sorozat Műszaki Könyvkiadó Budapest 1984.

Rózsa Sándor : Amatőr mérőkészülékek építése Elektronika sorozat Műszaki Könyvkiadó Budapest 1985.

Szűcs László: Digitális áramkörök példatár feladatok–megoldások 1996.

AJÁNLOTT IRODALOM

Szittyá Ottó : Digitális és analóg technika Informatikusoknak LSI Oktatóközpont Budapest 1999.

G. Luecke–J.P.Mize–W.N.Carr : Félvezetős tárok tervezése és alkalmazása 1980.

Szűcs László : Digitális számítógépek Műszaki Könyvkiadó Budapest 1999.

Gerd Thiele: Félvezetős tárok Elektronika sorozat Műszaki Könyvkiadó Budapest 1990.

Horváthné Tőkei Zsuzsanna : Számítógép rendszertechnika Tankönyvmester Kiadó Budapest 2005.

Szűcs László: Informatika. 2000.

Takács Gábor: Analóg és Digitális áramkörök 2. Műszaki Könyvkiadó 1993.

K.Schlenzing: Elektronika Hobby Műszaki Könyvkiadó Budapest 1981.

MUNKANYAG

A(z) 0917-06 modul 020-as szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 523 01 0000 00 00	Elektronikai technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
30 óra

MUNKANYELV

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató