

Mádai László

Logikai alapáramkörök



A követelménymodul megnevezése:

Elektronikai áramkörök tervezése, dokumentálása

A követelménymodul száma: 0917-06 A tartalomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-017-50



ELEKTROMOSSÁG FELHASZNÁLÁSÁVAL MŰKÖDŐ LOGIKAI ELEMELK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön egy szervizben/üzemben dolgozik, ahol a készülékek, berendezések nagy része digitális, elektromos energiával működik

A szerviz/üzem szakképzésben tanulók gyakorlati foglalkoztatásának helyszíne is.

Feladata:

- információátadás a tanulók számára az elektromos energiával működő logikai hálózatok, áramkörök, típusaival, szerkezeti felépítésével, működésével kapcsolatban,
- ismereteinek alkalmazása a z üzemeltetési/szervizmunka során.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A kétértékű logikai rendszerekben, az információt az "igaz" – "hamis" logikai értékek jelentik.

Az elektromossággal, villamossággal működő logikai rendszerekben ezekhez a logikai szintekhez kétféle villamos, fizikai mennyiséget rendelhetünk a feszültséget vagy az áramot.

Áram logikáról beszélünk, ha a jelhordozó fizikai mennyiség áramlási útvonalának kapcsolásával alakul ki a logikai kapcsolat. A jelvivő van áram, nincs áram, rendszerben változik. **Feszültség logika** esetén a jelhordozó a feszültségszint nagysága: alacsony szint, illetve magas szint formájában. A logikai kapcsolat a bejövő szintek aktuális értékének és a kialakítandó logikai kapcsolatnak megfelelően biztosítja a kimenetek feszültség értékének a beállítását. Az áram és a feszültséglogika között megfelelő alkatelem felhasználásával váltani lehet.

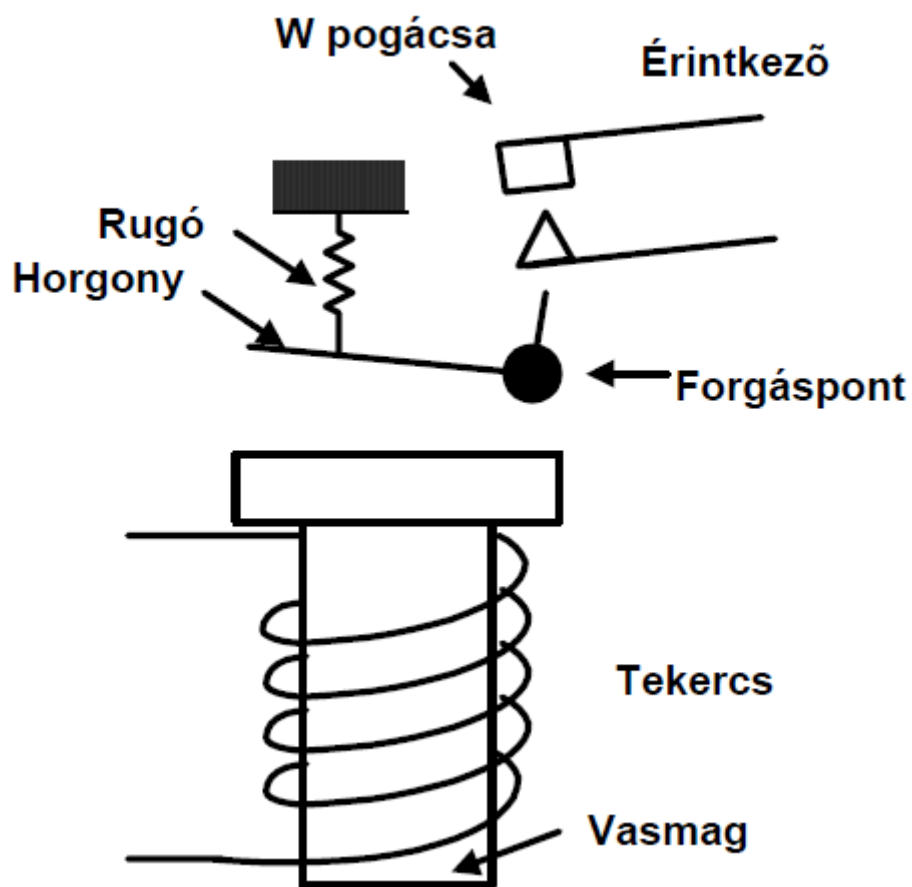
A logikai szintek kialakításakor mindig sávokról beszélhetünk, hiszen csak két érték tartományt, illetve átmenetként a köztes, ebből a szempontból nem értelmezettnek tekintett, bizonytalan tartományt használjuk. Ez a megközelítés, a megvalósítás során, az analóg áramköri megvalósításhoz képest könnyebbségeket jelent, és nagymértékben segítette a digitális elven működő berendezések elterjedését.

A z elektromos energiával működő, logikai kapcsolatokat megvalósító áramkörök lehetnek:

1. Érintkezős (relés)
2. Diódás
3. Tranzisztoros.

1. Érintkezős logikai áramkörök

A szerkezetükre utalva ezeket az eszközöket szokás elektromechanikus elemeknek is nevezni. Működésük lényegében azon alapszik, hogy ha egy tekercsbe áramot vezetünk, akkor annak mágneses tere képes zárni – nyitni érintkezőket.



1. ábra. Relé (jelfogó) szerkezete¹

Ezeknek az elektromechanikus szerkezeteknek három típusát különböztetjük meg:

- **Relé** – az érintkezői azonos méretűek, jellemző felhasználási helyük az ipari automatizálás

¹ A kép forrása: Funcionamiento de un- commons.wikimedia.org

- **Jelfogó** – a gyengeáramú területen alkalmazott "relé"
- **Mágneskapcsoló** – vannak főérintkezői (nagy áramok kapcsolására alkalmasak) és segédérintkezői – főáramkörben és vezérlőkörökben való alkalmazásuk a jellemző.



Záró érintkező



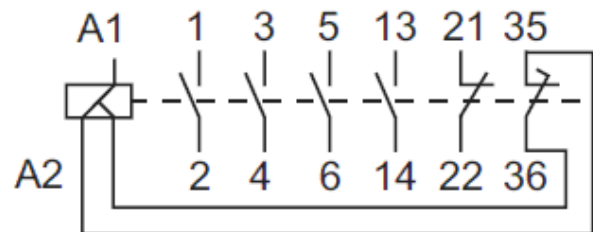
Nyitó érintkező

2. ábra. Mágneskapcsoló²

Az elektromechanikus szerkezetek érintkezői:

DIL-K(G)15-21

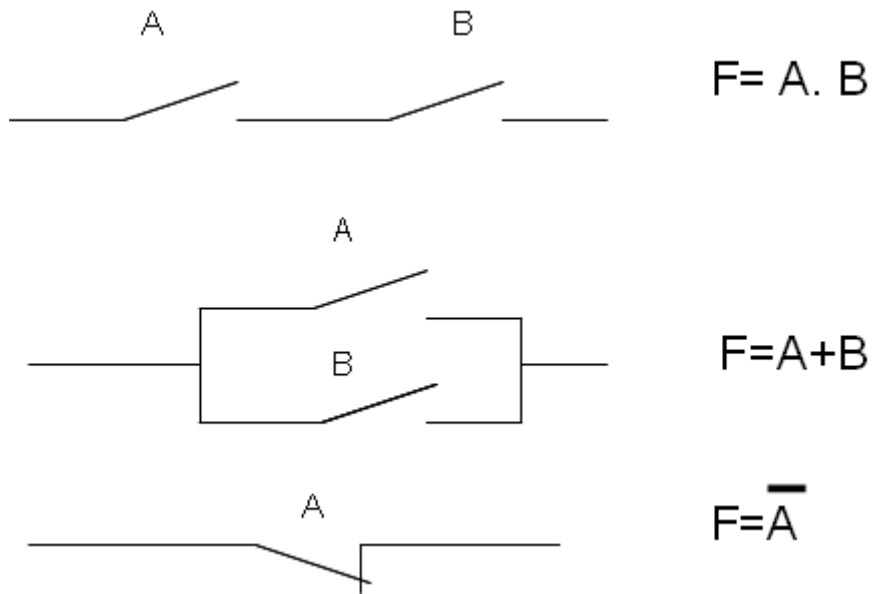
DIL-K(G)18-21



3. ábra. Főérintkezők(1-6), segédérintkezők (nyitó-21-22 és záróérintkezők13-14)

Az érintkezők sorba- illetve párhuzamos kapcsolásával hozhatunk létre logikai kapcsolatokat.

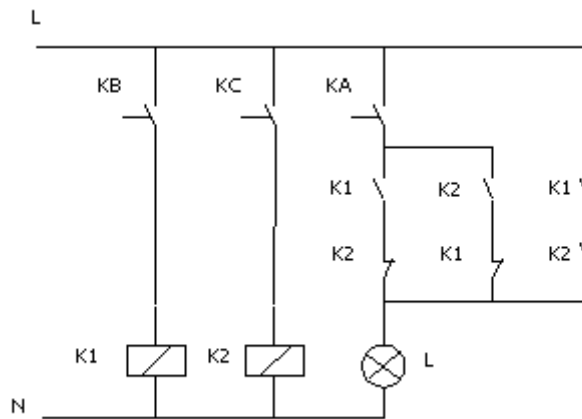
² Fotók Ganz 625 × 469 – 26k – jpg kazincbarcika.olx.hu



4. ábra. Alap logikai kapcsolatok érintkezőkkel

Példa alkalmazásra. (A legelterjedtebb ábrázolási mód az áramutas rajz.)

Ez egy vonatfülke világításának "demokratikus" megoldása. Akkor működik a világítás, ha legalább ketten akarják. Három utas "saját" kapcsolóval rendelkezik (KA, KB, KC)

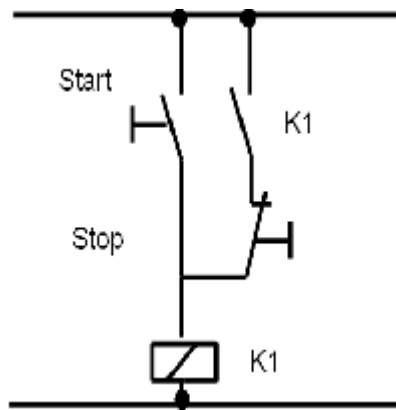


5. ábra. Példa áramutas rajza

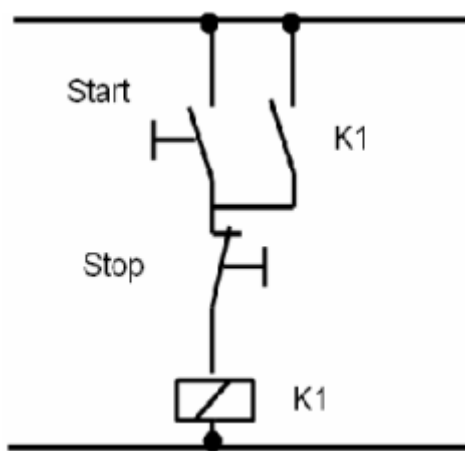
A kapcsolásból kihagyható lenne a K1 és K2 nyugvó érintkezője, de így a logikai összefüggés jobban látszik.

Bár az érintkezős vezérlések elavultnak tekinthetők, egyszerűségüknél fogva várhatóan még jó ideig találkozhatunk ezekkel.

Az alapkapsolások közül, az öntartó megoldásokat nézzük meg!



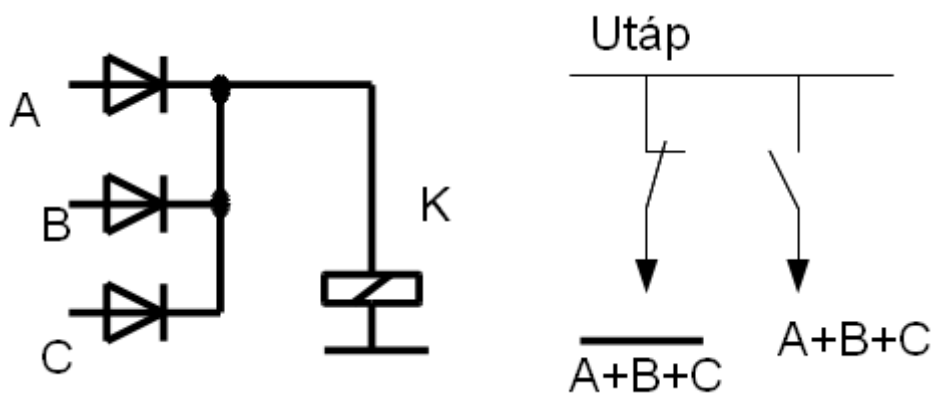
6. ábra. Meghúzás prioritású öntartás



7. ábra. Elengedés prioritású öntartás

2. DIÓDÁS logikai áramkörök

Ha a diódákat áramutas logikákban alkalmazzuk, akkor VAGY és VAGYNEM kapcsolatokat tudunk megvalósítani.



8. ábra. Diódás - relés logika

Az áramutas logikák után áttérünk a feszültség jellel működő logikákra.

A feszültség logika jellemzői:

Két szinttartományt különböztetünk meg, egy alacsony (Low) a földpotenciálhoz közeli, és egy magas (High) a tápfeszültséghez közeli sávot. Valós értékük áramköri méretezés eredménye.

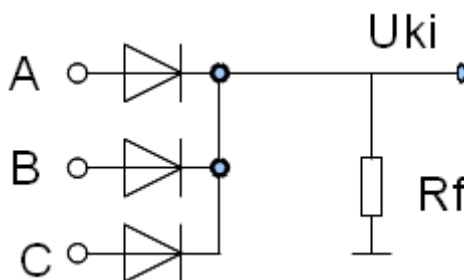
A tápfeszültség elvileg lehet + és - is.

A két tartomány logikai állapothoz rendelése, választás kérdése, így ha a logikai 1 a pozitívabb szintű tartomány, mint a 0 szinthez rendelt, akkor pozitív-, míg ellenkező esetben negatív szintű logikáról beszélünk.

Ma elsősorban pozitív tápfeszültségű pozitív logikát használunk. Tárgyalásunkban is elsődlegesen erre hivatkozunk. Ekkor az alacsony szint-tartományt 0-tól, a referencia földponttól számítjuk. A jelszintek megőrzéséhez szükséges aktív, szinthelyreállító elemek beépítése. A használatos, aktív elemeket tartalmazó kapcsolások ezt biztosítják.

Diódás VAGY kapu

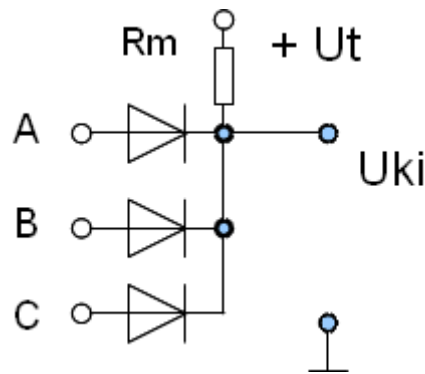
Az alábbi kapcsolásban ha minden bemeneten alacsony feszültség szint van, ekkor nem tud áram folyni, a diódák lezárnak. Ekkor a kimenet feszültségét az R_f ellenálláson átfolyó áram állítja be, az $U_{kiL} =$ alacsony feszültség szintre. Ez 0 V.



9. ábra. Diódás VAGY kapu pozitív tápfeszültség, pozitív logika

Diódás ÉS kapu:

A diódákon most akkor folyik áram, ha a hozzátartozó bemeneten alacsony L feszültség szint van. Bármelyik bemeneten lévő alacsony szint esetén a hozzátartozó dióda kinyit és az R_m munkaellenálláson áram folyik. A kimeneti szint a bemenet feszültsége plusz a dióda maradék feszültsége. $U_{kiL} = U_{beL} + U_m$ Ha mindegyik bemenet magas szinten van, akkor az összes dióda lezár, és a kimeneten magas szint jelenik meg. A diódákon ekkor a dióda típusának megfelelő záró irányú áram folyik.



10. ábra. Diódás ÉS kapu

Diódás kapuknál a diódákon létrejövő feszültségesés szinttorzulást okoz. Pl. ha $U_T = 5V$, akkor a szokásosan használt szilíciumdiódák esetén $U_m = 0,5 - 0,7 V$, így a magas szint a bemeneti magas szint és a tápfeszültség közötti érték. Ez a torzulás alacsony szintnél, ahol a $0 V$ helyett $0,7 V$ áll elő, káros.

A diódás logikával nem lehet jelregenerálást végezni, és invertert létrehozni. Erre a feladatra csak a hárompólusú elemek képesek. Fontos szempont viszont, hogy a diódákkal kialakított kapuk összeférnek mindegyik ma használatos logikai elemmel, és egyszerű módosításoknál hasznos kiegészítéseket adhatnak. Ezért alkalmazásukkal számtalan helyen lehet találkozni

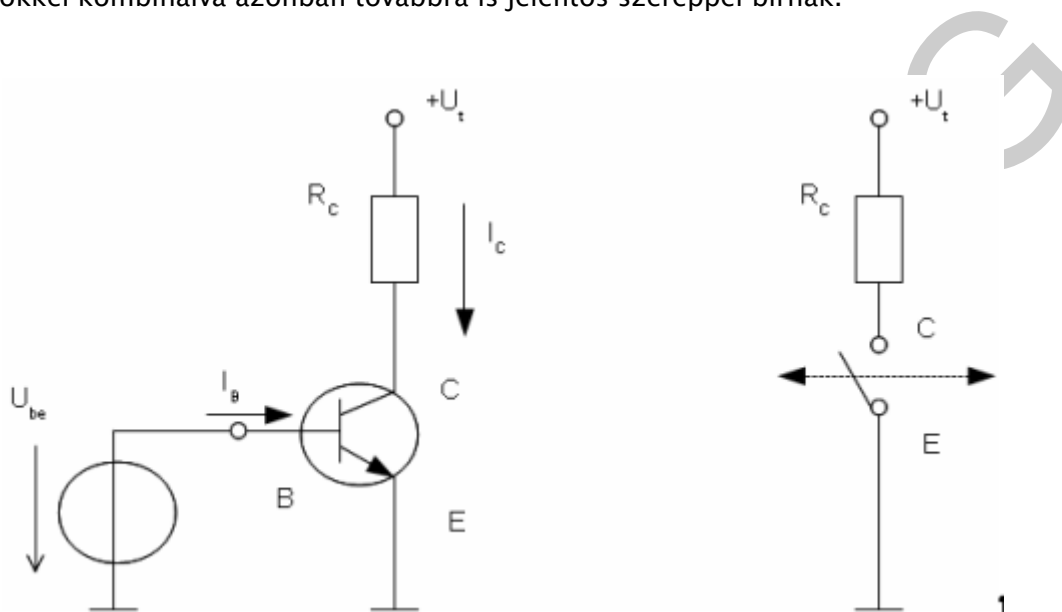
3. Hárompólusú félvezető kapcsolókkal megvalósított logikai elemek

Az elektronika fejlődése, ma már számos olyan kapcsoló elemet létrehozott, amelyekkel logikai áramköröket megvalósíthatunk.

A hárompólusú félvezető elemek főbb alaptípusai:

- Bipoláris tranzisztorok áramvezérlésű kapcsolóelemekként
- Bipoláris tranzisztor és Zener dióda kombinációja
- Záróréteges térvezérlésű tranzisztorok
- Szigetelt vezérlő elektródájú térvezérlésű tranzisztorok
- Tirisztorok - Triakok.
- Egyéb félvezető alapú kapcsolók
- Optoelektronikai eszközök
- Tisztán fényt alkalmazó eszközök

A **bipoláris tranzisztorokkal** hozták létre az első félvezető logikai elemcsaládokat. Ebből a típusból készült 1958-ban az első integrált áramkör. Még Germánium alapanyagból, de előnyös tulajdonságai miatt nagyon gyorsan áttértek a szilícium alapanyagú integrált áramkörök gyártására. Fontos szerepük volt a közepes integráltsági fokig, az integrált áramkörök elterjedésében. A bipoláris tranzisztor áramvezérelt eszköz. A működő kapcsolások kialakításához kiegészítő elemként ellenállásra van szükség. E miatt és az áramvezérlés igénye miatt a kapcsolások teljesítmény felvétele viszonylag nagy. A tisztán bipoláris áramkörökből létrehozott családok használata ma már háttérbe szorult. Más elvű félvezetőkkal kombinálva azonban továbbra is jelentős szereppel bírnak.



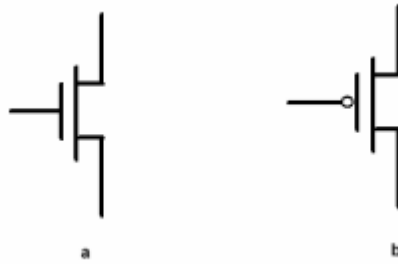
11. ábra. Bipoláris tranzisztor

Zárórteges térvezérlésű tranzisztorokat nem használnak logikai áramkörökben.

Szigetelt vezérlő elektródájú térvezérlésű tranzisztorok (IGFET = Field Effect Transzistor) napjainkban az integrált áramkörök egyik legfontosabb alapelemei. [Magyar elnevezésüket és az angol betűszót felváltva fogjuk használni] Feszültségvezérelt eszközök, e miatt és jó néhány kapcsolástechnikai fogás miatt teljesítményfelvételük kicsi. Jó néhány alaptípusuk létezik. A további tárgyalásunk szempontjából azonban csak két tulajdonságra összpontosítunk, és a jelölés módjukat is a felhasználás szempontjai szerint választjuk. A részletesebb megoldások iránt érdeklődőknek a magyar nyelven is bőségesen elérhető, a félvezetők részletes felépítését tárgyaló irodalmakat ajánljuk. A ma használatos elemek közül a legfontosabb típusok.

N-csatornás szigetelt vezérlő elektródájú térvezérlésű tranzisztornak, röviden, de nem pontosan n-FET-nek (a CMOS technológiában a növekményes típusokat használják) említjük a pozitív feszültségre nyitó, alacsony (0) szintre záró típust. (12.a. ábra).

p-csatornás szigetelt vezérlő elektródájú térvezérlésű tranzisztornak p-FET-nek említjük a pozitív feszültségre záró, alacsony (0) szintre nyitó típust. (12.b. ábra).

12. ábra. *n* és *p* csatornás FET

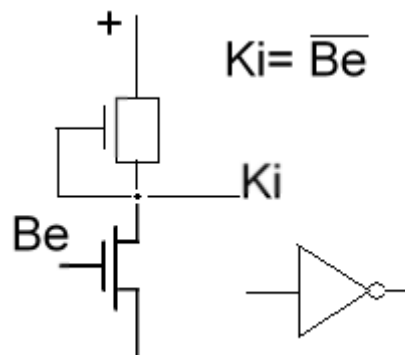
A **tirisztorok és a triakok** nagy áramok kapcsolására szolgáló eszközök. Elvileg velük is lehetne logikai kapcsolásokat felépíteni, ilyen alkalmazásuk azonban csak teljesítmény meghajtási körökben, egyszerű kapu feladatokra korlátozódik.

Egyéb félvezető alapú kapcsolások. Az integrált áramköri technikát kihasználva létre hoztak olyan kapcsoló elemeket is, melyek eltérnek a ma főleg használatos tranzisztor technikáktól. Elsősorban az úgynevezett ion injektált logikát kell említeni, mely egy speciális, csak integrált kivitelben létrehozható kapcsolás technika. Nagy sebességű és kis fogyasztású nagy integráltsági fokú áramkörök készíthetők belőlük. Hátrányuk a bonyolult gyártástechnológia és az, hogy a tranzisztoros logikával csak külön illesztő-áramkörök felhasználásával kapcsolhatók össze. Ezeket természetesen beépítik, az e technológiával készülő áramkörökbe. *(Gyártása bonyolult, ezért alkalmazása a folyamatosan nagyléptékben fejlődő CMOS technológia mellett háttérbe szorult.)*

Optikai elven működő logikai elemek. A félvezető technológia eredményeire támaszkodva számtalan Opto-elektronikai és tisztán optikai kapcsolókon alapuló megoldást dolgoztak ki.

4. Szigetelt vezérlő elektródájú tranzisztorokból felépített logikai kapcsolások

Inverter

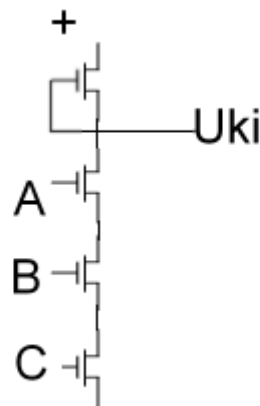


13. ábra. Inverter

A föld felé egy záró működésű tranzisztor van beépítve. A tápfeszültség felé egy ellenállásnak kapcsolt tranzisztor. Amennyiben a bemenetre 0 szintet kapcsolunk, a tranzisztor le van zárva, és a kimenetre az R_m ellenálláson keresztül, a tápfeszültség által megszabott szint kerül. A kimenet feszültsége, az átfolyó áramtól függ. Ha a bemenetre magas szintet kapcsolunk, a tranzisztor kinyit, vagyis záródik a kapcsoló, a föld felé áram folyik. Az áram két részből tevődik össze. Egyrészt az R_m munkaellenálláson átfolyó áramból, másrészt a terhelő kapcsolások által felvett áramból. A kimenet feszültsége a bekapcsolt tranzisztor maradék ellenállásától és az átfolyó áramtól függő, kis értékű maradék feszültség.

ÉS-NEM (NAND) kapu

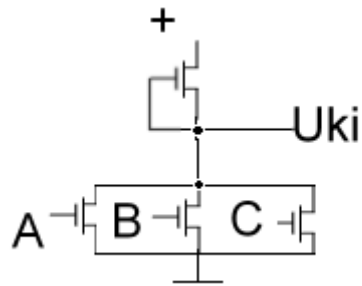
Sorba kötjük a bemenetszámnak megfelelő számú tranzisztort, és a sor alsó pontját a földhöz, felső pontját a kimenethez kötjük. A magas szintet itt is a kimenet és a tápfeszültség közé épített ellenállásnak kapcsolt FET biztosítja. Ha bármelyik bemeneten alacsony szint van, az általa vezérelt tranzisztor lezár, a kimeneti pont a felhúzó ellenálláson folyó áram hatására magas szintre kerül. Amikor az összes bemeneti tranzisztort a magas szintű vezérlő jelek kinyitják, a kimenet a földhöz közeli potenciálra kerül, teljesül a kapu logikai feladata.



14. ábra. n - csatornás FET-el kialakított ÉS -NEM kapu

VAGY-NEM (NOR) kapu

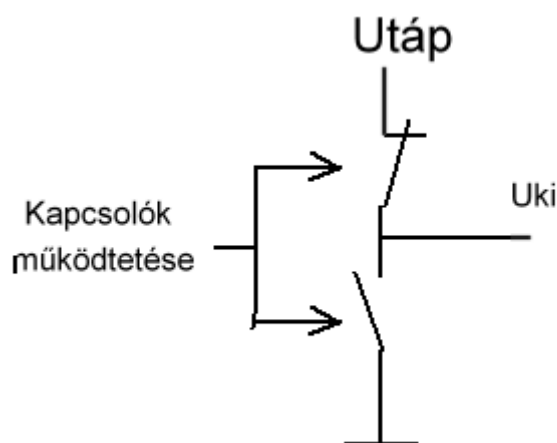
Most párhuzamosan kötjük a földágban lévő tranzisztorokat. Az ellenállást az eddig megismerttel azonosan használjuk. Ha mindegyik bemeneten alacsony szint van, lezár az összes tranzisztor, a kimenet magas szintre kerül. Amennyiben bármelyik bemenet magas szintű vezérlést kap, kinyit a hozzá tartozó tranzisztor és a kimenet alacsony szintre kerül.



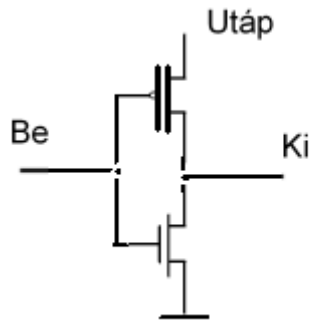
15. ábra. n csatornás FET-el kialakított VAGY – NEM kapu

(CMOS) logikák

A kétféle vezérlésű IGFET-eket kihasználva, lehetséges olyan kapcsolások kialakítása, ahol csak kapcsoló üzemű tranzisztorokat használunk, és nincs a kapcsolásban ellenállás. Az alapvető az Inverter kapcsolásán, ideális kapcsolókat feltételezve mutatjuk be. A kapcsolás két közös vezérlésű kapcsolóból épül fel. A záró kapcsolót a föld és a kimenet közé, míg a nyitó kapcsolót a kimenet és a tápfeszültség közé kötjük. Ha a bemenetre alacsony szintet vezetünk, az alsó kapcsoló zárva, a felső nyitva van és a kimenetre a magas szint, vagyis a tápfeszültség kerül. Amikor a bemenet magas szintű az alsó kapcsoló kinyit, felső lezár, a kimeneten az alacsony szint, a föld jelenik meg. (16. ábra.) Látható, hogy a kapcsolás alap kérdése, a 0 idő alatt történő átkapcsolás, vagyis, hogy a felső és az alsó kapcsoló egy időben ne legyen nyitva, mert ekkor a tápfeszültség és a föld között korlátozás nélküli áram folyhat, az eszköz tönkre menne. A valós IGFET-ek működési karakterisztikája megoldja ezt a kérdést. Egy valós vezérelt FET úgy viselkedik, mint egy változtatható ellenállás, melyet a kikapcsolt értéktől, tulajdonképpen igen nagy, több $M\Omega$ -s értéktől a teljes bekapcsolásig, néhány száz $10\ \Omega$ -ig változtatunk. A két IGFET ellenállása ellentétesen változik, így az átkapcsolás során mindig van egy jelentős áramkorlátozás a föld és a tápfeszültség között.



16. ábra. Kiegészítő kapcsolós (CMOS) INVERTER elvi helyettesítő kapcsolásai

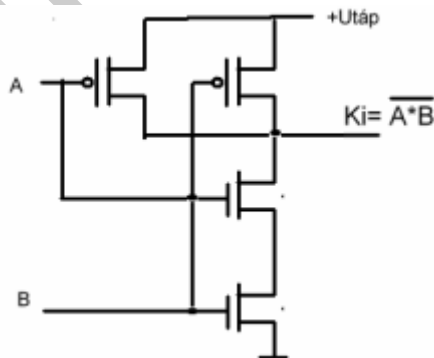


17. ábra. (CMOS) INVERTER elvi kapcsolása

CMOS- jelentése. – Complementary Metal Oxid Semiconduktor – Kiegészítőkapus fém oxid félvezető. Kezdetben, a szigetelt vezérlő elektródájú tranzisztorok szigetelőanyaga szilícium dioxid SiO_2 , vezérlő elektródája alumínium Al anyagú volt. Ma már más anyagú, többnyire SiN_3 (szilíciumnitrid) a szigetelés, és polikristályos Si (amí ugye félvezető anyag) a vezérlő elektróda. A név azonban megmaradt, és általánosan használatos.

ÉS-NEM (NAND) kapu

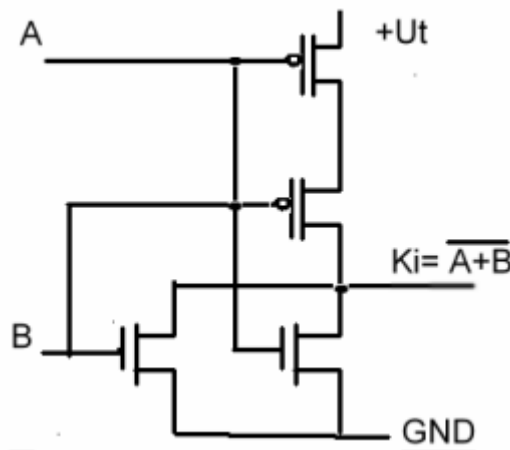
A föld ágban sorba kapcsolt n csatornás tranzisztorok, a tápfeszültség ágban ugyanazokkal a bemenőjelekkel vezérelt párhuzamosan kötött p csatornás tranzisztorok helyezkednek el. Amikor bármelyik bemeneten alacsony szint van, a hozzátartozó n csatornás tranzisztor lezár, és a p csatornás tranzisztor kinyit. A felső ágban áram folyhat, a kimenet magas szintre kerül. Ha mindegyik bemenet magas szintű, a soros ág minden tranzisztora bekapcsol, egyúttal a felső ág minden tranzisztora lezár, a kimenet alacsony szintű lesz. A kapcsolás energiát csak az átkapcsolás pillanatában vesz fel!



18. ábra. CMOS NAND kapu kapcsolási rajza

VAGY-NEM (NOR) kapu:

A kapcsolás az előző felépítés tükörképe. Az alsó párhuzamos (Vagy-nem) ágba n csatornás, a felső soros ágba p csatornás tranzisztorokat építenek be. Most, ha bármelyik bemenet magas szintű, a hozzá tartozó n csatornás tranzisztor, az alsó ágba kinyit, a felső ágba levő p csatornás tranzisztor lezár, és a kimenet alacsony szintre kerül. Ha mindegyik bemenet alacsony szintű, az összes alsó tranzisztor lezár, a felsők kinyitnak, és a kimenet magas szintre kerül.



19. ábra. CMOS NOR kapu kapcsolási rajza.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Olvassa el a: "Az érintkezős logikai áramkörök" c. fejezetet!

Tanári irányítással:

- Keressenek példát a környezetükben, működő érintkezős logikai áramkörök alkalmazására!

Olvassa el a: "A diódás logikai áramkörök" c. fejezetet!

Tanári irányítással:

- Társaival beszélgessenek a diódás logikai áramkörök alkalmazásának gyakorlati lehetőségéről!

Olvassa el a: "Hárompólusú félvezető kapcsolókkal megvalósított logikai elemek" c. és a "Szigetelt vezérlő elektródájú tranzisztorokból felépített logikai kapcsolások" fejezetet

Tanári irányítással:

Kutasson fel (szakirodalomban, elektronikus felületeken) a címben szereplő alkalmazásokat, majd társaival beszéljék meg ezek alkalmazásának gyakorlati eredményeit!

Ellenőrizze felkészültségét az Önellenőrző feladatok elvégzésével!

Bővítse ismereteit szakkönyvek, szakfolyóiratok, az internet, segítségével!

Lásd: Ajánlott irodalom

MUNKANYELV

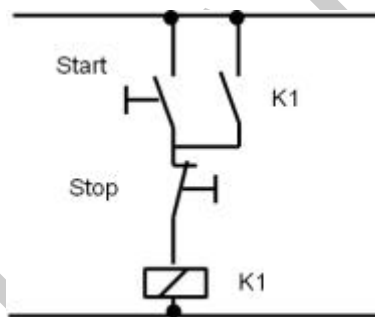
ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

A villamos áram melyik hatásán alapszik az elektromechanikus kapcsoló működése?

2. feladat

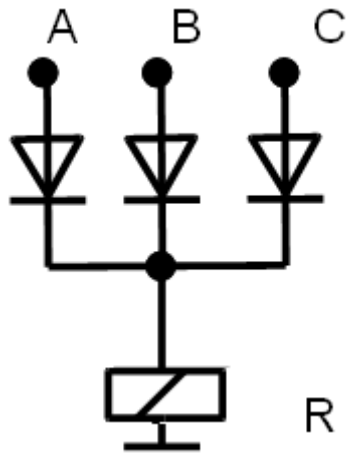
Készítse el a következő ábrán látható relés kapcsolás igazságtáblázatát! Fogalmazza meg a működés lényegét!



20. ábra. 2. feladat

3. feladat

A következő ábra elemzése után, válaszoljon a kérdésekre!



21. ábra. 3. feladat

Milyen jellel működik a kapcsolás?

Milyen logikai kapcsolatot valósít meg?

4. feladat

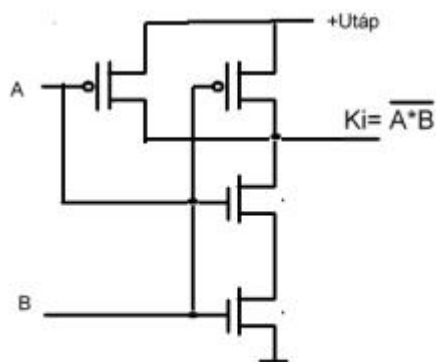
Sorolja fel a hárompólusú elektronikai elemeket!

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Az elektromechanikus eszközök mozgó részeit a villamos áram mágneses hatása, az abból fakadó erőhatás mozgatja

2. feladat



22. ábra. 2. feladat

Stop	Start	K1
0	0	n-1
0	1	1
1	0	0
1	1	1

A start és Stop egyidejű működtetésekor a K1 meghúzott állapotba lesz.

3. feladat

– Áram jellel..

Milyen logikai kapcsolatot valósít meg?

A relé záró érintkezője VAGY kapcsolatot, a nyitó érintkezője VAGY – NEM logikai kapcsolatot valósít meg

4. feladat

Sorolja fel a hárompólusú elektronikai elemeket!

Bipoláris tranzisztorok áramvezérlésű kapcsolóelemekként

Bipoláris tranzisztor és Zener dióda kombinációja

Záróréteges térvezérlésű tranzisztorok

Szigetelt vezérlő elektródájú térvezérlésű tranzisztorok

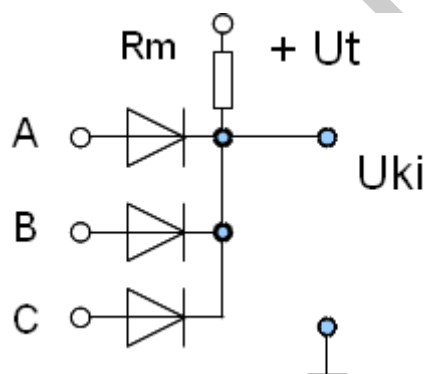
Tirisztorok - Triakok.

Egyéb félvezető alapú kapcsolók

Optoelektronikai eszközök

Tisztán fényt alkalmazó eszközök

5. feladat



23. ábra

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Fodor Tamás – Nagy Imre: Digitális számítógépek I–II. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.

http://e-oktat.pmmf.hu/digitalis_tech

AJÁNLOTT IRODALOM

Ajtonyi István: Digitális rendszerek, ME kiadó 2000.

Zsom Gyula : Digitális technika I., Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1998.

Arató Péter: Logikai rendszerek tervezése, Műegyetemi kiadó, 2002.

Markó Imre: PC-k konfigurálása és installálása, LSI Oktatóközpont
A Mikroelektronika Alkalmazásának Kultúrájáért Alapítvány, Budapest 1998.

Fábián Tibor: Információtechnika II, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990

Dr. Keresztes Péter: Digitális hálózatok és rendszerek, Széchenyi István Egyetem, 2002.

A(z) 0917-06 modul 017-es 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:
25 óra

MUNKANYAG

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