

ARHITECTURA CALCULATOARELOR

Informatica , 2021-2022, an I

Curs 2 + Curs 3

**1) Componente electronice de baza
folosite in calculatoare**

2) Porti si circuite logice

**Universitatea de Vest din Timisoara, Facultatea de Matematica si Informatica
ARHITECTURA CALCULATOARELOR, Informatica , 2021-2022, an I**

Curs 2 + Curs 3

Componente Electronice De Baza Folosite In Calculatoare

Dr. Mafteiu-Scai Liviu Octavian

SCOP:

“Componente electronice de baza folosite in calculatoare” este de asemenea un curs interesant care te va ajuta in viitoarea ta cariera de programator pentru a avea o imagine de ansamblu corecta despre “gandacii” si sarmele care se afla in cutia numita calculator, mai precis despre elementele de baza, “primordiale” ce au intrat si intra in componenta acestuia.

OBIECTIVE:

La sfarsitul acestui curs (daca vei fi atent) vei fi capabil sa:

- identifici componentele electronice de baza ce alcatauiesc un calculator.
- intelegi rolul si functionalitatea acestor componente la nivel de simplu utilizator (nu la nivel de inginer electronist);
- stii rolul si aplicatiile unor computere mai speciale, numite microcontrolere.

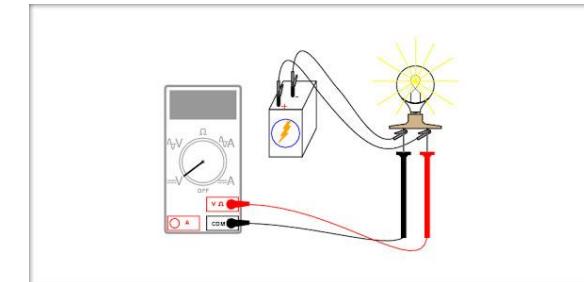
MARIMI si MASURI de baza in electronica:

Tensiunea electrica

- diferență de potențial între două puncte ale unui circuit electric (*dezechilibrul de electroni*)
- proporțională cu energia necesară deplasării unei sarcini electrice între cele două puncte: $U=L/Q$
- tensiune electrica: alternativa și continuă
- unitate de masura: V (volt) KV (nu în calculatoare!) mV, μ V
- instrument masura: voltmetru



- mod masurare: "in paralel"

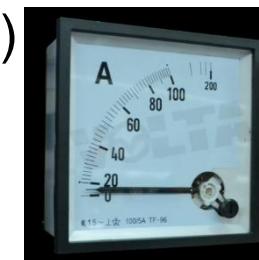


- Obs: voltmetrul are o rezistență internă (impedanță) f. mare

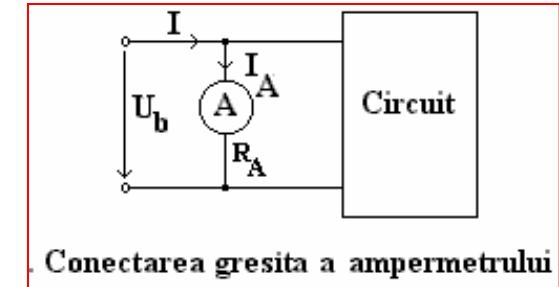
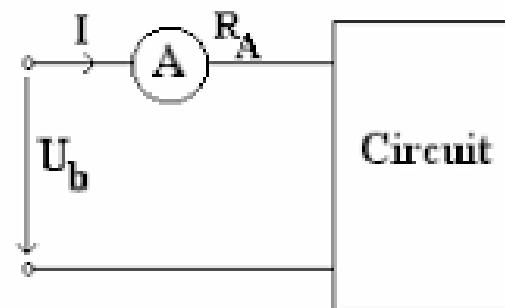
MARIMI si MASURI de baza in electronica:

CURENTUL ELECTRIC

- *curentul electric este deplasarea electronilor de la “-” la “+” (adica de unde au plecat)*
- *curentul electric exista doar dacă există o tensiune electrică și un traseu de întoarcere a electronilor (numit consumator). Acest traseu trebuie să fie un material care are conductivitate electrică.*
- **intensitatea curentului electric:** arată cât de multe sarcini electrice trec printr-un conductor electric într-un anumit interval de timp.
- unitate de masura: A (mili si micro)
- Instrument masura: ampermetrul:

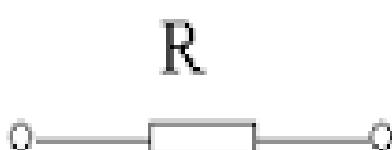


- Conectare: in serie

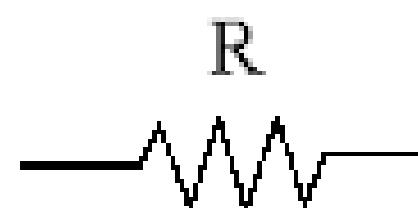


Rezistorul electric

- **Rezistorul** (*rezistenta* in jargonul electronistilor) este o componenta electrica pasiva a cărei principală proprietate este rezistența electrică, adica capacitatea de a se opune mai mult sau mai putin trecerii curentului electric.



sau



- **Legea lui Ohm:** curentul electric care trece prin rezistor este proporțional cu tensiunea electrica aplicată la terminalele rezistorului:

$$I = U/R$$

- **Unitate de masura:** ohm (i)
- Efectul termic (*efect Joule*)

? De ce se inroseste nichelina de la un radiator?
? De ce ia foc un cablu innadit prost?

Rezistorul electric –continuare-

- Se realizeaza din metale, aliaje, pelicule cu carbon, pelicula metal-oxid.

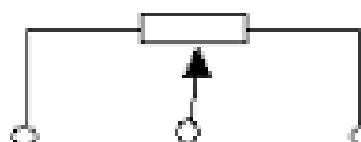


- Valoarea lor este marcata in clar sau prin folosirea unui cod al colorilor.

Rezistorul electric –continuare-

- **Rezistori variabili** (*potentiometru* in jargonul electronistilor): valoarea se modifica prin deplasarea mecanica a unui cursor pe suprafata rezistiva:

R

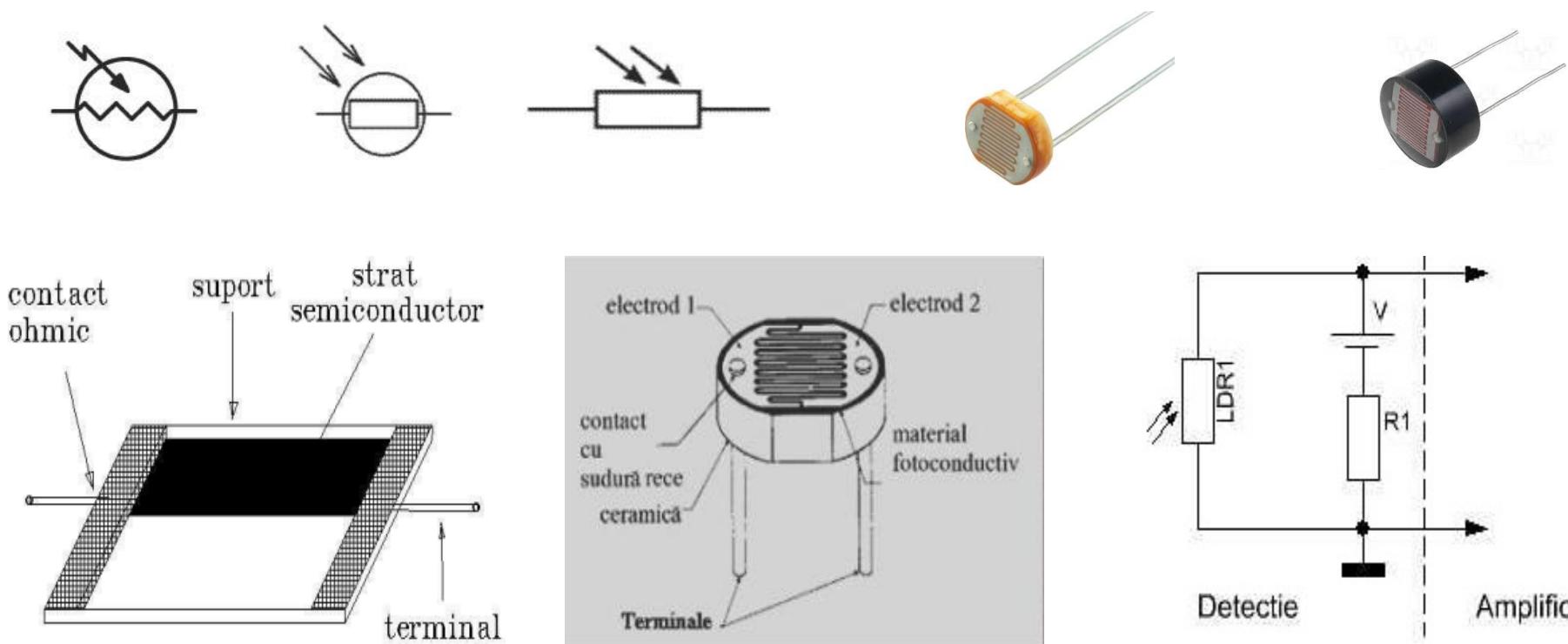


Nota: rezistorul nu creste/diminueaza curentul electric. Doar caderea de tensiune se modifica, adica o tensiune electrica mai mica va ramane pentru restul circuitului

Rezistorul electric –continuare-

Fotrezistorul: realizat dintr-un material semiconductor omogen

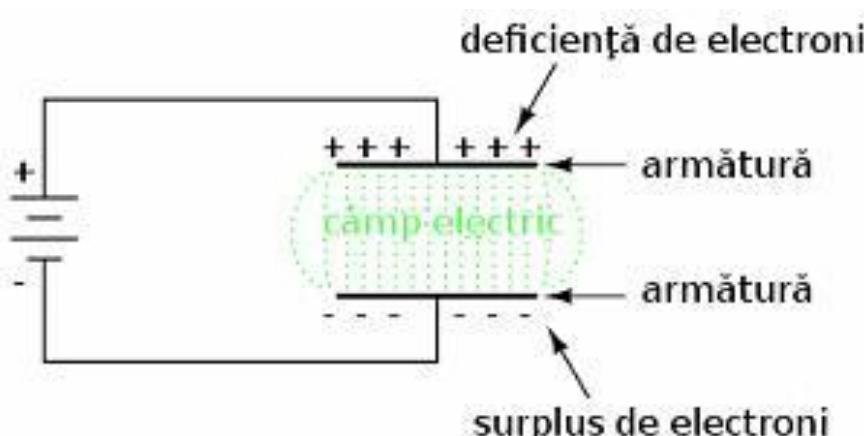
- rezistenta se modifica sub incidenta unui flux luminos incident.
- bazat pe fotoconductivitate (eliberare de electroni liberi datorita radiatiei luminoase => creste conductivitatea electrica a semiconductorului (efect fotoelectric intern)).



Realizare: pelicula din material semiconductor (sulfuri, seleniu), depusa prin evaporare în vid pe un gratar metalic , fixat pe o placă izolatoare.

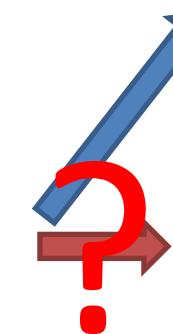
Capacitorul electric

Capacitorul (condensator in jargonul electronistilor): dispozitiv electric pasiv ce inmagazinează energie electrică sub forma unui camp electric între două placi/armaturi, prin încărcarea acestora cu sarcini electrice egale și de semn opus. Între placi se află un material izolator (dielectric) ? De ce ?



≈ acumulator care stocheaza energie electrica dar:

- condensatorul se descarca de toata energia intr-o fractiune de secunda
- acumulatorul se descarca in minute sau ore.



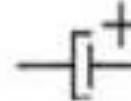
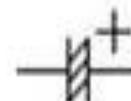
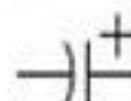
Capacitorul electric – continuare-

Reprezentare in scheme electrice:

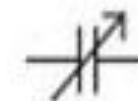
Condensatori



Condensatori polarizați



Condensatori variabili



unde?

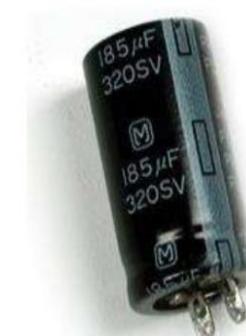
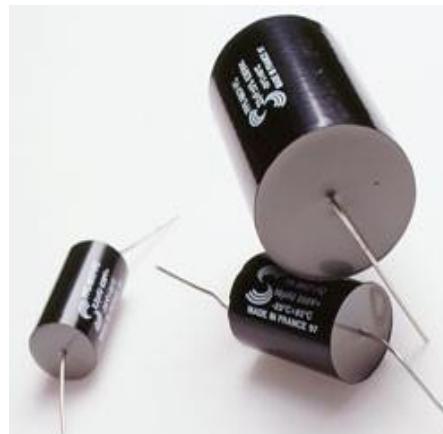
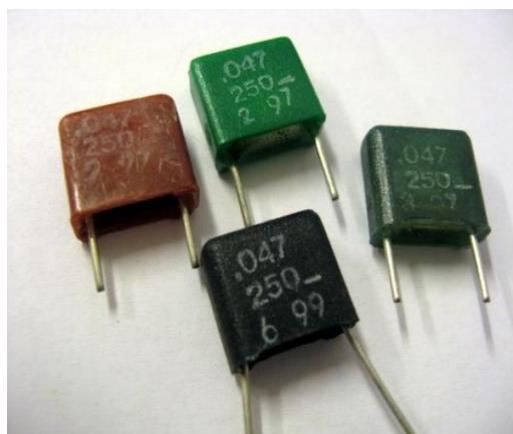


Capacitorul electric – continuare-

- Unitatea de măsură: F (farad) (capacitatea de a stoca un coulomb de sarcina la tensiunea de 1 volt)
- 1F este o valoare mare => submultiplii precum microF, nanoF, picoF
- Energia stocata de un condensator este:

$$E = \frac{1}{2} U \cdot C$$

- Tipuri de condensatoare: electrolitice, cu tantal, ceramice, cu poliester etc.

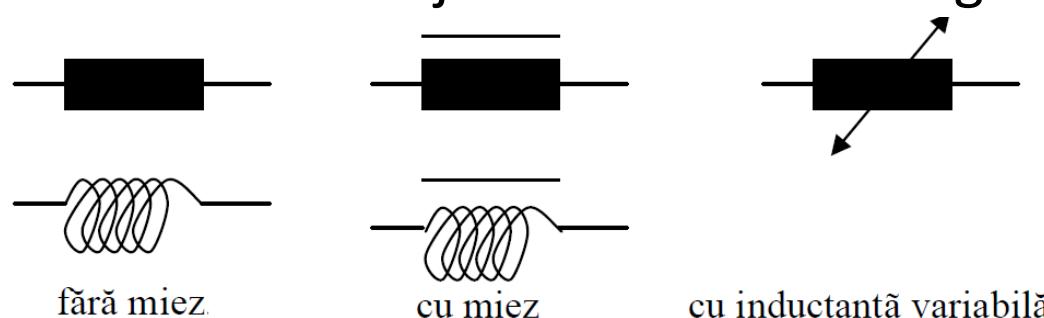


Nota: curentul continuu nu trece prin condensator, doar cel alternativ si drept urmare condensatoarele se gasesc in general in circuite electrice de curent alternativ.

Bobina

Bobina: dispozitiv electric pasiv, cu rol de înmagazinare energie sub forma de camp magnetic sau de detectare a câmpurilor magnetice.

- mai multe spire infasurate in jurul unui circuit magnetic.



Rolul unei bobine este dublu, in functie de cerintele circuitului electric in care se afla:

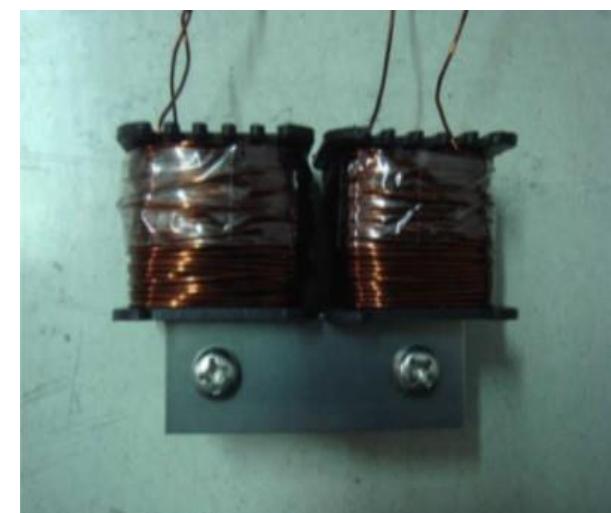
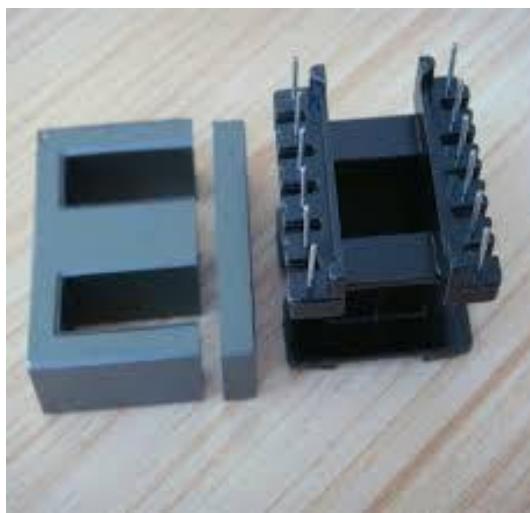
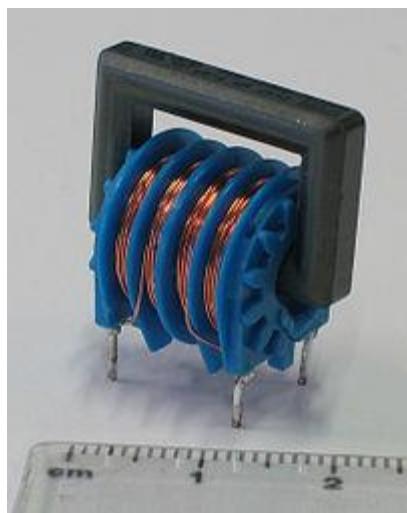
- produce *tensiune magnetomotoare* când spirele sunt parcuse de curent electric;
- produce *tensiune electromotoare indusa*, atunci când circuitul magnetic este străbătut de flux magnetic variabil în timp.

Bobina –continuare-

Tensiunea magnetomotoare produsă de bobină, cât și tensiunea electromotoare indușă în bobină, sunt direct proportionale cu numărul de spire ale bobinei (în fapt lungimea conductorului).

Cresterea campului magnetic propriu prin:

- dispunerea conductorului sub formă de spire;
- introducerea unei piese din material magnetic (miez magnetic) în interiorul bobinei.



- Transformator: rol, functionare, constructie, raport de transformare

Bobina –continuare-

Inductanta (inductivitatea) depinde de: forma, dimensiunile si numarul de spire ale bobinei, precum si de permeabilitatea magnetica a miezului.

Factorul de calitate (Q) raportul dintre reactanta si rezistenta proprie:

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

In practica: rezistenta mica => factor de calitate mare.

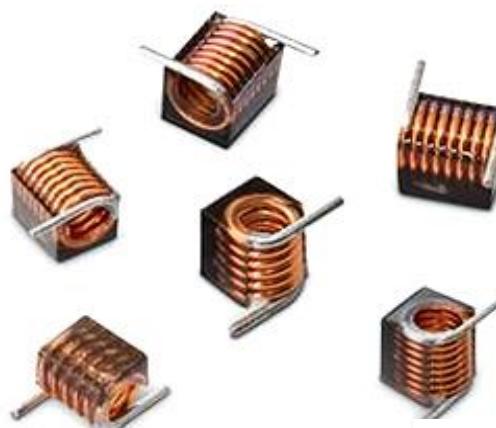
Dar, la cresterea frecventei de lucru, creste rezistenta conductorului (datorita efectului pelicular si aparitiei curentilor turbionari).

Efectul pelicular se datoreaza distributiei neuniforme a campului magnetic in interiorul conductorului. Currentul circula numai la suprafata conductorului, interiorul ramanand "gol", ceea ce echivaleaza cu reducerea sectiunii transversale. Se poate mari diametrul conductorului, dar cresc pierderile datorate curentilor turbionari. Pentru fiecare frecventa exista un diametru optim, la fel cum pentru fiecare bobina exista o frecventa la care factorul de calitate este maxim, frecventa ce depinde de constructia bobinei.

Bobina –continuare-

Capacitatea proprie a bobinei reprezinta capacitatea dintre spirele bobinei. Pentru micsorare:

- bobinaj cu pas;
- bobina se imparte in sectiuni;
- bobinari speciale speciale (spire neparalele, bobinaj fagure, etc.).



Bobina –continuare-

Cuplaje parazite: doua sau mai multe bobine se afla la distante mici.
Solutie tehnica: bobinele se introduc in ecrane (aluminiu sau cupru)
Dar, astfel, inductanta si factorul de calitate scad, iar capacitatea proprie creste.

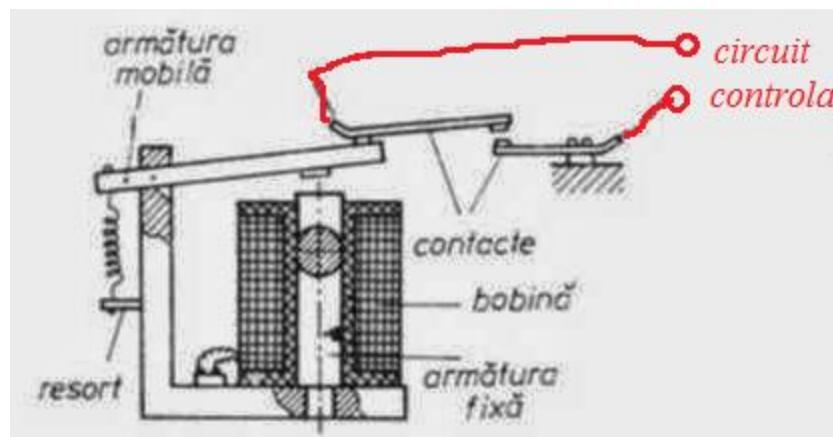


Recunoasteti ?

Releul

Releul: dispozitiv electro-mecanic care transformă un semnal electric într-o mișcare mecanică care la rândul ei închide/deschide unul sau mai multe circuite electrice.

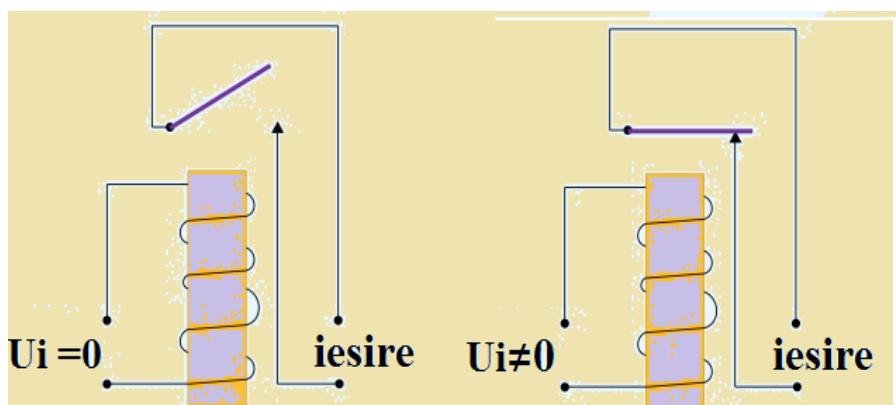
- Alcătuire: o bobină pe un miez din metal și o armătură metalică mobila, cu unul sau mai multe contacte.



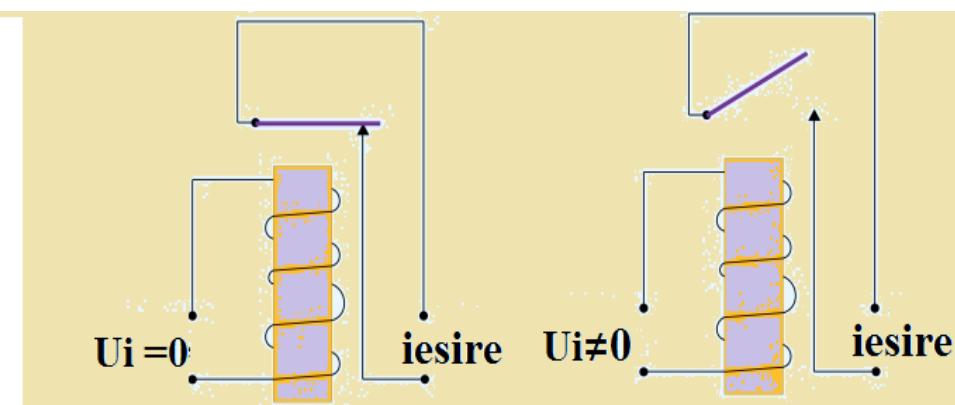
- Functionare: cand o tensiune electrică este aplicată la bornele bobinei, curentul din bobina va genera un camp magnetic care mișcă o placuta metalica ce închide/deschide o pereche (sau mai multe) contacte electrice care la rândul lor închid/deschid alt set de contacte electrice.

Releul –continuare-

normal deschis



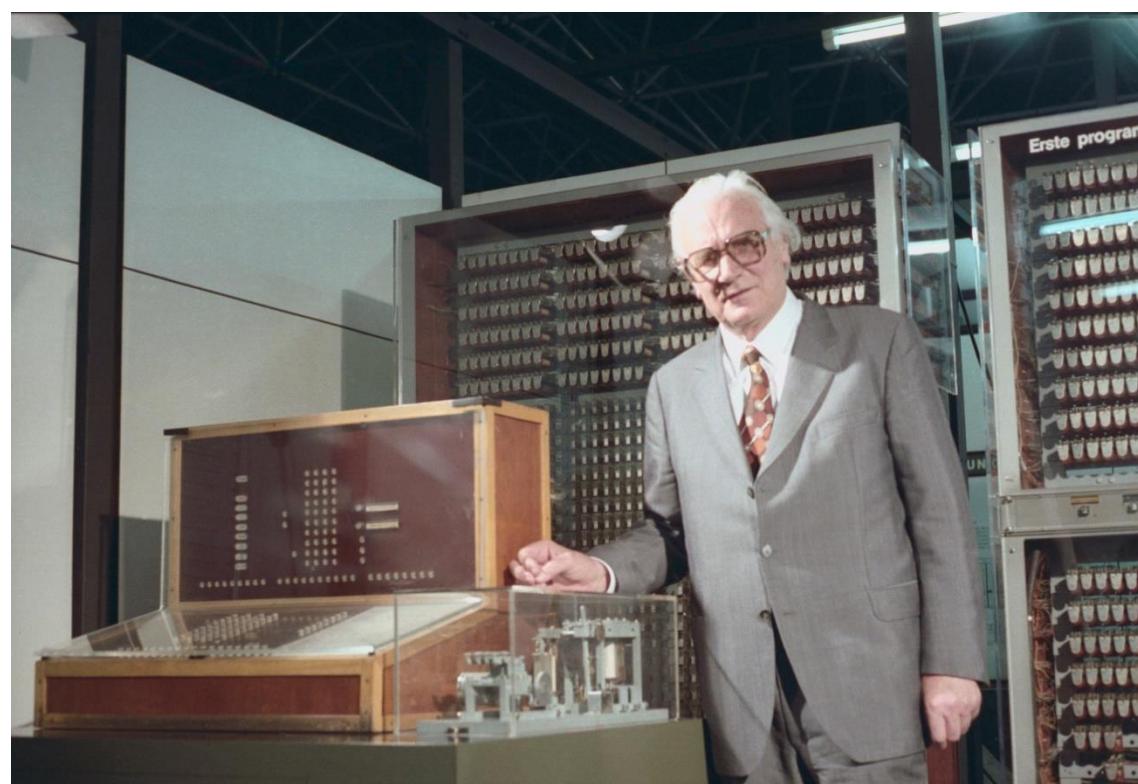
normal inchis



In practica exista si variante mixte, adica se inchid unele contacte si se deschid altele.

Uneori, puterea comandata depaseste puterea suportata de catre contactele releului si atunci releul comanda la randul lui alt dispozitiv de putere.

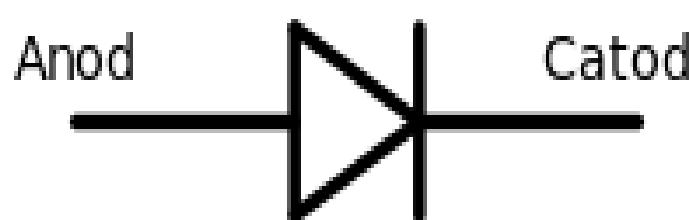
Releul –continuare-



Calculatorul Z3 cu relee,
ing. Konrad Zuse, Germania

Dioda

- **Dioda: componenta electronica activa** cu două terminale, având conductivitate asimetrică (conduce curentul electric într-un singur sens.) În realitate are o rezistență electrică mică la trecerea curentului într-un sens și o rezistență electrică mare la trecerea curentului electric în celalalt sens.



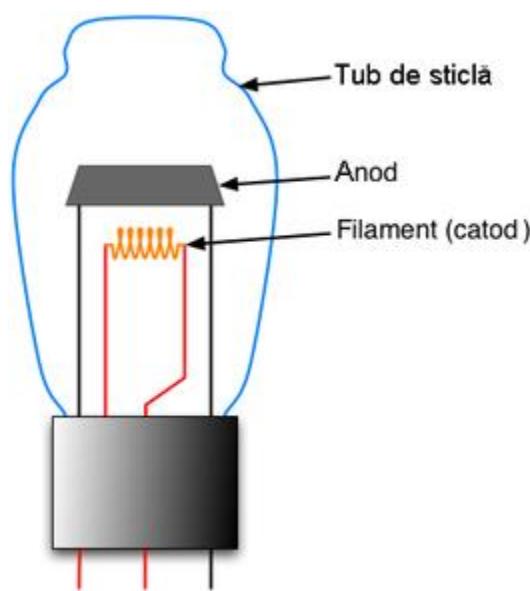
Dioda –continuare-

In timp, in functie de nivelul de dezvoltare tehnologic, trei tipuri de diode: in tub cu gaz, in tub vidat si semiconductoare.

Dioda cu gaz

Tub electronic cu gaz la presiune mica ($0,1$ mm col. Hg), cu descărcare în arc electric.

Doua tipuri: cu catod cald si cu catod rece.

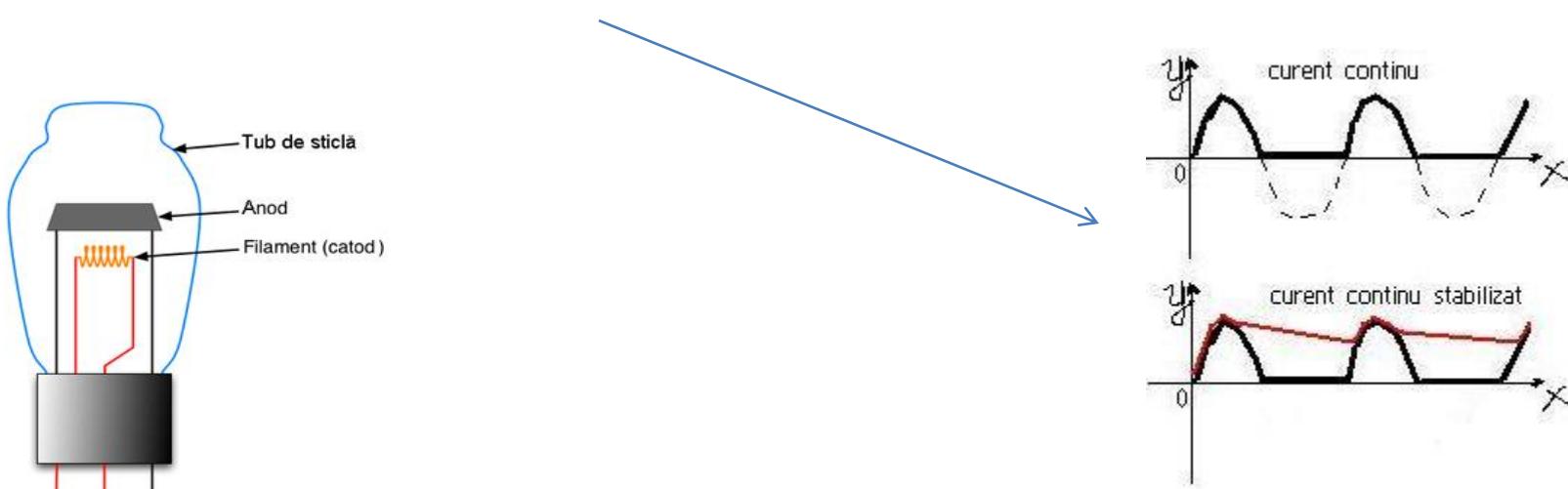


dioda dubla redresoare cu gaz

Dioda –continuare-

Dioda cu vid

Catodul este încălzit până la incandescență și va emite electroni care formează în jurul lui o sarcină spațială. Aplicând pe anod o tensiune pozitivă, electronii din jurul catodului se vor deplasa către anod, constituind curentul anodic al diodei (curent care circula și prin circuitul extern). Inversând polaritatea tensiunii, curentul electric nu va circula (fen. folosit la redresare curent el. alternativ).



Curentul anodic variază în funcție de tensiunea anodică, dar este limitat superior de capacitatea catodului de a emite electroni (dioda este o componentă electronică neliniară)

Dioda –continuare-

In functie de numarul de electrozi avem diode (cu doi electrozi), triode (cu trei electrozi), tetrode (cu patru electrozi), pentode (cu cinci electrozi), hexode (cu şase electrozi), heptode (cu şapte electrozi), octode (cu opt electrozi) etc.



Materiale semiconductoare

- In functie de rezistivitate, avem materiale:
- conductoare (metalele): între 10^{-6} si 10^{-4} ohm·cm
- semiconductoare (siliciul și germaniul): 10^2 si 10^3 ohm (se găsesc pe coloana a IV-a a tabelei Mendeleev, având patru electroni de valență)
- izolatoare (cuart, diamant): intre 10^{10} si 10^{20} ohm·cm
- Semiconductoare: materiale solide sau lichide cu o conductivitate electrică intermediară între materialele conductoare și cele izolatoare.
- Modificarea comportării electrice a semiconductoarelor se realizeaza prin adăugare de impurități, prin procesul de dopare (difuzie chimica controlata)

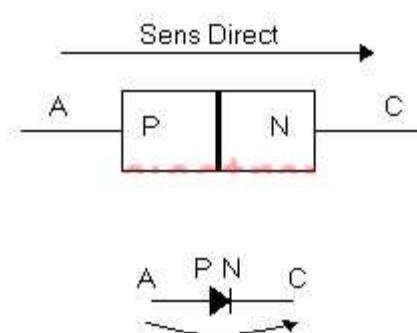
Tipuri de materialele semiconductoare:

- tip **n**, unde electronii sunt in exces; obtinute prin adăugarea de impurități precum *fosfor* sau *arseniu*, elemente care se găsesc pe coloana a V-a
- tip **p**, unde purtătorii de sarcină în exces sunt cei pozitivi (goluri); obtinute prin adăugarea de impurități precum *bor* sau *aluminiu*, aflate pe coloana a III-a

Dioda –continuare-

Dioda semiconductoare

Dispozitiv electronic realizat pe un strat semiconductor, alcătuită dintr-o joncțiune pn prevăzută cu contacte metalice la regiunile p și n , aflată într-o capsulă (sticla, metal, ceramica, plastic).



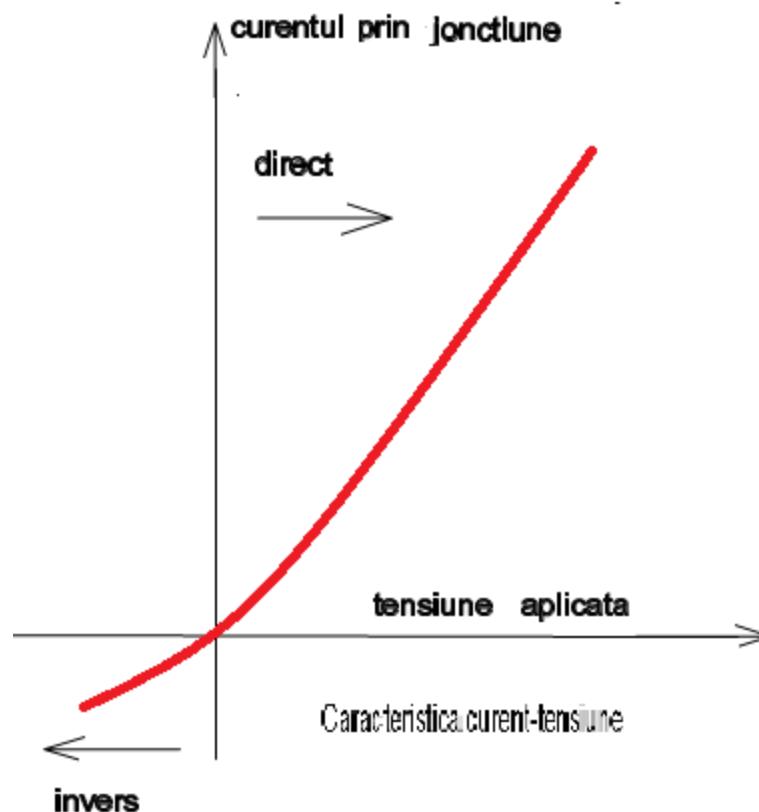
Regiunea p este anodul diodei, iar joncțiunea n , catodul diodei. La fel ca și la diodele în tub, conductivitatea este unidirectională.



!!!!!! Toate sunt diode semiconductoare !!!!!!! Avem cazuri particulare.....

Dioda –continuare-

Caracteristica curent-tensiune a diodei semiconductoare



Nota: **cazul ideal nu există** deoarece la polarizare directă permite trecerea unui curent mare (current direct), iar la polarizare inversă permite trecerea unui curent mic (current invers).

Dioda –continuare-

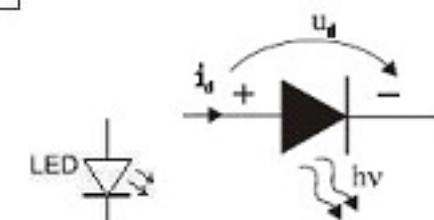
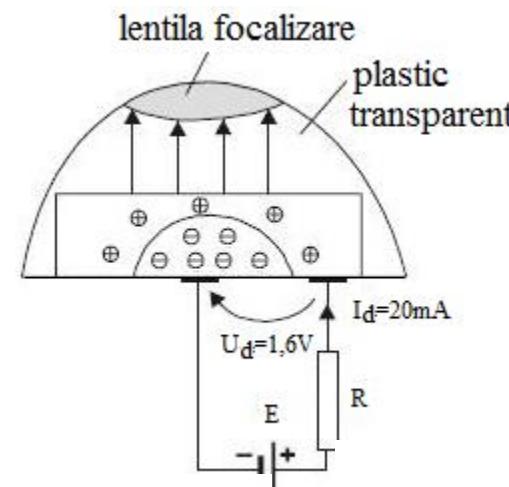
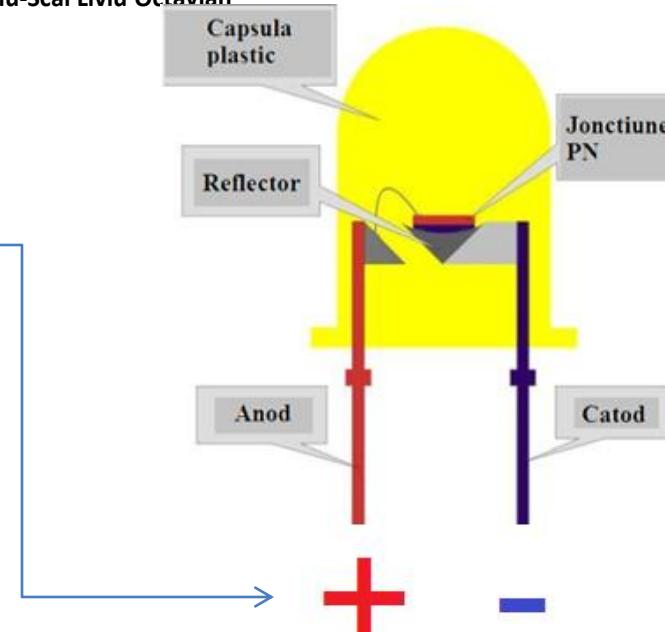
Principalele caracteristici ale diodelor semiconductoare:

- *tensiunea inversă maxima*, reprezinta tensiunea maxima inversa la care poate rezista dioda (teoretic infinita);
- *tensiunea directă maximă* (teoretic zero);
- *currentul maxim direct*: este o limitare impusa de temperatura la care materialul semiconductor poate rezista, valoarea ideală fiind infinită.
- *puterea maximă disipată totală*, reprezintă valoarea puterii (în Watt) pe care dioda o poate disipa fără ca această putere să ducă la deteriorarea fizica a diodei. Ideal, această valoare ar trebui să fie infinită.
- *timpul de revenire invers*: timpul necesar „stingerii” diodei atunci când tensiunea la bornele sale alternează. Ideal, această valoare ar trebui să fie zero. În practică, acest timp este de ordinul microsecundelor/nanosecundelor.

Dioda –continuare-

Dioda luminiscenta LED (Light Emitting Diode)

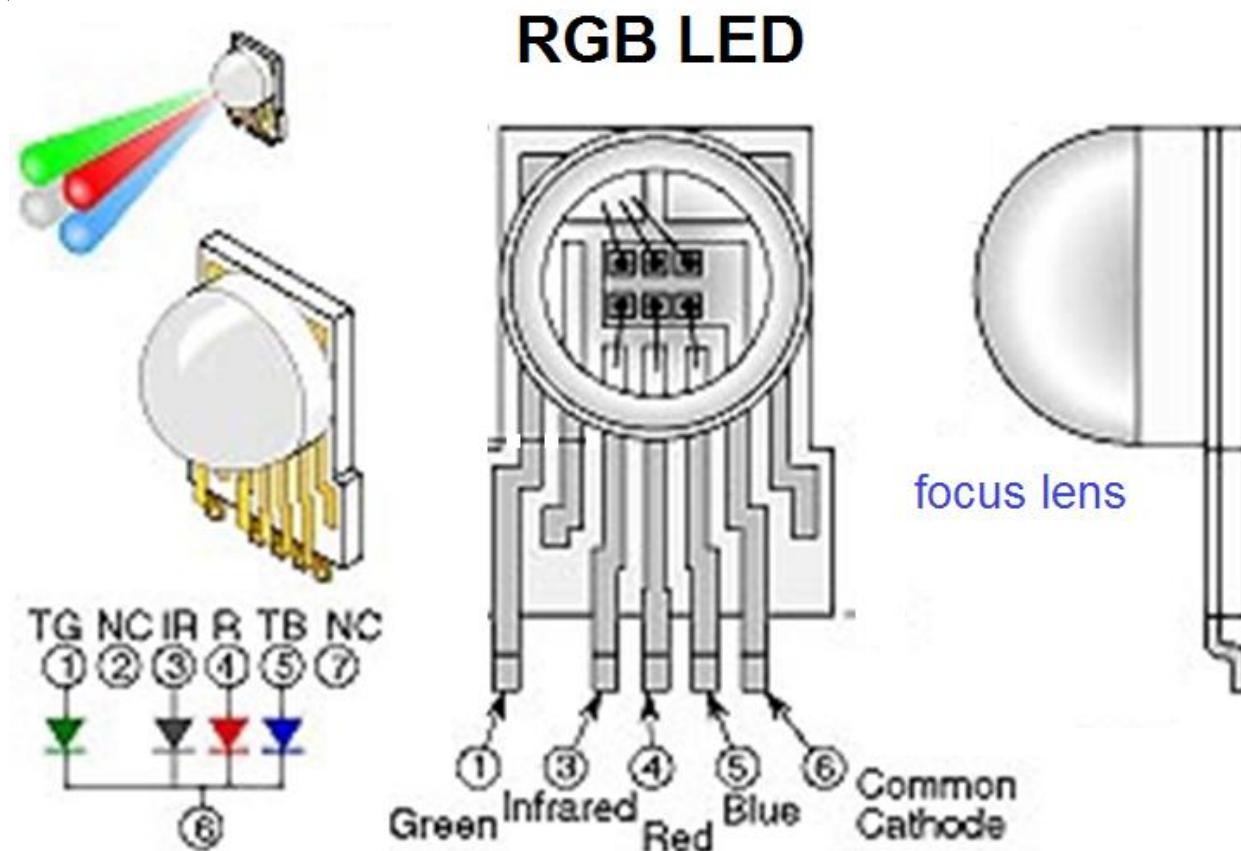
- O dioda cu proprietatea de a emite lumina atunci când este direct polarizata.
- La polarizarea directă electronii din regiunea n se recombină cu golarile din regiunea p eliberând energie sub forma de lumina (si un pic sub forma de caldura)
- Adăugand impurități în procesul de dopare se poate determina lungimea de undă a luminii emise determinând în acest fel culoarea LED-ului
 - fosfo-arseniură de galiu (GaAsP) - lumină roșie sau galbenă
 - fosfură de galiu (GaP) - lumină roșie sau verde
- Tensiunea directă este mai mare decât cea corespunzătoare diodelor cu siliciu (1,2V - 3,2V)
- Curentul direct trebuie să aibă o valoare relativ mare ($\geq 10\text{mA}$)



Dioda –continuare-

LED combinat (folosit si la display-uri) adica poate emite lumina de mai multe culori

CUM ? Cum mai multe decat 4/3 ???



AVEM:

Diodele electroluminiscente (LED)(Light Emitting Diode)

IRED (Infrared Emitting Diode)

Dioda –continuare-

Fotodioda



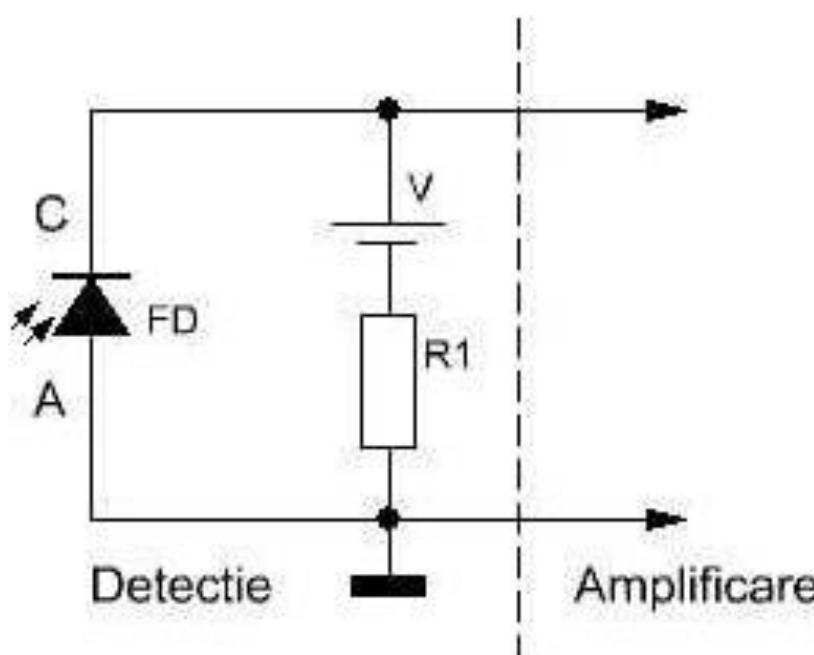
Dispozitiv optoelectric alcatuit dintr-o jonctiune *pn* fotosensibila sau un contact metal-semiconductor fotosensibil.

Functionare:

- utilizeaza totdeauna în regim de polarizare inversă.
- radiatia incidenta patrunde in dioda prin intermediul unei lentile (**de ce ?**) si ajunge la nivelul jonctiunii *pn*. Aici, fotonii dau nastere la perechi electron-gol suplimentari fata de concentratia de echilibru.
 - jonctiunea nu este luminata -> curent foarte mic (neglijabil) si se numeste curent de întuneric.
 - cand asupra unei fotodiode (invers polarizata) actioneaza un flux de lumina, fotodioda modifica curentul din circuitul în care se afla.
 - curentul prin dioda creste proportional cu intensitatea luminii:

Dioda –continuare-

Fotodioda



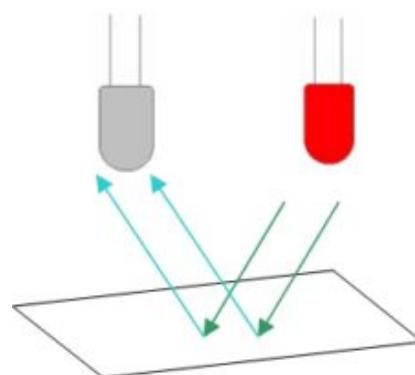
Dioda –continuare-

Exemplu aplicatie

Principiul de baza

Fotodioda

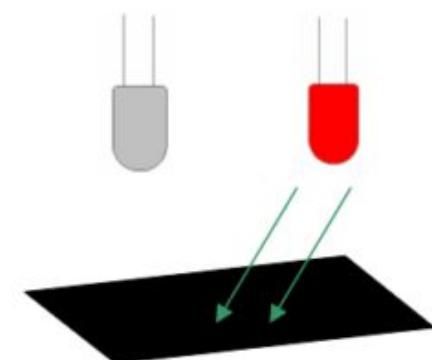
LED



suprafata reflectorizanta (alb,...)

Fotodioda

LED



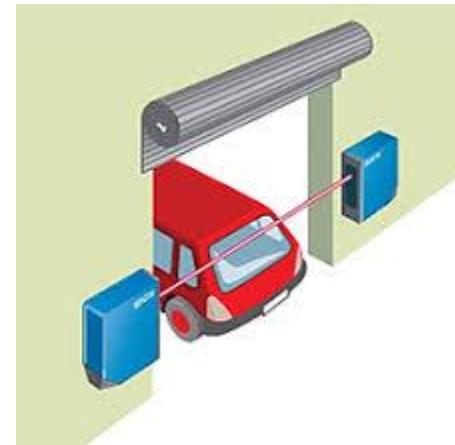
suprafata opaca (negru)



mouse mecanic



mouse optic



Tranzistorul

Tranzistorul: 1947, John Bardeen, Walter Houser Brattain, și William Bradford Shockley.

Toti trei au castigat Premiul Nobel in 1956.

Bardeen este singurul dublu laureat al acestui premiu pentru fizica.



Nota: nivelul tehnologic de atunci nu a permis folosirea imediata a acestuia in realizarea de dispozitive electronice.

Altfel, ar fi accelerat foarte mult si evolutia calculatorului electronic.

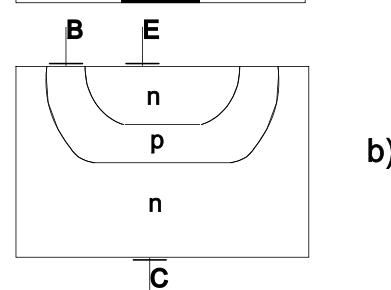
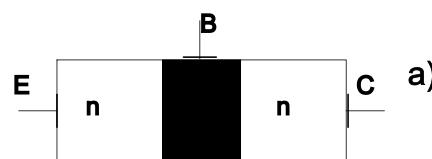
Tranzistorul –continuare-

Realizat pe un substrat semiconductor.

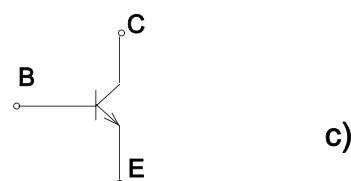
In functie de tipul de tranzistor realizat (PNP sau NPN) tehnologia de fabricatie difera:

- PNP: substrat P in care se realizeaza o zona N
- NPN: substrat N in care se realizeaza o zona P.

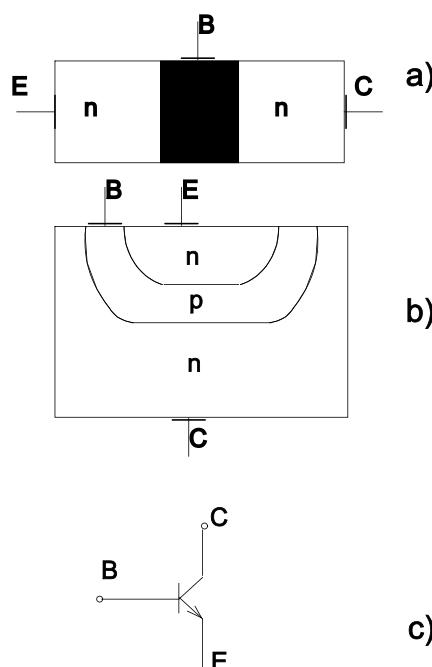
A doua zona este baza tranzistorului



Tranzistor *npn*



Tranzistorul –continuare-



	Joncțiunea emitor-bază, polarizată direct	Joncțiunea emitor-bază, polarizată invers
Joncțiunea colector-bază, polarizată direct	Regiunea de saturatie	Regiunea activă inversă
Joncțiunea colector-bază, polarizată invers	Regiunea activă normală	Regiunea de blocare

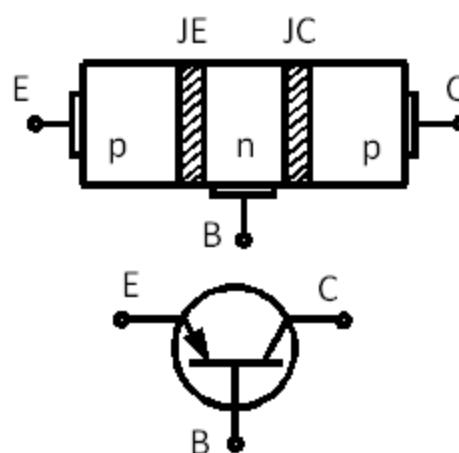
Regiunea de blocare: ambele joncțiuni sunt polarizate invers;

Regiunea de saturatie: ambele joncțiuni sunt direct polarizate;

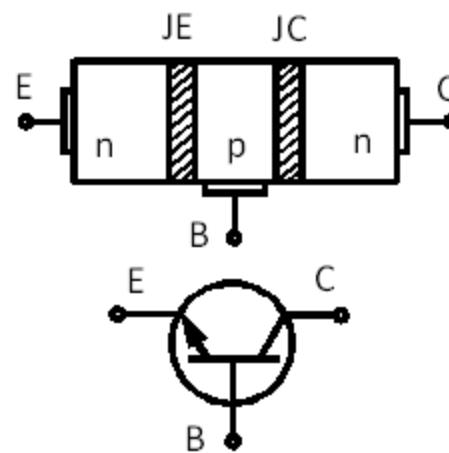
Regiunea activă inversă: echivalenta cu o funcționare in regiunea activa normala, în care rolurile emitorului și colectorului se inversează. Se utilizeaza mai rar deoarece amplificarea în curent are valori foarte mici.

Tranzistorul –continuare-

- Reprezentarile in scheme electronice pentru cele doua tipuri (tranzistor bipolar PNP respectiv tranzistor bipolar NPN):



a) Tranzistor PNP



b) Tranzistor NPN

- *PNP* care conține două straturi semiconductoare de tip *p*, între care se găsește un strat semiconductor de tip *n*;
- *NPN* care conține două straturi semiconductoare de tip *n*, între care se găsește un strat semiconductor de tip *p*.

Tranzistorul –continuare-

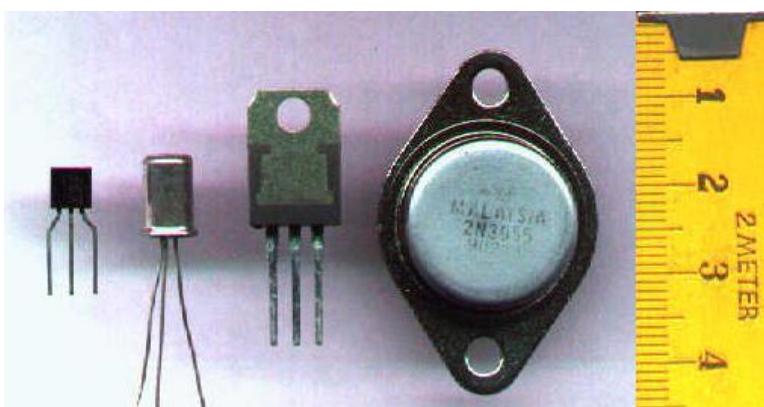
In functie de :

a) putere

- de mică putere, încapsulate în plastic sau metal și nu necesita montarea pe un radiator.
- de putere, încapsulate în plastic sau metal și necesita montarea pe un radiator pentru a disipa caldura emisa.

b) frecventa de lucru

- de joasă frecvență destinate utilizării la frecvențe mari de lucru (de exemplu in circuite audio)
- de înaltă frecvență, destinate lucrului la frecvențe înalte (Tv, microunde, circuite de comutatie)



! Tranzistorul sta la baza realizarii circuitelor integrate, inclusiv a microprocesoarelor.

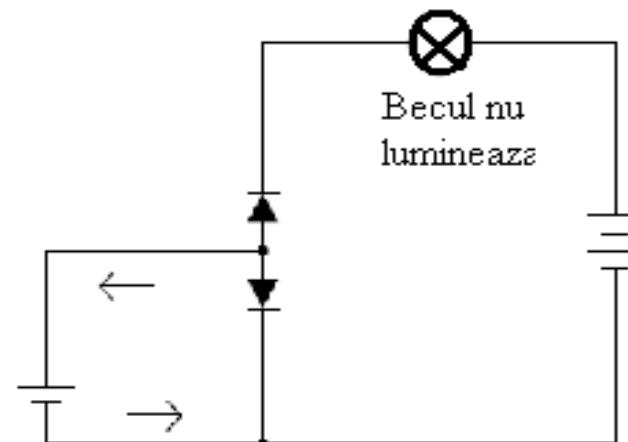


Tranzistorul –continuare-

Principiul de functionare:

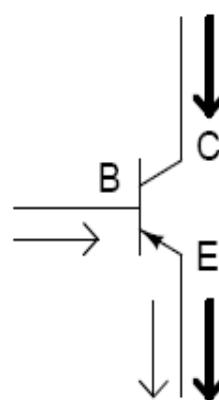
- a) Prin asimilare/echivalare cu un circuit cu două diode conectate una invers față de cealaltă. Având două PN, una între bază și emitor (*BE*) și una între bază și colector (*BC*), cele două jonctiuni sunt considerate independente.

Ex.: tranzistor NPN: echivalent cu două diode care au anodul comun și conectat la electrodul *B* (baza tranzistorului). Oricum am alimentat circuitul, o diodă va fi în conducție iar cealaltă va fi blocată, iar prin circuitul în care sunt montate nu va circula curent.

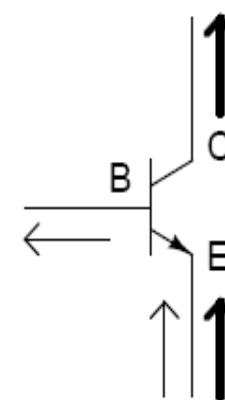


Tranzistorul –continuare-

In cazul tranzistorului, deoarece stratul semiconductor dintre jonctiuni este foarte subțire, apare *efectul de tranzistor*, fapt care permite circulația curentului între *C* și *E*. Efectul de tranzistor permite trecerea curentului printr-o joncțiune polarizată invers (*BC*) datorită interacțiunii ei cu o joncțiune polarizată direct (*BE*) situată în imediata ei vecinătate. Avem astfel o circulație a curentilor precum:



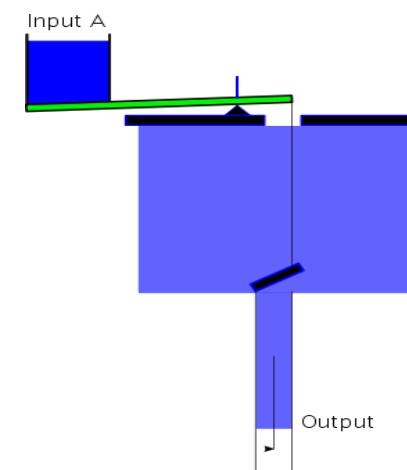
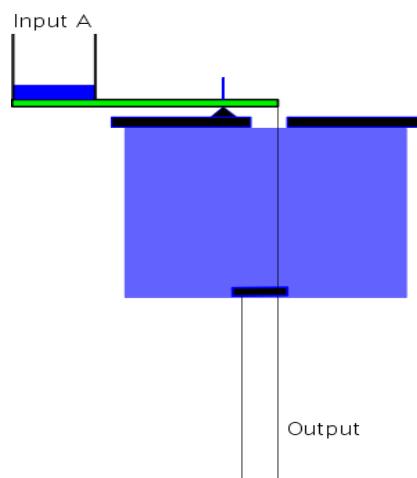
a) Tranzistor NPN



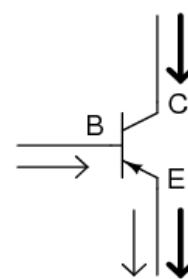
b) Tranzistor PNP

Tranzistorul –continuare-

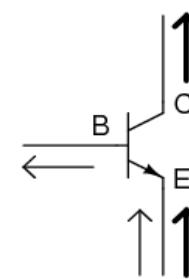
b) **Modelul hidraulic al tranzistorului:** un flux mic de apa poate controla un flux mare, adica un curent mic poate controla un curent mare.



↔ un curent mic in baza, poate determina un curent mare intre emitor si colector:



Tranzistor PNP



Tranzistor NPN

→ = curent de control, mic

→ = curent controlat, mare

Tranzistorul –continuare-

Cei mai importanți parametri ai unui tranzistor (bipolar) sunt:

- Factorul de amplificare (β)
- Temperatura maximă a joncțiunilor
- Puterea maximă disipată
- Curentul de colector maxim
- Tensiunea maximă admisă

Un tranzistor poate fi utilizat în 3 moduri:

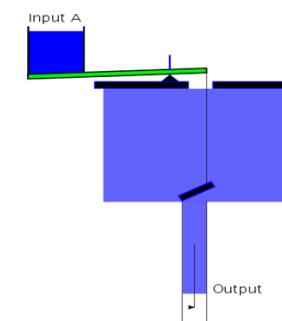
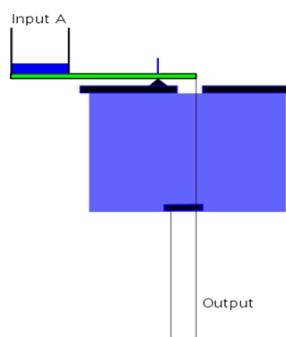
- a) amplificator de semnal;
- b) Comutator
- c) pentru a crea porti logice – extrem de importante în efectuarea calculelor în calculatoarele electronice

Tranzistorul –continuare-

Realizarea de porti logice: in cazul unui singur tranzistor avem urmatoarea tabela de adevar:
adica pentru modelul hidraulic am avea:

Input A	Output
0	0
1	1

- daca containerul A nu este plin (0 logic), apa nu curge inspre Output;
- daca containerul A este plin (1 logic), apa curge inspre Output.



Combinand mai multi tranzistori se pot obtine tabele de adevar din ce in ce mai complexe/ complicate precum:

Input A	Input B	Output
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(va urma un curs dedicat)

Tranzistorul –continuare-

Fototranzistorul

dispozitiv optoelectric, realizat pe o structura de tranzistor, al carui curent de colector este comandat de un flux luminos. Baza tranzistorului este înlocuita cu o suprafață care poate fi iluminată, asigurând astfel curentul de baza necesar.. Fototranzistorul este un tranzistor cu jonctiunea baza-colector fotosensibila.

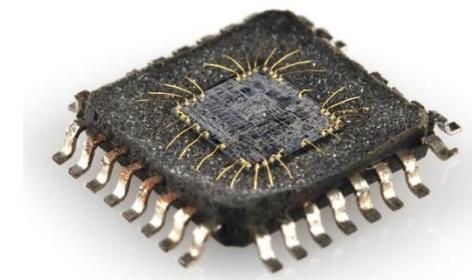
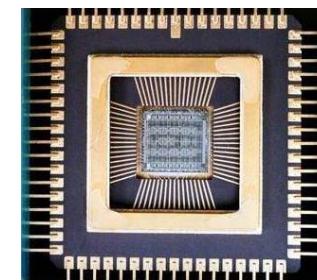
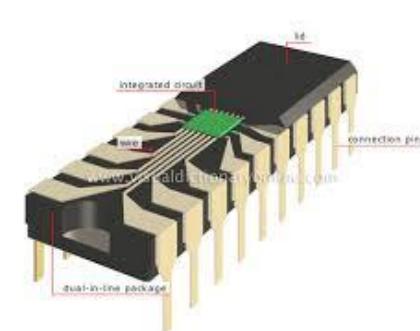
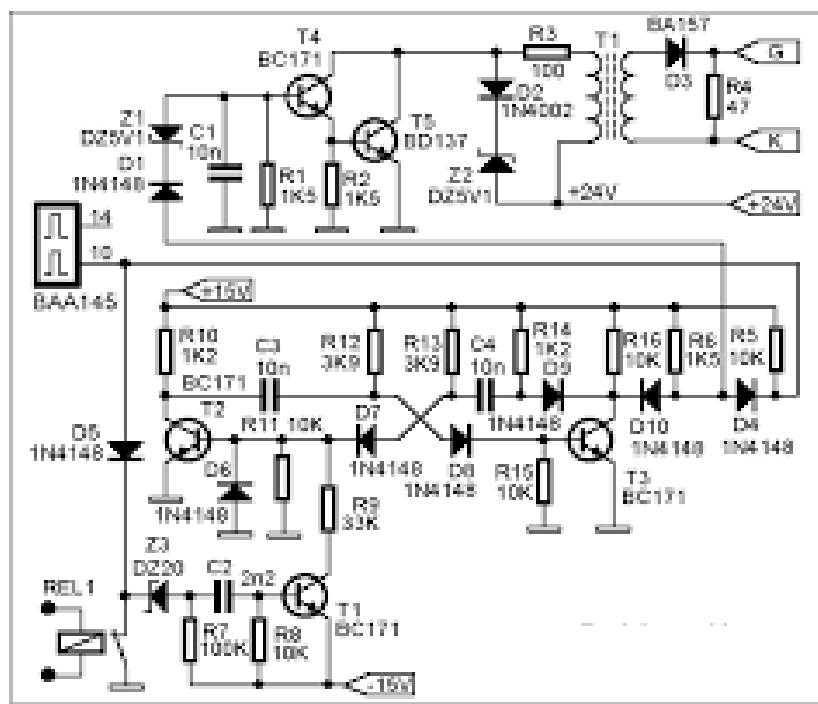
Avem două variante :

- cu două terminale: baza nu este accesibila, situatie în care semnalul de intrare în fototranzistor este exclusiv lumina.
- cu trei terminale: baza se conecteaza în circuit si asigura o stabilitate mai buna a punctului static de functionare fata de variatiile de temperatura.



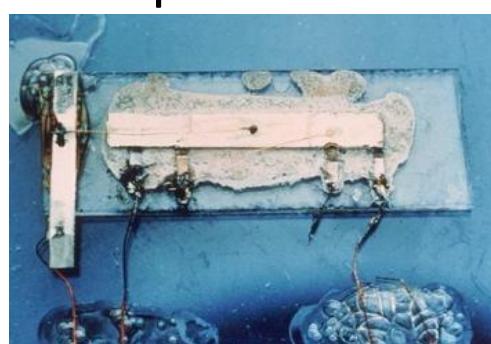
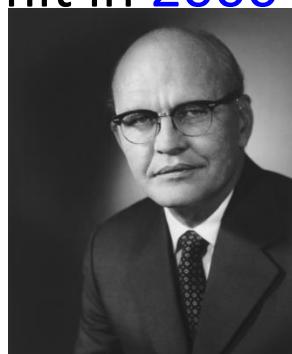
Circuite integrate

Dispozitiv electronic alcătuit din mai multe componente electrice și electronice interconectate, pasive și active (diode, tranzistoare, rezistențe, condensatoare și bobine) situate/amplasate/realizate pe o placă de material semiconductor (cel mai adesea siliciu). Intregul circuit se află într-o capsula (plastic) prevăzută cu pini (terminale metalice) care asigură interconectarea circuitului integrat în scheme electronice mai complexe.



Circuite integrate –continuare-

Pentru realizarea primului circuit integrat in 1958, **Jack St. Clair Kilby** a primit in [2000](#) Premiul Nobel pentru fizica:



Independent, la crearea CI a lucrat si **Robert Noyce** , cofondator al companiei Intel in 1968.

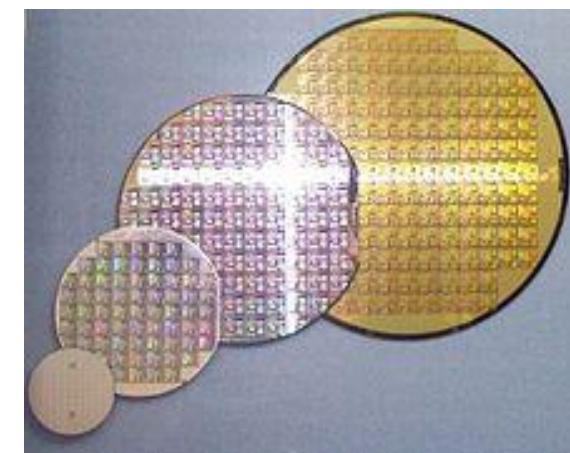
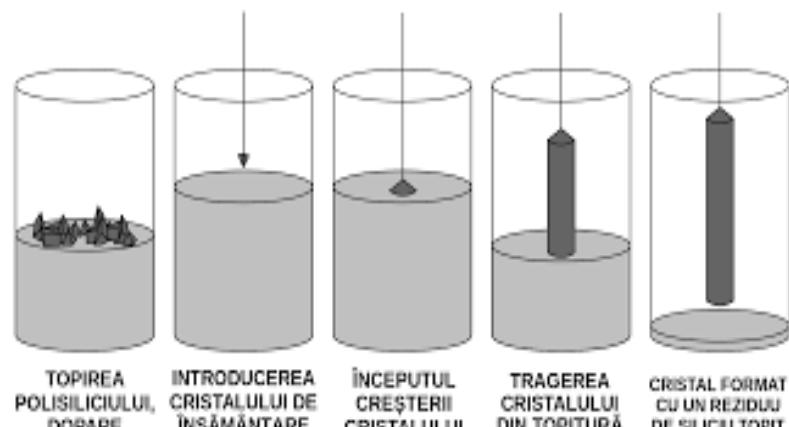
! Kilby a reusit sa isi patenteze mai repede inventia!

- la inceput: un CI continea cateva componente;
- in prezent: sute de milioane de componente (la microprocesoare) fara ca volumul circuitului integrat sa fi crescut proportional, dimpotriva.

Circuite integrate –continuare-

Realizarea unui circuit integrat

- La inceput crestem o bara de siliciu (crescuta (vezi lab.Fizica UVT)).
- Apoi aceasta este taiata felii (precum un salam) de grosimea unui CD



- “Felia” este apoi impartita in bucati rentagulare numite cip (microcip-uri)
- Mii, milioane sau miliarde de componente (tranzistori, diode, capacitori, inductante) sunt apoi create pe fiecare cip prin doparea diferitelor arii ale suprafetei pentru a se realiza zone de tip n sau de tip p . Doparea se poate realiza de exemplu prin bombardarea suprafetei cipului cu ioni ai materialului de dopaj. Totul la scara microscopica sau nanoscopica.

Circuite integrate –continuare-

Cele mai vechi si cele mai simple CI sunt circuitele logice. In Romania este cunoscuta seria CDB (Circuit Digital Bipolar) cu membrii:

- CDB 400 E: 4 porti SI-NU
- CDB 402 E: 4 porti SAU-NU
- CDB 403 E: 4 porti SI-NU cu colectorul în gol pentru realizarea functiilor SAU-CABLAT
- CDB 404 E: 6 inversori

Nota: Datorita simplitatii lor functionale, realizarea unui calculator implica folosirea a zeci de mii de astfel de circuite integrate.

Principalele caracteristici ale circuitelor logice sunt:

- *Nivele logice.* În circuitele logice electronice se asociază stărilor logice 0 și 1 două nivele de tensiune distincte. Prin convenție: în logică pozitivă sau negativă: $VH \geq 2,0\text{ V}$ și $VL \leq 0,8\text{ V}$.
- *Imunitatea la perturbații* reprezintă amplitudinea maximă a zgomotului care, suprapus peste semnalul de intrare a unui circuit digital nu produce comutări eronate ale semnalului la terminalul de ieșire.
- *Timpul de propagare* reprezinta intervalul de timp scurs de la aplicarea unui semnal la intrarea unui circuit logic până la obținerea la ieșire a răspunsului
- *Timpul de menținere*, reprezintă intervalul minim de timp cât trebuie menținut neschimbăt semnalul pe o intrare a unui circuit logic față de o altă intrare, de referință, pentru ca circuitul să funcționeze corect.

Circuite integrate –continuare-

In functie de numarul de numarul de porti logice aflate intr-un CI avem:

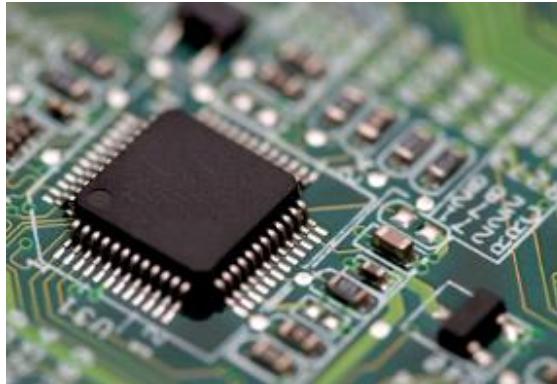
- circuite integrate pe scară mică, **SSI** (small scale integration) ce includ până la 12 porti logice și includ porti simple și bistabile;
- circuite integrate pe scară medie, **MSI** (medium scale integration) cu o capacitate între 12 și 100 de porti. Acestea includ funcții logice cum ar fi codificatoare, decodificatoare, numărătoare registre, multiplexoare, circuite aritmetice, memorii de capacitate mică, etc.;
- circuite integrate pe scară largă, **LSI** (large scale integration) ce cuprind între 100 și 10.000 de porti logice, inclusiv memorii;
- circuite integrate pe scară foarte largă, **VLSI** (very large scale integration) ce conțin între 10.000 și 100.000 de porti logice;
- circuite integrate pe scară ultra largă, **ULSI** (ultra large scale integration) cu o complexitate de peste 100.000 de porti logice echivalente. În această categorie intră memorii de capacitate foarte mare, microprocesoarele etc.

Circuite integrate – Microcontrolere -

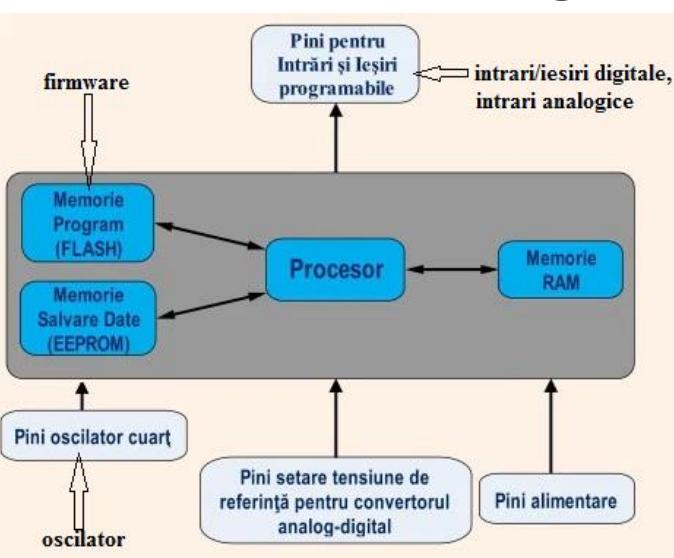
Microcontroler: circuit integrat alcătuit dintr-o unitate centrală de procesare (CPU), o unitate de memorie internă și alte componente electronice înglobate într-un același microcip, și care poate interacționa cu mediul exterior. Modul de funcționare poate fi modificat prin programarea cu un soft special, numit **firmware**.

Microcontrolerele fac parte din categoria “[embedded systems](#)” ([sisteme încapsulate-integrate](#)), sisteme hardware-software care la ora actuală prezintă un interes deosebit (vezi și oferte joburi IT). De cele mai multe ori, utilizatorul nu “vede” că în interiorul aparatului se află un sistem de calcul. Ca și exemple avem: industria de automobile (controlul aprinderii/motorului, climatizare, diagnoză, sisteme de alarmă, etc.), aparatura electrocasnica (mașini de spălat, frigidere, cuptoare cu microunde, aspiratoare, sisteme audio, televizoare, camere video) etc etc etc etc .

sistem înglobat/embedded system = microcontroller + firmware + componente auxiliare (electrice, electronice, mecanice, hidraulice, pneumatice, optice, acustice etc.)



Circuite integrate – Microcontrolere – Structura de baza



Pini oscilator cuarț

Funcționarea procesoarelor este coordonată de un oscilator care:

- determină viteza de lucru a procesorului;
- asigură sincronizarea procesor-procese

Pini alimentare

alimentare microcontroller.

In general avem alimentari la 3,3V și la 5V.

Procesorul execuționează instrucțiunile din firmware:

- preia date de la pinii de intrare;
- prelucrează aceste date
- oferă semnale de ieșire

Spre deosebire de PC-uri, un microcontroller rulează mereu același program (firmware-ul), adică nu trebuie să “muncească” la fel de mult ca PC-urile => producătorii le-au dotat cu procesoare cu frecvență de lucru mică (100-200MHz față de 2-3 Ghz la un PC) => preț mic => răspândire mare a acestora pt. aplicații dedicate.

memoria RAM este o zonă unde procesorul face calculele. Este o **memorie volată**, adică datele memorate în ea se sterg la oprirea alimentării cu energie.

Memoria Program este memoria în care este scris firmware-ul. De tip ROM

Memorie Salvare Date (EEPROM)

microcontroller-ele trebuie uneori să memoreze niște date undeva unde le poate regăsi intacă oricând, chiar și după restartarea/reporțirii echipamentului pe care îl controlează.

Circuite integrate – Microcontrolere – Functii de baza

1. Preluarea de date de la senzori. Senzorii sunt dispozitive care transformă un semnal de natură nelectrică (presiune, forță, viteză, temperatură etc.) într-un semnal de natură electrică. Cu ajutorul unui senzor adecvat, un microcontroller poate „citi” practic orice fel de mărime fizică.

2. Introducerea de comenzi prin intermediul tastelor și encoderelor (rotița de la mouse). Controlul unui sistem analogic poate presupune utilizarea de butoane complicate și de potențiometre. În contrast, comanda unui microcontroller se poate face cu ajutorul unor taste de tip *microswitch*

3. Afisarea de date pe diferite tipuri de display-uri. Bec, LED sau display

4. Implementarea de structuri de meniuri. Pentru orice comandă trebuie un buton dedicat. Într-un sistem cu microcontroller în care s-a creat o structură de meniuri, pot fi efectuate un număr imens de comenzi folosind doar câteva taste.

5. Prelucrarea facilă și rapidă a datelor de intrare. Practic nu există funcție de prelucrare a semnalelor care să nu poate fi implementată folosind un microcontroller.

6. Memorarea de date. În contrast cu sistemele analogice, sistemele cu microcontroller pot memora orice tip de date.

7. Creează semnale de ieșire de tip:

- **On/Off:** poate fi folosit pentru funcții de activare/dezactivare (de exemplu a unor becuri, sonerii, electromagneți etc.)
- **PWM (Pulse-width modulation):** poate fi folosit pentru funcții de control precis (a turăției unui motor, a intensității luminoase a unui bec/led, a tensiunii de ieșire a unui regulator de tensiune etc).

Circuite integrate – Microcontrolere – Programarea

Medii de dezvoltare (IDE):

[Arduino IDE](#). Este un mediu de dezvoltare destinat îndeosebi constructorilor amatori. Cu ajutorul acestuia se pot realiza firmware-uri pentru microcontroller-ele produse de firma [ATMEL](#);

[AVR studio](#). Este un mediu de dezvoltare profesional creat tot pentru microcontrollerele produse de ATMEL

[MPLABX IDE](#). Este mediu de dezvoltare profesional pentru microcontrollere produse de firma [MICROCHIP](#)

```
void main(void)
{
    unsigned n=8; //clock e pe bitul 0
    //data e pe bitul 1 ...
    while(1)
    {
        D2=inp_ReadPort();
        if (D2&1) // citire clock, daca este 1 intra in bucla
        {
            while (D2&1) // se asteapta front coborator
            { D2=inp_ReadPort(); //citire data de la port paralel
            } // a aparut front coborator al clockului
            if (D2&2); // a fost citit bitul de start
            { while (n) { D2=inp_ReadPort(); //citire data de la port
            ....
```

Circuite integrate – Exemplu Microcontrolere auto

Cerinte:

- lucru cu nivele digitale auto
- consum mic de energie (alimentarea se face de la baterie)
- nivel redus de perturbații electromagnetice;
- siguranță mare in exploatare (o eroare poate duce la pierderea de vieți omenești)
- Posibilitatea de preluare mărimi neelectrice prin intermediul senzorilor;
- Posibilitatea de a comanda elemente de execuție și de a afisa eventual rezultatele;
- Posibilitatea de a comunica și cu alte microcontrolere pentru a se informa reciproc despre evenimentele din sistem. În acest sens, se impune folosirea a cât mai puține fire (cablajele sunt scumpe și mai ales nesigure).

Circuite integrate – Microcontrolere auto – continuare –

Interfețele specifice comunicațiilor de date în domeniul auto

1) LIN (Local Interconnect Network): interfață care realizează o comunicație serială asincronă punct la punct pe un singur fir. Rata maximă de transfer este de 4 MB, cu o distanță de transmisie de câțiva metri.

- Avantaje: simplitatea interfeței, ușurința de programare, viteza mare de transfer, transferul pe un singur fir. Distanța de transfer este suficientă pentru aplicații în interiorul autovehiculului.
- Dezavantaj: (major) lipsa siguranței în funcționare: nu se face nici măcar verificarea corectitudinii transferului cu bit de paritate, de aceea aplicațiile trebuie să se rezume la aplicații care nu afectează siguranța autovehiculului.

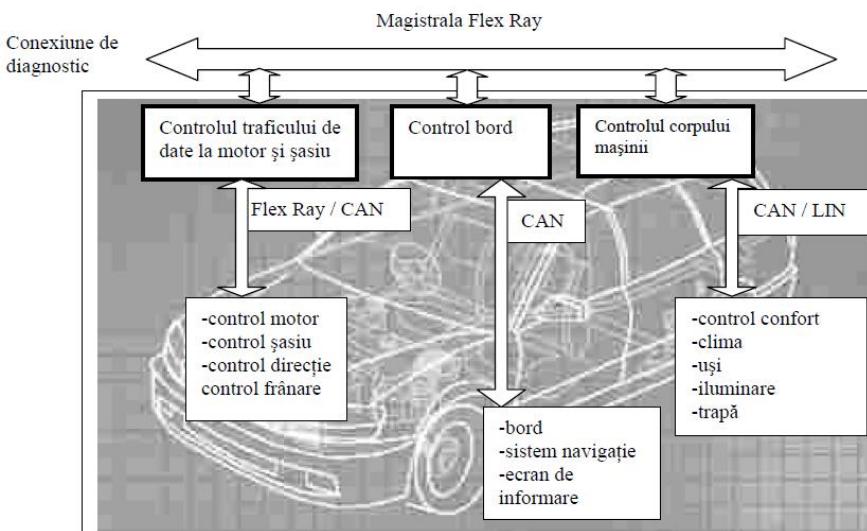


Figura 4.2: Arhitectura unui sistem complex de control auto

Circuite integrate – Microcontrolere auto – continuare –

Interfețele specifice comunicațiilor de date în domeniul auto

2) CAN (Controller Area Network): magistrală serială dedicată industriei auto dar folosita și în alte domenii.

Transmisia se face pe 2 fire, cu mare viteză (până la 1MBps) pe distanțe de ordinul zecilor de metri.

Avem detectarea coliziunilor precum și un sistem eficient de detectare și tratare a erorilor => magistrala este extrem de sigură. De exemplu la un număr de erori mare, interfața este exclusă din comunicație.

Prețul unui MC cu CAN este mai mare decât al celui cu LIN.

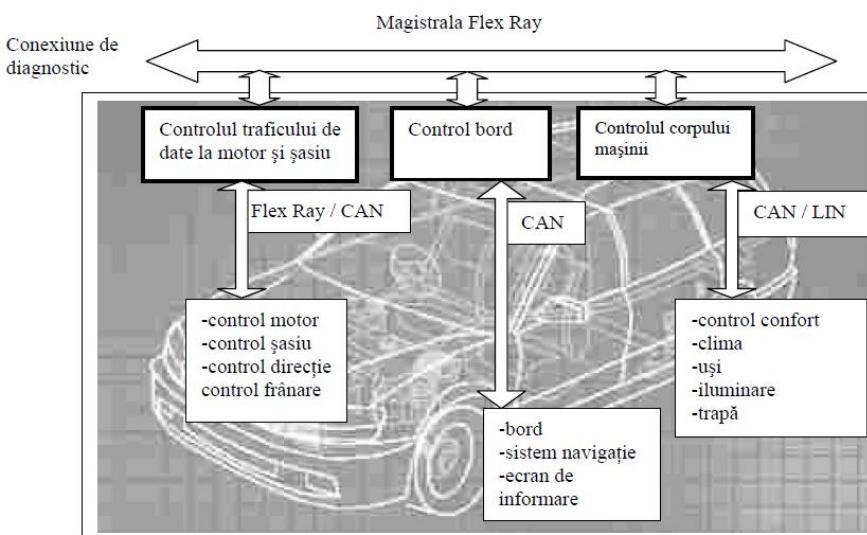


Figura 4.2: Arhitectura unui sistem complex de control auto

Circuite integrate – Microcontrolere auto – continuare –

Interfețele specifice comunicațiilor de date în domeniul auto

3) Flex Ray:

- introdus in 2006 la seria BMW5 (in prez. la Audi, Mercedes, Volvo, Land Rover etc)
- viteza de transfer 10Mbps

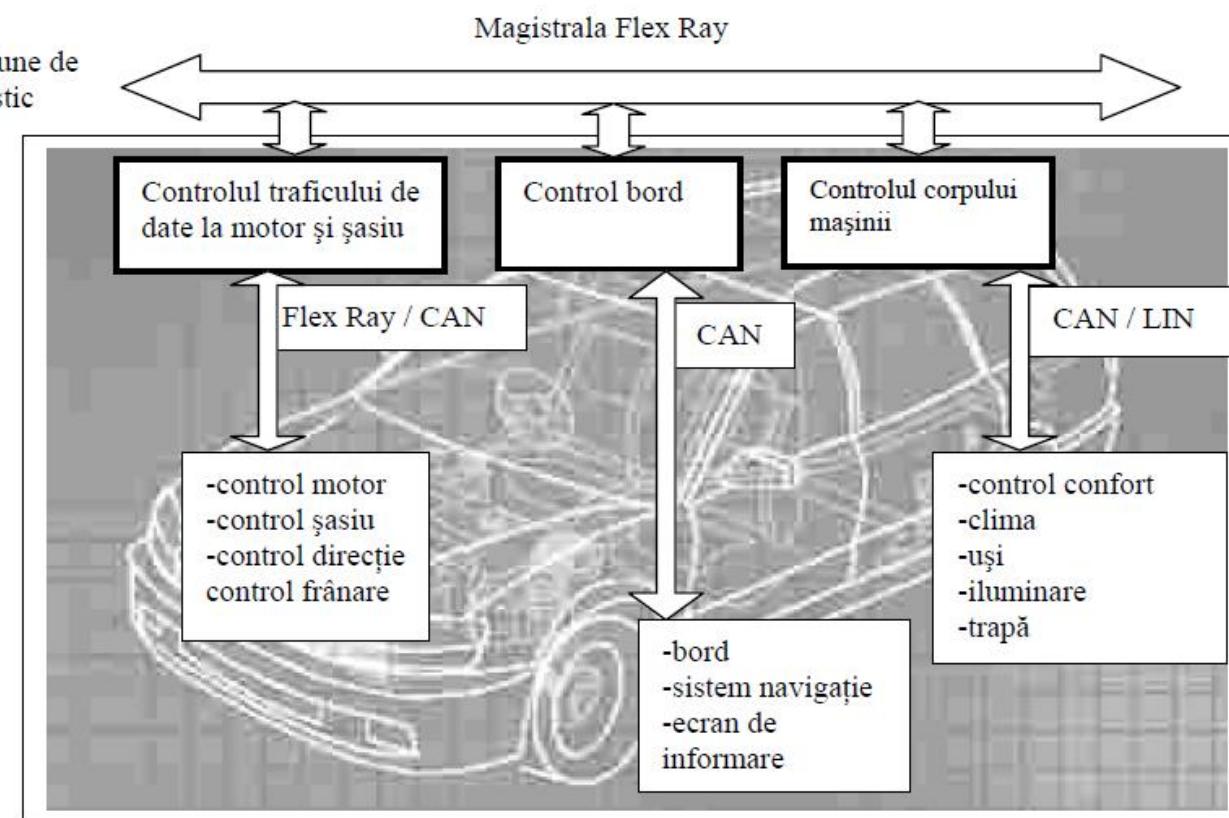


Figura 4.2: Arhitectura unui sistem complex de control auto

Circuite integrate – Microcontrolere auto – continuare –

Interfețele specifice comunicațiilor de date în domeniul auto

4) MOST (Media Oriented Systems Transport) este un sistem de mare viteza, optimizat pentru industria auto, ce poate fi utilizat atat in interior cat si in exteriorul automobilului.

Foloseste fibra optica pentru transmisie date dar si cabluri electrice clasice

Intalnim aceasta tehnologie cam la tot ce inseamna brand in domeniul auto:

[Audi](#), [BMW](#), [Hyundai](#), [Jaguar](#), [Lancia](#), [Land Rover](#), [Mercedes-Benz](#), [Porsche](#), [Toyota](#),
[Volkswagen](#), [SAAB](#), [SKODA](#), [SEAT](#) sau [Volvo](#).

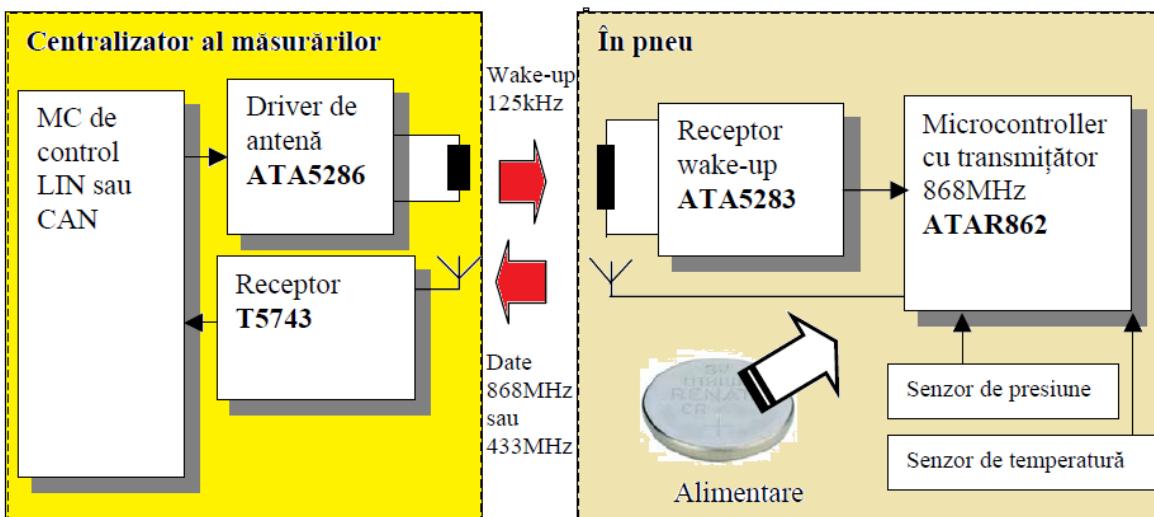
Circuite integrate – Microcontrolere auto – continuare –

Exemplu interfata monitorizare presiune in pneu

Presiunea incorectă în pneuri este o cauză a accidentelor și a degajării suplimentare de bioxid de carbon (o presiune mai mică cu 15% produce un consum mai mare de combustibil cu 5% și o degajare suplimentară de bioxid de carbon). Din acest motiv astfel de sisteme sunt obligatorii în SUA din 2008.

Monitorizarea presiunii se poate face cu:

- metode indirecte: folosesc parametri preluati din exterior, cum ar fi viteza de rotație preluată de la senzorii ABS, diametrul roții sau vibrațiile în mers. Preț mic dar și acuratețea de măsurare este de asemenea mică.
- metode directe: implică existența unui traductor de presiune, microcontroller și emițător în pneu și a unui sistem de centralizare de date cu receptor și microcontroller cuplat pe o magistrală a mașinii. Dezavantajele sunt prețul mai mare și înglobarea unui dispozitiv electronic în pneu inclusiv cu alimentare proprie.



Schema bloc a sistemului de monitorizare a presiunii în pneuri

ATAR862 este un circuit care conține 3 module în aceeași capsulă: transmițător UHF (în gama de frecvențe 868-928MHz) cu modulare ASK/FSK, un microcontroller de 4 biți și o memorie EEPROM de 512 biți.

Circuite integrate – Microcontrolere auto – continuare –

Alte aplicatii ale microcontrolerelor auto:

1. Măsurarea înclinației autovehiculului cu un sistem giroscopic Sistemul de măsurare format dintr-un senzor unghiular și dispozitivul de procesare a datelor are ca scop informarea șoferului asupra unghiului de înclinație al autovehiculului. Șoferul este avertizat la atingerea unui unghi de înclinație critică care poate avea ca și consecință rostogolirea autovehiculului.
2. Direcția asistată electric (Electric Power Steering, EPS)
 - Sistem clasic de direcție asistată este hidraulic, în care o pompă acționată de motor creează presiunea aplicată sistemului de direcție.
 - Sistemul electric (Electric Power Steering, EPS) folosește un motor electric de acționare a direcției, ceea ce asigură o economie de combustibil, deoarece nu există o pompă care să fie permanent în funcțiune. Un alt avantaj este simplificarea motorului pentru că nu mai există pompa acționată prin intermediul unei curele de transmisie. Un senzor de poziție a volanului transmite date unui microcontroller care, în funcție de unghiul de rotație al volanului comandă un motor care acționează direcția.

Circuite integrate – Microcontrolere auto – continuare –

Testele la care sunt supuse microcontrolerele auto:

- Variația temperaturii
- Variația umidității
- Stocarea la temperaturi mari
- Străpungerea izolației
- Caracteristici la lipire
- Descărcări electrostatice
- Compatibilitate electromagnetică
- Șocuri mecanice
- Accelerații
- Vibrații
- Torsiuni
- Timp de memorare și număr de programări pentru memoria FLASH
- Rata de defectare timpurie

**Universitatea de Vest din Timisoara, Facultatea de Matematica si Informatica
ARHITECTURA CALCULATOARELOR, Informatica, an I, 2021-2022**

PORTI SI CIRCUITE LOGICE

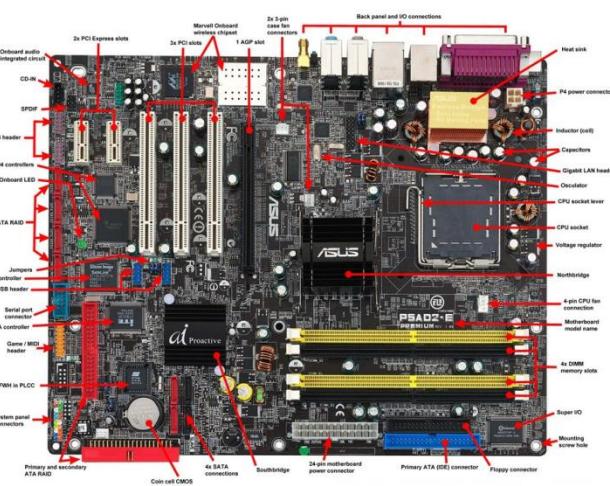
Dr. Mafteiu-Scai Liviu Octavian

Calculator = \sum componente electronice

(foarte multe si foarte mariunte)

Majoritatea sunt controlate:

- *fizic* de catre curentul electric
- *logic* de catre programele software.



Astazi, in acest curs:

MATEMATICA
(teorie)



ELECTRONICA
(realitatea fizica)

Daca vei fi atent, dupa acest curs, ar trebui sa fii capabil sa:

I

- Identifici portile logice de baza si sa descrii comportamentul fiecareia
- Intelegi cum sunt implementate portile logice folosind tranzistori
- Vezi echivalenta intre diferite tipuri de porti logice
- “Vezi” comportamentul dinamic al portilor logice

II

- Combini porti logice pentru a realiza circuite;
- Descrii comportamentul unui circuit folosind expresii boolene, tabele de adevar si diagrame logice;
- Intelegi si sa descrii cum lucreaza un sumator, un multiplexor, un element elementar de memorie, etc;
- Intelegi legatura intre aceste elemente “primordiale” numite porti logice si trendul actual in IT: *sisteme reconfigurabile*

In cursurile si seminariile anterioare am vorbit despre:

a) Baze de numeratie: **2**, 8, 10, 16

$$20_{10} = 10100_2$$

$$50_{10} = 110010_2$$

$$100_{10} = 1100100_2$$

? *De ce este importanta baza 2 in calculatoare ?*

b) operatori logici si operatii cu acestia:

NOT, AND, OR, XOR

... regulile De Morgan,

... simplificari

.... etc

(vezi si cursul de Logica computationala)

Electricitatea in computere

Orice semnal electric este caracterizat in principal prin:

tensiunea electrica, UM : volt (v)

Valorile binare 0 si 1 pot fi “implementate” prin nivele diferite de tensiune electrica:

0 - 2 volti -> 0 logic

2 – 5 volti -> 1 logic

Asta in **logica pozitiva**.

Exista si **logica negativa** (prin inversare)

A	B	Out
0 ^v	0 ^v	0 ^v
0 ^v	5 ^v	0 ^v
5 ^v	0 ^v	0 ^v
5 ^v	5 ^v	5 ^v

(a)

A	B	Out
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(b)

A	B	Out
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

(c)

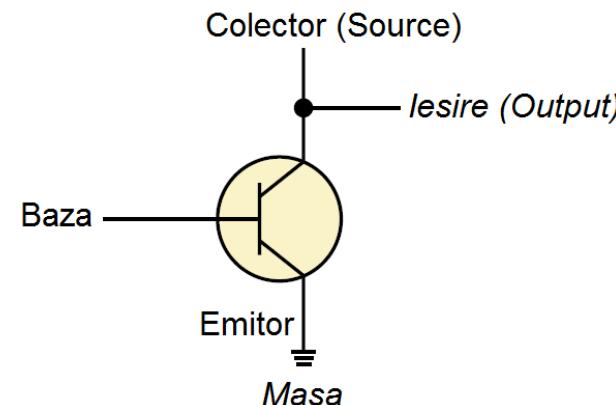
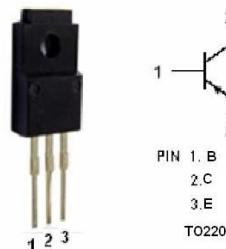
Ce operatii sunt reprezentate ?

Nota: semnalele electrice intr-un calculator sunt forcate sa ramana in aceste intervale.

Cum functioneaza un tranzistor

Definitie: Tranzistorul = dispozitiv electronic care in functie de nivelul tensiunii electrice pe baza, poate conduce curentul electric in colector-emitor sau poate opune rezistenta acestuia

- usual, emitorul la masa
- semnal la colector (+5v)
- semnal in baza +5v, tranzistorul se “deschide”, curentul de la colector (sursa) se “scurge” la masa prin emitor, adica colectorul (sursa) este pus la masa, iar la iesire (Output) semnalul va fi scazut (>0v si <2v) adica **0** logic \Leftrightarrow *tranzistor off*
- lipsa semnal pe baza, implica semnal puternic la iesire, echivalent cu **1** logic \Leftrightarrow *tranzistor on*.



Ca si un intrerupator, chiar daca nu are piese in miscare.

Nota: Comutarea in cateva nanosecunde

Si acum sa trecem la obiectivele cursului -----



Definitie:

O *poarta (logica)* este un dispozitiv hardware capabil sa efectueze o anumita operatie (*logica*) asupra unor semnale electrice.

Portile dintr-un computer sunt adeseori numite porti logice deoarece efectueaza functii logice.

Caracteristici poarta logica:

1. O poarta accepta la intrari unul sau mai multe semnale electrice **DAR** produce la iesire un singur semnal electric



are una sau mai multe intrari **DAR** are o singura iesire



2. Fiecare poarta logica efectueaza o functie logica



Valoarea (semnalul) de la iesirea unei porti (OUTPUT) este determinata de tipul portii si de valorile (semnalele) de la intrarile portii.

$$OUTPUT = f(INPUT-uri, TipPoarta)$$

Cele 6 tipuri de baza de porti logice:

- NOT
- AND
- OR
- XOR
- NAND
- NOR

Si acum sa le luam pe rand sa vedem:

- **ce sunt**
- **cum le reprezentam**
- **ce “stiu” sa faca**
- **cum lucreaza**
- **cum si cu ce sunt realizate fizic**
- **unde si sub ce forma le gasim**

Poarta NOT / INVERTER / INVERSOR / COMPLEMENTARA

1 intrare (input), 1 iesire(output)

Expresie booleana

$$X = \overline{A}$$

Simbol diagrama logica

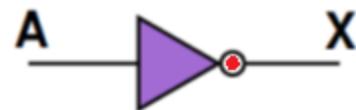
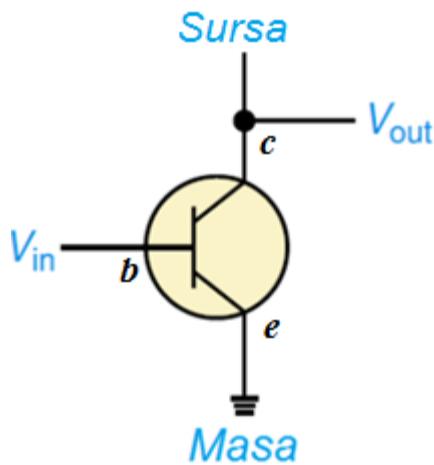


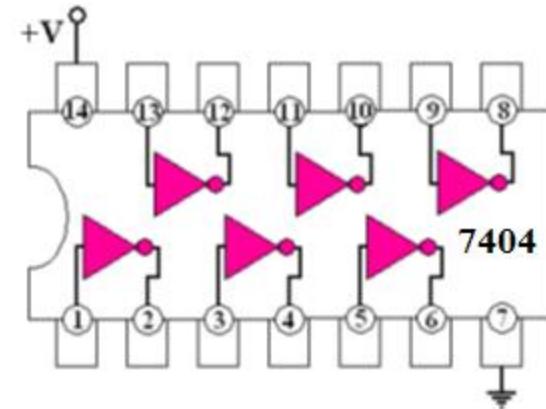
Tabela de adevar

A	X
0	1
1	0



Vin=0v => Vout=5

Vin=5v => Vout=0v



Poarta NOT / INVERTER / INVERSOR / COMPLEMENTARA

Comportarea in timp real

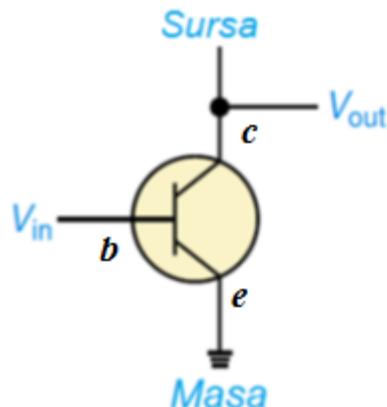
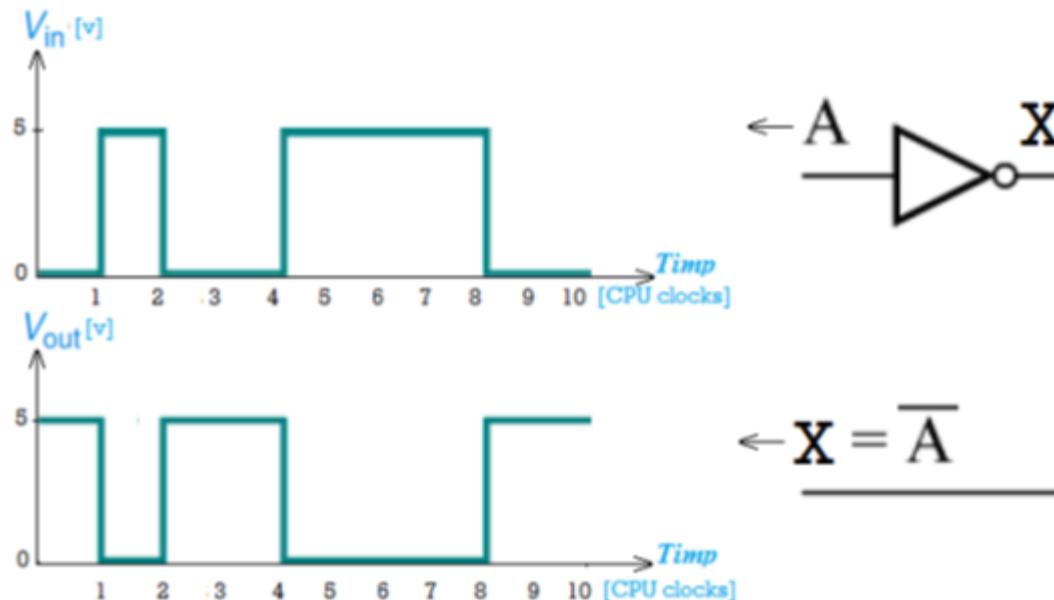


Tabela de adevar

A	X
0	1
1	0

Poarta NAND

2 intrari (input) , 1 iesire (output)

Expresie booleana

$$X = A \text{ NAND } B$$

Simbol diagrama logica

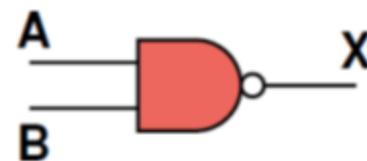
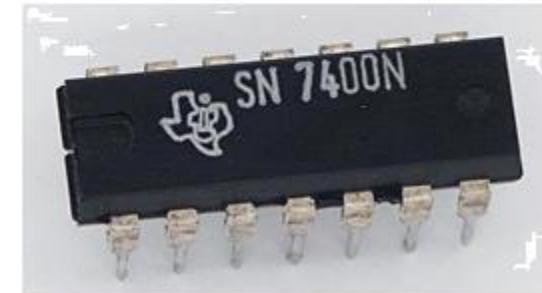
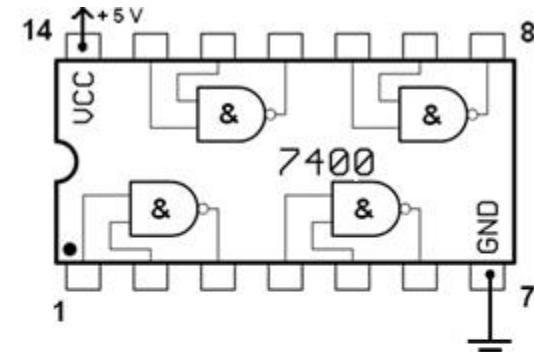
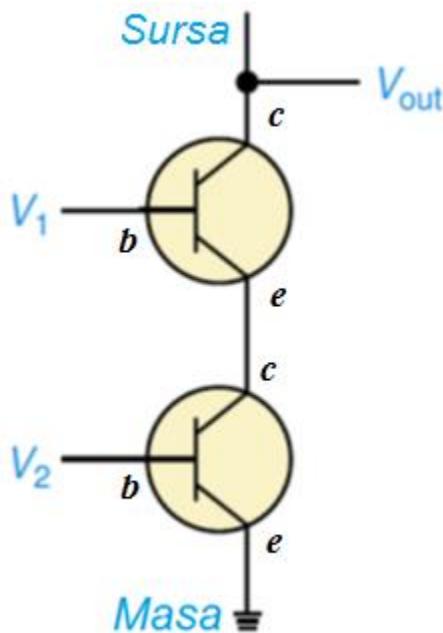


Tabela de adevar

A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Poarta AND

2 intrari (input), 1 iesire (output)

Expresie booleana

$$x = A * B$$

Simbol diagrama logica

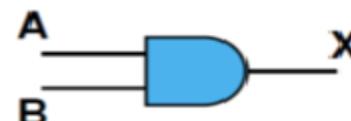
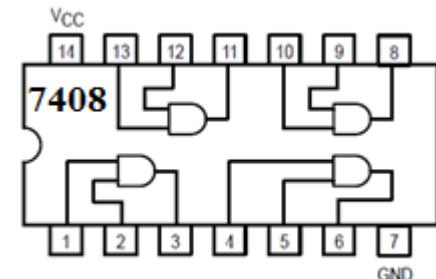
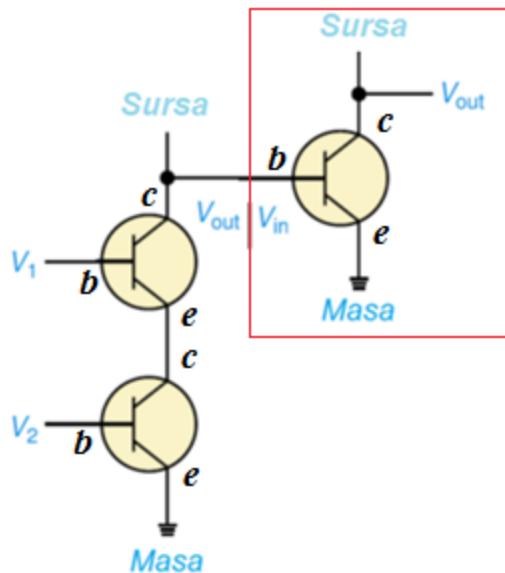


Tabela de adevar

A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



- opusa la poarta NAND

- 3 tranzistori adica poarta AND e mai complicata si mai scumpa decat NAND

Poarta AND

Comportarea in timp real

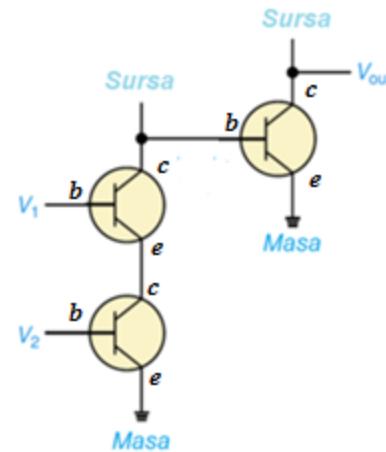
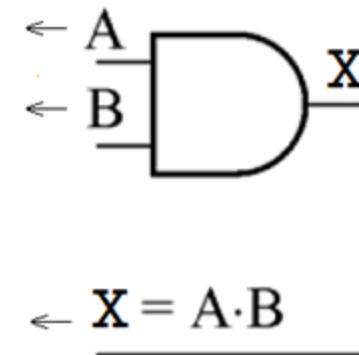
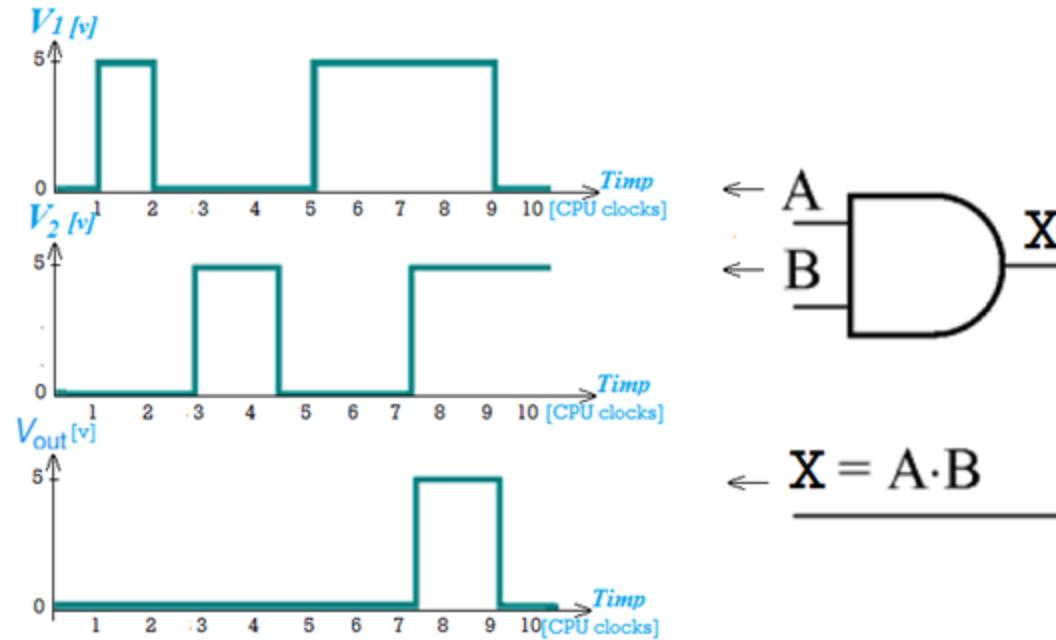


Tabela de adevar

A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Poarta NOR

-2 intrari (input) , 1 iesire (output)

Expresie booleana

$$X = A \text{ NOR } B$$

Simbol diagrama logica

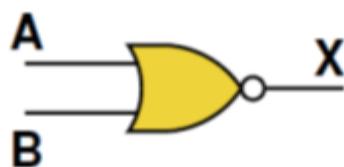
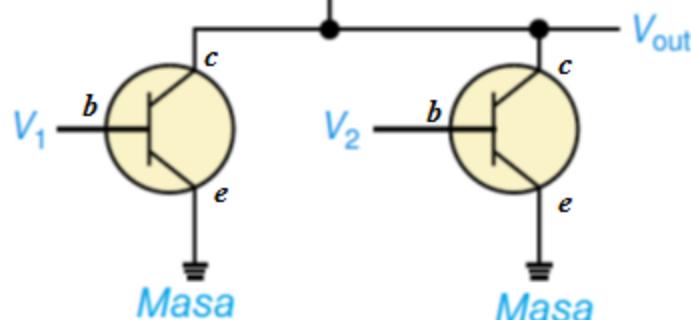


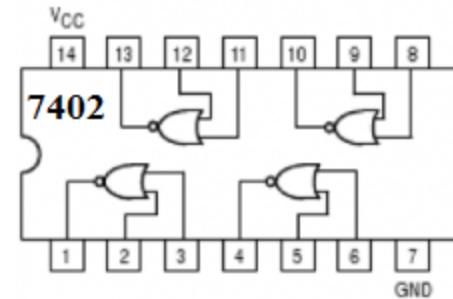
Tabela de adevar

A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Sursa



Functionare



Poarta OR

2 intrari (input) , 1 iesire (output)

Expresie booleana

$$X = A \text{ OR } B$$

Simbol diagrama logica

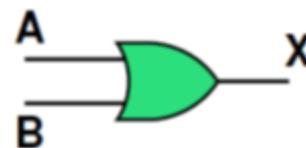
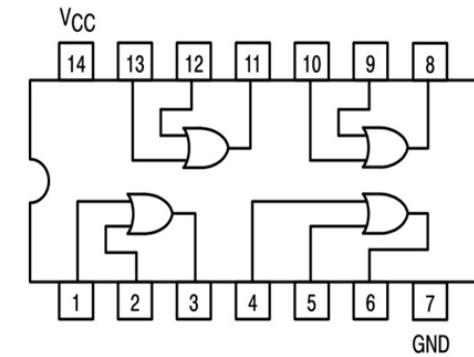
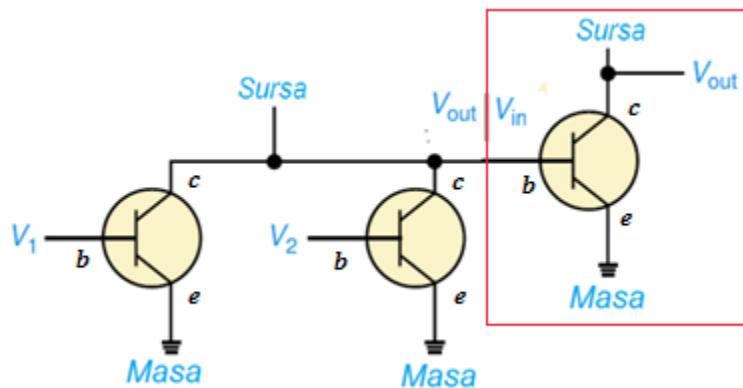


Tabela de adevar

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



Poarta OR

Comportarea in timp real

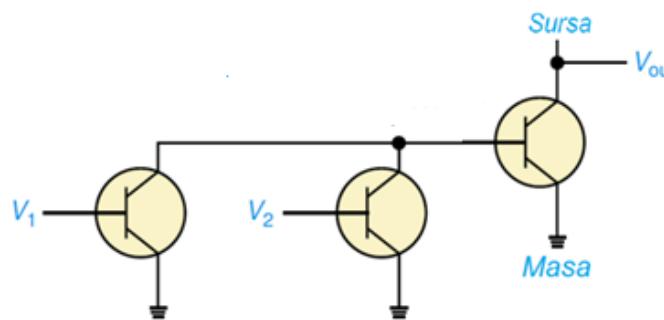
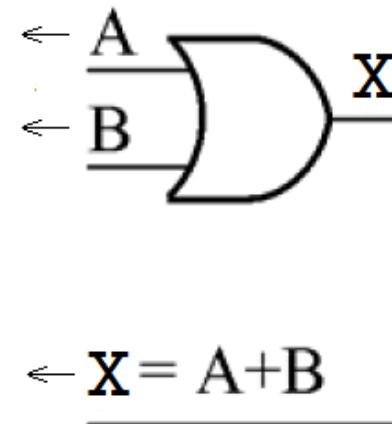
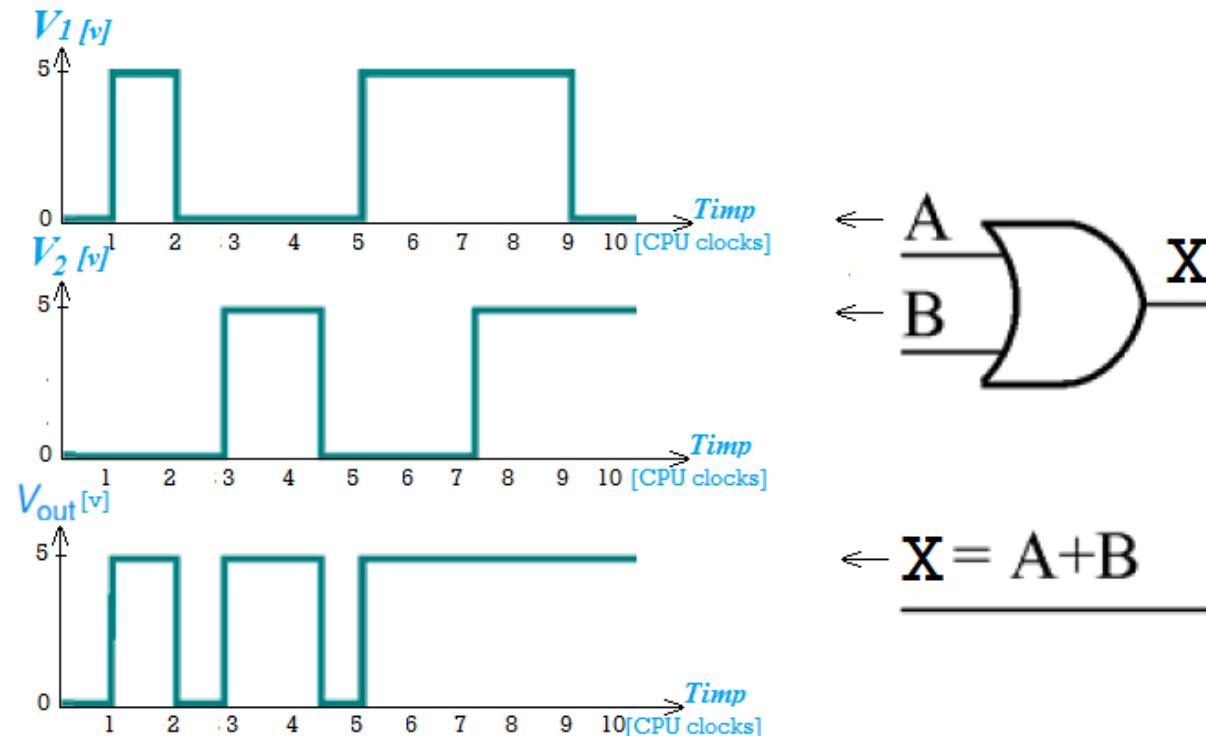


Tabela de adevar

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Poarta XOR

2 intrari (input), 1 iesire (output)

Expresie booleana

$$\begin{aligned} X &= A \text{ XOR } B \\ &= A \oplus B \end{aligned}$$

Simbol diagrama logica

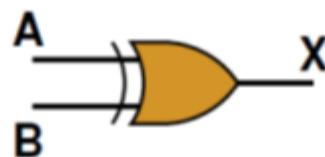
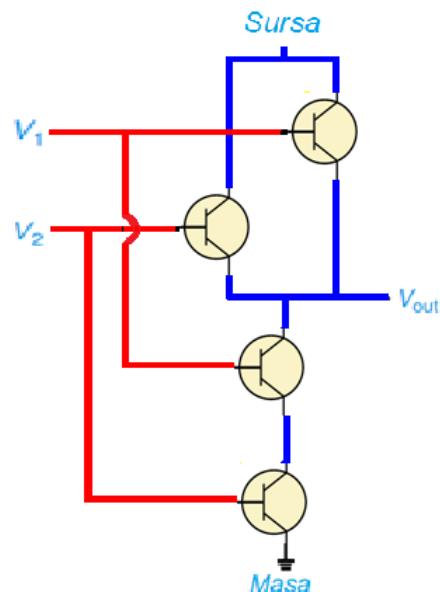


Tabela de adevar

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

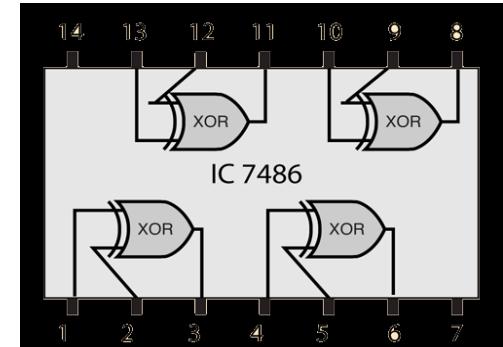
Producă:

- 0 daca intrarile sunt similare
- 1 daca intrarile sunt diferite



*Tema: incercati sa explicati
functionarea portii XOR*

*XOR = cand spun “SAU”
inseamna una sau cealalata,
NU ambele*

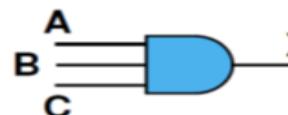


Porti cu mai multe intrari / input-uri

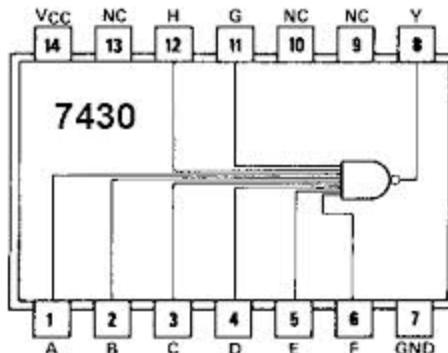
Pot avea 3 sau mai multe intrari

!!! Exceptie: NOT !!!

Exemplu: AND multiplu (cu 3 intrari):

Expresie booleana	Simbol diagrama logica	Tabela de adevar																																				
$X = A * B * C$		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>X</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	X	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
A	B	C	X																																			
0	0	0	0																																			
0	0	1	0																																			
0	1	0	0																																			
0	1	1	0																																			
1	0	0	0																																			
1	0	1	0																																			
1	1	0	0																																			
1	1	1	1																																			

Exemplu NAND multiplu (8 intrari):



Sa recapitulam:

In conditiile in care suntem interesati de valoarea 1 la iesire:

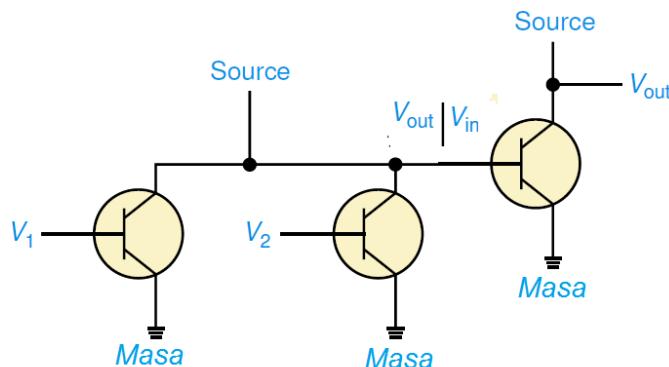
- poarta NOT inverseaza valoarea de la intrare
- poarta AND produce 1 daca ambele intrari primesc 1
- poarta OR produce 1 daca cel putin una din intrari primeste 1
- poarta XOR produce 1 daca doar una din intrari este 1
- poarta NAND produce o iesire inversa decat poarta AND
- poarta NOR produce o iesire inversa decat poarta OR

Există porti cu mai multe intrari (intrari multiple)

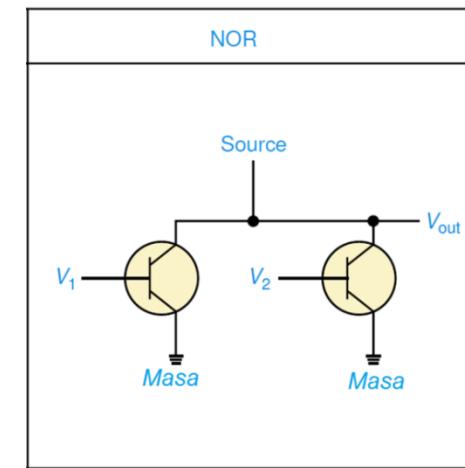
Tipul portii	Simbol	Operatia logica
SI(AND)		$A \cdot B$
SAU(OR)		$A + B$
NU(NOT)		\bar{A}
SI-NU (NAND)		$\overline{A \cdot B}$
SAU-NU (NOR)		$\overline{A + B}$
SAU-EXCLUSIV (XOR)		$A\bar{B} + \bar{A}B$
SAU-EXCLUSIV NEGAT (XNOR)		$\overline{AB + AB}$

CONCLUZII

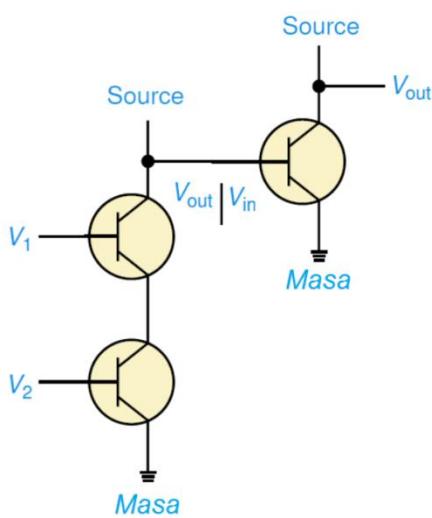
OR



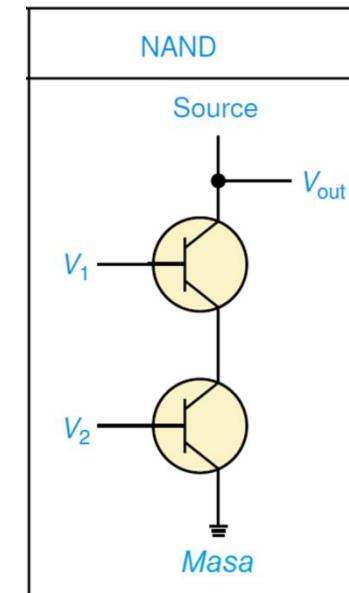
NOR



AND



NAND



CONCLUZII

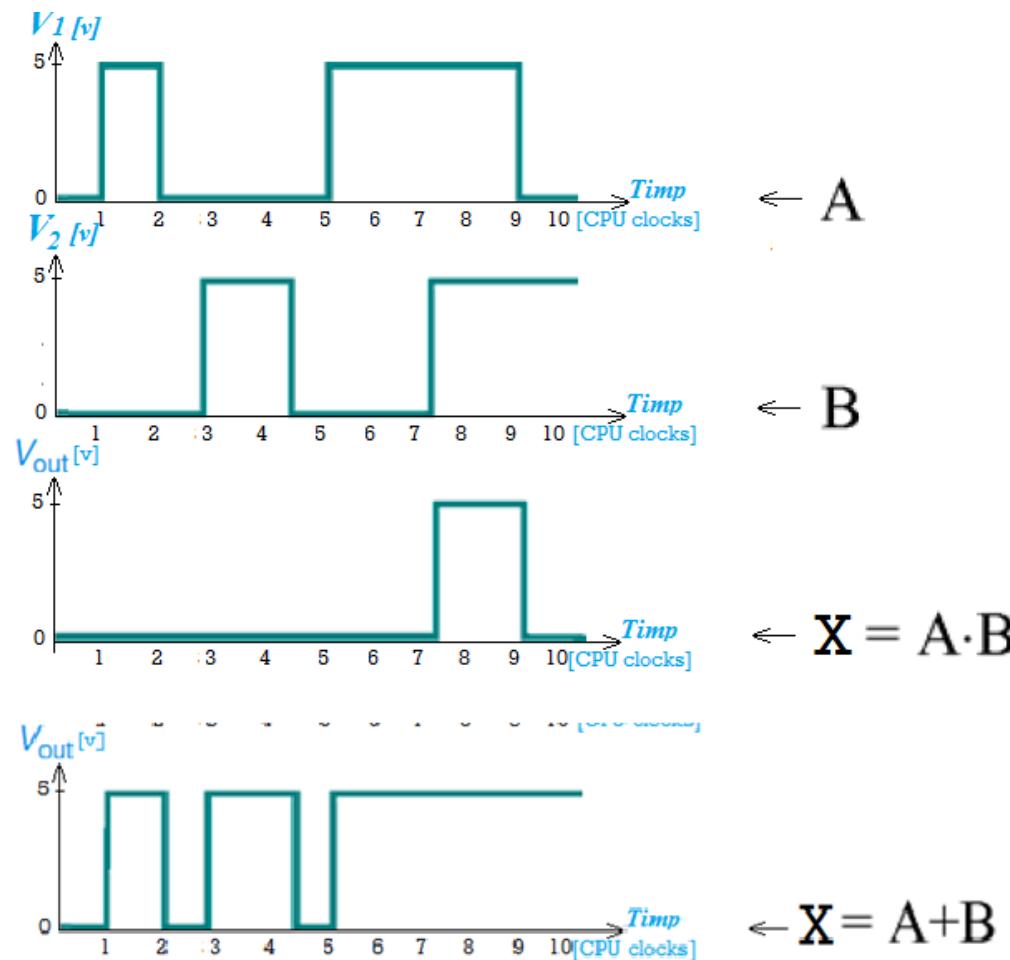


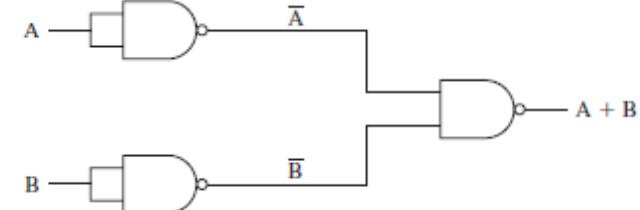
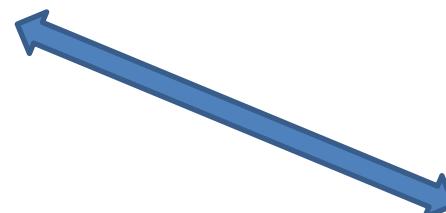
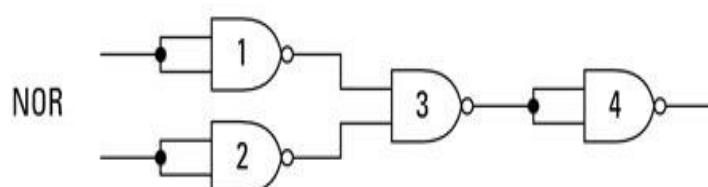
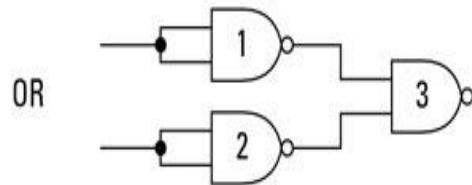
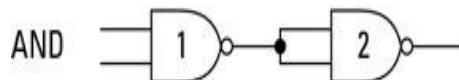
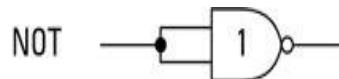
Tabela de adevar

A	B	A · B	A + B
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

Echivalenta portilor logice

Orice poarta logica poate fi echivalata folosind NUMAI porti NAND sau NOR

- **Folosind NAND**

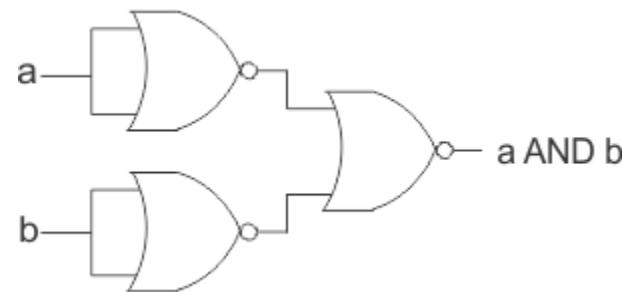
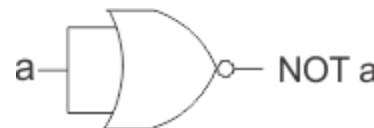


aplicam teorema lui DeMorgan
 $A + B = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}}$
 $A \text{ OR } B = \text{NOT} ((\text{NOT } A) \text{ AND } (\text{NOT } B))$

Echivalenta portilor logice

Orice poarta logica poate fi echivalata folosind NUMAI porti NAND sau NOR

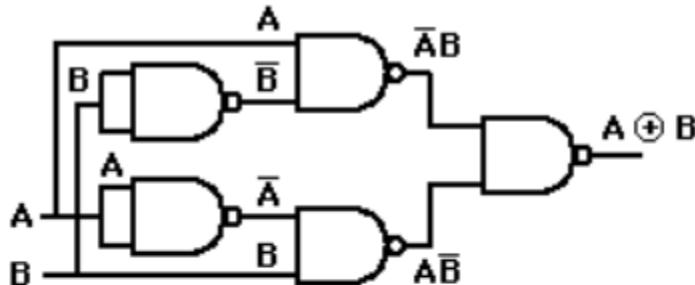
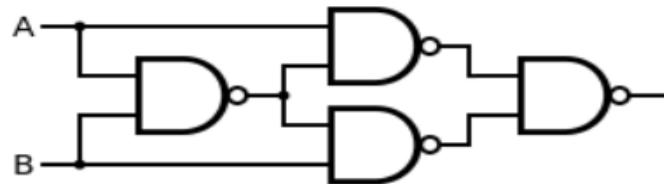
- Folosind NOR



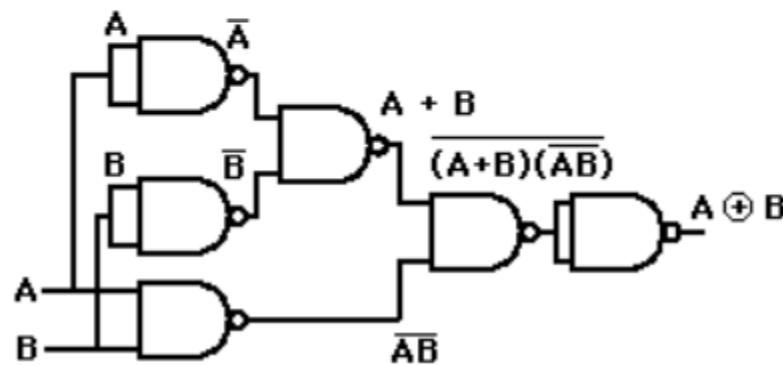
- Tema: poarta NAND folosind NOR

Poarta XOR folosind NAND

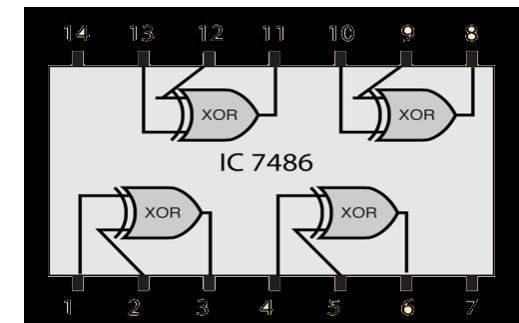
$$\text{XOR} = (\text{A and not B}) \text{ or } (\text{not A and B}) \Leftrightarrow \overline{\overline{AB}} + \overline{A}\overline{B}$$



$$\overline{\overline{AB}} \cdot \overline{AB}$$



?



Echivalenta portilor logice – DE CE ?

In mod natural, formulam/exprimam expresii logice folosind AND, OR si NOT, deci celelalte porti par a fi inutile,

DAR ...

NAND si NOR

- sunt mai economice financiar: 2 tranzistori in loc de 3
- grad de integrare mai mare
- consum mai mic de energie
- mai putina caldura disipata
- costuri mai mici cu racirea (ventilarea)

Interesul creste in special atunci cand trebuie proiectate circuite complexe (sute de mii sau milioane de porti logice)

Dar,

numai cu porti logice luate singular

NU putem implementa fizic functii complexe

asa cum rezulta ele din descrierea realitatilor inconjuratoare

asa ca

aceste elemente elementare/primordiale numite *porti logice*

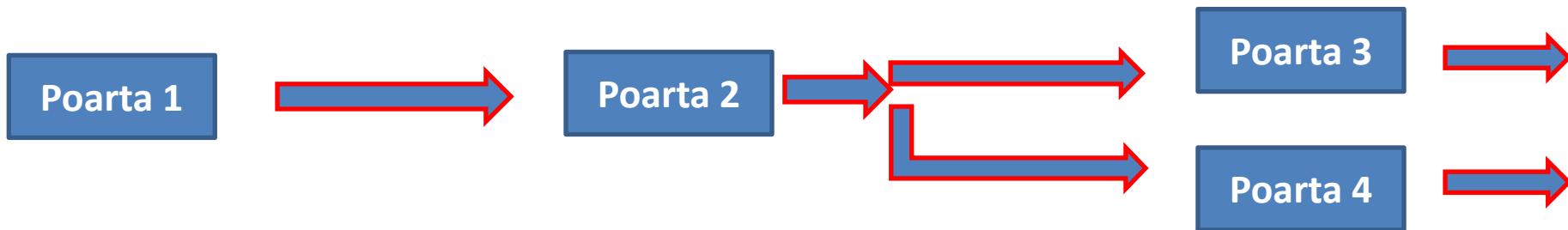
trebuie combinate in

CIRCUITE LOGICE -----→

Pentru a putea fi efectuate task-uri mai complexe, portile sunt combinate in **circuite**

(de exemplu circuite capabile sa efectueze operatii aritmetice si sa stocheze rezultatele prelucrarilor)

Intr-un circuit, iesirele unor porti pot constitui intrari pentru alte porti.



Comportamentul portilor, deci implicit si al circuitelor poate fi descris prin:

- Tabele de adevar;
- Diagrame logice (oarecum un fel de scheme logice);
- Expresii boolene/logice

Exemplu simplu/banal de circuit logic

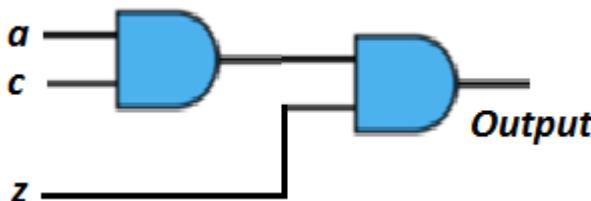
*Un automat de cafea care are drept intrari apa, cafea si zahar si trebuie sa produca la iesire **cafea cu zahar** (doar functia de baza, fara partea de comanda, folosind doar NOT, AND, OR)*

Expresia logica: Output = a AND c AND z

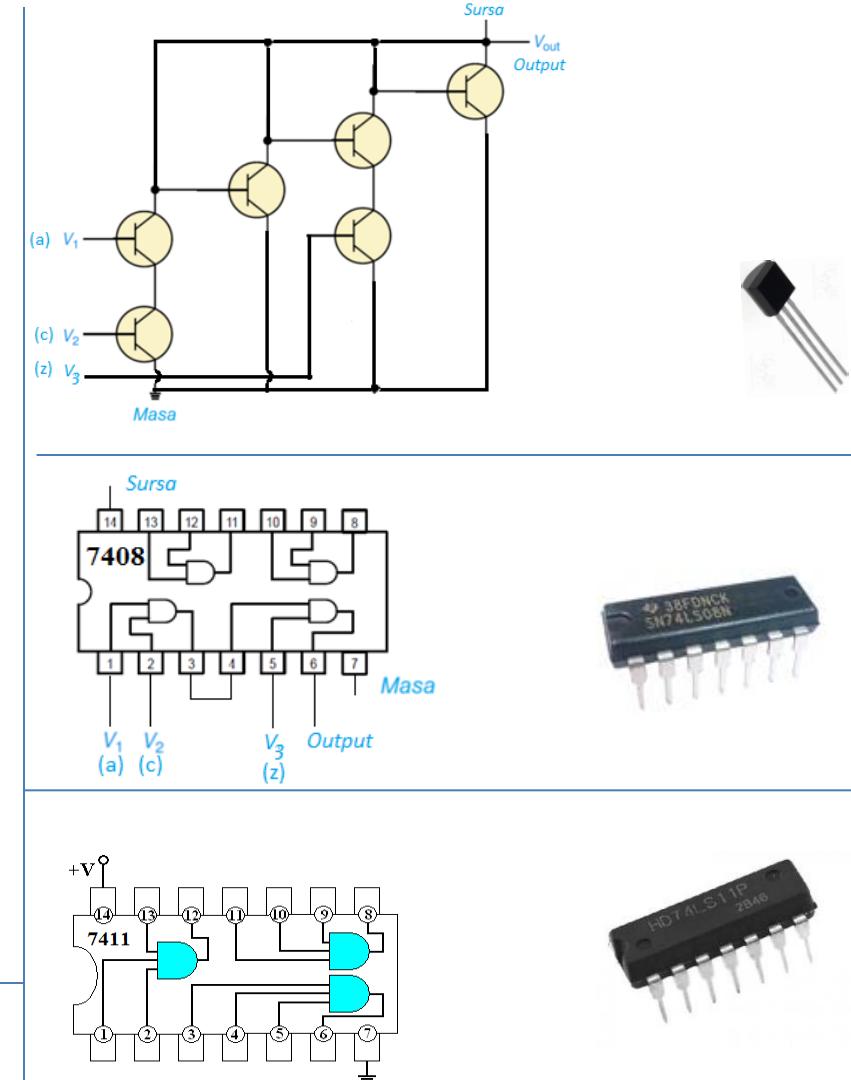
Tabela de adevar:

apa (a)	cafea (c)	zahar (z)	a AND c	a AND c AND z Output
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	1	0
1	1	1	1	1

Diagrama logica:



Tema: incercati un automat de cafea care produce **cafea cu zahar sau cafea fara zahar** (se pot folosi si XOR)

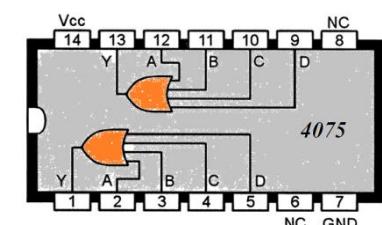
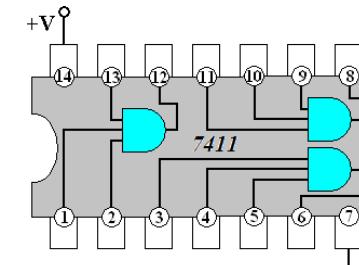
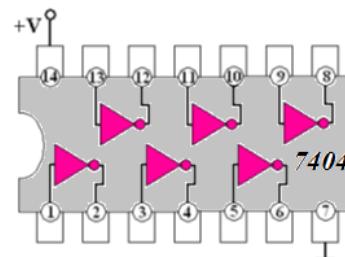
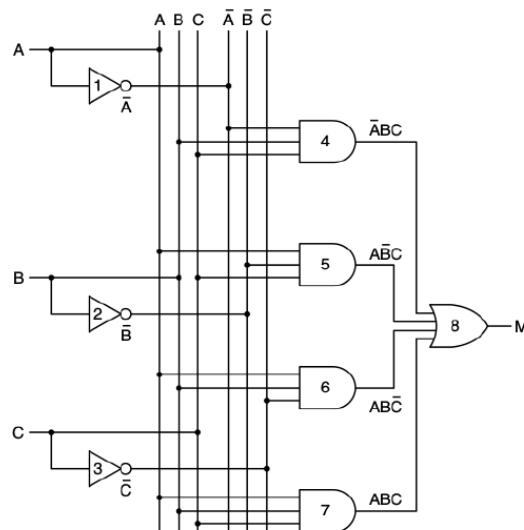
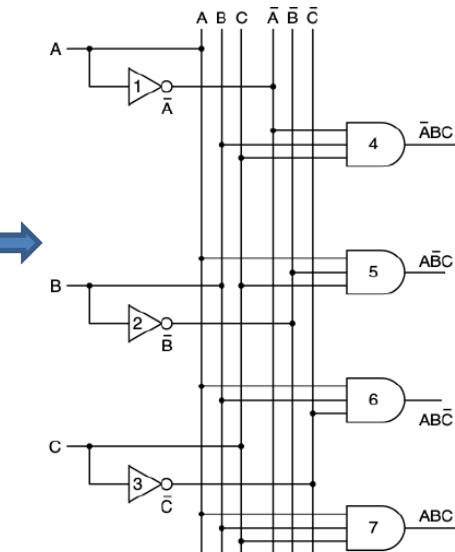
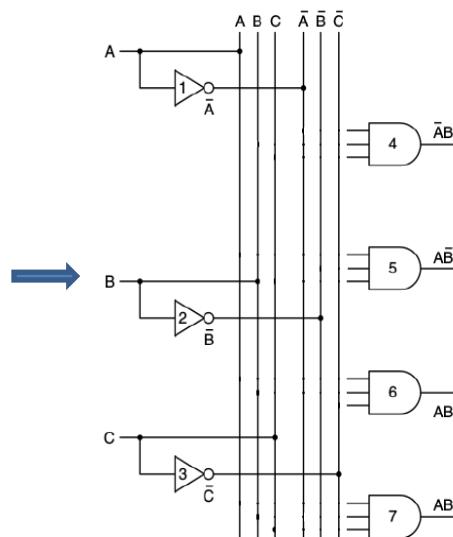
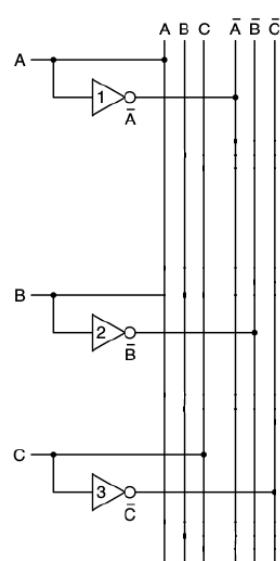


Exemplu de proiectare al unui circuit pornind de la expresia logica

Ex.

$$M = \bar{A}BC + A\bar{B}C + AB\bar{C} + ABC$$

A	B	C	M
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1



TIPURI DE CIRCUITE LOGICE

1) COMBINATIONALE

- Doar valorile intrarilor determina starea finala

2) SECVENTIALE

- Starea finala este determinata atat de valorile intrarilor cat si de starea curenta a circuitului
- ⇒ necesitatea stocarii informatiei
- ⇒ ? existenta unei *memorii* pentru stocarea starii curente ? Raspunsul ... va urma.

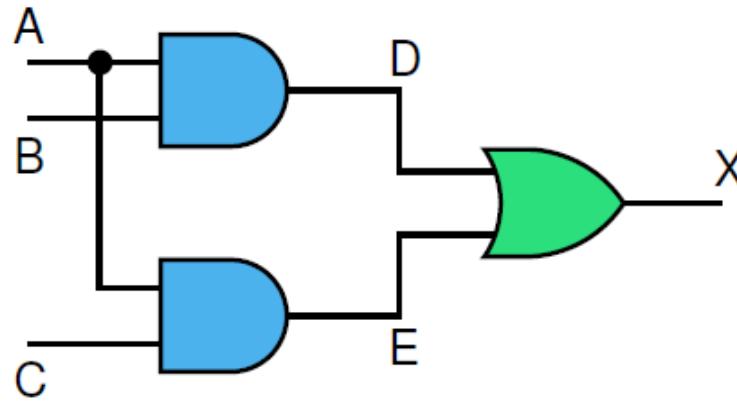
CIRCUITE COMBINATORIALE

Se obtin prin combinarea a doua sau mai multor porti logice, iesirile unora fiind intrari pentru altele.

Exemplu1:

iesirile a doua porti AND constituie intrari pentru o poarta OR.

Pentru ca X sa fie **1** trebuie ca.....



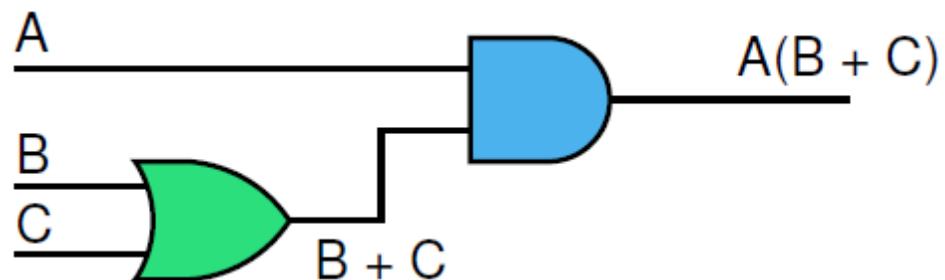
Algebra booleana:
 $AB + AC$

A	B	C	D	E	X
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1

Exemplu 2:

pornind de la expresia booleana

$$A(B + C)$$



A	B	C	$B + C$	$A(B+C)$
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1

ECHIVALENTA CIRCUITELOR

Pentru cele doua exemple precedente se observa **echivalenta functionala**

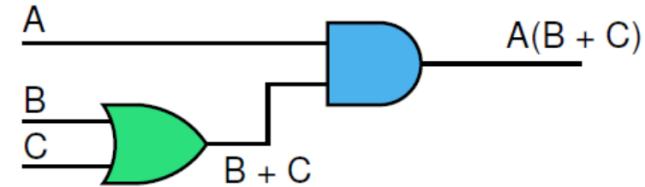
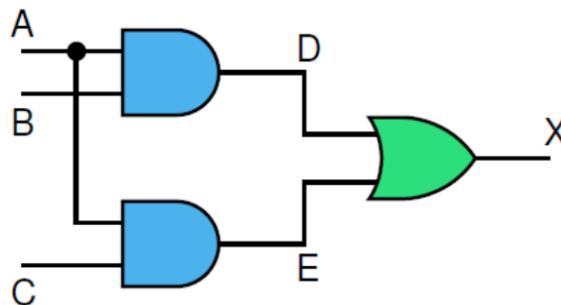
AB+AC



A(B+C)

A	B	C	D	E	X
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1

A	B	C	B + C	A(B+C)
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1



si se observa **Neechivalenta fizica/tehnica**

3 porti, 9 tranzistori



2 porti, 6 tranzistori

Simplificare expresii logice -> simplificare circuite = o necesitate tehnica si financiara.

SIMPLIFICAREA CIRCUITELOR LOGICE

Sau

IMPORTANTA REGULILOR ALGEBREI BOOLENE

Pentru a micșora costul circuitelor integrate, precum și energia consumată de acestea, proiectanții de circuite/scheme logice de porti, încearcă să micșoreaze numărul de porți logice, pastrand evident echivalenta intrari-iesiri.

SIMPLIFICAREA CIRCUITELOR LOGICE

sau

IMPORTANTA REGULILOR ALGEBREI BOOLENE – continuare-

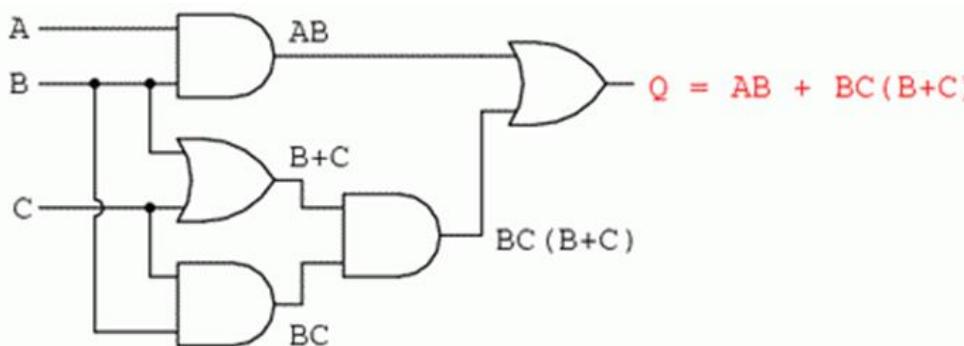
Simplificam expresia:

$$AB + BC(B + C) = AB + BBC + BCC = AB + BC + BC = AB + BC = B(A + C)$$

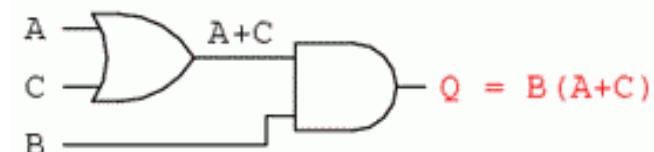
si construim diagrama circuitului echivalent:

Adica:

De la forma initiala a circuitului:



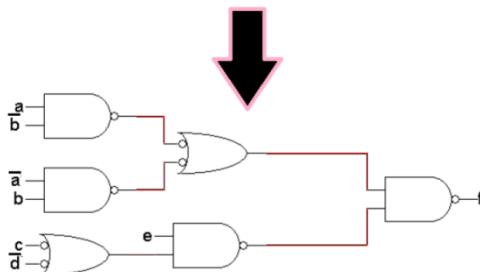
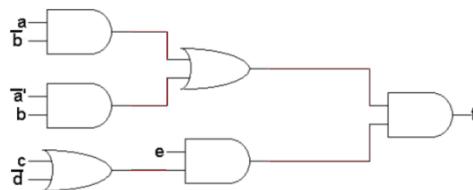
am ajuns la:



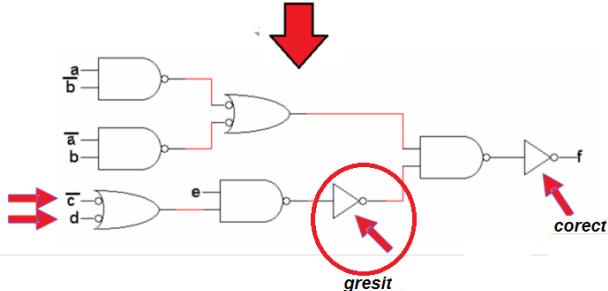
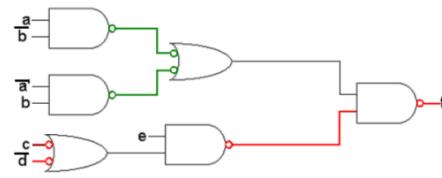
COMENTARIILE SUNT DE PRISOS!

O modalitate simpla de echivalare circuite logice folosind numai NAND :

1. AND \Rightarrow AND-NOT
OR \Rightarrow NOT-OR



2. Simbolurile de negație trebuie să se găsească în pereche de-a lungul unei linii; în caz contrar se inserează inversoare



- 3 Se vor inlocui portile NOT cu echivalentul lor NAND



4. Se vor inlocui “portile” NOT-OR cu NAND



Tema de casa:

demonstrati echivalenta folosind tabele de adevar

SIMILAR PENTRU PORTI NOR

Utilizari practice ale portilor si circuitelor logice



SUMATOARE (*adder*)

$1+1=10$ in baza 2 \Leftrightarrow adunarea a doua numere -> transport (carry) ->

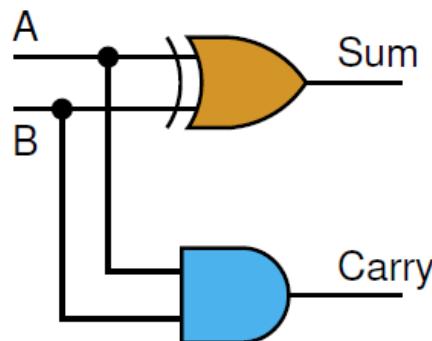
Daca nu se tine cont de transport => half-adder

Toate posibilitatile de a aduna doi biti:

A	B	Sum	Carry
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

\Rightarrow sunt necesare doua iesiri (output-uri): una pentru suma, alta pt. transport

Se observa ca suma este o poarta XOR iar transportul este o poarta AND, adica:



avand expresiile logice:

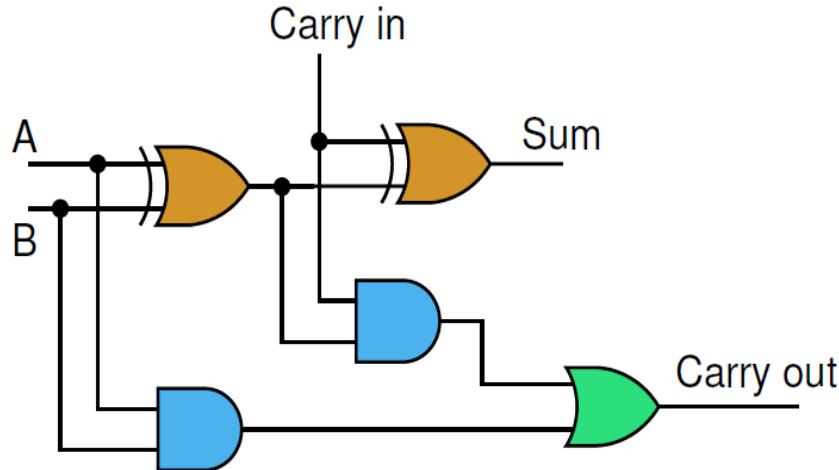
$$\begin{aligned} \text{sum} &= A \oplus B \\ \text{carry} &= AB \end{aligned}$$

Problema mare: NU tine cont de transportul precedent !

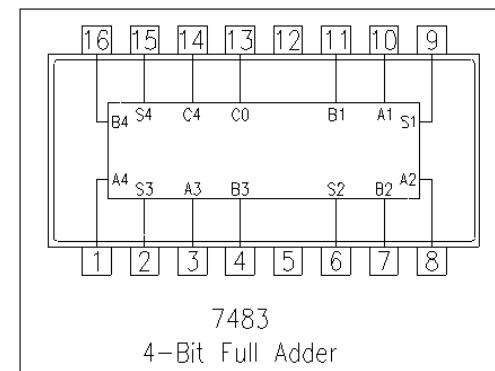
Solutia la problema precedenta este full-adder:

Circuitul sumator-complet

- ia in considerare transportul precedent (*carry-in*) ca si intrare
- se folosesc doua circuite *half-adder*:
- avem 3 intrari: A, B si transport precedent



A	B	Carry-in	Sum	Carry-out
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

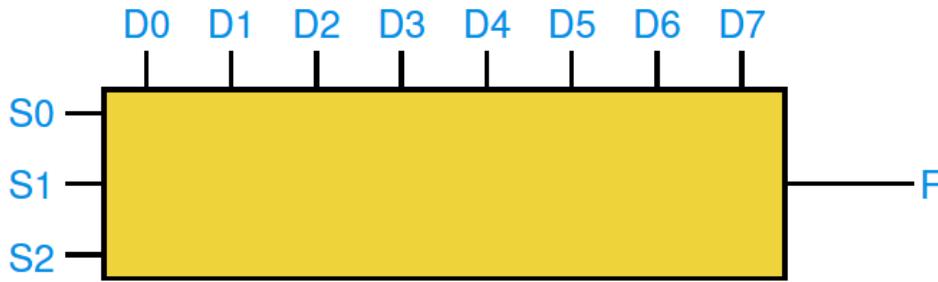


Nota: niciodata sum si carry nu pot avea simultan valorile 1

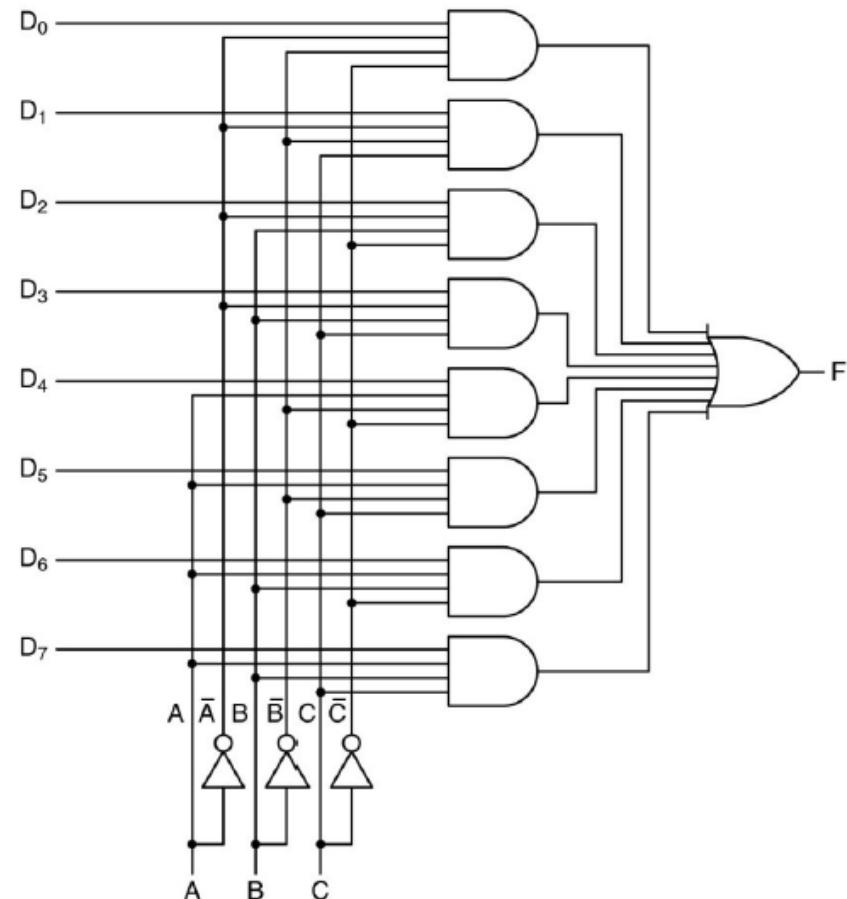
MULTIPLEXOARE

Circuit cu mai multe intrari si un selector, care produce la iesire un singur semnal la iesire, semnalul la iesire fiind unul din semnalele de intrare.

S_0, S_1 si S_2 pot lua valorile 0 si 1 \Rightarrow 8 valori posibile la iesirea F



S_0	S_1	S_2	F
0	0	0	D_0
0	0	1	D_1
0	1	0	D_2
0	1	1	D_3
1	0	0	D_4
1	0	1	D_5
1	1	0	D_6
1	1	1	D_7

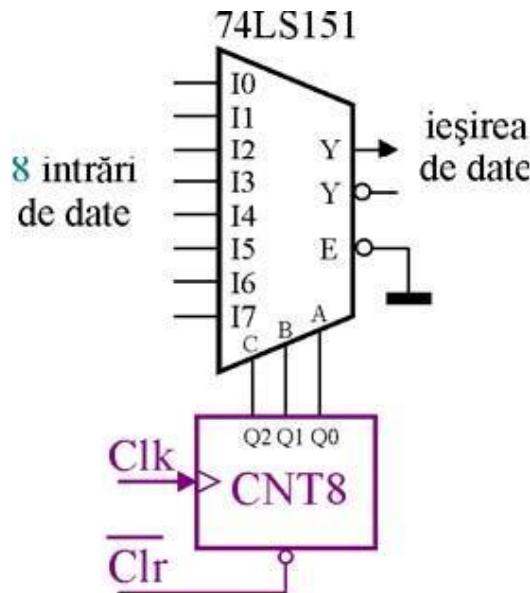


MULTIPLEXOARE – aplicatii

1. Conversia paralel -> serial a unui cuvânt binar de lungime m biți

Necesar: un multiplexor cu 8 canale de cate 1 bit : MUX 74LS151.

Functionare: Cei 8 biți aplicați paralel la intrările de date, apar succesiv la ieșire, bit după bit. Sunt necesare 8 impulsuri de tact (CK) pentru ca la ieșire sa se obțina întregul cuvânt în formă serială



2. Magistrale binare (BUS) in sistemele de calcul: pe o magistrală informația poate fi emisă (postată) de către un dispozitiv emițător și poate fi recepționată de către un dispozitiv receptor al informației.

DEMULTIPLEXOARE (decodificatoare)

Functie opusa multiplexorului, adica primeste la intrare cuvantul sub forma seriala si produce la iesire cuvantul in forma paralela.

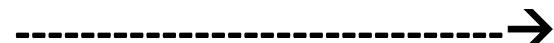
CIRCUITE SECVENTIALE

Circuite logice care pot stoca informatia

Starea finala este determinata atat de valorile intrarilor cat si de starea curenta a circuitului

Exista numeroase tipuri de circuite care pot stoca informatia.

Unul simplu de implementat si intelese este



CIRCUITE DE MEMORARE SR-latch

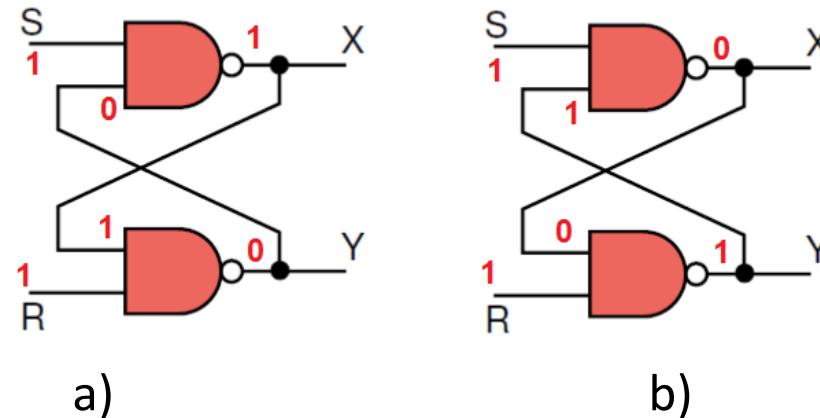
S-Set, R-Reset

Stocheaza o singura valoare binara

Se poate realiza in mai multe configuratii.

Realizare cu porti NAND:

- Modelul garanteaza ca X si Y sunt tot timpul complementare
- Valoarea lui X se considera val. stocata de circuit
- Cat timp S=1 si R=1, circuitul isi va pastra starea, indiferent de valoarea stocata



Cum setam cele doua stari?

-pt. scurt timp S=0 (set X pe 1) (*trecerea din b) in a)*)

-pt. scurt timp R=0 (reset X pe 0) (*trecerea din a) in b)*)

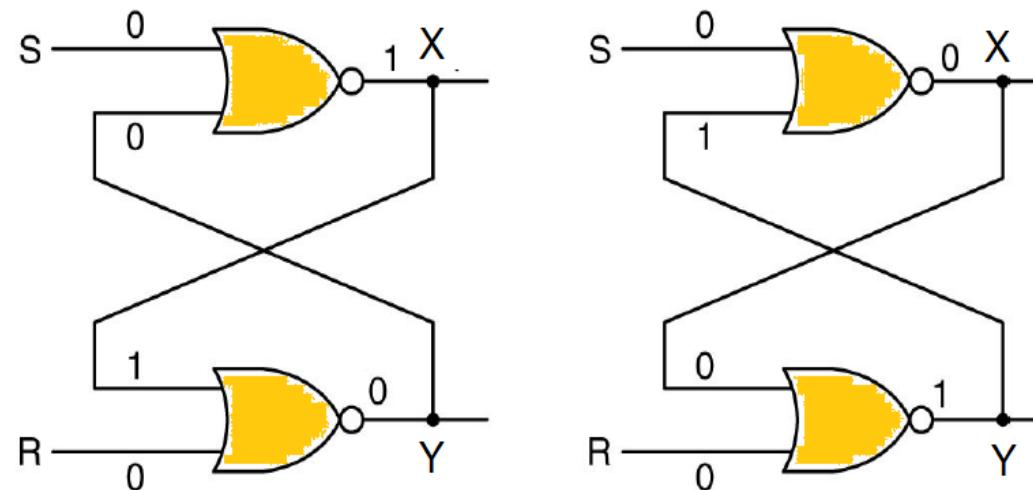
CIRCUITE DE MEMORARE SR-latch

S-Set, R-Reset

Stocheaza o singura valoare binara

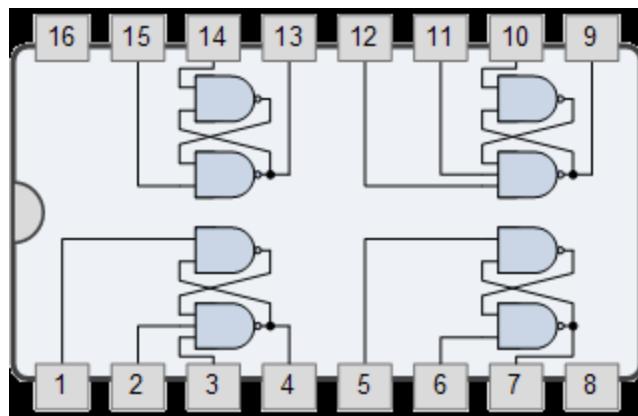
Se pot realiza in mai multe configuratii/feluri.

Realizare cu porti NOR:



CIRCUITE DE MEMORARE SR-latch

Realizare/Existenta fizica:





ARHITECTURI RECONFIGURABILE

Von Neumann

VS.

Reconfigurable

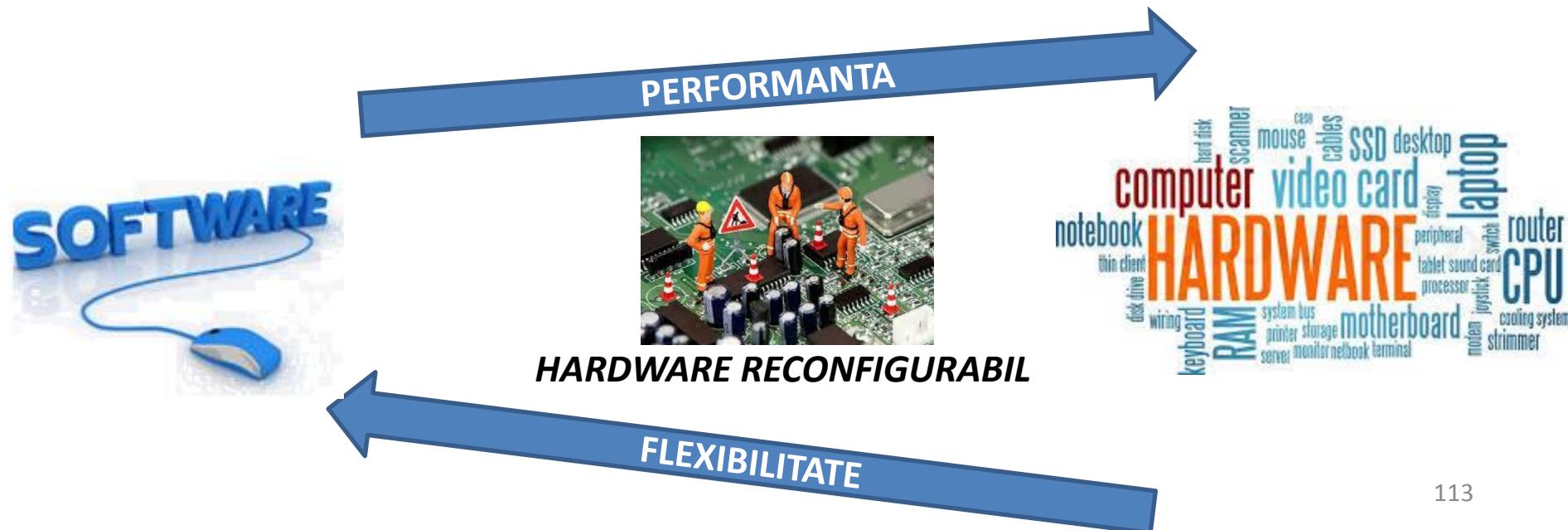
RESURSE FIXE

Proiectata pentru un singur procesor

RESURSE VARIABILE

Proiectata initial pentru un scop anume, poate fi modificata/ajustata din punct de vedere al resurselor hardware pentru alte scopuri

Sistemele reconfigurabile sunt destinate sa umple golul dintre hardware si software, in sensul ca aceste sisteme reconfigurabile asigura mai multa performanta decat software-ul si mai multa flexibilitate decat hardware-ul



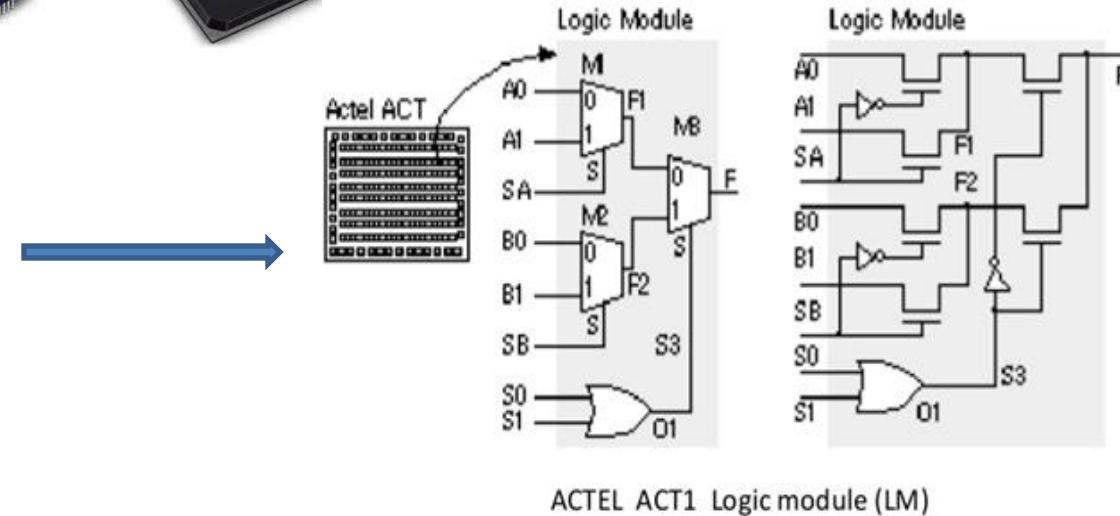
1984- XILink Comp. -> procesoare programabile logic

? Un procesor in care setul de instructiuni (ISA) poate fi reconfigurat

FPGA (Field Programmable Gate Array)

FPGA = circuite integrate digitale configurabile/reconfigurabile, ulterior fabricarii acestora.

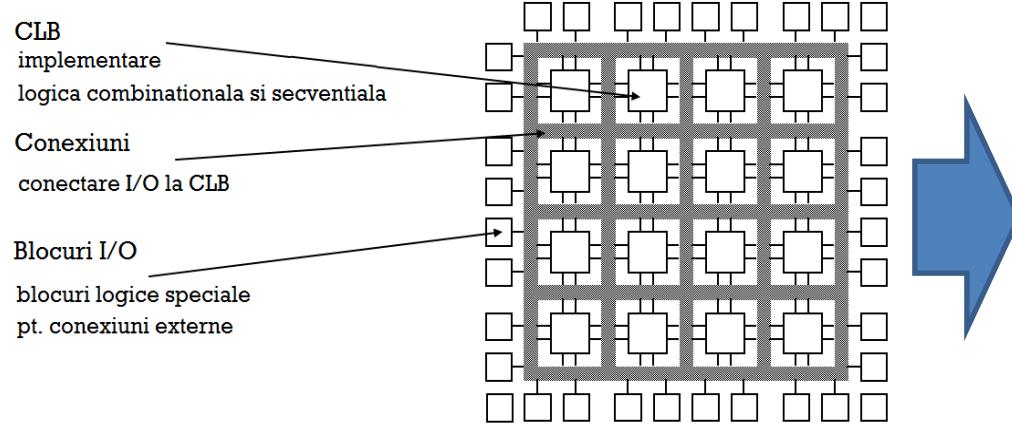
Din punct de vedere functional/logic!!!!!!!!!!!!!!



Configurarea FPGA : cu un limbaj de descriere hardware HDL

Exista compilatoare C -> HDL (de exemplu compilatorul Impulse C)

Field-Programmable Gate Arrays



Phoneblocks

Componentele interschimbabile (Dave Hakkens, 2013)

Phoneblok = placă de bază + accesorii



Dar despre toate astea intr-un curs viitor

Definitia 1. O poarta AND primeste doua intrari x_1 si x_2 de tip bit si produce la iesire rezultatul evaluarii expresiei x_1 AND x_2 :

$$x_1 \text{ AND } x_2 = \begin{cases} 1 & \text{daca } x_1 = 1 \text{ si } x_2 = 1 \\ 0 & \text{in caz contrar} \end{cases}$$

Definitia 2. O poarta OR primeste doua intrari x_1 si x_2 de tip bit si produce la iesire rezultatul evaluarii expresiei x_1 OR x_2 :

$$x_1 \text{ OR } x_2 = \begin{cases} 1 & \text{daca } x_1 = 1 \text{ sau } x_2 = 1 \\ 0 & \text{in caz contrar} \end{cases}$$

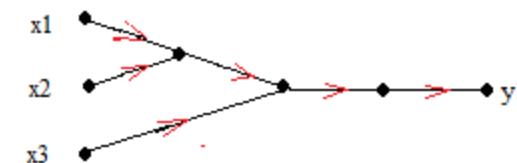
Definitia 3. O poarta NOT (INVERTER) primeste o intrare x_1 de tip bit si produce la iesire rezultatul evaluarii expresiei NOT x_1 :

$$\text{NOT } x_1 = \begin{cases} 1 & \text{daca } x_1 = 0 \\ 0 & \text{in caz contrar} \end{cases}$$

Definitia 1. Circuit combinational = e un circuit format din porti logice, care nu are memorie si al carui output depinde doar de inputul prezent/urent, NU de inputul precedent sau de starea curenta in care se afla circuitul

Obs. 1. un circuit logic poate fi reprezentat ca si un graf orientat, al carui arce sunt inputurile, output-urile si portile

Exemplu:

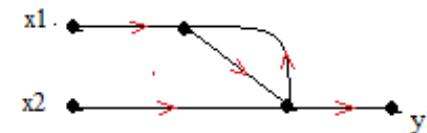
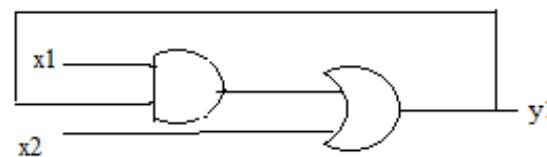


Ipoteza: circuite conectate iar daca ignoram faptul ca e graf orientat se poate presupune ca graful e conex

=>

Definitia 2. Circuit combinational = e un circuit care transpus intr-un graf nu contine cicluri

Contraexemplu:



Acesta este un circuit sequential