

Sisteme cu MicroProcesoare

Cursul 4

Porturi de intrare/ieșire

Conf. Gigel Măceșanu

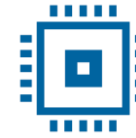


Universitatea
Transilvania
din Brașov

FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ
ȘI ȘTIINȚA CALCULATOARELOR

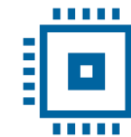


Cuprins



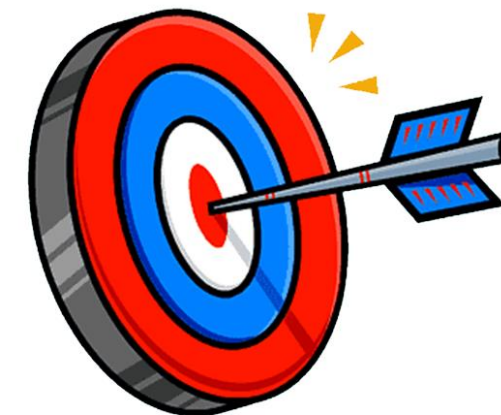
- Prezentare generală
- Arhitectură internă a porturilor digitale
- Transferul de date din exterior spre interiorul MC-ului
- Funcții multiple și mecanisme de protecție
- Circuite auxiliare utilizate cu porturile digitale

Obiectivul cursului



■ Prezentarea funcționalităților de bază ale unui pin digital de intrare ieșire:

- Structura internă a unui port digital, SW și HW
- Modalități de configurare
- Transferul datelor din exterior spre interiorul MC
- Utilizarea rezistoarelor de pull-up/down
- Circuite conexe utilizate cu porturile de intrare/ieșire

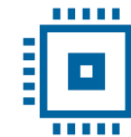


Porturi de Intrare / ieșire

- Porturile I/O sunt interfețe hardware de pe microcontroler care permit comunicația cu perifericele externe (senzori, actuatore sau alte dispozitive electronice)
- Un pin este de I/O dacă i se poate schimba fluxul de transfer al datelor de la intrare spre ieșire și viceversa (prin soft)
- Pinii sunt grupați, în general câte 8, și formează un PORT
- Există două tipuri de porturi de I/O:
 - Porturi digitale: două niveluri de tensiune: HIGH (logic 1) și LOW (logic 0): butoane, LEDs
 - Porturi analogice: măsoară o gamă continuă de valori de tensiune: senzori de temperatură analogici
- Pot avea funcționalități speciale: UART, SPI, I2C, PWM, Timer/Counter



Portul digital de Intrare / Ieșire



■ Principalele caracteristici ale unui port digital sunt:

- Valoarea citită de pe pin este digitalizată de MC în două stări: 1 sau 0
- Intervalele de High și Low depind de tipul MC
- Se poate folosi logică pozitivă sau logică negativă

■ Intervalele de tensiune pentru stările HIGH și LOW ale pinilor unui microcontroler variază în funcție de tipul și specificațiile microcontrolerului, precum și de tehnologia de fabricație

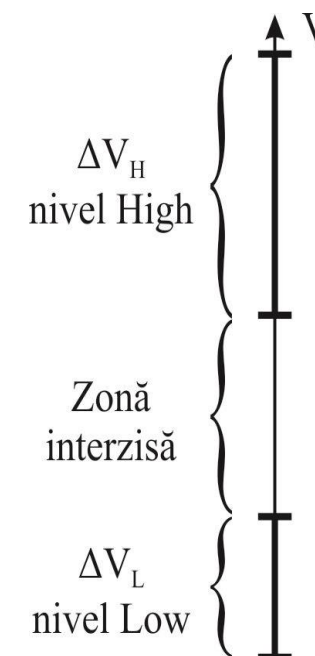
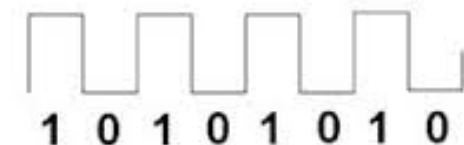
■ Exemple specifice de microcontrolere:

- **AVR (ex. ATmega328P) la 5V:**
 - LOW: $0V - 0.3 * V_{cc}$ ($0V - 1.5V$ la $5V$)
 - HIGH: $0.6 * V_{cc} - V_{cc}$ ($3V - 5V$ la $5V$)
- **ARM Cortex-M (ex. STM32F4) la 3.3V:**
 - LOW: $0V - 0.3 * V_{cc}$ ($0V - 0.99V$ la $3.3V$)
 - HIGH: $0.7 * V_{cc} - V_{cc}$ ($2.31V - 3.3V$ la $3.3V$)

Semnal analogic

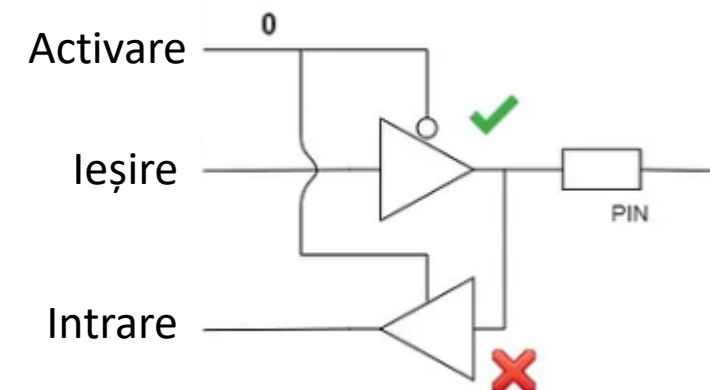
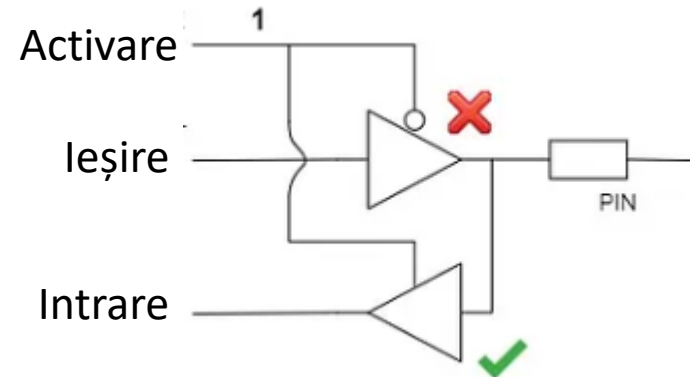


Semnal digital

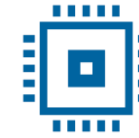


Arhitectura porturilor de Intrare / Ieșire

- Facilitează comunicația bidirecțională, între MC și lumea exterioară
- Porturile de intrare/ieșire (I/O) ale unui microcontroler sunt gestionate printr-o serie de registre care controlează comportamentul și starea pinilor
- Comportamentul fiecărui pin al unui port de Intrare sau Ieșire este implementat cu circuite electronice specifice, care introduc întârzieri
- Fiecare pin al porturilor conține:
 - Un buffer de intrare
 - Un buffer de ieșire
 - O linie de activare (enable)

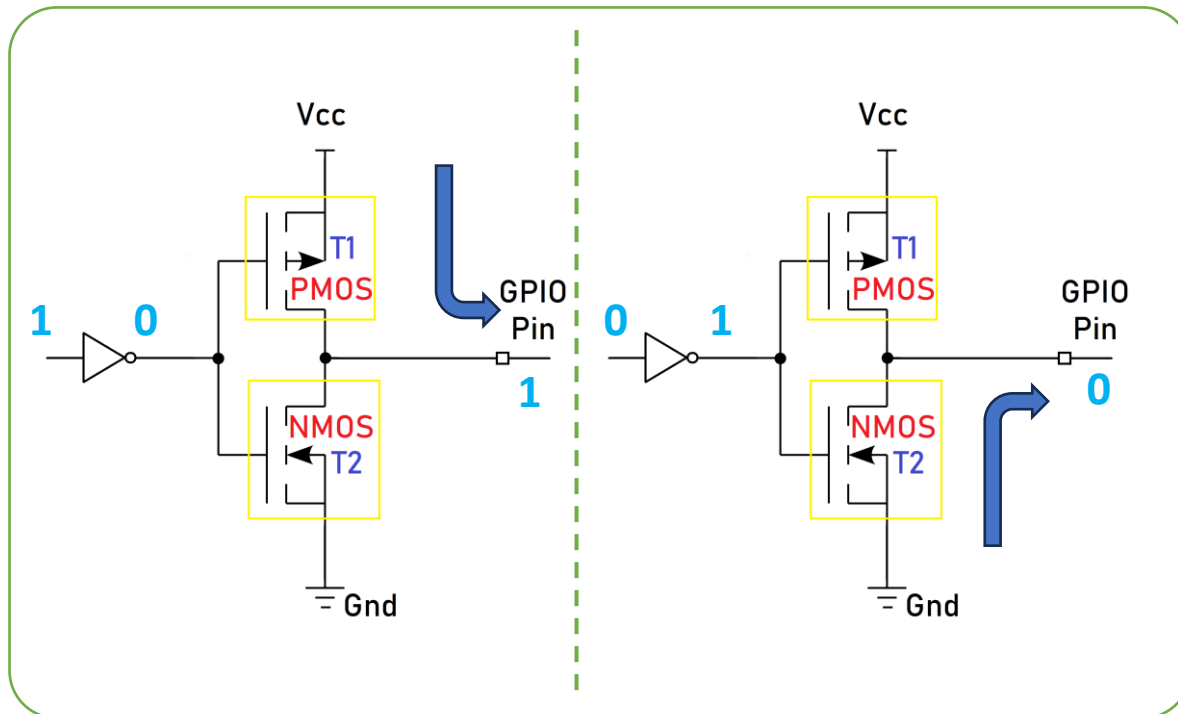


Arhitectura porturilor de Intrare / Ieșire

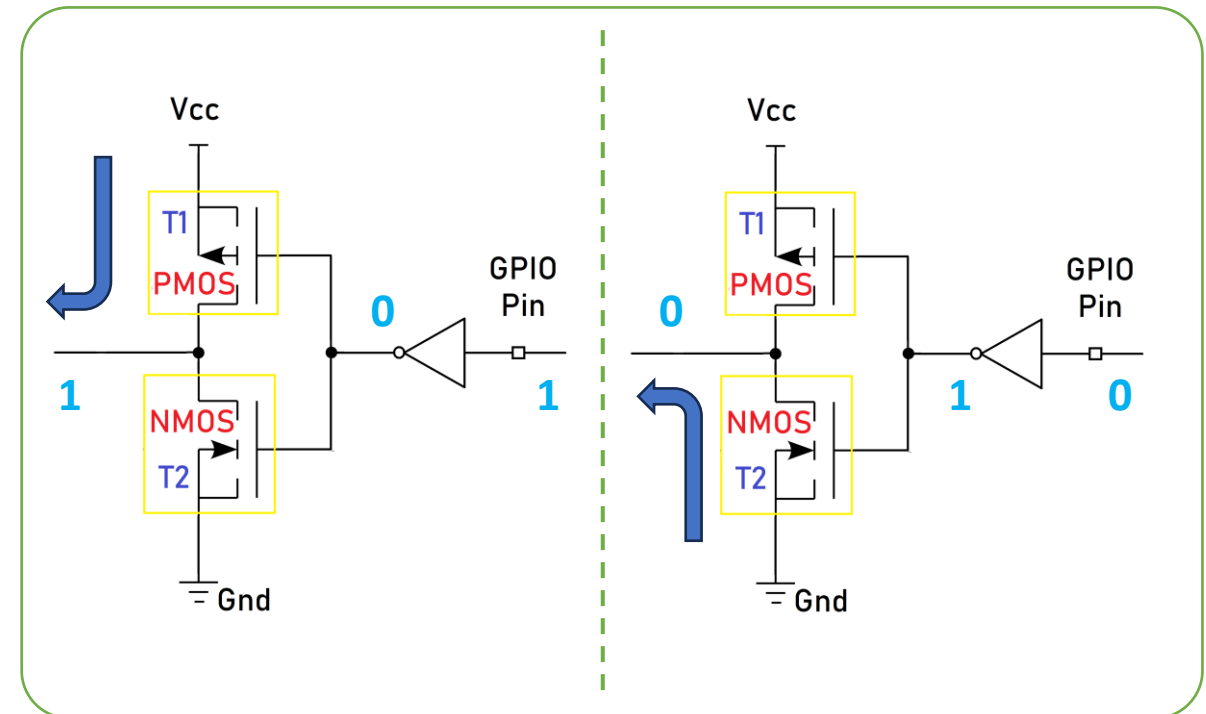


■ Din punct de vedere hardware, în funcție de direcția semnalului putem avea:

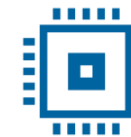
■ Pin de ieșire:



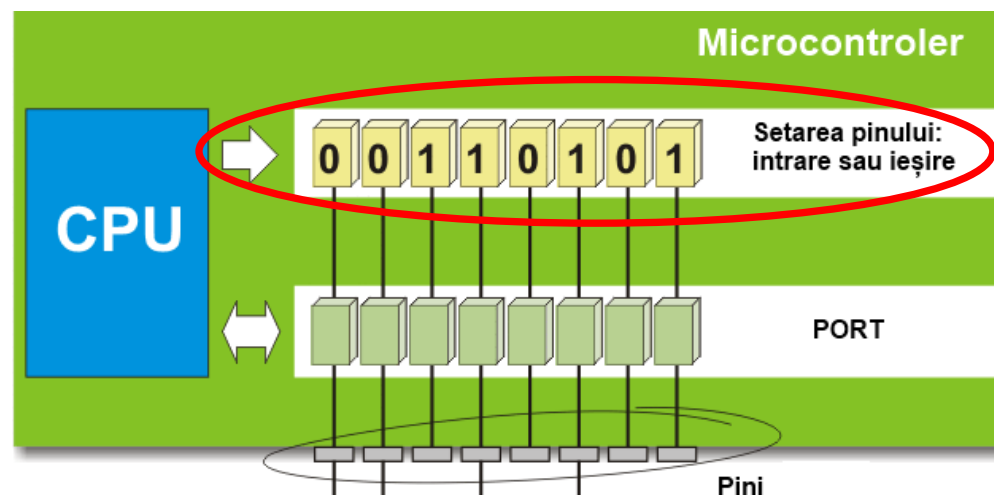
■ Pin de intrare:



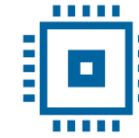
Arhitectura porturilor de Intrare / Ieșire



- Din punct de vedere software, două registre sunt importante când se discută de porturi I/O
- Registru de setare a direcției datelor:
 - Fiecare port bidirecțional are un asemenea registru
 - Conține un bit de configurare pentru fiecare pin al MC
 - Funcționalitatea pinului se realizează prin setarea/ștergerea bitului corespunzător din registru (pot exista pe același port pini cu funcții diferite)

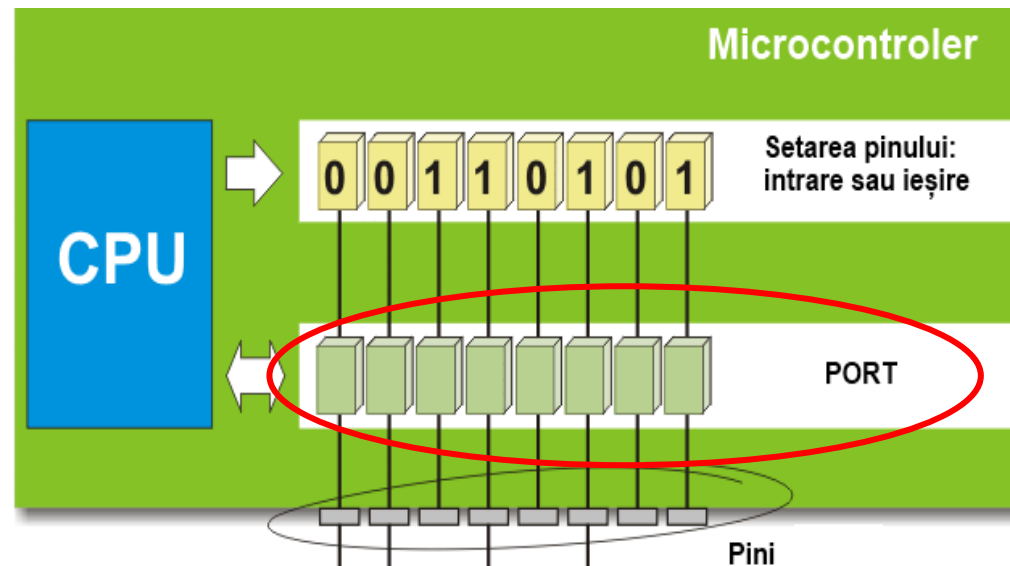


Arhitectura porturilor de Intrare / Ieșire

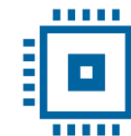


■ Registru corespunzător portului:

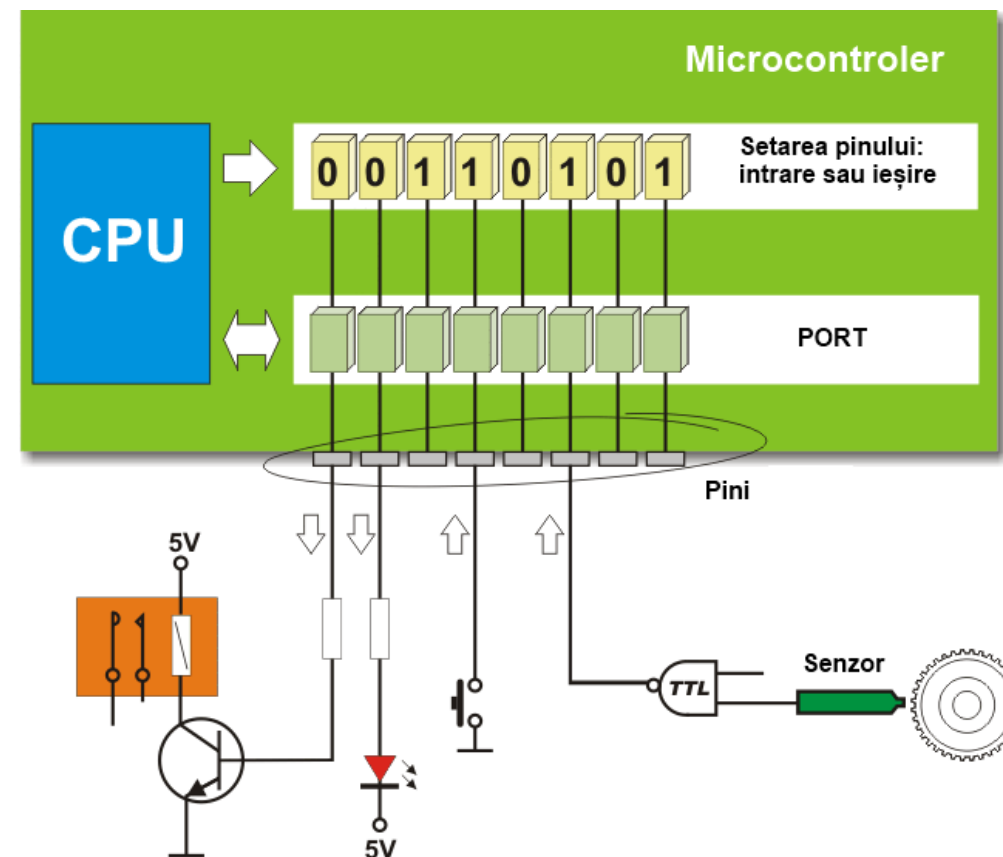
- Utilizat pentru a controla nivelul tensiunii de pe pinul de ieșire (high/1/5V sau low/0/0V)
- Pentru pinii setați ca ieșire, citirea registrului va returna valoarea scrisă de utilizator (programator)
- Pentru pinii setați ca intrare, citirea registrului va returna starea pinului de intrare



Configurarea porturilor

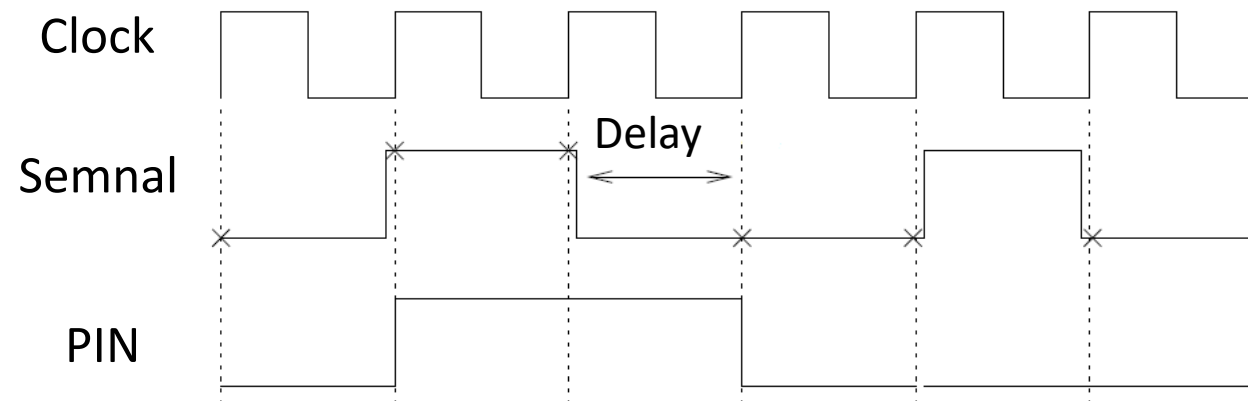


- Unitatea centrală de procesare (CPU) controlează porturile digitale ale microcontrolerului, după setarea fiecărui pin ca intrare sau ieșire.
- Prin configurarea corectă a direcției se pot asigura transferuri între microcontroler și echipamente specifice conectate la acesta
- Trebuie avute în vedere valorile maxime pentru curentul de intrare sau ieșire din microcontroler



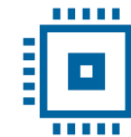
Transferul de date către MC

- Transformarea tensiunii de intrare în valoare binară (port digital) presupune utilizarea unuia sau mai multor circuite adiţionale, pe lângă tranzistoarele amintite
- O soluţie presupune utilizarea de bistabili de tip latch
- Dacă circuitul latch este declanşat de clock-ul sistemului, reţinerea valorii pinului se va face la începutul fiecărui ciclu
- O astfel de soluţie permite citirea stării pinului cu întârziere
- Este posibilă chiar pierderea impulsurilor mai scurte de un ciclu de clock

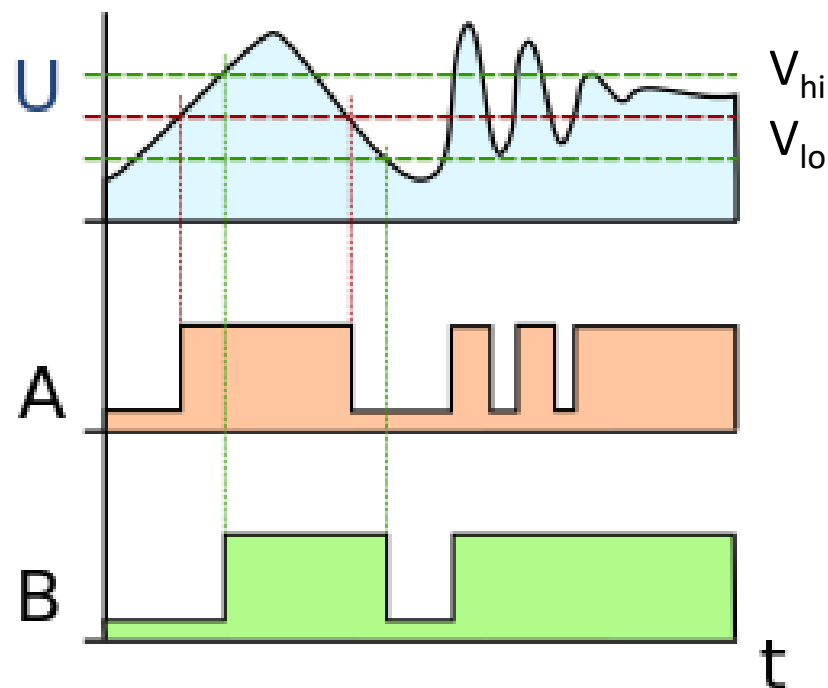


- O altă problemă întâlnită des în aplicaţii practice are în vedere conceptul de **metastabilitate**:
 - o stare instabilă în care semnalele de intrare pot fi într-o zonă de tranziţie între două stări logice (de exemplu, 0 şi 1)
 - Nu este cunoscută pentru o perioadă foarte scurtă de timp starea în care se afla pinul
 - Cauze de apariţie:
 - Semnalele de intrare sunt schimbate aproape simultan cu semnalele de ceas (clock)
 - Semnalele care trebuie să parcurgă distanţe lungi pot fi afectate de întârzieri şi reflexii, crescând riscul de metastabilitate
 - Pentru a evita o astfel de apariţie a meta-stabilităţii se poate folosi un circuit de tip Trigger-Schmitt:
 - Se obţin tranziţii bine definite
 - Sunt eliminate fluctuaţiile tensiunii de intrare

Metastabilitate



- Circuitul Trigger Schmitt convertește un semnal analogic într-un semnal digital
- Utilizează 2 praguri: V_{IO} și V_{hi}
- Tensiunea de ieșire se calculează în funcție de cele 2 praguri



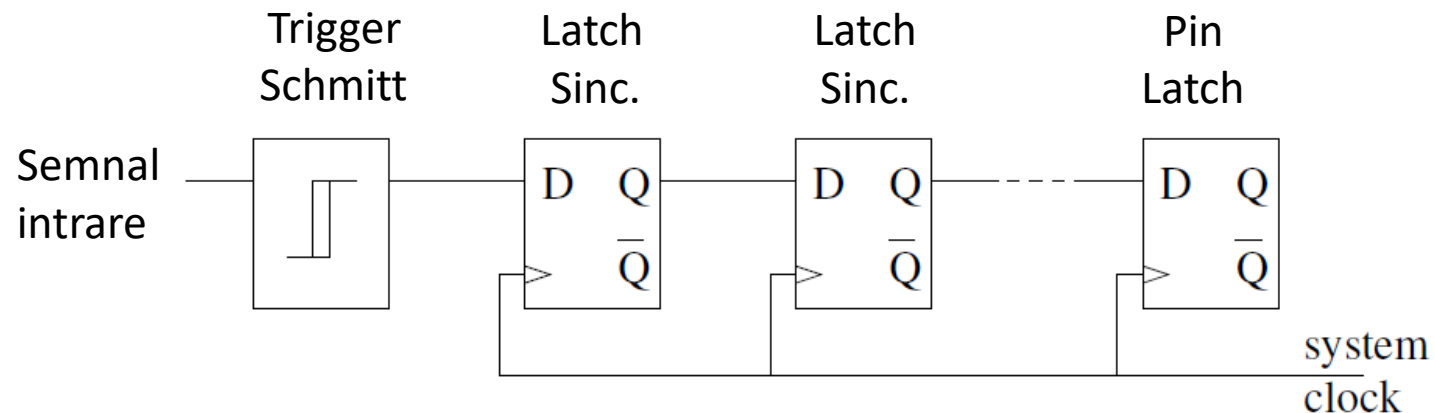
U = tensiunea de intrare cu zgomot
sau evoluție lentă

A = tensiunea de ieșire pentru un
circuit comparator

B = tensiunea de ieșire a unui
Trigger Schmitt

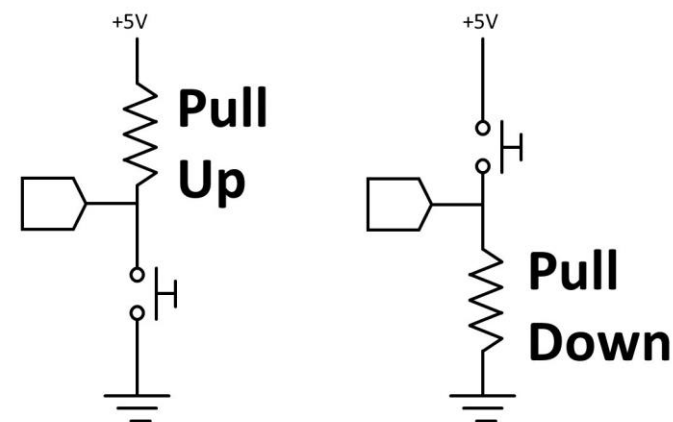
Circuit de tip sincronizator

- Previne apariţia unor stări intermediare sau nedefinite ale portului, cum ar fi metastabilitatea.
- În serie cu un circuit Trigger Schmitt sunt utilizate circuite latch
- Un sistem format dintr-un Trigger Schmitt şi circuite latch poartă numele de *sincronizator*
- d_{sinc} : numărul de cicluri de clock necesare pentru propagarea semnalului de la primul latch de sincronizare până la pinul de latch
- Întârzierea pe pinul de intrare este în acest moment: $d_{in} = d_{latch} + d_{sinc}$

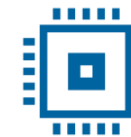


Rezistențe de pull-up sau de pull-down

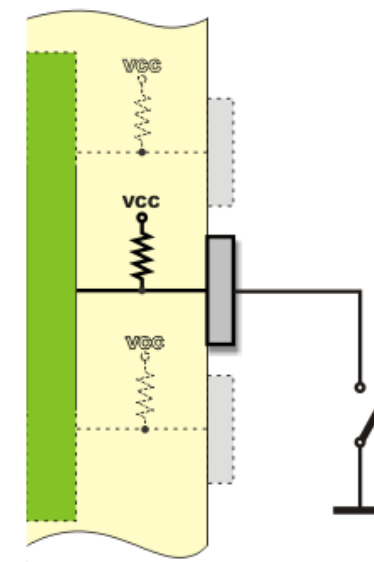
- Dacă un pin al microcontrolerului nu este conectat la o sursă de semnal definită acesta se află într-o stare nedeterminată sau de înaltă impedanță (HiZ):
 - În stare nedeterminată, pinul poate ajunge la un voltaj intermediar, influențat de interferențe externe sau de circuite adiacente
 - În starea de HiZ în această stare, pinul nu influențează circuitul și nici nu este influențat de el, ceea ce îl face „izolat” din punct de vedere electric. Se utilizează în anumite aplicații pentru a permite mai multor circuite sau dispozitive să partajeze aceeași linie de semnal fără a se afecta reciproc
- Pentru a evita aceste două situații se pot utiliza rezistoare de pull up/down
- Rezistorul de pull-up este ideal pentru utilizarea în aplicații care utilizează butoane, comutatoare sau optocuploare
- Pot exista și MC care conțin și rezistori pull-down



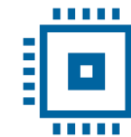
Rezistențe de pull-up sau de pull-down



- Avantajele utilizării acestor tipuri de rezistori (interni sau externi unui MC):
 - utilizați pentru a evita stările de nedeterminare pe pinii de intrare
 - asigura că stările unui buton sau întrerupător sunt corect interpretate de microcontroler
 - în circuite mai complexe, unde semnalele pot fi influențate de multiple surse, rezistorii de pull-up și pull-down asigură că semnalele sunt menținute la valori logice clare, prevenind problemele de stabilitate și interferențe
- Valorile rezistorilor de pull-up și pull-down variază între 1 k Ω și 10 k Ω .
Valoarea exactă depinde de cerințele specifice ale circuitului
- Rezistoarele de pull-up/down interne (dacă există) sunt controlate de un registru care permite activarea/dezactivarea acestora
- Rezistorii de pull-up nu afectează pinii setați de ieșire ci doar îi influențează în bine pe cei care sunt setați ca intrare



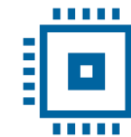
Pini cu funcții multiple



- Unii dintre pini unui MC pot avea funcții multiple
- Când sunt utilizați în modul "normal" se numesc GPIO (pini cu scop general)
- Funcții adiționale pot include:
 - Intrare/ieșire analogică (ADC/DAC): permițând măsurarea valorilor analogice precum tensiune sau curent aplicate pe pinul considerat
 - Comunicații seriale: permit comunicația UART, SPI sau I2C
 - Interrupturi externe: pentru detectarea schimbărilor de pe pin, apărute din exterior
 - Generare de semnale, forme de undă: PWM
- Configurarea acestor funcționalități se face în registru de funcții speciale SFR
- Când o funcție alternativă este activă pinul nu mai poate funcționa ca pin cu scop general

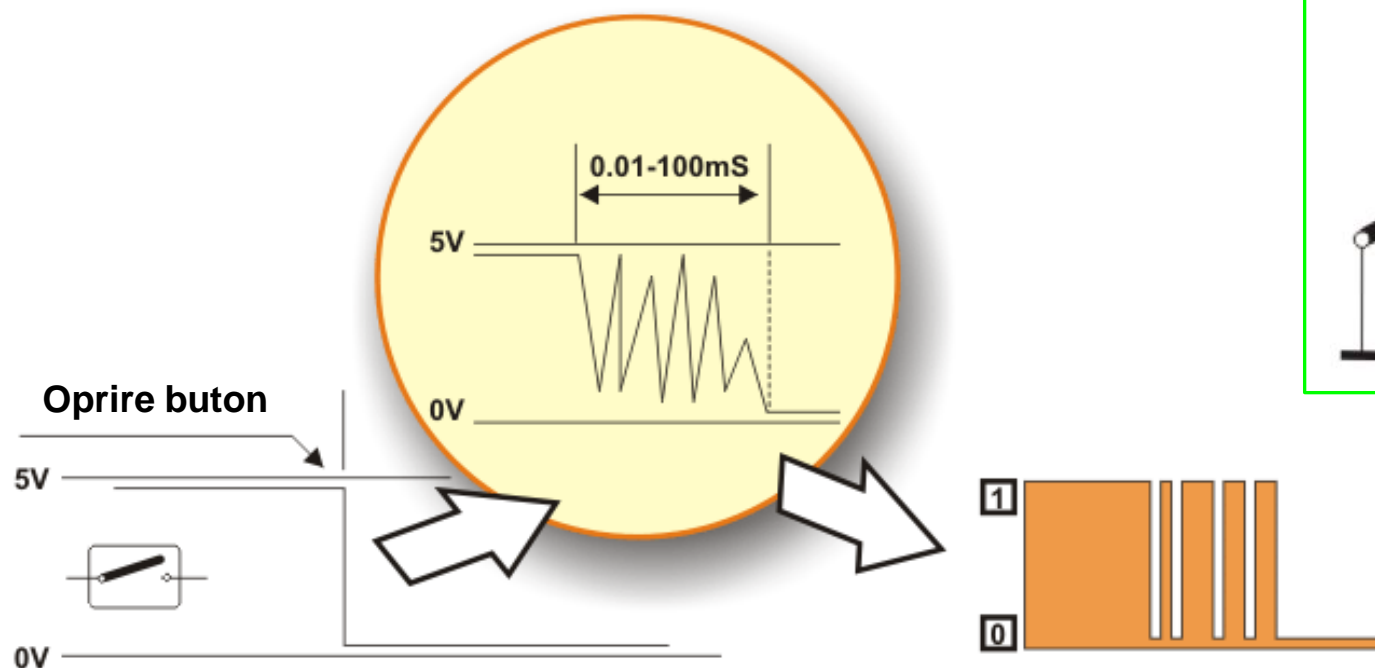
- Unii dintre pinii sunt echipați cu anumite protecții interne pentru a preveni deteriorarea circuitului din cauza unor condiții nefavorabile cum ar fi supratensiuni, descărcări electrostatice (ESD) și curenți excesivi
- Pentru evitarea deteriorării se pot utiliza:
 - Descărcări electrice statice (ESD): diode de protecție la pinii de intrare/ieșire
 - Protecția la supratensiune: se utilizează circuite de limitare (clamping circuits) care limitează tensiunea la un nivel sigur, prevenind astfel avariarea pinilor
 - Protecția la supracurent: includ limitatoare de curent sau circuite de protecție la scurtcircuit, care reduc curentul prin pin la un nivel sigur atunci când este detectat un supracurent
 - Protecția la inversarea polarității: diode de protecție la alimentare care previn deteriorarea prin blocarea curentului invers. În plus, poate fi implementată la nivel de placă prin adăugarea unei diode în serie cu sursa de alimentare
 - Protecția la temperatură: utilizează senzori de temperatură internați care monitorizează temperatura cipului. Dacă temperatura depășește un anumit prag, microcontrolerul poate reduce viteza de funcționare, poate dezactiva pinii sau poate trece în modul de protecție termică (thermal shutdown)

Circuite conexe porturi I/O

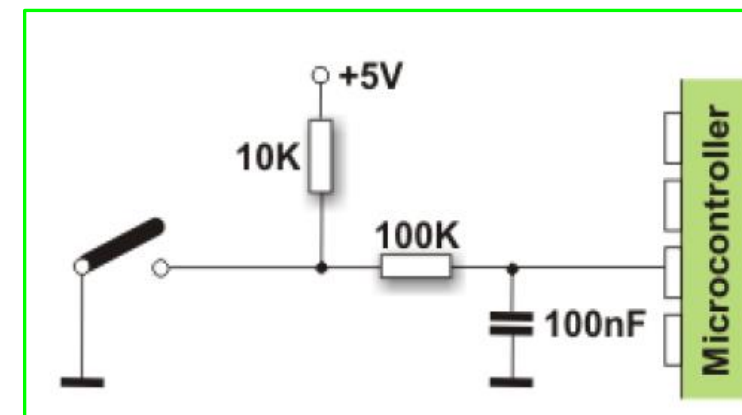


■ Butoane și comutatoare

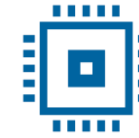
- Pot apărea oscilații nedorite la comutare/apăsare
- Se pot filtra cu ajutorul unui filtru RC
- Se pot utiliza și filtre software



Filtrare RC

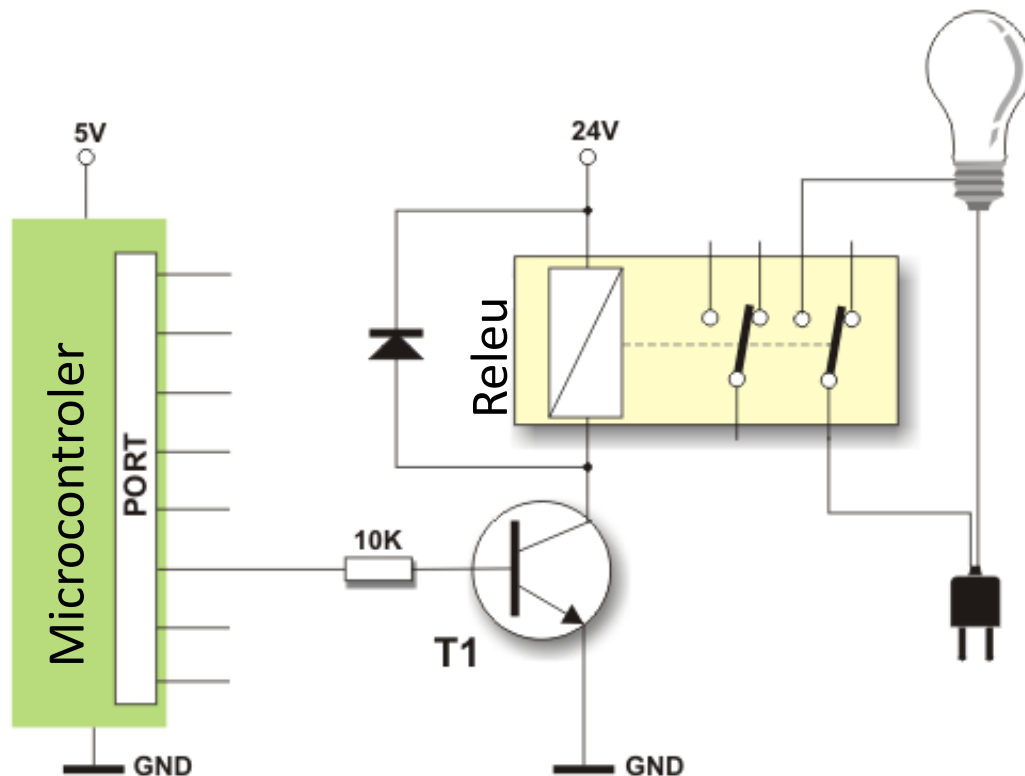


Circuite conexe porturi I/O



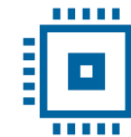
■ Relee

- dispozitiv de comandă care este utilizat pentru a închide și a deschide un alt circuit electric



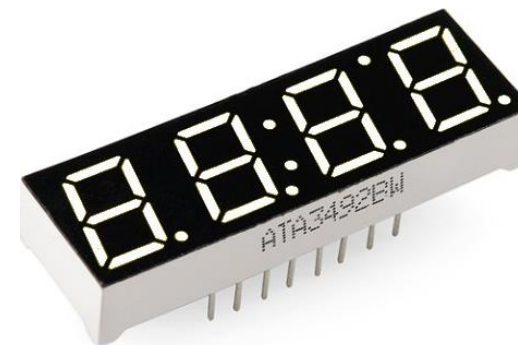
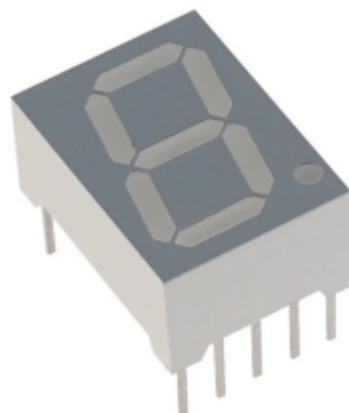
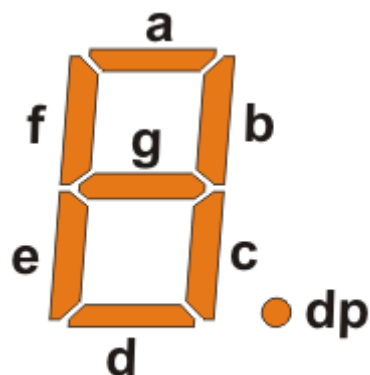
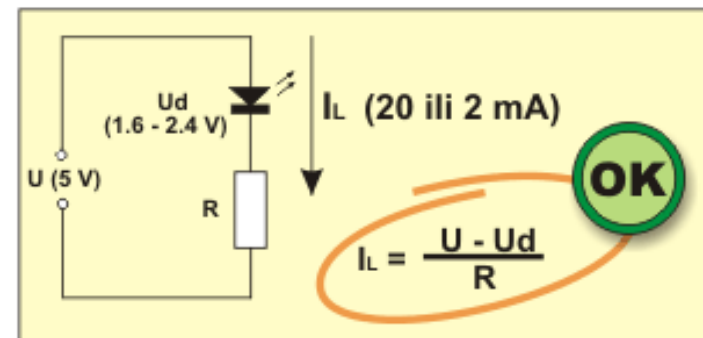
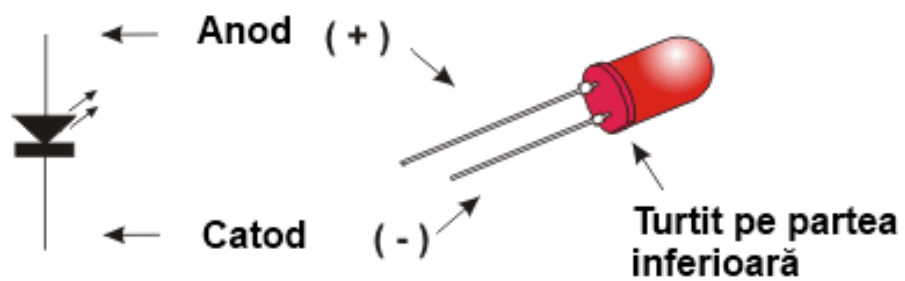
- Este conectat la pinii MC și folosit pentru pornirea/oprirea de dispozitive precum: motoare, transformatoare, becuri

Circuite conexe porturi I/O

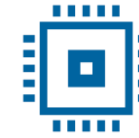


■ Leduri și dispozitive cu leduri

- Pentru aplicații cu multe LEDuri se recomandă utilizarea de componente cu un curent de operare de aprox. 20mA

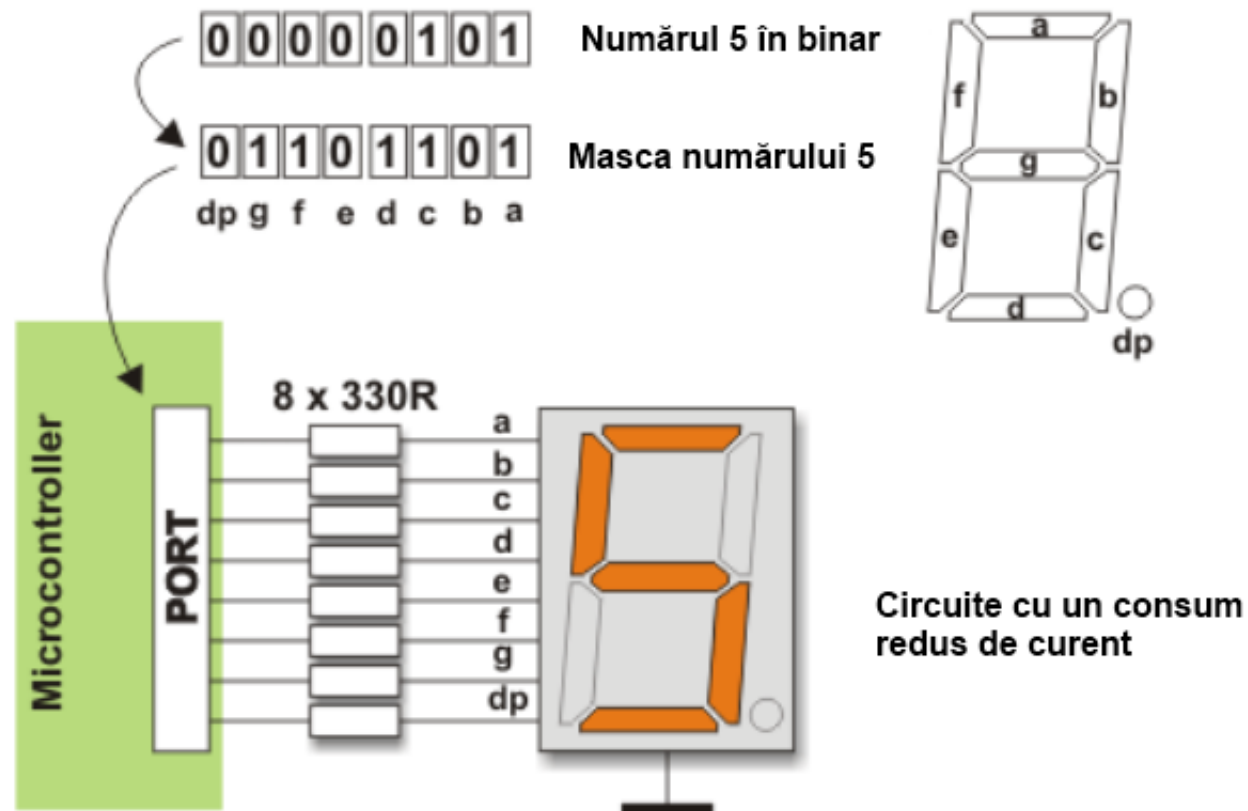


Circuite conexe porturi I/O

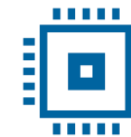


■ Leduri și dispozitive cu leduri

- Se pot multiplexa dispozitivele cu 7 segmente pentru a afișa mai multe numere în "același timp"
- Un circuit cu 7 segmente funcționează astfel:

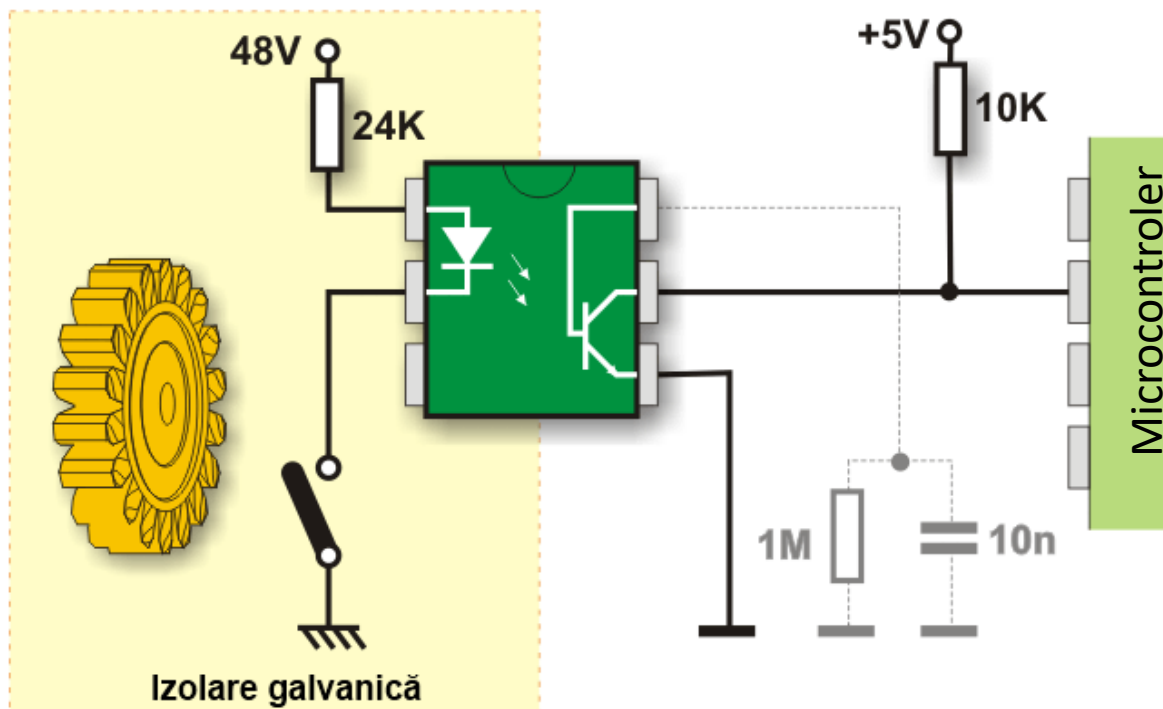


Circuite conexe porturi I/O

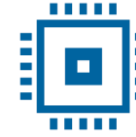


■ Optocuplor

- Utilizat în aplicații ce presupun izolarea galvanică față de eventuale tensiuni sau curenți periculoși
- Conține leduri și elemente sensibile la lumină, precum fototranzistori, fotodiode, etc

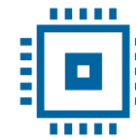


Concluzii



- Structura internă a unui pin de intrare ieşire
 - Elemente Hw şi Sw ce permit configurarea portului
- Transferul de date de la exterior spre interiorul unui MC
 - Întârzieri, metastabilitate
- Utilizarea rezistoarelor de pull–up/down
- Particularităţi ale porturilor digitale:
 - Funcţii multiple, mecanisme de protecţie
- Circuite conexe
 - Relee, LEDuri, optocuploare





Contact:

Email: gigel.macesanu@unitbv.ro

elearning.unitbv.ro - Sisteme cu Microprocesoare