

# Tema 2

## Electronică Digitală

### *Scopurile temei:*

- să extrag datele de interes din fișele tehnice ale circuitelor integrate digitale complexe
- să analizez consumul circuitelor integrate digitale în diverse regimuri de funcționare
- să elaborez strategii simple de management energetic pentru un sistem digital

### *În cele ce urmează voi studia:*

- circuitul integrat ATmega324PB, tip microcontroller
- modulul MRF24J40MA, pentru comunicație wireless
- circuitul integrat Si7060, tip senzor de temperatură
- caracteristicile tipice ale unui acumulator Li-Ion, spre exemplu NCR18650A

### **Ex1:**

Denumirea Pieseii	Domeniul Tensiunii de Alimentare
Circuitul integrat ATmega324PB	1.8 - 5.5V
Modulul MRF24J40MA	2.4 - 3.6
Circuitul integrat Si7060	1.71 - 5.5 V
Acumulator Li-Ion: NCR18650A	3.6V

Alimentarea directă de la acumulator a pieselor date este realizabilă (considerând tensiunea acestuia de 3.6V, fiindcă se încadrează în toate domeniile tensiunilor de intrare), dar nu este absolut recomandat în cazul în care ne aflăm în zona sub 3.6V a domeniilor , întrucât acest caz ne poate duce la arderea componentelor.

Dacă introducem un stabilizator de tensiune este favorabil , deoarece poate reduce pierderea de energie și suprimă generarea de căldură. Acesta este format dintr-un amplificator de eroare, un divizor de tensiune, un tranzistor bipolar sau CMOS (pe post de element de trecere) și o tensiune de referință, calculând în primă fază diferența de potențial.

Această diferență e recomandat să fie sub 1V. Un LDO ideal pentru sisteme de tip embedded are următoarele caracteristici: curent de sarcină ridicat (până la 1A), cădere de tensiune mică mai mica de 300mV, ieșirea de indicare a energiei cu întârziere programabilă și intrare de comandă de închidere.

### **Ex2:**

Frecvențele normale la care microcontrolerul poate funcționa sunt următoarele:

- \* 4MHz (la 1.8 - 5.5V)
- \* 10MHz (la 2.7 - 5.5V)
- \* 20MHz (la 4.5 - 5.5V)

Însă frecvența maximă la care poate funcționa microcontrolerul este de 10MHz pentru condițiile de alimentare stabilite.

### Ex3:

Curentul tipic consumat de componente, în condițiile de alimentare stabilite, este:

Pentru circuitul integrat ATmega324PB, tip microcontroller :

- în stare activă 0.24mA
- în stare de așteptare: 1.3μA

pentru modulul MRF24J40MA, pentru comunicație wireless :

- în stare activă: 19mA (RX mode)
- 23mA (TX mode)
- în stare de așteptare: 2μA

pentru circuitul integrat Si7060, tip senzor de temperatură :

- în starea activă: 600 – 800 μA ( $V_{DD} = 3.3V$ )
- 700 – 1000 μA ( $V_{DD} = 5.5V$ )
- în stare de așteptare: 50nA ( $T = 25^{\circ}C$ )
- 1000nA ( $T = 125^{\circ}C$ )

Pentru acumulatorul Li-Ion cu NCR18650A nu există o valoare fixă pentru curentul tipic consumat în stare activă sau de așteptare.

Recunoaștem fenomenul de self-discharge (se descarcă sesizabil pe o perioadă mai lungă de timp): 5% în primele 24h, iar mai apoi 1-2% lunar.

#### Ex4:

Citirea periodică a temperaturilor din mediu se realizează astfel:

- Microcontrolerul citește datele de la senzor (comunicație prin I<sup>2</sup>C) – 3.4ms
- Microcontrolerul trimite datele la modulul wireless (comunicație prin SPI) –  $0,104\text{ms} \cdot \text{nr\_biti\_transmiși}$
- Microcontrolerul intră pe sleep în timp ce modulul wireless trimite datele. Dacă durata transmiterii a modului wireless este neglijabilă, atunci microcontrolerul va rămâne în stare activă. – trimiterea datelor de către modulul wireless se face în mai puțin de 20ms
- Microcontrolerul verifică transmisia datelor cu succes prin interfața SPI ce are un bit numit Interrupt Enable bit(SPIE) care dacă este activ întrerupe transmisia datelor, astfel se asigură faptul că fiecare bit este transmis cu succes.

#### Ex5:

Circuitul integrat ATmega324PB, tip microcontroller: conform datasheet-ului, pentru o tensiune de alimentare de 1.8V, curentul consumat variază direct proporțional cu frecvența, deci invers proporțional cu timpul. Având un curent de 0.24mA și o frecvență de 0.2, rezultă un timp în care microcontrollerul stă în stare activă de 0.83ms ( $0.2/0.24$ ).

Modulul MRF24J40MA, pentru comunicație wireless: pentru o tensiune de alimentare de 3.3V, acesta va consuma o putere de 75.9mW în stare activă, iar în stare de așteptare acesta va consuma mult mai puțin.

Circuitul integrat Si7060, tip senzor de temperatură: senzorul stă în stare activă realizând citirea de temperatură, după care trece în stare de așteptare până la următorul impuls ce determină revenirea în stare activă.

Senzorul stă în stare activă 200ms, iar după ce se realizează citirea de temperatură, trece înapoi în starea de așteptare în care stă 200μs. Timpul cât va sta în stare activă depinde de numărul de măsuratori pe care le poate realiza în 10s, luând în calcul timpul cât stă atât în stare activă, cât și în așteptare. În această situație consumul mediu va fi de aproximativ 76mW.

## Ex6:

Considerăm sistemul alimentat de o celulă Li-Ion cu capacitate de 3Ah, durata de funcționare a acestuia ar fi de 60h. Având în vedere capacitatea bateriei, aceasta poate genera un curent cu valoarea de 1A pentru 3h.

În cazul sistemului nostru, pe baza valorilor determinate la exercițiul 3, curentul necesar acestuia ar fi de aproximativ 0.05A.

Durata de funcționare poate fi extinsă semnificativ prin folosirea unui stabilizator în comutație în locul unui stabilizator LDO, dat fiind faptul că, pentru stabilizatorul în comutație, indiferent în ce stare s-ar afla elementul activ (închis sau deschis), pierderile de energie electrică pe el sunt, cel puțin teoretic, **zero**, deoarece acesta funcționează pe regim deschidere – închidere (în stare sleep se oprește alimentarea).

Dacă utilizăm o baterie cu Li primară (non – rechargeable), aceasta este eficientă din punctul de vedere al timpului de utilizare până la descărcare în cazul sistemelor mici (de exemplu o telecomandă), dezavantajul fiind totuși faptul că la descărcare va trebui înlocuită.

Pentru un sistem mult mai dezvoltat este mai eficientă o baterie secundară Li-Ion.

Datasheeturi:

Si7060: <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/si7060-datasheet.pdf>

MRF24J40MA: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/70329b.pdf>

ATmega324PB: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40001908A.pdf>

NCR18650A: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/597042/>

PANASONICBATTERY/NCR18650A.html

RT9193: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/239913/RICHTER/RT9193.html>