

PROIECT - ELECTRONICĂ DIGITALĂ

Gîrniță Alexandra-Claudia

Anul II

Grupa 322CC

Descrierea sistemului

N	U	M	E		P	R	E	N	U	M	E
L1	L2				L3	L4					
G	Î	RNIȚĂ			A	L	EXANDRA				

L1 => Microcontroler, tensiunea sa de alimentare, frecvența sa de ceas : PIC32MM0064GPL020, 3 V, 24 MHz

L2 => Senzor 1 : fotorezistor de min. 5 k Ω

L3 => Senzor 2 : senzor umiditate SHT30-DIS

L4 => Modul de comunicație, alimentat la 1,8 V : BMD-300-A-R

Cerințe & rezolvare

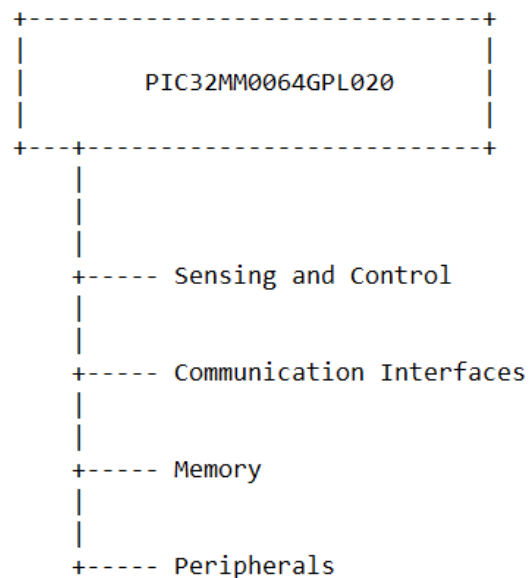
1. *Propuneți o soluție pentru interfațarea corectă a perifericelor la microcontroler.*

Rezolvare:

Componente utilizate în construcția circuitului:

1) Microcontrolerul PIC32MM0064GPL020:

- Tip: Digital
- Alimentare: 3V (nivel logic implicit)
- Frecvența de ceas: 24MHz
- Curentul consumat în regim static: 500nA (sleep current for RAM retention mode)

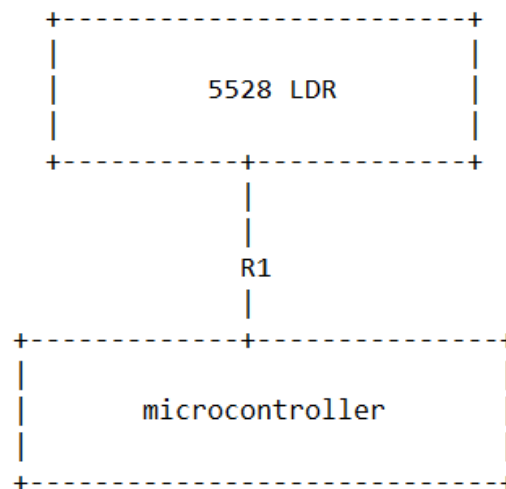


Explicație a secțiunilor:

- > **Sensing and Control:** Această secțiune reprezintă intrările și ieșirile utilizate pentru citirea și controlul senzorilor și dispozitivelor conectate la microcontroller.
- > **Communication Interfaces:** Această secțiune reprezintă interfețele de comunicație, cum ar fi UART, SPI, I2C, etc., utilizate pentru comunicarea cu alte dispozitive.
- > **Memory:** Această secțiune reprezintă memoria internă a microcontrollerului, cum ar fi memoria Flash și RAM, utilizată pentru stocarea programului și a datelor.
- > **Peripherals:** Această secțiune reprezintă perifericele integrate ale microcontrollerului, cum ar fi temporizatoare, convertizoare analog-digitale (ADC), PWM, etc., utilizate pentru diferite funcții și interfețe.

2) Fotorezistorul (Senzor 1):

- Interfața analogic
- Nivel logic 2.5 V;
- Curentul consumat in regim staționar: 0;
- Curentul consumat in starea de funcționare activa: 25 uA;

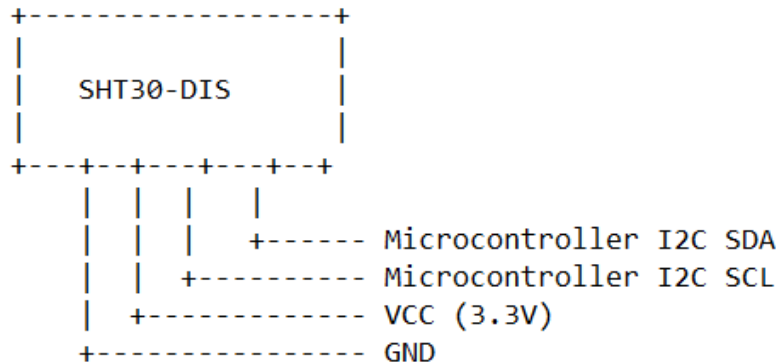


Explicație a conexiunilor:

- > LDR: LDR-ul, adică rezistorul dependent de lumină, este conectat în serie cu o rezistență (R1) și este utilizat pentru a măsura intensitatea luminii. Valoarea rezistenței LDR-ului variază în funcție de nivelul de iluminare.
- > R1: R1 este o rezistență în serie cu LDR-ul și este utilizată pentru a forma un divizor de tensiune împreună cu LDR-ul

3) Senzorul de umiditate SHT30-DIS (Senzor 2):

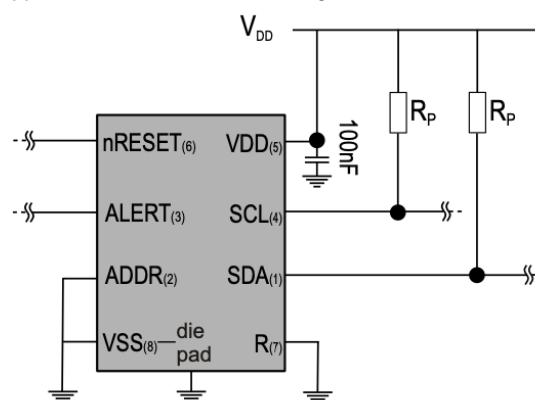
- Interfață: I2C
- Tensiunea de ieșire: 0.4 – 5.5 V
- Domeniul valid al tensiunii de intrare: 2.15 – 5.5V



Explicație a conexiunilor:

- > Microcontroller I2C SDA: Pinul SDA (Serial Data) al microcontrollerului este conectat la pinul de comunicație SDA al senzorului SHT30-DIS pentru transmiterea datelor în modul I2C.
- > Microcontroller I2C SCL: Pinul SCL (Serial Clock) al microcontrollerului este conectat la pinul de comunicație SCL al senzorului SHT30-DIS pentru sincronizarea comunicației în modul I2C.
- > VCC (3.3V): Pinul VCC al senzorului SHT30-DIS este conectat la sursa de alimentare de 3.3 volți a microcontrollerului pentru a furniza energia necesară senzorului.
- > GND: Pinul GND al senzorului SHT30-DIS este conectat la legătura de masă comună a microcontrollerului pentru a completa circuitul de alimentare.

Mai jos este o schemă a unui exemplu de circuit în care se poate adauga senzorul (este luata din datasheet-ul: <https://www.farnell.com/datasheets/2901984.pdf>)



4) Modulul de comunicație BMD-300-A-R:

- Interfață: I2C
- Tensiunea de alimentare: 1.19 – 10.8 V
- Tensiunea de ieșire: 1.4 – 3.9 V
- Relația parametrilor electrici cu tensiunile de alimentare: $VOH = VCC - 0.4$, $VOL = VSS + 0.4$
- Curentul consumat în regim static: 5.4 si 11.7 Ma

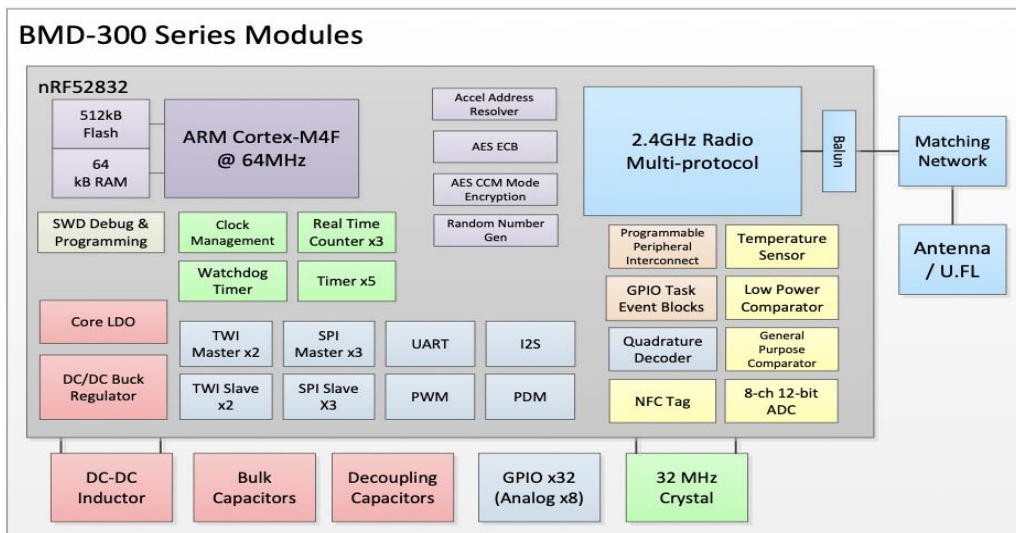
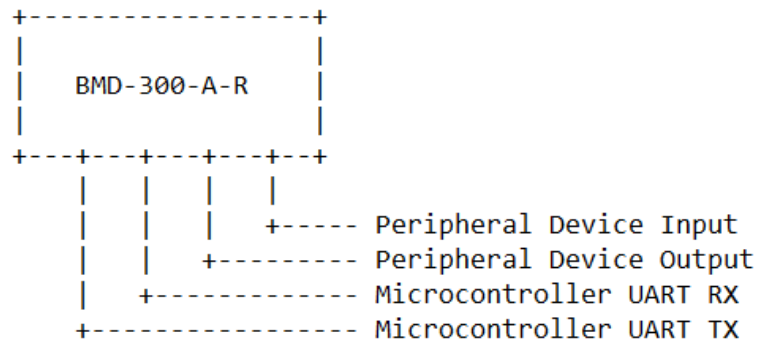


Figure 1: Block diagram of BMD-300



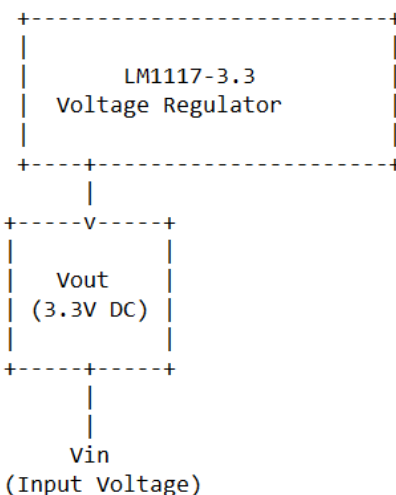
Explicație a conexiunilor:

- > Microcontroller UART TX: Pinul TX al microcontrollerului este conectat la pinul RX al modulului BMD-300-A-R pentru a transmite datele către modulul de comunicare.
- > Microcontroller UART RX: Pinul RX al microcontrollerului este conectat la pinul TX al modulului BMD-300-A-R pentru a primi date de la modulul de comunicare.
- > Peripheral Device Input: Acesta este pinul de intrare al dispozitivului periferic, care primește datele transmise de modulul BMD-300-A-R.
- > Peripheral Device Output: Acesta este pinul de ieșire al dispozitivului periferic, care trimite datele către modulul BMD-300-A-R.

Pentru ca circuitul să funcționeze în parametri normali, am mai adăugat:

5) Stabilizator de tensiune LM1117:

- Permite alimentarea microcontroller și a senzorilor și a modului de la o sursă de tensiune de 6-8.4 V;
- Tensiune maximă pe intrare: 15 V;
- Consumul propriu al stabilizatorului: 5 mA;
- Permite un curent maxim de ieșire de 800 mA

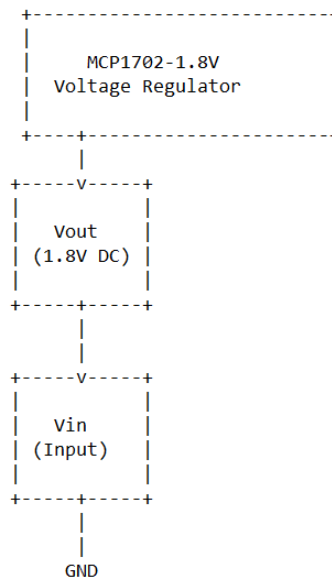


Explicație a conexiunilor:

- > LM1117-3.3: Acesta este regulatorul de tensiune LM1117 configurat pentru a furniza o tensiune stabilizată de 3.3V (Vout).
- > Vout (3.3V DC): Acesta este pinul de ieșire al regulatorului de tensiune și furnizează tensiunea stabilizată de 3.3V.
- > Vin (Input Voltage): Acesta este pinul de intrare al regulatorului de tensiune și este conectat la sursa de alimentare (de exemplu, o sursă de tensiune neregulată sau baterie).

6) Stabilizator de tensiune MCP1702-1.8V:

- Permite alimentarea microcontroller si a senzorilor și a modului de la o sursa de tensiune de 6-8.4 V;
- Tensiune maxima pe intrare: 20 V;
- Consumul propriu al stabilizatorului: 2.0 mA;
- Permite un curent maxim de ieșire de 250 mA

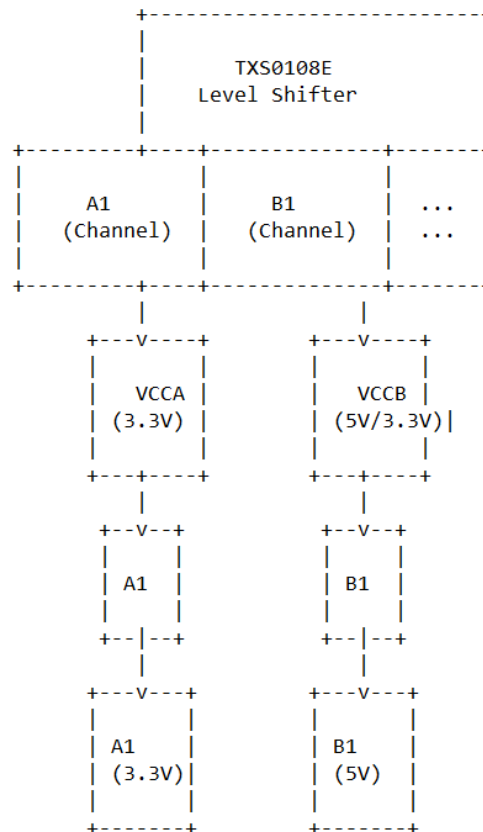


Explicație a conexiunilor:

- > MCP1702-1.8V: Acesta este regulatorul de tensiune MCP1702 configurat pentru a furniza o tensiune stabilizată de 1.8V (Vout).
- > Vout (1.8V DC): Acesta este pinul de ieșire al regulatorului de tensiune și furnizează tensiunea stabilizată de 1.8V.
- > Vin (Input): Acesta este pinul de intrare al regulatorului de tensiune și este conectat la sursa de alimentare (de exemplu, o sursă de tensiune neregulată sau baterie).
- > GND: Aceasta este conexiunea comună de masă a întregului circuit, care trebuie să fie legată la potențialul de masă al sistemului.

7) Level-Shifter TXS0108E:

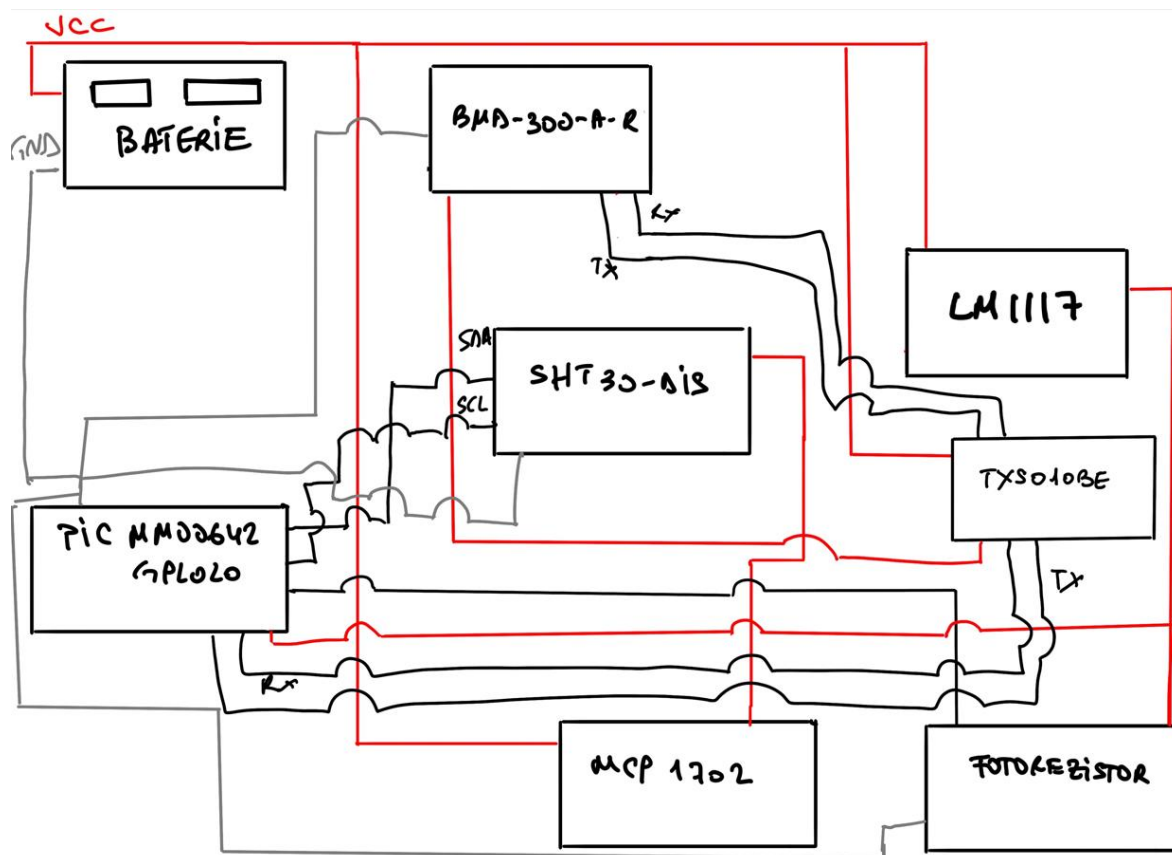
- Realizează conversia bidirecțională de nivel logic între 1.8 și 2.5V
- Valoarea curentului în regim staționar: 0.5 uA;
- Valoarea curentului în regim de funcționare activă: 10-100 uA



Explicație a conexiunilor:

- > TXS0108E: Acesta este Level-Shifter-ul bidirecțional TXS0108E, care permite conversia nivelurilor de tensiune între interfețele A și B.
- > A1 și B1: Acestea sunt canalele individuale ale Level-Shifter-ului, care pot manipula semnalele în ambele direcții între nivelurile de tensiune A și B.
- > VCCA și VCCB: Acestea sunt pini de alimentare pentru Level-Shifter, unde VCCA reprezintă sursa de alimentare pentru nivelul A (de exemplu, 3.3V) și VCCB reprezintă sursa de alimentare pentru nivelul B (de exemplu, 5V sau 3.3V).
- > Conexiuni A1 și B1: Acestea sunt conexiunile pentru semnalele care trebuie convertite între nivelurile de tensiune A și B. A1 reprezintă semnalul de intrare sau ieșire de la nivelul A, iar B1 reprezintă semnalul de intrare sau ieșire de la nivelul B.

Schema bloc finală:



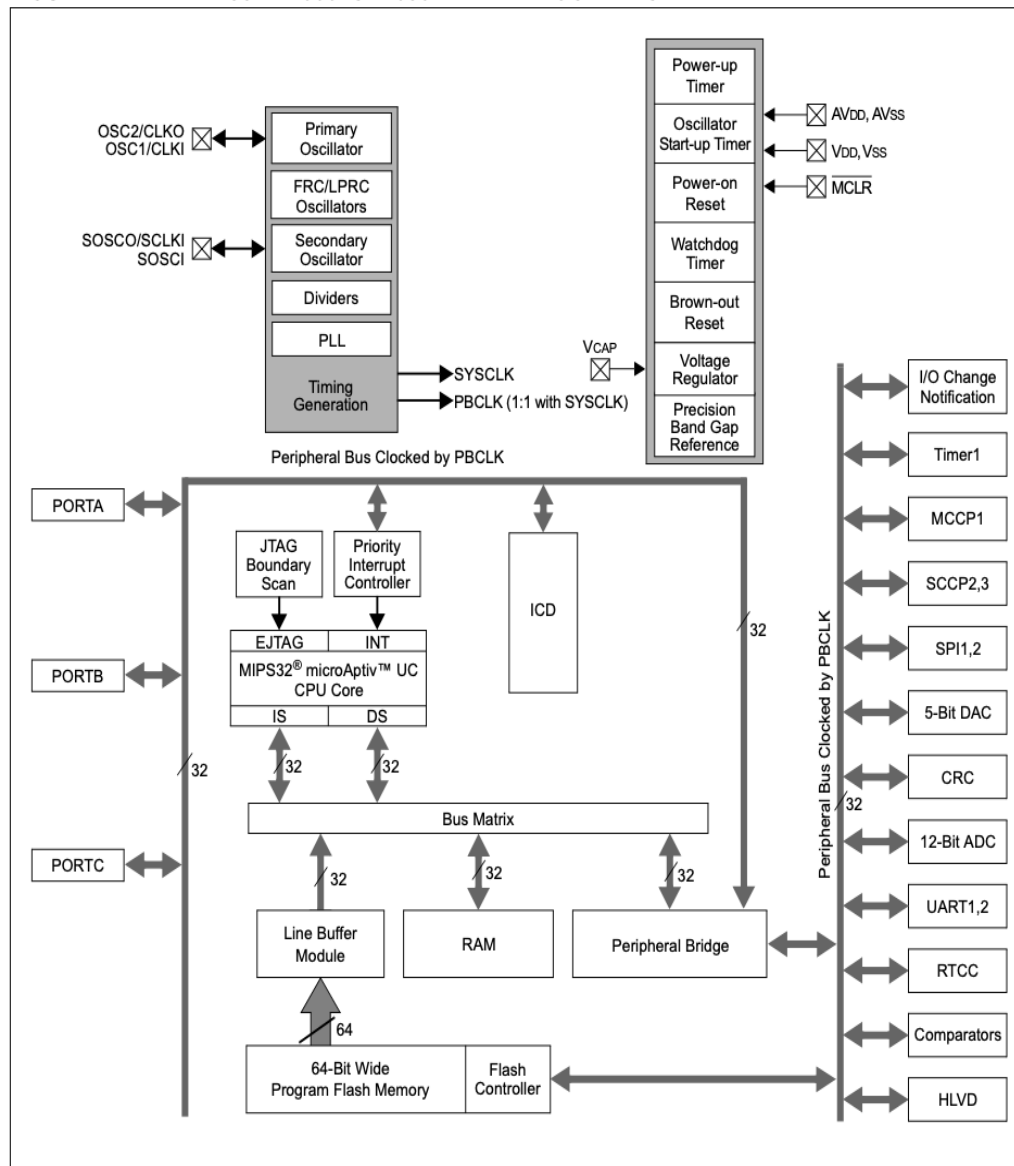
Explicație a conexiunilor:

- > Microcontroller PIC32MM0064GPL020: Aceasta este unitatea centrală a microcontrollerului care gestionează și controlează toate operațiunile din aplicație.
- > SHT30-DIS și BMD-300-A-R: Acestea sunt module de comunicație care sunt conectate la microcontroller pentru a permite funcționalitatea de comunicație (Bluetooth, I2C, SPI, etc.).
- > LM1117-3.3 și MCP1702-1.8V: Acestea sunt regulatori de tensiune care furnizează tensiuni stabilizate de 3.3V și, respectiv, 1.8V pentru alimentarea altor componente.
- > 5528 LDR și Other Sensors: Acestea sunt senzori, inclusiv LDR-ul (rezistorul dependent de lumină), care furnizează date despre mediu sau măsurători specifice către microcontroller.

- > Alte conexiuni: Într-o implementare practică, vor exista și alte conexiuni, cum ar fi interfețele de comunicație, conexiuni de alimentare, conexiuni de masă și altele, care sunt necesare pentru a completa circuitul.

Microcontrolerul selectat, PIC32MM0064GPL020 (<https://www.microchip.com/en-us/product/PIC32MM0064GPL020#>), operează la o tensiune de 3 V și o frecvență de 24 MHz.

FIGURE 1-1: PIC32MM0064GPL036 FAMILY BLOCK DIAGRAM



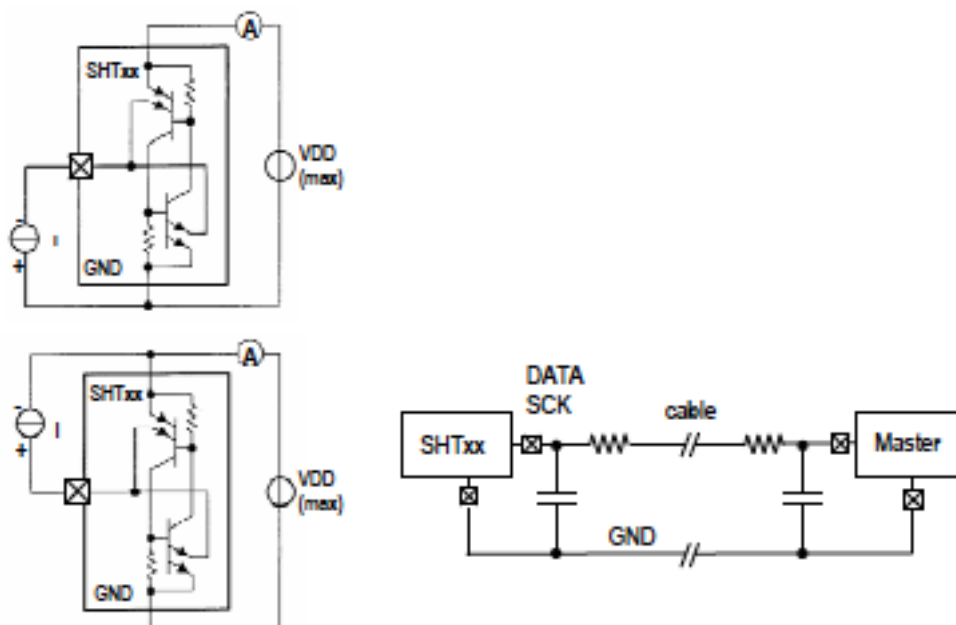
Senzorul 1 (fotorezistorul):

- ❖ Fotorezistorul, având o rezistență minimă de 5 k Ω , generează un semnal analogic în funcție de nivelul de lumină detectat.
- ❖ Microcontrolerul PIC32MM dispune de un ADC (analog-to-digital converter) care poate converti semnalele analogice în digitale. Aceasta înseamnă că semnalul analogic generat de fotorezistor poate fi citit și procesat de microcontroler.
- ❖ Se poate conecta fotorezistorul la unul dintre pini ADC disponibili pe microcontroler, utilizând un divizor de tensiune pentru a aduce semnalul analogic în domeniul de tensiune de intrare valid al ADC-ului. Divizorul de tensiune constă într-o rezistență de referință și fotorezistor conectat în serie între pinul ADC și masa (GND) a microcontrolerului.
- ❖ Se conectează un capăt al fotorezistorului la masa (GND) a microcontrolerului, iar celălalt la un capăt al unei rezistențe.
- ❖ Celălalt capăt al rezistenței se conectează la microcontroller.
- ❖ Se adaugă o rezistență suplimentară care se conectează între microcontroller și tensiunea de alimentare, rezistențele fiind în serie cu fotorezistorul.
- ❖ Această configurație de divizor de tensiune va permite citirea semnalului analogic generat de fotorezistor și adaptarea acestuia la intervalul de tensiune valid pentru intrarea analogică a microcontrolerului.

Senzor 2 (senzorul de umiditate SHT30-DIS):

- ❖ Senzorul de umiditate SHT30-DIS utilizează protocolul I2C pentru comunicație.
- ❖ Microcontrolerul PIC32MM are suport pentru interfața I2C, ceea ce înseamnă că poate comunica cu senzorul de umiditate prin intermediul liniilor SDA (Serial Data Line) și SCL (Serial Clock Line).
- ❖ Liniile SDA și SCL ale senzorului se conectează la pini corespunzători pe microcontroler, utilizând rezistențe pull-up pentru a asigura nivelurile corecte ale semnalului.
- ❖ Microcontrolerul trebuie înainte configurat pentru a lucra în modul master I2C și pentru a gestiona comunicația cu senzorul de umiditate prin trimiterea și recepționarea datelor.
- ❖ Această configurație va asigura nivelurile corecte ale semnalului pentru comunicația I2C între microcontroler și senzorul de umiditate.

Mai jos este un exemplu de configurație pentru senzorul de umiditate.



Modulul de comunicație BMD-300-A-R:

Pentru a conecta modulul de comunicație la microcontroler, vom avea nevoie de pini suplimentari sau un convertor de nivel logic, deoarece modulul de comunicație funcționează la o tensiune de alimentare diferită (1,8 V) față de microcontroler (3 V). Utilizarea unui convertor de nivel logic este cea mai sigură și simplă opțiune pentru a asigura compatibilitatea între nivelele de tensiune.

Operează la o tensiune de alimentare de 1,8 V, poate fi conectat la microcontroler prin intermediul interfeței UART sau SPI, în funcție de cerințele și capacitățile acestora. De asemenea, va fi necesar un convertor de nivel logic pentru a asigura compatibilitatea între nivelurile de tensiune ale modulului de comunicație și microcontrolerului. Convertorul de nivel logic poate fi conectat între pinii de comunicație ai modulului și pinii corespunzători ai microcontrolerului.

2. *Propuneți o soluție pentru alimentarea corectă a dispozitivelor din schemă de la o baterie de acumulatori tip litiu-ion având 2 celule cu capacitatea de 3 Ah conectate în serie (tensiunea poate varia între 6 și 8,4 V).*

Rezolvare:

Microcontrolerul, fotorezistorul și senzorul de umiditate:

- Se utilizează un regulator de tensiune de 3 V pentru a alimenta microcontrolerul, fotorezistorul și senzorul de umiditate.
- Capacitatea bateriei de litiu-ion este de 3 Ah (3000 mAh).
- Se consideră tensiunea de operare a bateriei între 6 V și 8,4 V.

1. Microcontrolerul:

- Conform datasheet-ului PIC32MM0064GPL020, acesta poate funcționa la o tensiune de alimentare cuprinsă între 2,3V și 3,6V.
- Pentru a alimenta microcontrolerul la tensiunea sa de funcționare nominală de 3V, putem utiliza un regulator de tensiune de tip LDO (Low-Dropout) cu o tensiune de intrare minimă de 3,6V.
- De exemplu, un regulator de tensiune LM1117-3.3 poate fi o opțiune potrivită. Acesta are o tensiune de intrare maximă de 15V și o tensiune de ieșire stabilizată la 3,3V.
- Nivelurile de tensiune pentru interfețele digitale:
 - ⇒ VOH (Output High Voltage): minim $0,7 \times VCC$ și maxim $0,9 \times VCC$
 - ⇒ VOL (Output Low Voltage): maxim $0,2 \times VCC$
 - ⇒ VIH (Input High Voltage): minim $0,7 \times VCC$
 - ⇒ VIL (Input Low Voltage): maxim $0,3 \times VCC$
- De exemplu, dacă tensiunea de alimentare VCC este de 3,3V, nivelurile de tensiune corespunzătoare ar fi:
 - ⇒ VOH: minim 2,31V și maxim 2,97V
 - ⇒ VOL: maxim 0,66V
 - ⇒ VIH: minim 2,31V
 - ⇒ VIL: maxim 0,99V

2. Fotorezistorul (5528 LDR):

2.1. Conexiunea fizică:

- Fotorezistorul are două pini, unul conectat la rezistența variabilă (terminalul activ) și celălalt la capătul static al rezistenței (terminalul inactiv).
- Conectăm unul dintre pini ai fotorezistorului la un pin GPIO (General Purpose Input/Output) disponibil pe microcontroler.
- Conectează celălalt pin al fotorezistorului la masa (GND) a microcontrolerului.

2.2. Divizor de tensiune:

- Pentru a măsura corect tensiunea generată de fotorezistor, putem utiliza un divizor de tensiune cu un rezistor de referință. Aceasta va asigura că semnalul de intrare în microcontroler este în domeniul său de tensiune valid.
- Conectăm un rezistor (de exemplu, rezistor R1) între pinul GPIO al microcontrolerului și pinul de mijloc al fotorezistorului.
- Conectăm celălalt capăt al rezistorului (R1) la tensiunea de referință (de exemplu, tensiunea de alimentare a microcontrolerului de 3V).
- Conectăm un alt rezistor (de exemplu, rezistor R2) între pinul de mijloc al fotorezistorului și masa (GND) a microcontrolerului.
- Punctul de conexiune între cele două rezistoare (R1 și R2) va fi punctul de citire a semnalului analogic, care va fi conectat la pinul ADC (analog-to-digital converter) al microcontrolerului.

Mai jos sunt pașii de calcul al rezistențelor ce compun divizorul de tensiune:

Senzorul are un interval de tensiune de 0V la 5V.

ADC-ul acceptă o tensiune de referință de 3.3V, care este tensiunea de alimentare a microcontrollerului PIC32MM0064GPL020.

Raportul de divizare determină cât de mult se va reduce tensiunea de la senzor pentru a se potrivi cu intervalul de tensiune al ADC-ului. Raportul de divizare se calculează folosind următoarea formulă:

$$\text{Raportul de divizare} = (\text{Tensiunea de referință ADC}) / (\text{Tensiunea maximă a senzorului})$$

$$\text{În cazul nostru: Raportul de divizare} = 3.3\text{V} / 5\text{V} = 0.66$$

Se alege o rezistență de 10 kΩ.

Valoarea celeilalte rezistențe se calculează folosind următoarea formulă:

$$R2 = R1 / (\text{Raportul de divizare} - 1)$$

În cazul nostru: $R2 = 10 \text{ k}\Omega / (0.66 - 1) = -10 \text{ k}\Omega / 0.34 \approx -29.4 \text{ k}\Omega \approx 30 \text{ k}\Omega$

Astfel, pentru a realiza divizorul de tensiune între senzor, ADC și microcontrollerul PIC32MM0064GPL020, puteți utiliza rezistențe de $10 \text{ k}\Omega$ și $30 \text{ k}\Omega$.

3. Senzorul de umiditate SHT30-DIS:

- Conform datasheet-ului SHT30-DIS, acesta poate funcționa la o tensiune de alimentare cuprinsă între 2,4V și 5,5V.
- Pentru a alimenta senzorul de umiditate la tensiunea sa de funcționare nominală de 3V, putem utiliza același regulator de tensiune LM1117-3.3 menționat anterior, în acest caz setat la 3V.

4. Modulul de comunicație BMD-300-A-R:

- Conform datasheet-ului BMD-300-A-R, necesită o tensiune de alimentare de 1,8V.
- Pentru a alimenta modulul de comunicație la tensiunea sa de funcționare nominală de 1,8V, putem utiliza un regulator de tensiune de tip LDO cu o tensiune de intrare minimă de 2,8V.
- De exemplu, un regulator de tensiune MCP1702-1.8V poate fi o opțiune adecvată. Acesta are o tensiune de intrare maximă de 13,2V și o tensiune de ieșire stabilizată la 1,8V.

3. *Propuneți o strategie rezonabilă de management energetic în vederea citirii periodice a datelor de la senzori și a transmiterii acestora la un server prin intermediul modulului de comunicație o dată la 10 secunde.*

Rezolvare:

Pentru a implementa o strategie rezonabilă de management energetic în vederea citirii periodice a datelor de la senzori și transmiterii acestora la un server prin intermediul modulului de comunicație o dată la 10 secunde, se pot urma următoarele:

1. **Folosirea unui mecanism de control al frecvenței:** Acest mecanism, cunoscut sub numele de Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS), ajustează dinamic frecvența de ceas a microcontrolerului în funcție de cerințele de procesare. În momentele de inactivitate, frecvența poate fi redusă pentru a economisi energie.

2. **Utilizarea unui sistem de alimentare cu energie multiplă:** Acest sistem poate include atât o baterie, cât și o sursă de energie regenerabilă, cum ar fi un panou solar. În acest mod, sistemul poate continua să funcționeze în cazul în care una dintre sursele de energie nu este disponibilă.

3. **Implementarea unei strategii de management al energiei bazată pe evenimente:** În loc să transmită datele la fiecare 10 secunde, sistemul ar putea fi configurat să transmită datele numai atunci când o anumită condiție este îndeplinită. De exemplu, dacă luminozitatea sau umiditatea atinge un anumit prag.

4. **Controlul consumului de energie al senzorilor:** Senzorii pot fi dezactivați sau puși într-un mod de economisire a energiei atunci când nu sunt folosiți pentru citire. De exemplu, senzorul de umiditate SHT30-DIS are un mod de măsurare periodică cu consum redus de energie care poate fi folosit.

5. **Implementarea unei politici de Wake-on-Demand:** În acest caz, microcontrolerul și alte componente ale sistemului rămân în modul de economisire a energiei până când este necesară citirea sau transmiterea datelor. Acest lucru poate reduce semnificativ consumul de energie în timpul inactivității.

6. **Folosirea unui regulator de tensiune cu eficiență ridicată:** Acesta poate reduce pierderile de energie atunci când se furnizează tensiunea necesară modulului de comunicație.

7. **Implementarea unui sistem de monitorizare a energiei:** Acest sistem ar monitoriza continuu consumul de energie al diferitelor componente ale sistemului și ar putea ajusta funcționarea acestora pentru a optimiza consumul general de energie.

4. *Estimați curentul mediu consumat de sistem de la baterie și timpul de funcționare între două încărcări ale bateriei.*

Rezolvare:

Pentru a estima curentul mediu consumat de sistem și durata de funcționare a bateriei, avem nevoie de specificațiile curentului pentru fiecare dispozitiv în diferitele sale stări de funcționare.

❖ **Microcontrolerul PIC32MM0064GPL020:**

- Consumul de curent în starea de funcționare maximă este de 59 mA, iar în modul de sleep este de 3 μ A.
- $Curent_mediu = (1 \text{ sec}/10 \text{ sec}) * 59 \text{ mA} + (9 \text{ sec}/10 \text{ sec}) * 3 \mu\text{A} = 5.902 \text{ mA}$

❖ **Senzorul de umiditate SHT30-DIS:**

- Consumul de curent în modul de somn este de 2 μ A, iar în timpul măsurărilor este de 45 μ A.
- $Curent_mediu = (1 \text{ sec}/10 \text{ sec}) * 45 \mu\text{A} + (9 \text{ sec}/10 \text{ sec}) * 2 \mu\text{A} = 6.3 \mu\text{A}$

❖ **Fotorezistorul:**

- Consumul de curent depinde de nivelul de lumină și în general este foarte mic.
- Presupunem un consum mic de curent, să spunem în medie 1 μ A.

❖ **Modulul de comunicație BMD-300-A-R:**

- Consumul de curent în transmitere este de 5,5 mA, în recepție este de 5,4 mA, iar în modul de somn este de 0,5 μ A
- $Curent_mediu = (1 \text{ sec}/10 \text{ sec}) * 5.5 \text{ mA} + (9 \text{ sec}/10 \text{ sec}) * 0.5 \mu\text{A} = 0.55 \text{ mA}$

❖ **Stabilizatorul de tensiune MCP1702-1.8V:**

- $Curent_mediu = (1 \text{ sec}/10 \text{ sec}) * 1.6 \mu\text{A} + (9 \text{ sec}/10 \text{ sec}) * 0.6 \mu\text{A} = 0.7 \mu\text{A}$

❖ **Stabilizatorul de tensiune LM1117:**

- $Curent_mediu = 5 \text{ mA}$ (presupunem că acesta funcționează constant)

❖ **Level-Shifter-ului TXS0108E**

- Un consum de energie de 4 μA (maximum) când este inactiv și de 20 μA (per canal activ) când este activ.
- $\text{Curent_mediu} = (1 \text{ sec}/10 \text{ sec}) * 20 \mu\text{A} + (9 \text{ sec}/10 \text{ sec}) * 4 \mu\text{A} = 5.6 \mu\text{A}$

Presupunem că fiecare dispozitiv petrece 1 secundă în starea activă la fiecare 10 secunde (frecvența de citire și transmitere a datelor), și restul timpului în starea de sleep sau inactivă.

Curentul mediu consumat de fiecare dispozitiv poate fi calculat ca o medie ponderată a curentului consumat în stările active și de somn, bazat pe timpul petrecut în fiecare stare. Însușind aceste valori, obținem curentul mediu total consumat de sistem:

$$\text{Curent_mediu_total} = 5.93 \text{ mA (microcontroler)} + 6.3 \mu\text{A (senzor umiditate)} + 0.55 \text{ mA (modul comunicație)} + 0.7 \mu\text{A (MCP1702)} + 5 \text{ mA (LM1117)} + 5.6 \mu\text{A (TXS0108E)} = \text{aprox. } 11.49 \text{ mA}$$

Acest calcul trebuie efectuat pentru fiecare dispozitiv, apoi curentul mediu total consumat de la baterie poate fi obținut prin adăugarea curentului mediu consumat de fiecare dispozitiv.

Durata de funcționare a bateriei poate fi calculată cunoscând curentul mediu total și capacitatea bateriei, să presupunem că folosim o baterie cu o capacitate de 2000 mAh. Durata de funcționare a bateriei ar fi:

$$\text{Durata} = \text{Capacitate} / \text{Curent_mediu} = 2000 \text{ mAh} / 11.49 \text{ mA} = \text{aprox. } 174$$

Aceasta înseamnă că bateria ar trebui să dureze aproximativ 174 ore sau aproximativ 7 zile între încărcări, în condițiile ideale. Aceste calcule sunt estimative și nu iau în considerare eficiența reguletoarelor de tensiune sau alte posibile pierderi de energie în sistem sau variațiile în consumul de curent datorate condițiilor de funcționare. De asemenea, consumul real de curent poate varia în funcție de condițiile de funcționare, inclusiv temperatura, nivelul de lumină pentru fotorezistor etc.

Link-uri utile:

<https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21983A.pdf>

https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm1117.pdf?ts=1684649735863&ref_url=https%253A%252F%252

<https://www.farnell.com/datasheets/2901984.pdf>

<https://ww1.microchip.com/downloads/aemDocuments/documents/OTH/ProductDocuments/DataSheets/PIC32MM0064GPL036-Family-Data-Sheet-DS60001324C.pdf>

https://content.u-blox.com/sites/default/files/BMD-300_DataSheet_UBX-19033350.pdf