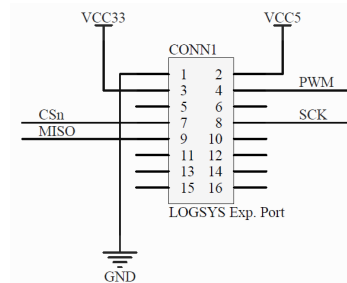
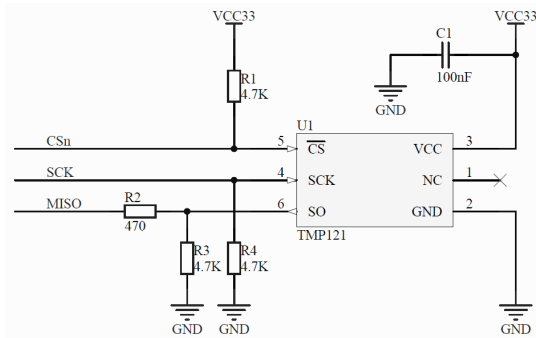


SPI soros kommunikáció a MiniRISC processzoron

F1. A MiniRISC processzornak nincs hardveresen támogatott SPI perifériája, tehát ebben az esetben a GPIO perifériát használva programozottan, „bit-banging” módban lehet azt megvalósítani. A TMP121 hőmérő modul kapcsolási rajza és kapcsolata a GPIO perifériával az alábbi ábrán látható.



A

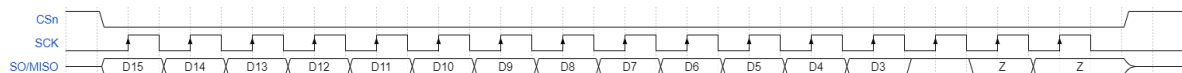
15 (I) C[3]	13 (I/O) A[6]	11 (I/O) A[4]	9 (I/O) A[2]	7 (I/O) A[0]	5 (I/O) C[1]	3 (PWR) +3,3 V	1 (PWR) GND
16 (I) C[4]	14 (I/O) A[7]	12 (I/O) A[5]	10 (I/O) A[3]	8 (I/O) A[1]	6 (I/O) C[2]	4 (I/O) C[0]	2 (PWR) +5 V

A TMP121 hőmérő egy 16 bites, SPI kompatibilis interfésszel rendelkezik. A használathoz szükséges jeleket és ezek időzíti viszonyait az alábbi ábra szemlélteti.

PARAMETER	MIN	MAX	UNITS
SCK Period	t_1	100	ns
SCK Falling Edge to Output Data Delay	t_2	30	ns
CS to Rising Edge SCK Set-Up Time	t_3	40	ns
CS to Output Data Delay	t_4	30	ns
CS Rising Edge to Output High Impedance	t_5	30	ns

D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
T12	T11	T10	T9	T8	T7	T6	T5
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
T4	T3	T2	T1	T0	0	Z	Z

Table 1. Temperature Register



F1.a. Elemezze a TMP121 interfész formátum és időzíti előírásait és tervezze meg a „szoftveres” SPI interfész programjának működési algoritmusát!

A TMP121 hőmérséklet szenzor SPI jellegű 16 bites kimenetének kiolvasása a MiniRISC processzorral a GPIO_A periférián keresztül „bit-banging” módban, azaz programból lejátszva a hullámformát oldható meg. Ebben az esetben fontos az eszköz adatlapjában megadott időzíti paraméterek ellenőrzése és az előírások betartása.

Az első lépés a GPIO_A periféria konfigurálása. A mellékelt kapcsolási rajz szerint, felhasználva a MiniRISC csatlakozó kiosztást, azonosíthatjuk, hogy a CSn, SCK és MISO vonalak a GPIO_A periféria A[0], A[1] és A[2] bitjeihez csatlakoznak.

- GPIOA[0] (TMP121 CSn): kimenet és kezdeti értéke 1
- GPIOA[1] (TMP121 SCK): kimenet és kezdeti értéke 0
- GPIOA[2] (TMP121 MISO): bemenet

```

CODE

mov    r0, #0x01      ; GPIO A port konfigurálása:
mov    ADO, r0        ; - A[0]: kimenet és 1 -> TMP121 CSn
mov    r0, #0x03     ; - A[1]: kimenet és 0 -> TMP121 SCK
mov    ADR, r0       ; - A[2]: bemenet és 0 -> TMP121 MISO

```

Az időzítéseket a MiniRISC processzor 187,5 ns utasítás végrehajtási idejével nem tudjuk veszélyeztetni. Egyedül arra kell figyelniük, hogy a kiolvasás megkezdésekor (amikor inaktív állapotban a CSn=1 és SCK=0) a $t_{3MIN} = 40ns$ előírás miatt nem kezdhetünk azonnal aktív magas órajellel. Ezt betartva minden jelváltásunk, mintavételünk lényegesen lassabban történik, mint a szükséges elvárt időzítések.

Egy lehetséges teljes 16 bites kiolvasás programozását mutatja az alábbi szubrutin.

```

;*****
;* A 16 bites hőmérséklet érték beolvasása a TMP121 hőmérőről. *
;* Visszatérési érték: *
;* r8: A 16 bites hőmérséklet érték alsó 8 bitje (LSB). *
;* r9: A 16 bites hőmérséklet érték felső 8 bitje (MSB). *
;*****
tmp121_rd:
mov    r0, #0x00      ; A CSn vonal alacsony szintre állítása.
mov    ADO, r0
mov    r1, #16        ; 16 bitet olvasunk be a hőmérőről.
tmp121_loop:
mov    r0, #0x02      ; Az SCK órajel magas szintre állítása.
mov    ADO, r0
mov    r0, ADI        ; Beolvassuk a GPIO lábak állapotát.
and    r0, #0x04      ; Csak a MISO vonal értéke érdekes.
add    r0, #0xff      ; A MOSI értékét a C flagba írjuk és ezt
rlc    r8             ; beléptetjük az r9:r8 regiszterpárba.
rlc    r9
mov    r0, #0x00      ; Az SCK órajel alacsony szintre állítása, a lefutó
mov    ADO, r0        ; élre lépteti ki a TMP121 a következő adatbitet.
sub    r1, #1         ; Csökkentjük a beolvasandó bitek számát.
jnz    tmp121_loop   ; Ugrás, ha még van beolvasandó bit.
mov    r0, #0x01      ; A CSn vonal magas szintre állítása.
mov    ADO, r0
rts                    ; Visszatérés a hívóhoz.

```

Megjegyzés:

Egyetlen globális paraméterre kell odafigyelni, ami az „Elektromos jellemzők” táblázatban szerepel. Ez pedig a konverziós periódus, ami jelen esetben tipikusan 480 ms, de maximum 640 ms. Tehát ennél gyakrabban kiolvasva hibás adatokat kapunk. A kimeneti SPI kommunikáció kb. 170 – 200 utasítás végrehajtási idő, azaz jóval kevesebb, mint 0,5 ms. Egyszerű ciklikus kiolvasás esetén egy jelentős késleltetést kell beiktatnunk az egymást követő érvényes mérések adatainak generálásához és kiolvasásához. (Az eszköz azért ilyen lassú, mert a hőmérsékletváltozás is jellemzően lassú folyamat, és fontosabb volt a fogyasztás minimalizálása (1 uA – 50 uA), mint az egyébként sem kritikus mérési sebesség növelése.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

At $T_A = -40^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$ and $V_+ = 2.7V$ to $5.5V$, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	TMP121, TMP123			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
Conversion Time	12-Bit		240	320	ms
Conversion Period ⁽¹⁾	12-Bit		480	640	ms

(1) Period indicates time between conversion starts.

A szükséges időzítés szoftveres vagy hardveres (timer) módon előállítható.

F1.b. (Amennyiben az első gyakorlaton nem volt idő a szorgalmi feladat megoldására.) Mi a TMP121 hőmérő adatformátuma? Kiolvasható-e az angol nyelvű dokumentációból?

TEMPERATURE (°C)	DIGITAL OUTPUT ⁽¹⁾ (BINARY)	HEX
150	0100 1011 0000 0000	4B00
125	0011 1110 1000 0000	3E80
25	0000 1100 1000 0000	0C80
0.0625	0000 0000 0000 1000	0008
0	0000 0000 0000 0000	0000
-0.0625	1111 1111 1111 1000	FFF8
-25	1111 0011 1000 0000	F380
-55	1110 0100 1000 0000	E480

⁽¹⁾ The last two bits are high impedance and are shown as 00 in the table.

Table 2. Temperature Data Format

A JELLEMZŐK felsorolás szerint a mért adat felbontás 12 bit + előjel, tehát összesen 13 bit. A digitális kimeneti adat viszont D15 – D0 16 bites bitsorozat, de ebből ezek szerint csak 13 érvényes adatbit, az utolsó 3 érvénytelen. Mivel a felbontás alapján a legkisebb kifejezhető hőmérsékletkülönbség 0,0625 °C, ez éppen 1/16 °C, tehát a 13 adatbitből 4 db törtértékű jegy, így 9 egészértékű bit marad.

Az adatformátum fixpontos 13 bites előjeles kettes komplementes valós (nem egész) formátum, azaz (13.4). A kettőspont a 2^0 helyiérték után van, a törtjegyeket megelőzően.

2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
-256	128	64	32	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,0625