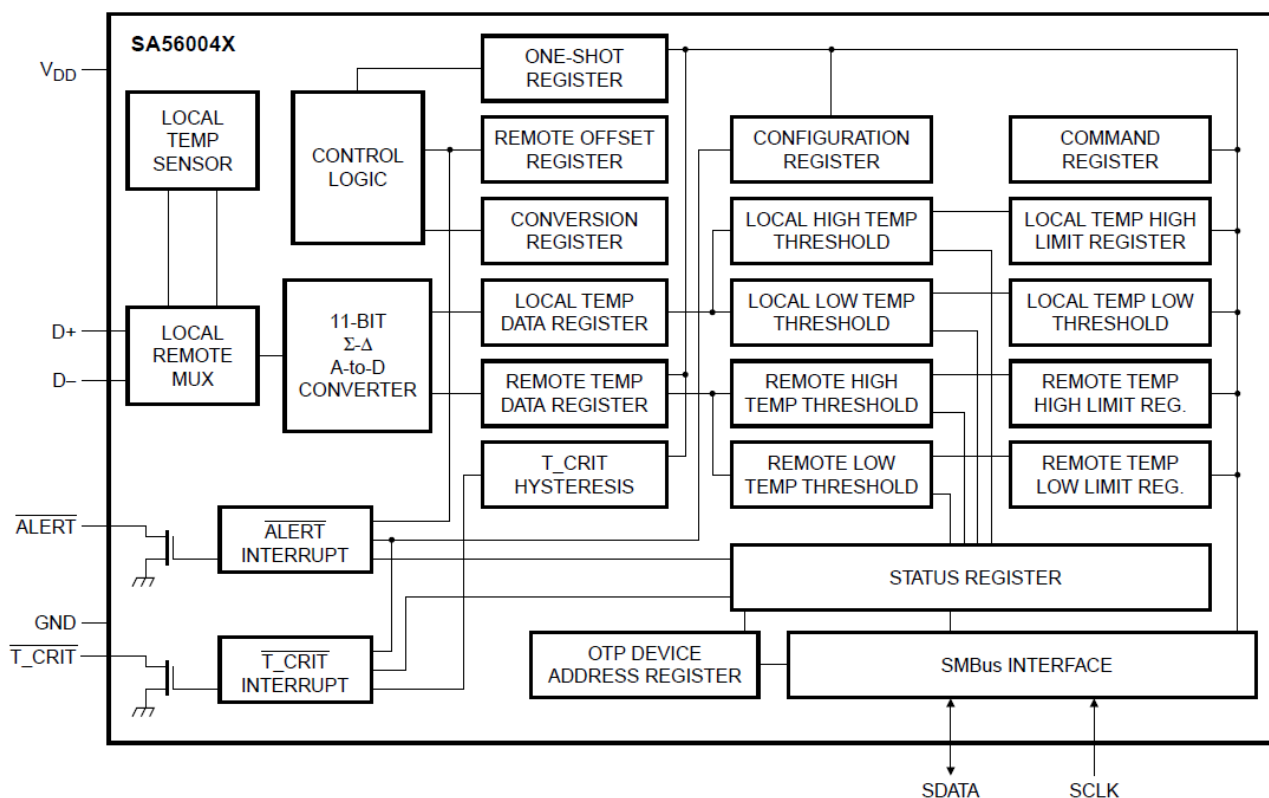


I2C_TH_SA56004 dwukanałowy termometr I2C. EP.12.02.2022r.

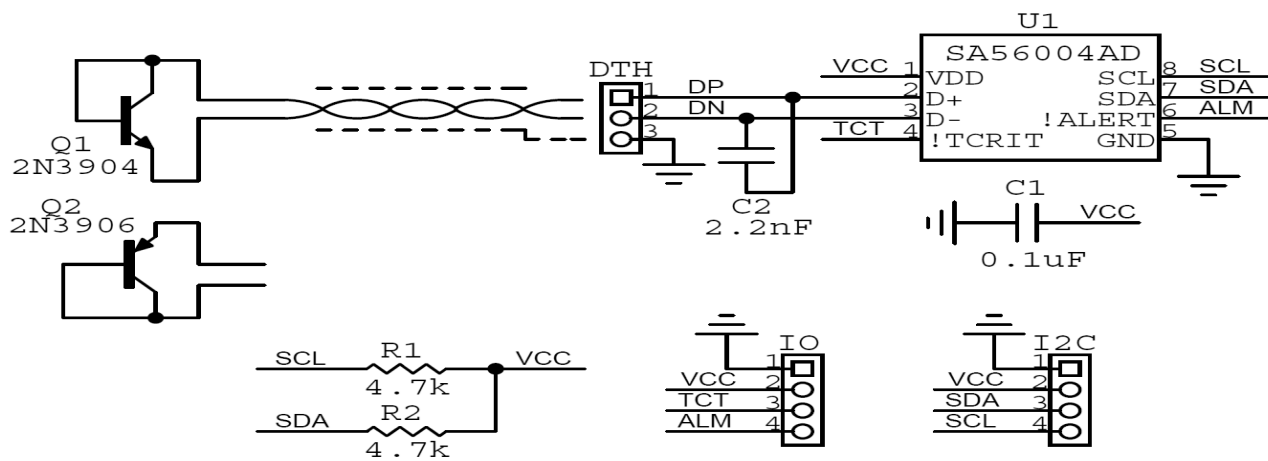
Pomiar temperatury jest jednym z podstawowych pomiarów w elektronice. Temperatura elementów półprzewodnikowych, ma krytyczny wpływ na ich niezawodność, stąd w ofertach producentów znajdziemy sporo elementów służących do monitorowania temperatury otoczenia jak i samych struktur w układach SoC, FPGA lub DSP. Przedstawiony moduł monitoruje dwie temperatury, jedna mierzona jest przez przetwornik wbudowany w układ, druga mierzona jest przy pomocy przetwornika zewnętrznego.

Do budowy modułu został wykorzystany układ SA56004, którego budowę wewnętrzną przedstawiono na **rysunku 1**. W swojej strukturze integruje sensor temperatury, interfejs czujnika zewnętrznego, układ przetwornika AD, komparatory progowe stanów alarmowych oraz układ komunikacji I2C. Dokładność przetwarzania wynosi w najgorszym przypadku $\pm 3^\circ\text{C}$ i wzrasta z ograniczeniem zakresu pomiaru. Jako czujnik zewnętrzny może zostać wykorzystane złącze diodowe wbudowane w strukturę półprzewodnikową lub dyskretny tranzystor NPN/PNP. Przetworzone wartości temperatury dostępne są w postaci liczb 11 bitowych ze znakiem poprzez rejestry I2C. Wbudowane komparatory pozwalają na sygnalizowanie osiągnięcia temperatury krytycznej poprzez zmianę stanu wyjścia !T_CRIT lub progów alarmowych Low/High na wyjściu !ALERT. Wartości progów ustalane są programowo w odpowiednich rejestrach konfiguracyjnych i mogą zostać wykorzystane do sterowania sprzętowego elementami chłodzącymi.



Rysunek 1. Schemat wewnętrzny SA567004 (za notą NXP)

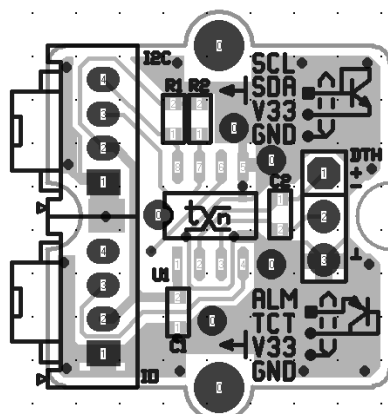
Aplikacja SA56004 jest bardzo prosta, schemat modułu przedstawiono na **rysunku 2**. Oprócz układu U1, moduł zawiera złącze czujnika temperatury zewnętrznej DTH, złącze magistrali I2C oraz złącze wyjść alarmowych IO, oba w standardzie Grove. Jako czujnik zewnętrzny wykorzystywany jest tranzystor w obudowie TO92 typu 2N3904 (NPN) lub 2N3906 (PNP) połączony w diodę poprzez zwarcie wyprowadzeń B-C. Podłączenie tranzystora do złącza DTH wykonane jest skręconą parą w ekranie dla podniesienia odporności na zakłócenia.



Rysunek 2. Schemat modułu przetwornika

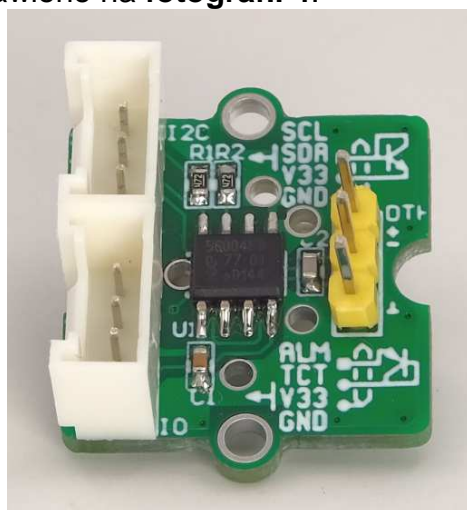
Złącze I2C doprowadza zasilanie i magistralę I2C, rezystory R1,2 zapewniają jej polaryzację. Układ wymaga zasilania 3.0-3.6V, pobierany prąd zależy od ustawionej częstotliwości przetwarzania i nie przekracza 1mA.

I2C_TH_SA56004 zmontowany jest na miniaturowej dwustronnej płytce drukowanej. Rozmieszczenie elementów przedstawiono na **rysunku 3**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu.



Rysunek 3. Rozmieszczenie elementów

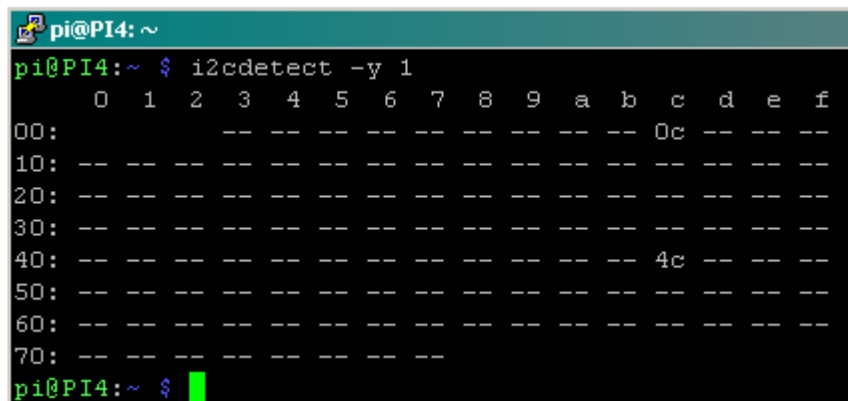
Zmontowany moduł przedstawiono na **fotografii 4**.



Fotografia 4. Zmontowany moduł I2C_TH_SA56004

Dla szybkiego sprawdzenia działania, moduł można podłączyć do magistrali I2C Raspberry Pi. Wykorzystując bibliotekę i2ctools, moduł powinien być widoczny (**rysunek 5**) po odczycie magistrali poleceniem:

```
i2cdetect -y 1
```



```
pi@PI4: ~  
pi@PI4:~$ i2cdetect -y 1  
    0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f  
00:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  0c  --  --  --  
10:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  
20:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  
30:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  
40:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  4c  --  --  
50:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  
60:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  
70:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  
pi@PI4:~$
```

Rysunek 5. Detekcja SA56004

Adres może być zmieniony poprzez zastosowanie innej wersji układu (SA56004xx), w modelu wstawiono SA56004ED o adresie bazowym 0x4C. Pozostałe wykonania umożliwiają wybór adresacji 0x48-0x4F, która można wykorzystać przy użyciu do ośmiu czujników na jednej magistrali I2C. Dostęp do rejestrów SA56004 odbywa się zgodnie z opisem zawartym w **Tabeli 6**. Pierwszym rejestrem, który należy odczytać dla sprawdzenia poprawności działania, jest rejestr RMID identyfikatora układu, odczyt wykonujemy poleceniem:

```
i2cget -y 1 0x4C 0XFE
```

które powinno zwrócić wartość 0xA1. Po restarcie układu, rejestry ładowane są wstępną konfiguracją, rejestry temperatury lokalnej ustawione są na 0°C (LTHB=LTLB=00h), podobnie jak rejestry temperatury zdalnej (RTHB=RTLb=0), rejestr statusu SR=00h, rejestr konfiguracji CON=00h, skasowane są flagi przerwań i wyłączone drivery pinów alarmowych !T_CRIT, !ALERT, progi temperatur T_CRIT lokalna i zdalna ustawione są na LCS=RCS=85°C, górne punkty temperatury ustawione są na LHS=RSHB=70°C, dolne progi LLS=RLSHB=0°C, szybkość konwersji CR=08h, czyli 16 konwersji/s.

Lp	Rejestr	Adres R	Adres W	POR	Funkcja	Ilość bitów	Tryb
1	LTHB	00h	-	00h	local temperature high byte	8	R
2	RTHB	01h	-	00h	remote temperature high byte	8	R
3	SR	02h	-	00h	status register	8	R
4	CON	03h	09h	00h	configuration register	8	R/W
5	CR	04h	0Ah	08h	conversion rate	4	R/W
6	LHS	05h	0Bh	46h	local high setpoint	8	R/W
7	LLS	06h	0Ch	00h	local low setpoint	8	R/W
8	RHSHB	07h	0Dh	46h	remote high setpoint high byte	8	R/W
9	RLSHB	08h	0Eh	00h	remote low setpoint high byte	8	R/W
10	One	Shot	-	0Fh	writing register initiates one-shot conversion	0	W
11	RTLB	10h	-	00h	remote temperature low byte	6 MSB	R
12	RTOHB	11h	11h	00h	remote temperature offset high byte	8	R/W
13	RTOLB	12h	12h	00h	remote temperature offset low byte	3 MSB	R/W
14	RHSLB	13h	13h	00h	remote high setpoint low byte	3 MSB	R/W
15	RLSLB	14h	14h	00h	remote low setpoint low byte	3 MSB	R/W
16	RCS	19h	19h	55h	remote T_CRIT setpoint	8	R/W
17	LCS	20h	20h	55h	local T_CRIT setpoint	8	R/W
18	TH	21h	21h	0Ah	T_CRIT hysteresis	5	R/W
19	ATLB	22h	-	00h	local temperature low byte	3 MSB	R
20	AM	BFh	BFh	00h	Alert mode	1	R/W
21	RMID	FEh	-	A1h	read manufacturer's ID	8	R
22	RDR	FFh	-	00h	read stepping or die revision	8	R

Tabela 6. Zestawienie rejestrów SA56004

Wartości temperatur odczytujemy poprzez rejestry LTHB/ATLB dla czujnika wbudowanego w SA56004 oraz RTHB/RTLB dla czujnika zewnętrznego. Temperatura reprezentowana jest w postaci liczby 11-bitowej ze znakiem, znaczenie poszczególnych bitów rejestrów przedstawiono w **tabeli 7**.

Bit	Rejestr RTHB/LTHB								Rejestr RTLB/LTLB			
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	D7	D6	D5	D4..D0
Wartość	znak	64	32	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0

Tabela 7. Znaczenie bitów rejestrów temperatur

W celu odczytu temperatur należy wykonać następujące polecenia dla temperatury czujnika wbudowanego (lokalnej):

```
i2cget -y 1 0x4c 0x00
i2cget -y 1 0x4c 0x22
```

i czujnika zdalnego:

```
i2cget -y 1 0x4c 0x01
i2cget -y 1 0x4c 0x11
```

Przykładowe odczyty zwróciły odpowiednio: 0x12/0xa0 i 0x13/0x00, co po przeliczeniu daje temperatury 18.625°C i 19°C. Czujnik zewnętrzny może zostać skalibrowany poprzez dodanie stałej wartości przesunięcia temperatury zapisanej w rejestrach RTOHB/RTOLB ze znaczeniem bitów jak w rejestrach temperatur w tabeli 7.

W rejestrze konfiguracji CON określamy tryb pracy układu oraz aktywność alarmów temperatury, znaczenie bitów przedstawiono w **Tabeli 8**. W przypadku rejestru CON należy zwrócić uwagę na różne adresy zapisu i odczytu.

Bit	Oznaczenie	Opis
7	ALERT	Aktywacja alarmu ALERT=0
6	!RUN/STOP	Ustawienie trybu pracy Standby/Run. Tryb aktywny RUN=0
5	-	0
4	Remote !T_CRIT	Aktywacja alarmu czujnika zdalnego T_CRIT=0
3	-	0
2	Local !T_CRIT	Aktywacja alarmu czujnika lokalnego T_CRIT=0
1	-	0
0	Fault	Liczba przekroczeń ustawionych progów wyzwalająca alarmy 0 = 1przekroczenie, 1= 3 przekroczenia

Tabela 8. Znaczenie bitów rejestru CON

W rejestrze statusu SR, możemy sprawdzić stan konwersji oraz flagi alarmów i usterki zgodnie z **Tabelą 9**.

Bit	Oznaczenie	Opis
7	BUSY	BUSY=1, konwersja w trakcie
6	LHIGH	LHIGH=1, alarm HIGH temperatury lokalnej
5	LLOW	LLOW=1, alarm LOW temperatury lokalnej
4	RHIGH	RHIGH=1, alarm HIGH temperatury zdalnej
3	RLOW	RLOW=1, alarm LOW temperatury zdalnej
2	OPEN	OPEN=1, rozwarcie czujnika temperatury zdalnej
1	RCRIT	RCRIT=1, alarm CRIT czujnika temperatury zdalnej
0	LCRIT	LCRIT=1, alarm CRIT czujnika temperatury lokalnej

Tabela 9. Znaczenie bitów rejestru SR

Odczytując rejestr SR przy odłączonym czujniku zdalnym:

```
i2cget -y 1 0x4c 0x02
```

otrzymujemy sygnalizację rozwarcia czujnika zewnętrznego - ustawieniem bitu 2 OPEN=1 wraz z jednoczesnym wyzwoleniem alarmów RCRIT=1, RHIGH=1.

Ustawianie częstotliwości konwersji odbywa się poprzez zapis rejestru CR zgodnie z Tabelą 10.

Częstotliwość [Hz]	0,06	0,12	0,25	0,5	1	2	4	8	16	32
Wartość	00h	01h	02h	03h	04h	05h	06h	07h	08h	09h

Tabela 10. Ustawienie częstotliwości konwersji CR

W artykule przedstawiono tylko informacje niezbędne do sprawdzenia działania układu. Bardziej szczegółowy opis rejestrów umożliwiających wykorzystanie wszystkich możliwości SA56004 zawarty jest w karcie katalogowej.

Jeżeli wszystko działa poprawnie można moduł zastosować we własnej aplikacji.

Adam Tatuś

adam.tatus@ep.com.pl

Zestawienie elementów:

Lp	Oznaczenie	Typ	Obudowa	Ilość	Opis
1	C1	0.1uF	603	1	Kondensator X7R 10V
2	C2	2.2nF	603	1	Kondensator X7R 10V
3	DTH	CONN	SIP3	1	Złącze SIP3 męskie
4	Q1	2N3904	TO-92B	1	Tranzystor NPN
5	R1,R2	4.7k	603	2	Rezystor SMD
6	U1	SA56004AD	SO8	1	Układ scalony