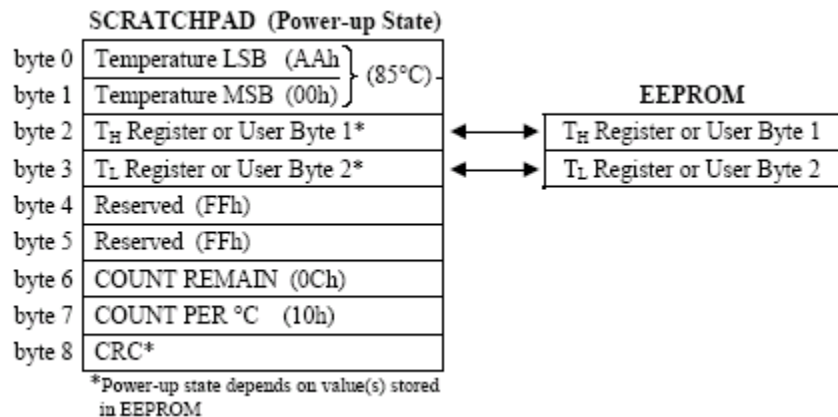


U ovom radu razmatra se upotreba DS18S20 digitalnog senzora temperature u modu poboljšane rezolucije i njenom primenom u embeded sistemima (mikrokontrolerskim aplikacijama). DS18S20 funkcioniše tako što upoređuje vrednosti dva nezavisna oscilatora (jedan temperaturno stabilan a drugi temperaturno zavistan). Dobijena temperatura može se očitati u **Temperature_LSB** i **Temperature_MSB** registru, sa tim što **Temperature_MSB** registar u sebi sadrži samo podatak o pozitivnoj/negativnoj temperaturi. DS18S20 prilikom merenja zaokružuje vrednost temperature u **Temperature_LSB** registru na najpribližniju vrednost.

ACTUAL TEMPERATURE	SET/CLEAR LSB	DIRECT READING
25	Clear	25
25.1	Clear	25
25.2	Clear	25
25.3	Set	25.5
25.4	Set	25.5
25.5	Set	25.5
25.6	Set	25.5
25.7	Set	25.5
25.8	Clear	26
25.9	Clear	26
26	Clear	26
-10	Clear	-10
-10.1	Clear	-10
-10.2	Clear	-10
-10.3	Set	-10.5
-10.4	Set	-10.5
-10.5	Set	-10.5
-10.6	Set	-10.5
-10.7	Set	-10.5
-10.8	Clear	-11
-10.9	Clear	-11
-11	Clear	-11

Očigledno je da su prelazne vrednosti LSB bita na 0,25 i 0,75 stepeni. Time se jednostavnim očitavanjem samo **Temperature_LSB** registra postiže maksimalna rezolucija od svega 0,5°C. Pored ovih, DS18S20 ima u sebi još par registara koje može očitavati.



U **COUNT_REMAIN** registru DS18S20 čuva podatak o stanju temperaturno zavisnog brojača. Na osnovu te vrednosti DS18S20 poseduje hardversku mogućnost očitavanja preciznije temperature, ali ona nije prilagođena nekoj smisljenoj vrednosti (iz nje se ne može direktno očitati temperatura), pa se zbog toga uglavnom ne koristi. Ipak, ona se može iskoristiti odbacivanjem LSB bita **Temperature_LSB** registra (koji odgovara 0,5°C), očitavanjem **COUNT_REMAIN** registra i sledećim obrascem:

$$TEMPERATURE = TEMP_READ - 0.25 + \frac{COUNT_PER_C - COUNT_REMAIN}{COUNT_PER_C}$$

Kod DS18S20 **COUNT_PER_C** vrednost je hardverski (hard-coded) uvek .16 (0x10) prilikom očitavanja. Pretpostavljam da je to tako zbog ograničenja internog brojača oscilatora. Obrazac je u datasheetu dat samo zbog kompatibilnosti sa narednim serijama senzora. Zamenom se dolazi do sledećeg obrasca:

$$TEMPERATURE = TEMP_READ - 0.25 + \frac{16 - COUNT_REMAIN}{16}$$

Ukoliko je već **COUNT_PER_C** uvek .16, onda ni **COUNT_REMAIN** registar ne može biti mnogo drugačiji. Analizom dobijenih podataka u Open Office Calc-u zaključio sam da bi bilo logično da ova vrednost može varirati od .0 do .15.

TEMP_READ	COUNT_REMAIN	TEMPERATURE	16-COUNT_REMAIN	(16-COUNT_REMAIN)/16
22	0	22.75	16	1
COUNT_PER_C 16	1	22.69	15	0.94
	2	22.63	14	0.88
	3	22.56	13	0.81
	4	22.5	12	0.75
	5	22.44	11	0.69
	6	22.38	10	0.63
	7	22.31	9	0.56
	8	22.25	8	0.5
	9	22.19	7	0.44
	10	22.13	6	0.38
	11	22.06	5	0.31
	12	22	4	0.25
	13	21.94	3	0.19
	14	21.88	2	0.13
	15	21.81	1	0.06
	16	21.75	0	0
	17	21.69	-1	-0.06
	18	21.63	-2	-0.13

Ostale vrednosti (.16, .17, .18...) se uopšte ne mogu dobiti jer bi onda bilo potrebno čak 5 bitova za njihovo pamćenje, a vrednost .16 se ionako može "pokriti" sledećim stepenom. Inženjeri u Dallas-u nisu želeli da se muče više nego sto je potrebno (i da prave složeniji i skuplji hardver) čak ni po cenu povećanja rezolucije senzora.

Znači, ukoliko se zanemari registar **COUNT_PER_C** zato što je njegova vrednost fiksna (.16), jedino **COUNT_REMAIN** određuje dodatnu preciznost temperature.

Budući da je bajt **COUNT_REMAIN** ograničen na vrednosti od .0 do .15, i da se očitavanje vrši od LSB bita, moguće je pročitati samo prvih 4 bita u time slotovima, i tako malo smanjiti i vreme čitanja, odnosno akviziciju.

Stanje iz očitanoog **COUNT_REMAIN** registra od najveće do najmanje u stvari predstavlja ostale očitane a neprikazane bitove termometra. Ovako može izgledati izmerena temperatura od 22°C:

0	0	0	0	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

...

0	0	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---



	0,5°C	0,25°C	0,125°C	0,0625°C
22,75°C	1	1	1	1
22,6875°C	1	1	1	0
22,625°C	1	1	0	1
22,5625°C	1	1	0	0
22,5°C	1	0	1	1
22,4375°C	1	0	1	0
22,375°C	1	0	0	1
22,3125°C	1	0	0	0
22,25°C	0	1	1	1
22,1875°C	0	1	1	0
22,125°C	0	1	0	1
22,0625°C	0	1	0	0
22°C	0	0	1	1
21,9375°C	0	0	1	0
21,875°C	0	0	0	1
21,8125°C	0	0	0	0

Zbog hardverskog zaokruživanja prilikom određivanja **Temperature LSB** registra neophodno je od rezultata oduzeti 0,25°C, a tek onda dodavati binarne vrednosti u skladu sa **COUNT_REMAIN** registrom. Budući da se u embeded sistemima uglavnom za prikaz temperature koriste LED ili LCD displeji, nije baš praktično koristiti zahtevne operacije za konverziju binarnog u float broj, pa onda deljenje (kao jednu od najzahtevnijih operacija – pogotovu za brojeve sa pokretnim zarezom) i na kraju

konverziju u BCD ili ASCII format radi prikaza na displeju. Umesto ovoga, praktičnije je koristiti pročitane celobrojne vrednosti (**Temperature LSB** registar) sa koje je “skinuto” 0,5 stepeni (za ovo se u embeded sistemima koristi jedna instrukcija – rotacija udesno), zatim uslovnim izrazom dekrementovati očitane temperature (**Temperature LSB**) u slučaju da je **COUNT_REMAIN** manje od 4 kako bi se anuliralo hardversko zaokruživanje i onda na osnovu obične tabele i vrednosti **COUNT_REMAIN** registra (.0 - .15) odrediti decimalne vrednosti. Na taj način za celobrojne vrednosti temperature vrši se jedna bin2bcd konverzija, a za decimalne brojeve (desno od decimalne tačke) druga. Tako se pomoću jedne tabele, jednog uslovnog izraza i dve bin2bcd konverzije mogu efektno zameniti mnogo zahtevnije operacije.

U slučaju merenja negativnih vrednosti (ispod 0 stepeni) potrebno je dodati i znak minus (iz **Temperature MSB** registra), ali tek nakon provere da li se dekrementacijom ušlo u negativnu vrednost. Onda je potrebno komplementovati očitane vrednosti temperature a dalji postupak je isti kao za pozitivne vrednosti.

Preciznost očitavanja temperature zavisi od izlaznog hardvera. Puna rezolucija dobija se korišćenjem 4 mesta za decimale na displeju. Prikaz neće biti baš “lep” (pokazivaće 21,8750 pa 21,9375 stepeni), ali je rezolucija senzora do maksimuma iskorišćena. Umesto 9 bita dobijenih očitavanjem samo **Temperature LSB** i **Temperature MSB** registara dobijeno je 12, odnosno rezolucija je sa 0,5°C povećana na 0,0625°C. Dobar kompromis predstavlja rezolucija od 0,1 stepen jer zahteva samo jedno mesto za prikaz decimala (isto koliko bi zahtevalo i merenje rezolucijom od 0,5 stepeni) a koja se može lako dobiti očitavanjem podataka iz tabele. Zaokruživanje na najpribližniju vrednost moguće je takođe realizovati istom tabelom.

C.R.	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	.10	.11	.12	.13	.14	.15
Dec	.8	.9	.9	.0	.1	.1	.2	.3	.3	.4	.4	.5	.6	.6	.7	.8

Žalosno je što prilikom pisanja datasheeta inženjeri u Dallasu nisu bili precizniji u opisu rada **COUNT_REMAIN** registra već su ostavili taj deo nedovoljno objašnjenim. Korišćenjem njihove formule nije moguće dobiti punu dvanaestobitnu rezoluciju jer se vrednosti zaokružuju na dve decimale. To je cena kompatibilnosti sa ostalim serijama temperaturnih senzora i široke upotrebe programskog jezika C. Moguće je da postupak namerno nije dovoljno objašnjen kako bi se njihova naredna (i skuplja) verzija temperaturnog senzora DS18B20 bolje prodavala, iako ima istu temperaturnu rezoluciju (0,0625°C) kao i DS18S20 uz gore opisan postupak.

Reference:

DS18S20 High Precision 1-Wire® Digital Thermometer

Application Note 105 High Resolution Temperature Measurement with Dallas Direct-to-Digital Temperature Sensors

Stojan Trifunović
Sokobanja 19.07.2009.