

DIGITHERM 1/1

1 SPECIFICATION

Thermometre multi canal, avec un affichage de 3 grandeurs pour chaque canal : actuel, min, max
2 canaux dans la version de base, extensible jusqu'à 8 maximum par incrément de 1.

Remise à zéro des valeurs min/max par bouton poussoir.

Autonome, ne nécessite rien pour démarrer.

La gamme d'acquisition de chaque canal est de (Tmin congélateur =) -30°C, à (Tmax source chaude=) +100 °C

La résolution d'acquisition est au maximum de ½ °C et au minimum celle de l'affichage

L'affichage de chaque canal est paramétré avec 2 valeurs :

- borne basse en °C entier, comprise dans la gamme d' acquisition
- résolution température actuelle en °C/(2^n) : 8, 4, 2, 1, 1/2, 1/4, 1/8. Pas nécessaire de descendre en dessous de 1/8 °C soit 0.125 °C
- résolution min ou max en °C : 8, 4, 2, 1. Pas nécessaire de descendre en dessous du degré.

2 CHOIX DES SONDES EN TEMPERATURE

2.1 CAPTEUR PASSIF

TYPE	Boitier	Fabricant	PU TTC	Principe	Précision	Linéarité
CTN 10 - 100k	Phillips 640 1/2 W		4.48	$R=A*\exp(\beta/T)$	-/+ 3%	
CTN 2 -100	Murata NTG4G		6.77	$R=A*\exp(\beta/T)$	-/+ 1%	
LM35DZ	TO92	NS	12.00	10 mV/°C	1	
LM61	SOT23	NS	13.16	10 mV/°C	3	
LM335Z	TO92	STM	15.13	10 mV/°C	2	1.5
KTY10 – 2KΩ	TO92	SIEMENS	17.00	$R_t=R_{25}*(1+\alpha*\delta t+\beta*\delta t^2)$	+/- 1%	
TMP35/36/37	TO92	AD	17.34	10 mV/°C	2	0.5
TMP17	SO8	AD	29.60	1 µA/°K	2.5	0.5
LM35CZ	TO92	NS	45.00	10 mV/°C	0.5	
LM334	TO92	NS		1 µA/°K	-23% +44%	

Ces capteurs nécessitent un multiplexage et une conversion pour être traités par le microprocesseur :

type	LSB	circuit	
ADC 8 bits, 0-5 V	20 mV ou 2°C	intégré au micro, AD C08, TL541	30 F
ADC 12 bits, 0-5 V	1.22 mV ou 0.12 °C	externe, MAX187, LTC1298	100 F
oscillateur PWM ou fréquence		Type 555 CMOS	
conversion par micro avec RC et comparateur	~40mV, 7 bits max sur 5 Volts	???	

Solution ADC 12 bits+mux : coût pour 4 sondes 1°C sur un terminal= 4*12+100+10+?=148 F

2.2 AVEC CONVERSION INTEGREE

TYPE	Boitier	Fabricant	PU TTC	Principe	Thermostat	Précision
LM75	SOP8	NS	31.40	I2C	1	2
DS1621	DIP8	Dallas	32.29	I2C	1	0.5
DS1821	~TO92	Dallas	34.50	bus 1 fil	1	1
TMP03FT	TO92	AD	46.40	PWM	0	1.5
DS1620	DIP8	Dallas	58.00	Bus 2 fils	3	0.5
DS1820	~TO92	Dallas	68.95	bus 1 fil	1	0.5

Prix par 25/Prix unitaire = 0.9

Les capteurs I2C sont moins chers, et plus facilement connectables en série et plus évolutifs car disposant de thermostats.

Coût pour 4 sondes 0.5°C sur un terminal = 128 F

DIGITHERM 2/2

3 CODE

3.1 Gestion d'un capteur de température I2C

3.1.1 Gestion d'un capteur LM075

MSB first, high byte first

Registre de configuration (adresse 0x01) :

b7 (first)	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0	0	0	Fault queue		polarity	comparator / interrupt	shutdown
0	0	0	nbre de conversion au delà des seuils avant basculement sortie 00 : 1 (défaut) 01 : 2 10 : 3 11 : 4		1=sortie active au niveau haut (sortie=1 si temp>Tos et =0 si temp<Thyst) 0=sortie active au niveau bas (défaut) (sortie=0 si temp>Tos et =1 si temp<Thyst)	1=mode interruption 0=mode comparateur	1=shutdow n 0=normal

Registre de température ou de seuils (adresses 0x00, 0x02, 0x03) :

	octet de poids fort (premier)							°C	octet de poids faible (second)							
	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1		b0	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1
Temperature : +/-	64	32	16	8	4	2	1		1/2	1/4	1/8	1/16	0	0	0	0
+125°C	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
+25°C	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
+1/2°C	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
+0°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1/2°C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
-25°C	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
-55°C	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Protocole :

	Central → LM075	réponse	Central → LM075	réponse	Central → LM075
Ecriture du registre configuration	Start + 0x9X + W(0)	Ack	0x01	Ack	
	Config. value	Ack			
	Stop				
Ecriture Tos ou Thyst	Start + 0x9X + W(0)	Ack	Adresse Tos 0x03 ou Thyst 0x02	Ack	
	Tos ou Thyst high	Ack	Tos ou Thyst low	Ack	
	Stop				
Lecture Configuration	Start + 0x9X + W(0)	Ack	0x01	Ack	
	Start + 0x9X + R(1)	Ack			
		Data	Nack		
Lecture Temp ou Tos ou Thyst	Start + 0x9X + W(0)	Ack	Adresse Tos 0x03 ou Thyst 0x02 ou Temp 0x00	Ack	
	Start + 0x9X + R(1)	Ack			
		Data	Ack	Data	Nack
	Stop				

exemple initialisation :

```
start, <add+0>, 0x01, 0x1C,
start, <add+0>, 0x03, 0x28, 0x00,
start, <add+0>, 0x02, 0x0A, 0x00,
stop
```

exemple lecture :

```
start, <add+0>, 0x00,
start, <add+1>, 0x12, 0x80,
```

```
write conf : polarity active high, 4 faults
write Tos =+40.0°C
write Thyst =+10.0°C
stop serial transfert
```

```
say want to read temperature
read 0x12:0x80 = 18.5°C
```

DIGITHERM 3/3

stop

stop serial transfert

3.1.2 Gestion d'un capteur DS1621

MSB first, high byte first

Registre de configuration (adresse 0xAC) :

b7 (first)	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
DONE	THF	TLF	NVB	1	0	POL	ONESHOT
1=Conversion terminée 0=Conversion en cours	1=seuil haut TH franchi remis à 0 en écrivant 0 dedans ou power off	1=seuil bas franchi remis à 0 en écrivant 0 dedans ou power off	1=E2PROM occupée 0=E2PROM libre	1	0	1=sortie active au niveau haut (=1 si temp>TH, =0 si temp<TL) 0=sortie active au niveau bas (=0 si temp>TH, =1 si temp<TL) (bit sauvé en E2PROM)	1=conversion sur réception START 0=conversion continue (bit sauvé en E2PROM)

Registre de température ou de seuils (adresses 0xAA, 0xA2, 0xA3) :

	octet de poids fort (premier)								°C	octet de poids faible (second)							
	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0		b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
Temperature :	+/-	64	32	16	8	4	2	1		1/2	1/4	1/8	1/16	0	0	0	0
+125°C	0	1	1	1	1	1	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0
+25°C	0	0	0	1	1	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0
+1/2°C	0	0	0	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0	0	0	0
+0°C	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
-1/2°C	1	1	1	1	1	1	1	1		1	0	0	0	0	0	0	0
-25°C	1	1	1	0	0	1	1	1		0	0	0	0	0	0	0	0
-55°C	1	1	0	0	1	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0

Protocole :

	Central → DS1621	réponse	Central → DS1621	réponse	Central → DS1621
Commande unique (start/stop convert)	Start + 0x9X + W(0)	Ack	start convert 0xEE ou stop convert 0x22	Ack	
	Stop				
Ecriture du registre configuration	Start + 0x9X + W(0)	Ack	Adresse conf. 0xAC	Ack	
	Config. value	Ack			
	Stop				
Ecriture TH ou TL	Start + 0x9X + W(0)	Ack	Adresse TH 0xA1 ou TL 0xA2	Ack	
	TH ou TL high	Ack	TH ou TL low	Ack	
	Stop				
Lecture Configuration ou pente ou compteur	Start + 0x9X + W(0)	Ack	Adresse Conf. 0xAC ou pente 0xA9 ou compteur 0xA8	Ack	
	Start + 0x9X + R(1)	Ack			
		Data	Nack		
	Stop				
Lecture Temp ou TH ou TL	Start + 0x9X + W(0)	Ack	Adresse Temp. 0xAA ou TH 0xA1 ou TL 0xA2	Ack	
	Start + 0x9X + R(1)	Ack			
		Data	Ack	Data	Nack
	Stop				

exemple initialisation :

start, <add+0>, 0xAC, 0x02,
start, <add+0>, 0xA1, 0x28, 0x00,
start, <add+0>, 0xA2, 0x0A, 0x00,

write conf : polarity active high, continuous conversion
write TH =+40.0°C
write TL =+10.0°C

DIGITHERM 4/4

```

start, <add+0>, 0xEE,          start conversion
stop                          stop serial transfert

exemple lecture :
start, <add+0>, 0xAA,          say want to read temperature
start, <add+1>, 0x12,0x80,      read 0x12:0x80 = 18.5°C
stop                          stop serial transfert

```

3.1.2.1 Augmentation de la résolution DS1621

Cf note d'application DS 105.

```

start, <add+0>, 0xAA, start, <add+1>, temp_readMSB, temp_readLSB, stop read temperature
start, <add+0>, 0xA8, start, <add+1>, count_remain, stop          read compteur
start, <add+0>, 0xA9, start, <add+1>, count_per_c, stop          read pente

```

$temperature = temp_read - 0.25 + (count_per_c - count_remain) / count_per_c$

temperature MSB = temp_readMSB
 calcule temp = $256 * (count_per_c - count_remain) / count_per_c$
 si <64 ; decremente temp_readMSB ; temp_readLSB = temp - 64
 sinon ; temp_readLSB = temp - 64

3.1.2.2 Implémentation logicielle : routines DS1621init et DS1621read

DS1621init : entrée I2CADD

DS1621read : entrée I2CADD, return TempH, TempL

TempH								°C	TempL							
+/-	64	32	16	8	4	2	1		1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	x	x

TempH contient la température en degré C de -128°C à +127°C
 TempL contient la partie décimale jusqu'au bit 1/64°C valide
 Si le bit de poids fort est =1, la température est <0 ; dans ce cas, prendre le complément des 16 bits et ajouter 1.

3.2 Gestion des erreurs

Le code d'erreur est dans l'accumulateur et le flag I2COK est à 0

3.2.1 Routines I2C de base

Erreur bus

x1h	START:SDA stuck @0 or bus not free
x2h	START:SCL stuck @0 or bus not free
x3h	START:SDA stuck @1 or uC problem
x4h	START:SCL stuck @1 or uC problem
x5h	WRITE BIT/ACK:SCL not released after 3uS
x6h	WRITE BIT/ACK:SDA line not correct
x7h	READ BIT/ACK:SCL not released after 3uS
xxx0 0xxxh	while start & write addressing (codes 1 to 7)
xxx0 1xxxh	while writing bytes (code 5,6 only)
xxx1 0xxxh	while start & read addressing (codes 1 to 7)
xxx1 1xxxh	while reading bytes (code 5,6,7 only)

Erreur protocole

xxx0 1000h	WRITE-no ack while addressing
xxx0 1001h	WRITE-no ack while writing
xxx1 1000h	READ-no ack while addressing

Erreurs possibles selon les phases :

start	put adresse (W)	ack	send bytes (W)	ack
01,02,03,04	05,06	07,08	0D,0E	0F,09

start	put adresse (R)	ack	receive bytes (R)	sack/snack	stop
11,12,13,14	15,16	17,18	1F	1D,1E	pas d'erreur

3.2.2 Routines E2PROM

Si bit 5 = 1, l'erreur I2C a eu lieu en écriture

MSB	6	5	4	3	2	1	LSB
nu	0	E2PROM put/get	I2C R/W	code détaillé de l'anomalie I2C			

3.2.3 Routines DS1621

Si bit 5 = 1, l'erreur I2C a eu lieu dans la phase d'initialisation, sinon dans la phase de routine.

MSB	6	5	4	3	2	1	LSB
nu	1	DS1621 init/read	I2C R/W	code détaillé de l'anomalie I2C			

3.3 Gestion de l'affichage

3.3.1 En texte par LCD 2 x 16 lignes, retroéclairé

+	0	4	.	2		(-	1	5			+	2	0)
-	1	2	.	3		(-	4	0			-	0	5)

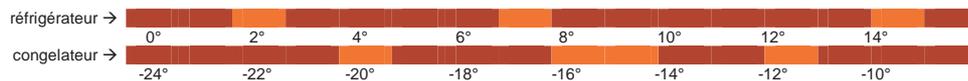
Autorise facilement 2 lectures (actuel, min, max), mais après il faut faire intervenir des boutons de selection.
Interface simple ; 4 bits + commandes
Coût élevé (110 F), lecture de loin pas évidente, résolution d'affichage limitée

3.3.2 Afficheurs 7 segments

Sauf à imaginer une ligne de 9 afficheurs au minimum c'est inadapté à la visualisation simultanée actuel, min, max. Et encore moins à plusieurs canaux de mesure



3.3.3 Echelle de LED, typiquement 16



Avec des LED rectangulaires, de 2 x 5 mm ou 2.5 x 5 mm, l'échelle fait 80 mm de long. Coût = 16 @ 1.6 F = 26 F par échelle. La luminosité est faible typiquement 3 mcd @ 20 mA, il faut envoyer beaucoup de courant.
Avec des LED rondes, la face avant est plus difficile à percer, mais le rendement augmente (typiquement 5 mcd @ 10 mA) et le coût baisse 13 F par échelle.
On peut aussi un bargraphe intégré de 10 LED ; coût = 23 F pour 10 LED . Trop petit

C'est compréhensible, visible de loin, mais nécessite des indications gravées à côté de l'échelle. Donc la borne basse et la résolution de chaque échelle sont fixes.
La commande des LED peut utiliser les caractéristiques des portes HCMOS

Comment commander les échelles ?

En statique, avec 2 registres sur bus 8 bits (HC573, HC574) ; câblage trop complexe
En statique, avec 2 registres série/parallèle (HC164, HC594, HC4094, HC595) ; 26 F + 2 ci @ 5 F ; chaque LED travaille @ 10 ou @ 20 mA
En multiplexé, avec un décodeur 4/16 (HC154) ; 26 F + 1 ci @ 10 F ; le courant de LED doit être augmenté d'un facteur 3 et on tombe sur la limite de sortie d'un circuit HC154. Difficile de monter à 60 mA (20 mA par LED), donc cette solution sera moins performante que la précédente.
En matriciel ; faisable pour une échelle simple, mais trop compliqué en multicanaux.

Contrôler la luminosité

Il peut être très confortable de contrôler la luminosité des LED en fonction de la lumière ambiante.
On peut le faire soit temporellement (PWM) ou par valeur des alimentations.

Comment faire l'affichage multiplexé décodé ou matriciel ?

Pour obtenir un affichage stable sans scintillement, il faut actualiser les LED allumées à l'aide d'interruption sur timer 0
Le microcontrôleur envoie 3 valeurs actuel, min, max en moins de 40 mS (25 Hz) pour éviter le scintillement.
Le courant LED est multiplié par 3 pour avoir la même impression lumineuse qu'une échelle statique. Mais on voit ainsi qu'il est difficile d'avoir 2 ou plus échelles contrôlées par le même décodeur, car le courant LED élémentaire va augmenter trop fort.

Comment faire l'affichage par registre série ?

En transmettant 16 bits en moins de 10 uS par bit, cela dure 0.16 mS par échelle.

DIGITHERM 7/7

En utilisant des registres à verrouillage derrière le registre série, (4094, HC595) on verrouille les données après le shift. Sinon, il y a risque de brouillage de l'affichage sauf à l'éteindre !.

Avec 8 échelles au maximum en série on arrive à 1.28 mS de brouillage LED à chaque update de l'affichage, de l'ordre de 500 mS soit moins de 3 de perte de contraste.

4 Format des données dans l'E2PROM

4.1 Données système et capteurs

Pour les adresses 0000 à 001F, voir documentation "Noyau Moniteur".

Adresse	type	Contenu	valeurs
0020h	capteur 1	adresse I2C	0 à 7
0021-22h		Last	dernière valeur acquise
0023-24h		Delta Max	delta max entre 2 acquisitions successives
0024-26h		Mini	valeur mini
0027-28h		Maxi	valeur maxi
0029-2Ah		Last record	Dernière valeur enregistrée
002B-2Ch		Delta record	MSB en °partie décimale en 128ème de degré : delta min to record
002D-2Eh		Borne basse	MSB en °partie décimale en 128ème de degré : borne basse du bargraph
002Fh		résolution	$8^{\circ}=11$ $4^{\circ}=10$ $2^{\circ}=9$ $1^{\circ}=8$ $1/2^{\circ}=7$ $1/4^{\circ}=6$ $1/8^{\circ}=5$ $1/16^{\circ}=4$ $1/32^{\circ}=3$ $1/64^{\circ}=2$
003xh	idem pour capteur N°2		

```

M2(0000) : 0C 1>vh
0000: 0C 0C 31 31 24 24 FF FF 20 20 26 26 03 03 FF FF
0010: FF 1E 21 FF 08 00 04 00 00 00 00 00 00 00 00 01
0020: 00 00 00 00 00 FF FF 00 00 00 00 00 01 02 00 07
0030: 01 00 00 00 00 FF FF 00 00 00 00 00 01 E2 00 09
  
```

modification de la borne basse capteur 1 à °C (0100 h à l'adresse 001D et 001E)

```

&&1¶
EProm (0000) : F4 1>EP0012¶
EProm (0012) : 14 1>>01¶
EProm (0013) : 00 1>>00¶
EProm (0014) : 00 1>^C¶
  
```

modification de la borne basse capteur 1 à -20°C (E C00h à l'adresse 000A et 000B)

```

&&1¶
EProm(0000) : F4 1>EP000A¶
EProm(000A) : 14 1>>EC¶
EProm(000B) : 00 1>>00¶
EProm(000C) : 00 1>^C
  
```

modification de la résolution capteur 1 à 2°C (9 à l'adresse 0009)

```

&&1¶
EProm(0000) : F4 1>EP0009¶
EProm(0009) : 08 1>>09¶
EProm(000A) : 14 1>^C¶
  
```

4.2 Autres données

à partir de l'adresse 0040h, l'E2prom est libre.

5 Aspects

