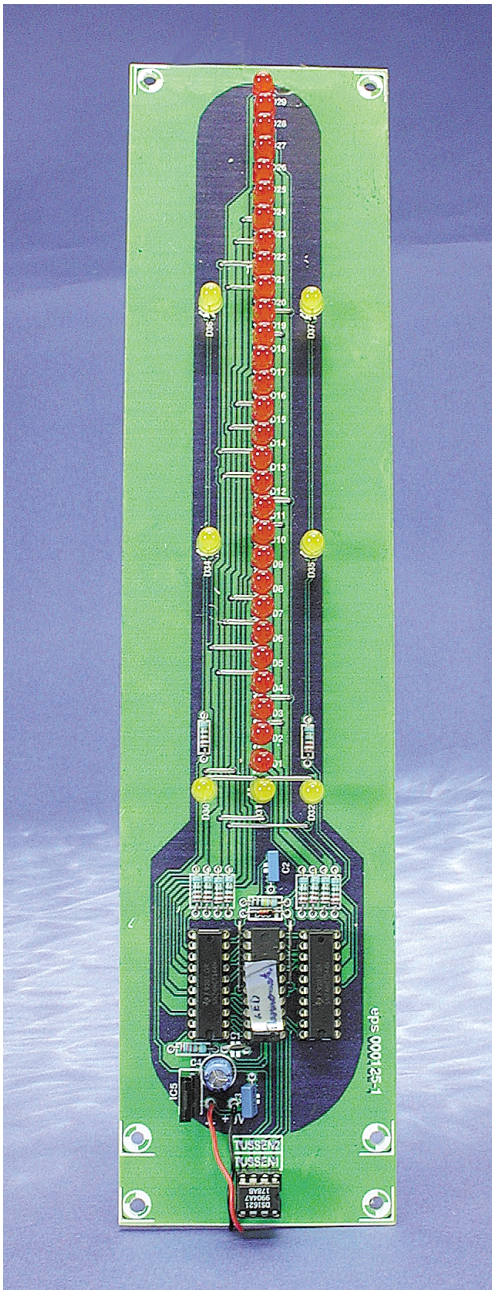


# Thermomètre numérique à LED

Capteur Dallas + microcontrôleur COP8

Le projet que nous vous présentons ici est celui d'un affichage de température, d'un thermomètre donc, de forme très spéciale. De par ce physique étonnant, il constitue un complément idéal pour notre horloge « Tour du Rhin » et ne manquera pas d'attirer nombre de regards intrigués.



Au coeur de ce montage on trouve un microcontrôleur COP8782 de National Semiconductor, microcontrôleur que nous avons utilisé à plusieurs reprises déjà dans des montages publiés dans ce magazine, tel que, par exemple, écriture lumineuse par clavier de PC (Elektor Extra 2/2000 page X-12 et suivantes). Le microcontrôleur lit les données de température fournies par un capteur de température de l'écurie Dallas Semiconductor, un composant que nous avons également déjà utilisé dans une réalisation Elektor (mesure de température avec DS1621 et info-carte DS1621, articles publiés tous 2 dans le numéro 261, mars 2000),

sans oublier l'article consacré au programmeur de DS1621, publié dans ce même numéro de mars 2001, page XXX et suivantes). La seconde tâche de ce microcontrôleur est d'assurer l'affichage de la valeur de mesure par le biais de 32 LED pilotées par multiplexage.

## Capteur de température

Comme nous nous sommes déjà penchés un certain nombre de fois sur le fonctionnement du DS1621 nous pourrions, ici, nous concentrer sur les aspects marquants de ce composant lors de sa description. Le capteur de Dallas Semiconductor

## Caractéristiques techniques :

Pilotage par microcontrôleur	
Plage de température	-29,5 à +59,5 °C
Résolution	0,5 °C
Erreur sur l'ensemble de la plage de température	±0,5 °C
Tension d'alimentation	9 V
Consommation de courant	100 mA environ

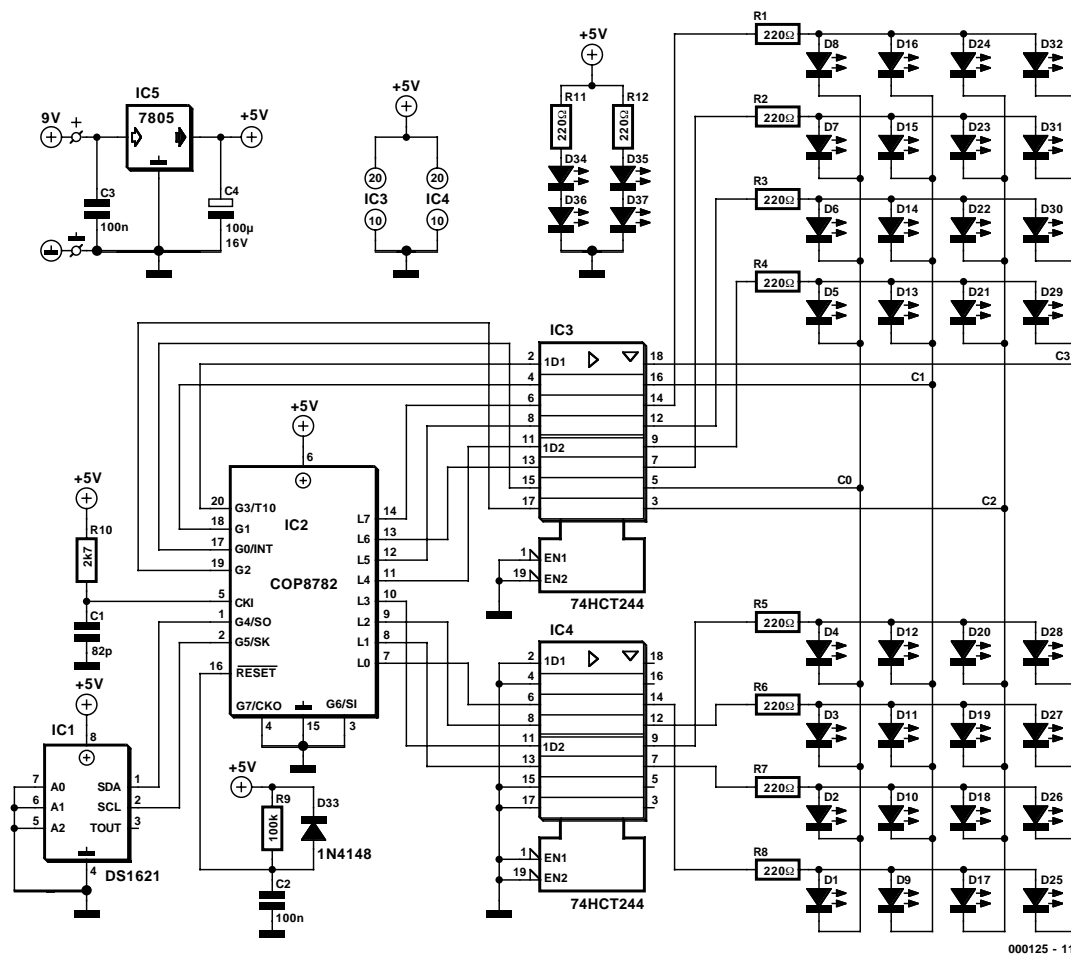


Figure 1. L'électronique du thermomètre à LED : 32 LED pilotées par une douzaine de ports.

intègre non seulement toute l'électronique requise par la mesure de température mais également celle permettant la réalisation d'une fonction de thermostat. L'échange de toutes les informations avec les composants périphériques pris en aval se fait par le biais d'un bus I<sup>2</sup>C. La plage de mesure de température du capteur s'étend de -55 à +125 °C, la résolution étant de 0,5 °C. Nous avons cependant limité l'affichage de notre thermomètre à une plage plus « traditionnelle » de -29,5 à +59,5 °C. La fonction de thermostat du DS1621 (sortie de thermostat T<sub>out</sub>) n'est pas, comme le prouve un coup d'oeil au schéma de la **figure 1**, implémentée dans la présente application.

Il est théoriquement possible de connecter jusqu'à 7 capteurs au même système de bus, sachant que chacun de ces composants se voit attribuer une adresse individuelle par le biais des entrées d'adresses

A0 à A2. Comme notre thermomètre se contente d'un unique capteur il n'y a pas de problème potentiel à ce niveau, raison pour laquelle toutes les entrées d'adresse ont été mises à la masse, de sorte que le capteur se trouve partant à l'adresse « 0 ». La valeur de température est fournie sous la forme d'un mot de 9 bits dont la signification est la suivante :

L'octet 1 représente la température, un bit de poids fort positionné (mis à « 1 ») indiquant une température négative. Dans le second octet, l'octet 2, le bit de poids fort représente la valeur intermédiaire (+0,5 °C), le reste des bits de cet octet se trouvant toujours à zéro. D'après la fiche de caractéristiques, le composant effectue une mesure en 1 s maximum. Pour procéder à la lecture de la température mesurée par le capteur le microcontrôleur envoie les instructions énumérées dans le tableau à la page suivante.

L'erreur typique du DS1621 est visua-

Température en °C	Données de sortie	
	binaire	hex
+125	01111101 00000000	7B00
+25	00011001 00000000	1900
+0,5	00000000 10000000	0080
0	00000000 00000000	0000
-0,5	11111111 10000000	FF80
-25	11100111 00000000	E700
-55	11001001 00000000	C900

lisée par le graphique de la **figure 2**. Dans la plage de température qui nous intéresse, cette erreur ne dépasse jamais 0,5 °C.

## Capteur combiné à un COP

Le microcontrôleur COP8782 de National Semiconductor est, de par ses caractéristiques techniques que nous énumérerons ci-après, l'option idéale pour la présente application.

- EPROM de 4 096 mots de 8 bits (OTP)
- 128 octets de RAM

## Instructions du microcontrôleur

Une fois seulement pour configurer le capteur :

1001 0000	Code de commande 4 bits plus adresse du composant, Écriture
1010 1100	Écriture dans le registre de configuration
0000 0010	Mesure continue

Avant chaque mesure de température

1001 0000	Code de commande 4 bits plus adresse du composant, Écriture
1110 1110	Instruction de « Début de mesure »

Après un délai d'attente de 1 s

1001 0000	Code de commande 4 bits plus adresse du composant, Écriture
1010 1010	Instruction de « Lecture de température »
1001 0001	Code de commande 4 bits plus adresse du composant, Lecture

Prise en compte des données selon le chronodiagramme de la fiche de caractéristiques

- Durée de cycle 1  $\mu$ s à 10 MHz
- Temporisateur (*timer*) 16 bits à fonctions d'autorecharge (*auto-reload*), de compteur d'événements externes ou de capture
- 16 broches d'E/S dont 14 peuvent être programmées au choix en entrée ou en sortie
- Choix possible de la configuration des broches en 3 états (*tri-state*), en push-pull ou en forçage au niveau haut (*pull-up*)
- Interface Microwire
- Sources d'interruption externes à choix de flanc, interruption matérielle (par temporisateur) ou logicielle.

Il existe actuellement, en ce qui concerne le COP8782, une version plus récente, pratiquement compatible broche à broche et au niveau des fonctions, à savoir le COP8AC7. Notons l'existence d'un Stater Kit pour ce composant; bien qu'il ne permette pas une émulation en temps réel, ce kit offre cependant une possibilité de programmation des composants à programmation unique (OTP = One Time Programmable) mais constitue également un sas ouvert vers une famille de microcontrôleurs techniquement très intéressants tout en étant d'un prix parfaitement abordable. La mise au point de projets plus complexes requérant le contrôle du fonction-

nement du microcontrôleur en temps réel implique inévitablement la mise en oeuvre (l'achat) d'un émulateur pour éviter que la réalisation ne se transforme en essais perpétuels.

### Pilote et affichage

Nous avons opté, de manière, d'une part, à limiter le câblage au strict nécessaire et de l'autre à disposer d'un maximum d'éléments de visualisation, pour un multiplexage de 32 LED. 4 LED, D34 à D37, dont la position rappelle celle de leurs homologues de la « Tour du Rhin », sont allumées en permanence pour visualiser les repères des dizaines de l'échelle, servant ainsi purement de points d'orientation. Vu que les broches G6 et G7 sont uniquement utilisables en entrée, tous les 12 ports sont paramétrés en sortie. Seules quelques astuces de programmation permettent de commander un nombre aussi important de LED avec un nombre aussi faible de ports. La matrice de LED est subdivisée en 4 groupes, A à D, de 8 LED chacun. Ces groupes sont pilotés, l'un après l'autre, par les sorties de port G0 à G3, ce qui implique que le nombre maximal de LED pouvant être allumées simultanément est de 8. Ces LED sont commandées par les 8 lignes de port L0 à L7 et allumées par la mise au niveau haut. En fonction de la ligne de groupe de LED G0 à G4 se trouvant au niveau bas, le groupe de LED correspondant est allumé. Bien que 8 LED au maximum puissent être allumées simultanément, l'inertie de perception de l'oeil humain nous fait croire que

n'importe quel nombre de LED, jusqu'au maximum de 32, peut être allumé simultanément.

La plage de température totale qui s'étend, nous le disions, de  $-29,5$  à  $+59,5$  °C, est subdivisée en 3 domaines (de  $-20$  à  $-1$ , de  $0$  à  $+29$  et de  $30$  à  $+59$  °C), chacun de ces domaines étant identifié par l'allumage de la LED de domaine correspondante (D30, D31 ou D32). Une valeur intermédiaire de  $0,5$  °C est indiquée par un clignotement de la LED de domaine correspondante. Ainsi, pour une température de  $20,5$  °C ce sera la LED du domaine central, D31, celle qui identifie la sous-plage de température allant de  $0$  à  $29$  °C, qui clignotera.

### Conseils de réalisation

Comme les sorties du microcontrôleur ne sont pas en mesure de fournir suffisamment de courant pour les LED à haut rendement, les 12 lignes de port concernées sont épaulées par un circuit de commande (*driver*) de bus du type 74LS244. En raison du taux de multiplexage élevé et de la résistance interne des ports, les résistances de limitation de courant ont une valeur de  $220 \Omega$  seulement. On obtient la luminosité maximale, qui se traduit également par la consommation de courant maximale de  $180$  mA (!) en remplaçant ces résistances-talon par un pont de câblage. Il faudra partant veiller à ce que la source d'énergie alimentant le thermomètre numérique à LED, un adaptateur secteur fournissant une tension de  $\approx 9$  V –même non régulé le cas échéant– soit en mesure de fournir le courant requis.

La réalisation de ce montage ne devrait pas poser de problème dès lors que l'on utilise (le dessin de) la platine représentée en **figure 3**. La partie recevant le capteur peut être séparée de la platine principale à supposer que l'on veuille mesurer une température extérieure par exemple. Le bus I<sup>2</sup>C, de même que les 2 lignes d'alimentation, sera prolongé par un câble dont la longueur ne doit pas dépasser de l'ordre de 3 mètres.

Il faudra, pour garder son aspect semi-professionnel à l'ensemble, utiliser un gabarit de pliage pour les résistances et les ponts de câblage.

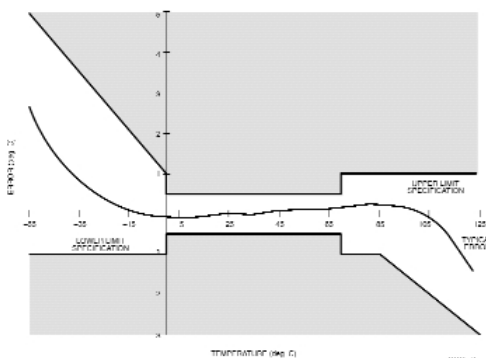
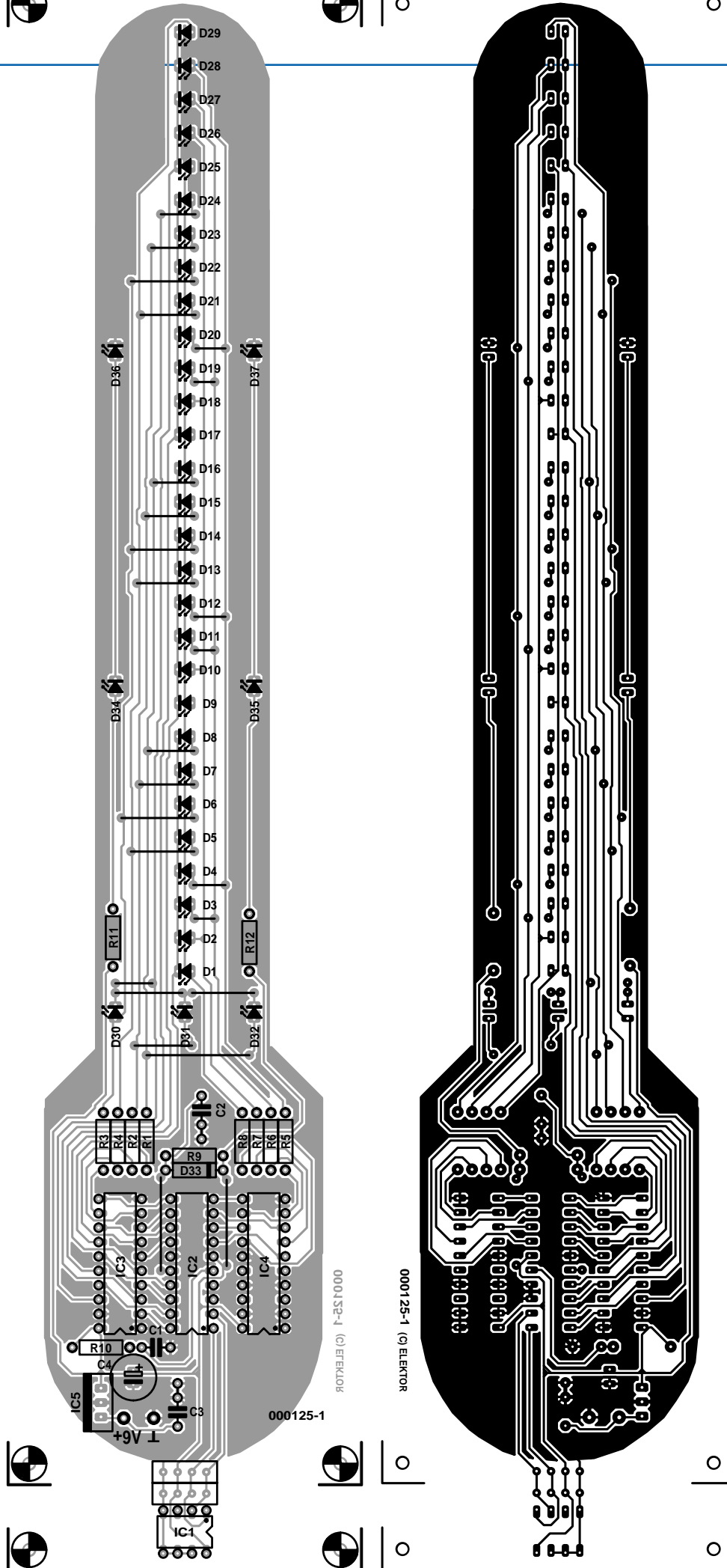


Figure 2. Erreur typique du DS1621.



## Logiciel

Le dessin de platine, les codes-source et hexadécimal sont disponibles au téléchargement sur le site Internet d'Elektor. Il est également possible d'obtenir les codes-source et hexadécimal (sous la forme d'une disquette **EPS000125-11**) et le micro-contrôleur programmé (sous la dénomination **EPS000125-41**), auprès des adresses habituelles.

De même, les LED seront positionnées grâce à une équerre en définissant la haute et l'alignement. Attention lors du montage des LED à ne pas faire d'erreur de polarité, vu qu'il est difficile, vu la fonction de visualisation de température qu'elles remplissent, de découvrir une erreur de polarisation malencontreuse de l'une des LED.

(000125)

## Liste des composants

### Résistances :

R1 à R8, R11, R12 = 220  $\Omega$   
 R9 = 100 k $\Omega$   
 R10 = 2k $\Omega$ 7

### Condensateurs :

C1 = 82 pF  
 C2, C3 = 100 nF  
 C4 = 100  $\mu$ F/16 V vertical

### Semi-conducteurs :

D1 à D29 = LED à haut rendement rouge  
 D1 à D29 = LED à haut rendement jaune  
 D33 = 1N4148  
 IC1 = DS1621 Dallas (Farnell 760-704)  
 IC2 = COP8782-CN (programmé **EPS000125-41**)  
 IC3, IC4 = 74HCT244  
 IC5 = 7805

### Divers :

PC1, PC2 = picot

Figure 3. La platine au format « Tour du Rhin » (réalisation que connaissent nos lecteurs fidèles).



## **Thermomètre numérique à LED**

Je me suis lancé dans la réalisation du thermomètre numérique à LED décrit dans le numéro d'avril 2001 d'Elektor et j'ai découvert une erreur dans la liste des composants. Chez Farnell ils ne connaissent pas le code 760-704. Le code correct pour le DS1621 est 670-704. Une petite inversion aux conséquences importantes.

**Rik Deketelaere**

Merci de cette correction que nous rendons publique.