



horloge « Tour du Rhin »

un affichage de l'heure alternatif

Le modèle de cette horloge à LED pilotée par DCF spéciale est la fameuse horloge de la « Rheinturm » (Tour du Rhin) sise, comme le laisse supposer son nom, sur l'une des rives du Rhin à Dusseldorf en RFA. Cette horloge donne l'heure sous la forme d'une colonne de luminaires verticale. La reproduction électronique (miniature) de cette tour de plus de 200 m nécessite 48 LED de couleurs diverses. La platine de l'horloge est pilotée par un microcontrôleur de l'écurie Atmel et le signal d'horloge, c'est le cas de le dire, est fourni par un module DCF au prix très abordable.



Si vous n'avez jamais entendu parler de la vraie « Tour du Rhin » de Dusseldorf, que vous êtes intrigué par le sujet et que vous disposez d'un accès à Internet, vous pouvez faire un « tour » sur le site <http://www.duesseldorf.de> pour y trouver non seulement des photographies de cet émetteur/restaurant panoramique en béton de 234 m de haut mais aussi une version économiseur d'écran actif donnant l'heure. Le bureau du tourisme de cette grande ville au bord du Rhin nous a fourni une photographie (figure 1) à l'intention de tous ceux d'entre vous qui ne disposeraient pas d'un PC et de son modem.

39 des 62 fenêtres réparties sur la longueur de la tour constituent l'horloge numérique la plus haute et aussi la plus longue. De haut en bas, ces 39 fenêtres illuminées indiquent successivement les dizaines d'heures, les unités d'heures, les dizaines de minutes, les unités de minute, les dizaines de seconde et les unités de seconde (cf. figure 2).

L'observateur peut ainsi, en presque n'importe quel point du boulevard de la « Rheinpromenade » lire l'heure à la seconde près.

L'ÉLECTRONIQUE

Dans le modèle électronique de notre



Figure 1. La « plus grande horloge numérique du monde » sous la forme d'oeils de boeuf illuminés de la Tour du Rhin à Dusseldorf a servi de modèle à notre horloge-tour.

auteur, **figure 3**, les LED jaunes D2 à D40 servent à donner l'heure, les LED vertes D46 à D48 représentent l'éclairage du restaurant, les LED rouges D41 à D45 constituent l'éclairage de sécurité anti-collision (pour les avions bien entendu), en raison de la proximité d'un grand aéroport.

La disposition des LED sur la platine, cf. **figure 4**, correspond à la disposition schématique de la figure 2, de sorte que l'on peut aisément se faire une idée de l'aspect d'une tour à échelle réduite. Rien n'exige cependant de réaliser un modèle réduit de cette tour, on pourrait fort bien s'imaginer de construire son horloge à l'intérieur d'un tube de plexiglass. Toute personne en visite e manquera pas de demander ce qu'elle représente.

L'utilisation d'un microcontrôleur d'Atmel a permis de conserver à cette réalisation des dimensions (relativement) compactes. On n'a besoin, outre du microcontrôleur et du régulateur, que d'un seul circuit intégré additionnel, à savoir un pilote d'affichage du type 7218A (d'Intersil, Harris ou Plessey). Il s'agit d'un composant extrêmement pratique intégrant tout ce qui est nécessaire pour, depuis un microcontrôleur ou un microprocesseur, piloter un affi-

chage à LED en mode multiplexé. Nous lui consacrerons, dans le prochain numéro, une info-carte. Le ICM7218A est relié au microcontrôleur par le biais de 2 lignes de commande, WRITE\ et Mode, chargées de véhiculer, selon le cas, soit une information de commande de 4 bits soit un mot de donnée de 8 bits (1 octet) pour sa visualisation par l'affichage. Les mots de données successifs sont écrits automatiquement, à chaque flanc montant de l'impulsion WRITE\, dans une mémoire interne de 8 octets. La visualisation de ces données peut se faire soit directement soit après décodage du format hexadécimal ou binaire vers un code 7 segments. Dans la présente application les décodeurs ne sont bien évidemment pas mis à contribution. Les différentes LED de l'horloge peuvent être attaquées depuis le microcontrôleur directement par le biais des 8 pilotes de segment.

Normalement, les sorties du ICM7218A peuvent attaquer, en mode multiplexé, jusqu'à 8 afficheurs 7 segments à anode commune. On pourrait envisager, vu que

toutes les lignes de segment et de chiffre (digit) sont tirées jusqu'à l'embase K1, à condition bien entendu de modifier le programme présent dans le processeur d'Atmel, de piloter un affichage à 7 segments à LED plutôt

que la présente horloge, mais cela enlèverait toute sa singularité à notre horloge DCF.

Dans l'application horloge-tour, K1 est relié, par le biais d'un morceau de câble en nappe, à son homologue K2 présent lui sur la platine d'affichage. À son niveau aussi, nous avons utilisé, pour la commande des LED, toutes les lignes de segment et de chiffre. Sur le schéma, de la gauche vers la droite, les groupes de LED – à anodes intercon-

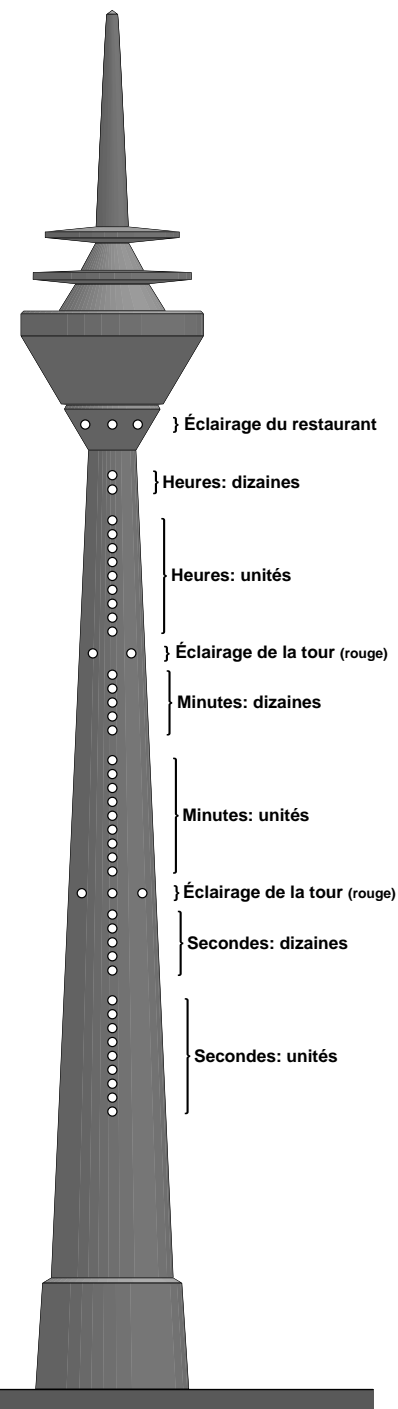


Figure 2. La disposition des LED sur la platine d'affichage correspond, si l'on respecte ce schéma, avec celle de la vraie Tour du Rhin.

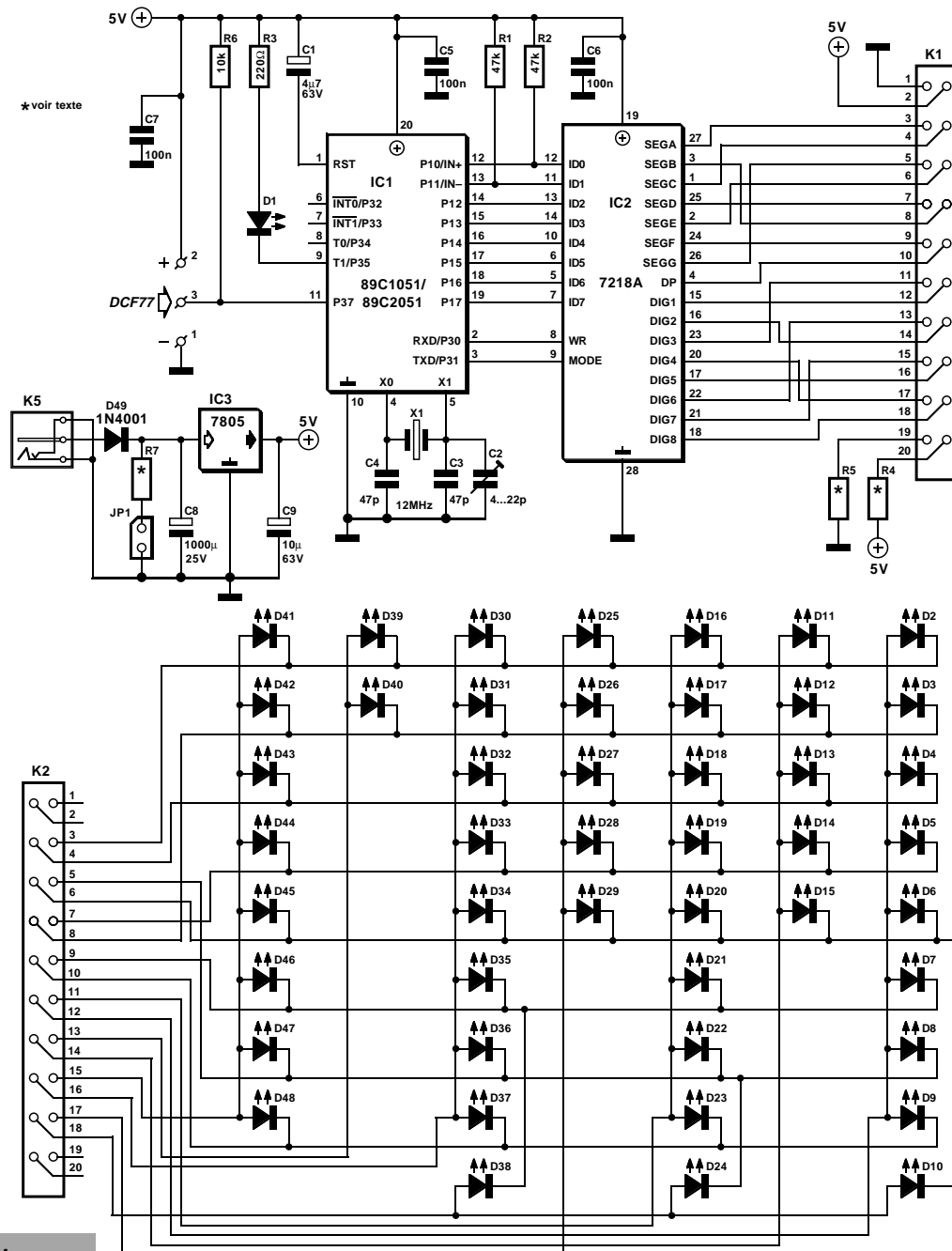


Figure 3. L'électronique de notre horloge-tour. Quelques C.I. et une bonne poignée de LED. On connecte, à l'entrée DCF-77, un module DCF peu coûteux.

980035 - 12

chage suivantes :

D41 à D48 (feux anti-collision et éclairage du restaurant) = chiffre 7,

D39 et D40 (dizaines d'heures) = chiffre 6,

D30 à D37 (unités d'heures) = chiffre 5,

D25 à D29 (dizaines de minutes) = chiffre 4

D16 à D23 (unités de minutes) = chiffre 3

D11 à D15 (dizaines de secondes) = chiffre 2

D2 à D9 (unités de secondes) = chiffre 1.

Les lignes de segment horizontales vont, de haut en bas, vers les points A, B, C, D, E, F, G et DP, soit un total de 8 lignes. On pourrait penser, vu qu'il y a 9 LED représentant les unités, qu'il manque une ligne de segment. Ceci explique que l'on ait prévu, pour les

nectées— sont reliées aux lignes de chiffres du circuit de commande d'affi-

3 LED inférieures (D10, D24 et D38), une mesure spécifique. Leurs anodes sont toutes reliées à la ligne du chiffre 8 (broche 18 de K1, K2 et IC2). Du côté de la platine de l'affichage on retrouve la même succession, mais dans l'ordre inverse, ces 3 LED prenant la position du haut de leur colonne respective. Le pilotage des LED D41 à D48 dont les anodes sont reliées à la ligne du chiffre 7, est tel que les LED rouges D41 à D45 (feux anti-collision) clignotent au rythme des secondes et que les LED vertes D46 à D48 (éclairage du restaurant) restent allumées en permanence. Les résistances R4 et R5 peuvent, par exemple, servir de résistance-talon pour les LED au cas où l'on connecterait à K1 un autre type d'affichage (à LED) ou à montage expérimental; c'est à cet effet d'ailleurs que la broche 1 de K1 se trouve à la masse et que sa

broche 2 véhicule le + 5 V. De même, R7 est prévue pour une éventuelle application expérimentale : on pourrait envisager de l'utiliser en tant que résistance-talon pour une LED (se substituant à JP1) destinée à visualiser la présence de la tension d'alimentation. Si l'on utilise ce montage pour l'application prévue, horloge-tour, il n'est pas nécessaire de mettre ces 3 résistances en place.

Si, exception faite du condensateur C6 servant au découplage, le pilote d'affichage ne nécessite pas de composant additionnel, il en va, quelque peu différemment dans le cas du microcontrôleur. C5 sert lui aussi au découplage de la tension d'alimentation, comme d'ailleurs C7 du module DCF. C1 sert, à l'entrée de RAZ (Reset), à l'initialisation à la mise sous tension (POR = Power On Reset), la résistance prise en

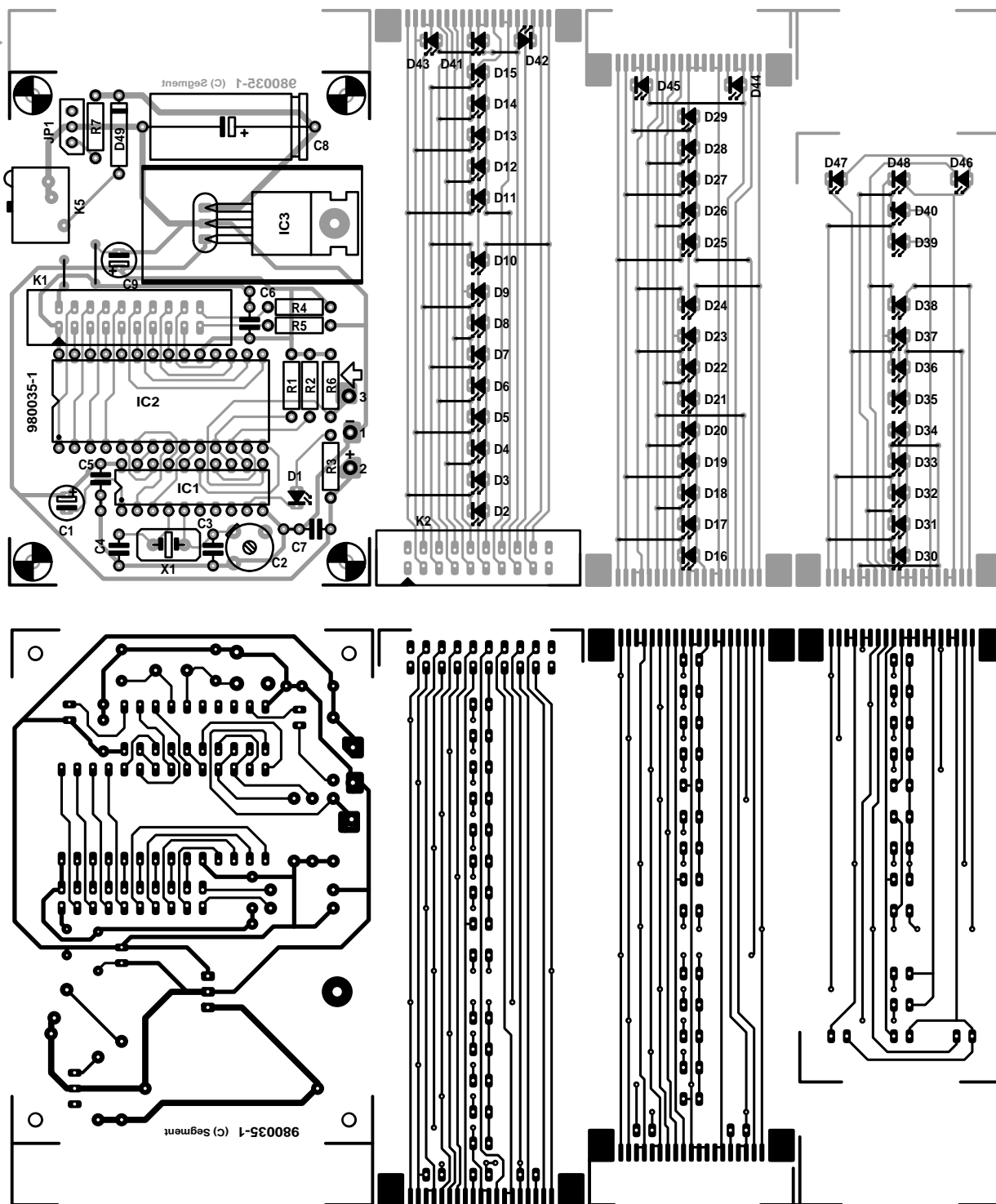


Figure 4. Nous sommes arrivés à faire une version simple face pour la platine du contrôleur et celle de l'affichage. Cette dernière se subdivise en 3 parties qu'il faudra séparer l'une de l'autre avant de les réaligner.

Liste des composants

Résistances :

R1,R2 = 47 kΩ
R3 = 220 Ω
R4,R5,R7 = cf. texte
R6 = 10 kΩ

Condensateurs :

C1 = 4μF/63 V vertical
C2 = condensateur ajustable 4 à 22 pF
C3,C4 = 47 pF
C5 à C7 = 100 nF
C8 = 1 000 μF/25 V
C9 = 10 μF/63 V vertical

Semi-conducteurs :

D1, D46 à D48 = LED à haut rendement verte
D2 à D40 = LED à haut rendement jaune
D41 à D45 = LED à haut rendement rouge
D49 = 1N4001
IC1 = 89C1051 ou 89C2051 programmé (EPS 986505)
IC2 = 7218A (Intersil, Harris, Plessey)
IC3 = 7805

Divers :

PC1 à PC3 = picot
X1 = quartz 12 MHz

JP1 = cavalier

K1,K2 = embase HE-10 encartable droite à 2 rangées de 10 contacts
K5 = embase jack d'alimentation morceau de câble en nappe à 20 conducteurs doté à ses extrémités d'un connecteur HE-10 à 2 rangées de 10 contacts
radiateur pour IC3 (ICK35SA de Fischer par exemple)
module DCF (tel que, par exemple, BN641138 Conrad RFA)

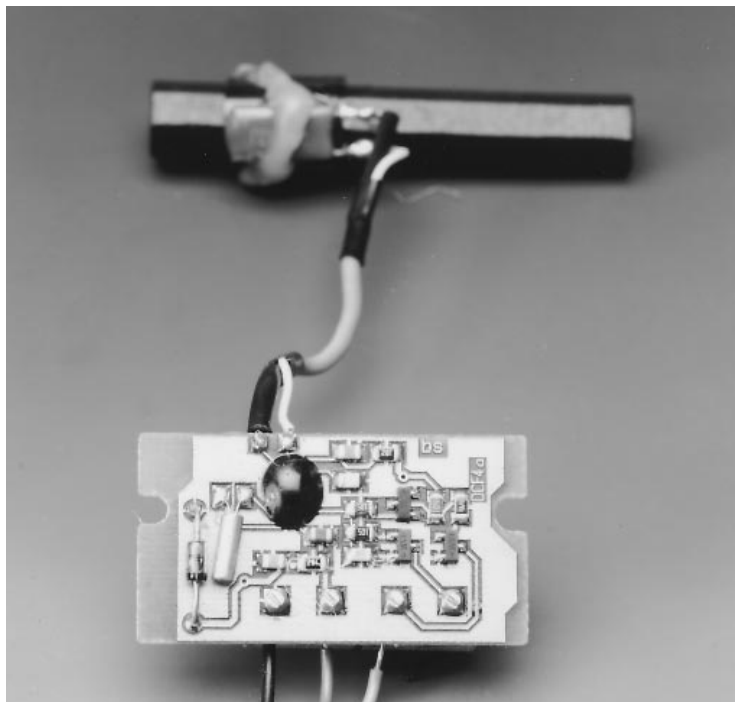


Figure 5. La majorité des composants du module DCF sont des CMS; il est connecté à la platine du microcontrôleur à l'aide d'une liaison trifilaire.

série avec le condensateur peut, en cas d'utilisation d'un contrôleur Atmel, être supprimée. La LED D1 prise à l'entrée (broche 9) du contrôleur s'allume à chaque réception d'une impulsion DCF et constitue ainsi une aide précieuse lors de l'orientation de la petite antenne-barreau du module DCF. L'impulsion émise par le module est appliquée, pour décodage (cf. l'encadré à ce sujet), à la broche 11 (P37) du contrôleur.

La platine du contrôleur comporte 3 picots destinés à la connexion du module DCF : Masse (1), +5 V (2) et signal impulsif DCF (3). La résis-

tance R6, faisant office de résistance de forçage au niveau haut (*pull up*), est indispensable pour la sortie à collecteur ouvert du module DCF. La précision de l'oscillateur interne du contrôleur Atmel piloté par un quartz externe de 12 MHz est suffisante pour que l'horloge fonctionne sans dérive notable en cas de non-réception du signal DCF. On pourra, si l'on tient à la précision maximale même en l'absence de signal DCF, ajuster l'oscillateur à la fréquence prévue en jouant sur le condensateur ajustable C2. On notera qu'il n'est pas possible d'utiliser cette horloge-tour sans réception DCF vu

qu'il faut disposer de ce signal pour la première mise à l'heure de l'horloge sachant qu'il n'est pas prévu d'autre possibilité.

Un mot, pour finir, au sujet de l'alimentation. On enfiche, dans l'embase jack alimentation K5 le jack d'un adaptateur secteur fournissant entre 9 et 12 V à un courant de l'ordre de 150 mA. La platine du contrôleur ne consomme, module DCF compris, que 18 mA, la platine d'affichage ayant, elle, besoin de quelque 120 mA pour l'alimentation des LED. Lorsque le nombre maximal de LED est allumé (23:59:59) la consommation de courant totale est inférieure à 150 mA.

RÉALISATION ET MODE D'EMPLOI

Les 2 platines représentées recto-verso en figure 4 sont des simple face et, par tant, l'implantation des composants est facile. La platine du microcontrôleur comporte 2 ponts de câblage qu'il ne faudra pas oublier d'implanter. La platine de l'affichage, subdivisée en 3 parties, se caractérise elle par le nombre important de ponts de câblage. Il faudra séparer les platines les unes des autres à la scie.

Le soudage sur cette platine demande un certain soin en raison du faible écart entre les pistes. Il restera à faire attention à la polarité des diodes –qu'elles soient électroluminescentes ou non– et des condensateurs électrochimiques. L'une des extrémités des platines de l'affichage, voire les 2 dans le cas de la platine du milieu, comportent des îlots de soudure plus épais. Les 2 gros îlots à gauche et à droite de ces platines servent également à leur interconnexion. Ils n'ont pas de fonction électrique. Il suffit de poser les platines sur une surface plane pour en effectuer l'intercon-

une horloge DCF avec 829 octets

Le programme de l'horloge DCF décrite ici ne comporte que 829 octets de code-machine. Le logiciel est non seulement très compact mais encore relativement simple et se subdivise en 2 blocs. Le premier consiste à la prise en compte, par le biais du port P3.7, des données sérielles en provenance du module DCF et leur stockage dans des registres. La **figure 7** nous donne la structure du code émis, sur 77,5 kHz, par l'émetteur DCF-77 –de Mainflingen dans les environs de Frankfurt (RFA). Le code comporte 35 bits pour l'information d'heure et de date auxquels s'ajoutent 10 bits additionnels utilisables à d'autres fins. L'émetteur émet ces bits au rythme de la seconde (exception faite de la solution la 59^{ème} seconde) sous la forme de bursts de fréquence porteuse longs soit de 100 ms (logique 0) ou de 200 ms (logique 1). Le flanc montant de l'impulsion indique très précisément le début de chaque seconde. Pour que le décodeur puisse reconnaître le début d'un code (début de cycle) il n'est émis ni 0 ni 1 au cours de la 59^{ème} seconde. Dès que l'on a, 2 minutes

durant, réception d'un code valide, l'information reçue est utilisée pour la mise à l'heure.

Le microcontrôleur peut donner l'heure même en l'absence de signal DCF sériel à l'entrée. Après une RAZ, les registres de stockage des heures, minutes et secondes sont remis à zéro. Simultanément, le timer 0 est mis en mode Auto-reload sur 8 bits de sorte que, toutes les 250 μ s, il produit une interruption. À chaque interruption, on a mémorisation du contenu des accus et du mot d'état de programme (PSW = Program Status Word). Cette routine réactualise 2 registres, dont le premier compte de 0 à 100 et l'autre jusqu'à 40 (40 x 25 ms = 1 s). L'impulsion de seconde ainsi générée sert à l'incréméntation des registres, ce qui nous donne la fonction d'horloge requise. En présence d'une information DCF valide on a synchronisation du contenu des registres d'heure et de minute. La présentation de l'information sur l'affichage exige un traitement additionnel. On commence par couper un octet en 2 chiffres puis conversion du code hexadécimal en une position. Le code hexadécimal 0111 représente un 7 et se traduit par l'allumage de la 7^{ème} LED. Cette conversion se fait par comparaison avec les chiffres 0 à 9 d'une matrice. Une fois déterminée le code de position, celui-ci est ajouté au code d'affichage à l'aide d'une instruction Immediate.

nexion à l'aide de gouttes de soudure. Les îlots carrés pourront, eux, être dotés de queues de résistances pour une meilleure résistance mécanique. On pourrait envisager l'utilisation de barrettes de plastique servant à tenir ensemble plusieurs pages A4.

Les photos des figures 5 et 6 explicitent le brochage du module DCF. Si l'on regarde les 4 borniers de fixation d'en haut, on a, de la gauche vers la droite : la sortie DCF (inversée), la sortie DCF (non inversée), la tension d'alimentation (de 1,5 à 12 V) et pour finir, la masse. La figure 5 montre le côté du module comportant les composants CMS; les interconnexions vers la platine du contrôleur sont ici, de la gauche vers la droite, la masse, le +5 V et la sortie DCF (non inversée). Il faudra, si l'interconnexion prend de la longueur, utiliser un câble trifilaire blindé. Les 2 sorties du module prennent la forme de connexion de collecteur (ouvert) de transistors NPN capables de supporter 30 V au maximum et pouvant drainer un courant de 1 mA vers la masse.

On prendra le temps, avant la première mise sous tension, de regarder sa réalisation d'un oeil critique. On connectera l'alimentation, avant d'avoir mis en place IC1 et IC2 pour s'assurer de la présence de la tension d'alimentation. On devrait trouver à la sortie de IC3 (broche reliée à C9) et sur les broches 20 (des supports) de IC1 et 19 de IC2, ainsi que sur la broche 2 de K1, une tension de 5 V ($\pm 5\%$).

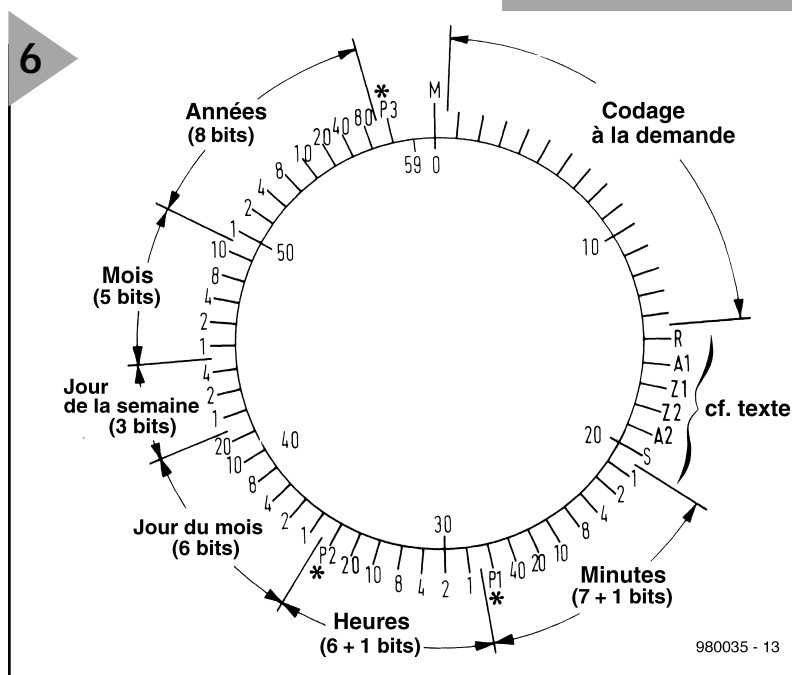
Après avoir débranché l'alimentation on pourra mettre en place les 2 circuits intégrés et connecter à la platine centrale le module DCF et la platine de l'affichage. Dès l'application de la tension d'alimentation on devrait voir les LED du restaurant s'allumer et cligno-

ter au rythme de la seconde les LED anti-collision. Au même instant, l'horloge affiche 00:00:00. Pour que l'horloge puisse se mettre d'elle-même à l'heure il faut qu'elle reçoive un signal DCF correct pendant 2 minutes au minimum. Cette réception est visualisée par un clignotement régulier de la LED D1 (à la réception de chaque impulsion DCF). La réception peut être, en raison du multiplexage, légèrement perturbée à proximité immédiate du contrôleur et de la platine d'affichage (cq du câble en nappe). On commencera donc, pour se donner le maximum de chances, par disposer le module DCF à une distance suffisante. On peut également envisager d'allonger la liaison blindée entre l'antenne ferrite et le module DCF et positionner le bâtonnet ferrite à distance « respectueuse » hors du champ de perturbation. Les récepteurs DCF ont souvent des problèmes de réception à proximité d'un téléviseur (allumé) lorsqu'ils se trouvent à moins de 1 m de celui-ci.

Si D1 signale de bonnes conditions de réception, on devrait, au bout de quelque 2 mn, voir s'afficher l'heure exacte sur l'horloge. Toute impulsion DCF manquante au cours de ces 2 mn relance le processus de synchronisation de 2 mn. Une fois que l'horloge est à l'heure, elle le restera relativement précisément grâce au quartz (jouer sur C2 au cas où cette précision laisserait à désirer). Il suffit maintenant d'une unique synchronisation journalière sur le signal DCF pour que la dérive de l'heure soit totalement annulée.

980035-I

Figure 6. Structure du mot de donnée à 35 bits émis par l'émetteur DCF-77.



980035 - 13