

fréquencemètre 1,2 GHz & générateur de signaux carrés d'Elektor (1992/93)

Il a franchi le mur du gigahertz

Jan Buiting (Elektor - Retronics)

Le projet intitulé *High Frequency Counter* (compteur HF) date de septembre 1992 et début 1993, réparti sur trois articles du magazine Elektor. Son caractère pro lui vient de l'attention portée à l'élaboration du boîtier et au style de sa face avant, à la place donnée au logiciel, à la facilité de tester l'appareil. Il a été disponible un temps sous forme de kit, accompagné d'un vrai livre comme manuel.



Pour ma rubrique *Rétronique*, je ne choisis pas les articles au hasard dans les vastes archives d'Elektor – elles remontent à 1974 pour le magazine en anglais. Comme d'autres instruments déjà décrits dans cette rubrique, cet appareil-ci a survécu à la

frénésie de destruction du matériel ancien, en particulier les prototypes du labo, qui avait frappé Elektor durant l'été 2006 : on avait alors fait venir une grande benne sous les fenêtres de notre labo pour y jeter « toutes ces vieilleries ». J'avais pu

sauver *in extremis* quelques chefs-d'œuvre qui n'auraient pas survécu à un vol plané de 3 m par la fenêtre suivi d'un *crash* dans la benne où ils étaient censés finir leur existence.

Pas perdu dans la traduction

La différence entre le titre provisoire du projet et celui de l'article *1.2 GHz Multifunction Frequency Meter* du magazine est révélatrice de la ténacité des quatre groupes linguistiques qui y coopèrent. Ces collaborateurs rivalisent d'inventivité pour donner à chacune des éditions nationales du magazine un caractère aussi familier que possible. Ils distillent chacun dans sa propre langue l'apport initial du personnel du labo, en ce temps-là principalement néerlandais et allemand. La contribution de ces rédacteurs dépassait largement le cadre de la traduction littérale.

L'auteur allemand du projet, Bernard C. Zschocke, avait soumis son projet initial sous le nom de *Hochfrequenz-Zähler*. Ce qui a donné en anglais le nom de *High Frequency Counter* sur la face de l'instrument. À vrai dire, c'est une dénomination douteuse.

Elle ne dit pas ce qui est *compté*, ni jusqu'où montait la fréquence.

Dans sa version anglaise, le titre de l'article est devenu *1.2 GHz Multifunction Frequency Meter*.

Je me souviens d'avoir à l'époque contesté, en vain hélas, le vocable *compteur de fréquence* qui est un pataquès fréquent. On ne peut pas *compter* la fréquence, seulement les flancs, les impulsions par unité de temps, par seconde.... Rien n'y fit, le nom *Frequency Counter* a perduré, en capitales sur la face avant de l'instrument. Le titre français était cohérent : *fréquence-mètre 1,2 GHz & générateur de signaux carrés, compteur universel + générateur piloté par µC*. L'appareil comportait en effet aussi une fonction de comptage.

Avec ses quatre consonnes, le nom de l'auteur, difficile à prononcer, a aussi été massacré par écrit à plusieurs reprises. Les anciens racontent encore que pour l'édition allemande d'Elektor, l'auteur avait demandé le pseudo *Urban*, qu'un rédacteur facétieux a transformé en *U-bahn*, ce qui signifie *métro* !

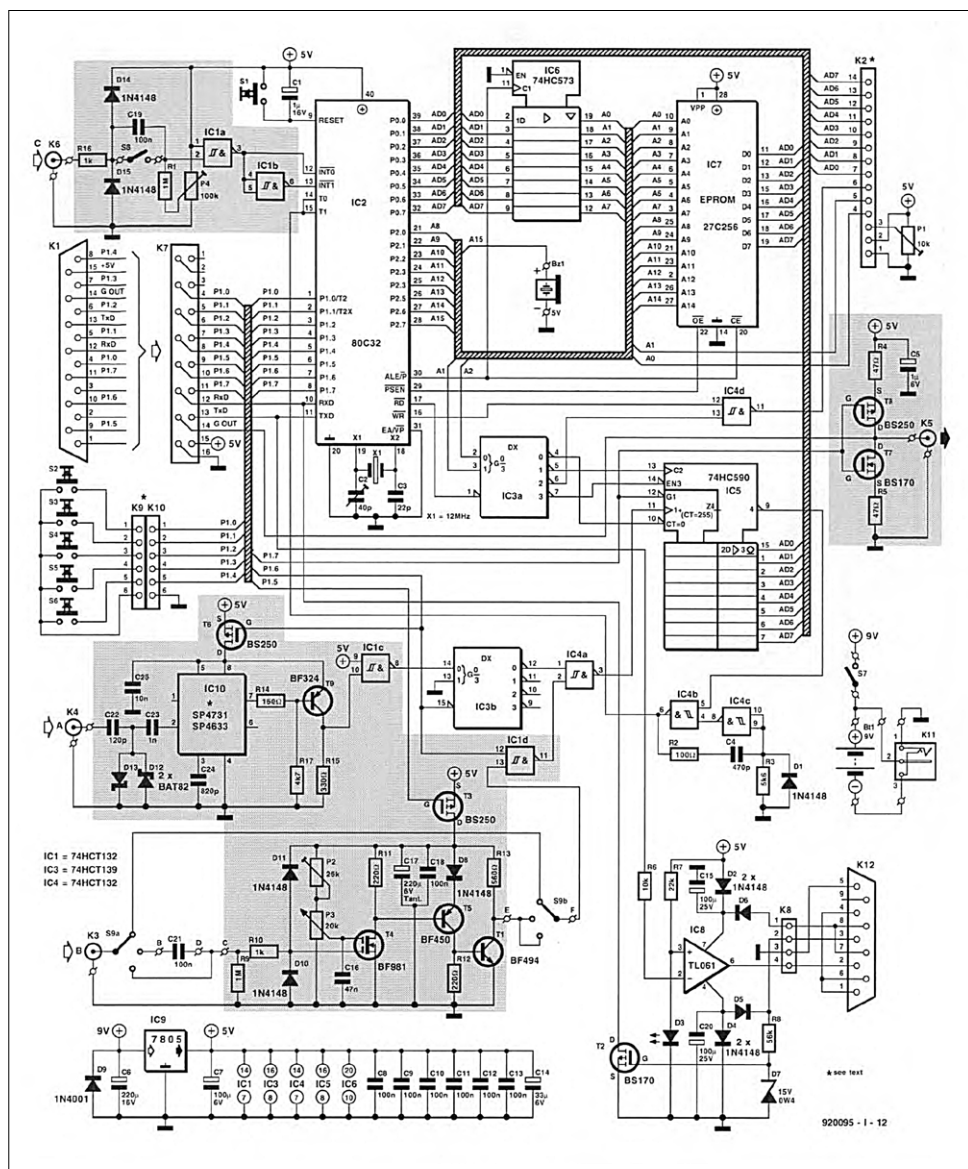
Retour en 1993

En 1993, chaque projet devait suivre le même parcours qu'aujourd'hui jusqu'à sa publication. Les auteurs envoyaient leurs projets par la poste et attendaient le verdict de la rédaction, rendu par courrier ou par téléphone. Après un accord de publication, le projet était présenté au labo d'Elektor, chargé de rendre la réalisation reproductible par des

amateurs, éventuellement sous forme de kit, de concevoir un circuit imprimé et, le cas échéant, de proposer une EPROM avec le logiciel. Pour le fréquence-mètre de 1992/1993, le processus a duré environ 1 an. Pourtant, le matériau original de B. Zschocke était bon, il ne nécessitait que des retouches au labo.

Ce projet était, je cite, « un digne successeur de notre célèbre fréquence-mètre piloté par µP de 1985, dont des milliers sont utilisés dans le monde entier ». (Si vous en avez un de ceux-là, faites-le-moi savoir !). Ce projet de 1985 était un nid de puces TTL à 250 MHz, énergivores par rapport à la version sobre de 1992, basée sur un µC 80C32, un prédiviseur U664, un LCD et une alimentation sur pile. La différence était considérable, justifiée et reflétait bien ce qu'un amateur pouvait construire en 1993. Et franchir ainsi la barrière magique du 1 GHz !

Il est frappant de constater que dans la description du projet de 1992, il n'est pas question de comparaison avec d'autres instruments pros disponibles alors (HP et Tektronix). Sagesse ou modestie ? Le projet affichait pourtant des caractéristiques impressionnantes (cf l'encadré *Spécifications*).



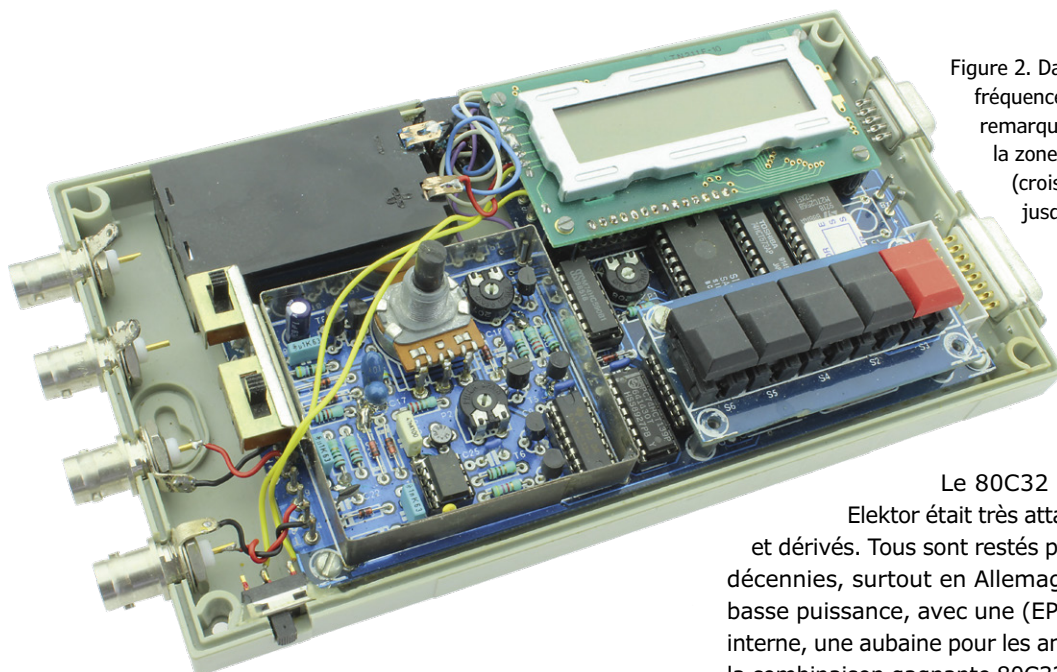


Figure 2. Dans le boîtier ouvert du fréquencesmètre multifonction de 1,2 GHz, remarquez le blindage métallique autour de la zone du prédiviseur où l'on peut trouver (croisons les doigts) des fréquences jusqu'à 1,2 GHz.

C'est ça une « vieillerie » ?

En regardant le schéma (fig. 1) – désolé, on n'a plus les originaux – pourrait-on imaginer en faire une version moderne du fréquencesmètre avec des composants de 2020 ? Essayons, juste pour voir :

- 80C32, EPROM, IC5, IC3 (section μC) → Arduino, ESP32
- K12, IC6, T2 et entourage (pseudo RS-232) → port USB
- 7805 (alim) → quelques régulateurs LDO récents
- alim 9 V → alim 6 V
- LCD → OLED
- BAT82 et HP28xx → diodes à ultra basse capacité

Spécifications principales

Modes de mesure :

- Fréquencesmètre : 1 mHz à 1,2 GHz
- Période : (1/fréquence) : 1 ps à 4 000 s
- Compteur de révolutions : 0,001 à 4×10^6 tours/min
- Compteur d'événements (impulsions) : 1 à environ 4×10^9
- Zéro du compteur : 1 à 4×10^9

Mode générateur :

- Temporisateur : 1 μs à 4 000 s
- Générateur d'impulsions : 8 500 s (0,117 mHz) à 4 μs (250 kHz)
- Rapport cyclique : 1:1 à $1:4 \times 10^9$
- Nombre de périodes : 1 à 4×10^9

Paramètres définis par l'utilisateur :

- Mesure unique/continue
- Durée de porte flottante
- Affichage des résultats intermédiaires des mesures
- Analyse de période (mesure précise en basse fréquence à de courtes périodes de porte)
- Niveau de repos
- Polarité des impulsions
- Réglage marche/arrêt du résonateur

Le 80C32 était une merveille à l'époque.

Elektor était très attaché aux séries 8051/8052 d'Intel et dérivés. Tous sont restés populaires pendant au moins deux décennies, surtout en Allemagne. Le C32 était un μC CMOS à basse puissance, avec une (EP)ROM externe et un peu de RAM interne, une aubaine pour les amateurs. Elektor a su tirer parti de la combinaison gagnante 80C32 + 27C128/256/512, en fournissant les mémoires mortes programmées (EPS).

Pour la puce du diviseur de GHz en amont, l'article proposait des alternatives, notamment les SP4731 et SP4732 de Plessey, le SDA4212 de Siemens, le U664B de Telefunken et le SAB6456 de Philips. À l'exception du SP4732, tous avaient tendance à osciller, et, dans ce cas, l'affichage divaguait, surtout en présence de signaux d'entrée trop faibles. On était aux limites des puces de l'époque. En y repensant, j'avais oublié ces imperfections de mon compteur de 600 MHz fait maison avec un diviseur 11C90, je les considérais comme un signe de grande sensibilité, à la manière d'un récepteur reflex au bord de l'accrochage. En amont du prédiviseur, ce modèle était équipé d'un préampli à large bande de 15 dB, lequel manque, à mon avis, au fréquencesmètre 1,2 GHz d'Elektor.

L'affaire du boîtier

Le labo s'est donné bien du mal pour obtenir le look professionnel du boîtier avec sa face avant tricolore. La photo du boîtier ouvert (fig. 2) montre que les cartes imprimées s'adaptent parfaitement au boîtier Vero (en deux nuances de gris). Une page entière de l'article est consacrée au gabarit de perçage.

On aperçoit :

- la carte principale (avec découpe pour le coupleur de pile PP3/6LR61)
- le clavier de commande (à poussoirs *Digitast*)
- le LCD (Philips LTN211-F10, remplacée plus tard par Sharp LM16A21 et Hitachi LM016L)

Allez donc trouver dans la presse électronique actuelle, dominée par les systèmes embarqués, autant de détails fouillés sur l'assemblage manuel d'un tel projet à partir de composants ! Il fallait blinder entièrement la zone du prédiviseur sur la carte. Sur la figure 2, on voit cette puce insérée dans un support DIL à 8 broches, sans doute pour l'interchangeabilité des composants. Une puce UHF, je me serais plutôt attendu à la voir soudée sur la carte afin de réduire les capacités parasites. La paire torsadée entre la prise BNC et l'entrée A de la carte n'est pas un exemple à suivre non plus. À l'époque, l'équipement du labo, un géné RF HP 8640B, ne permettait probablement pas de dépasser 512 MHz.

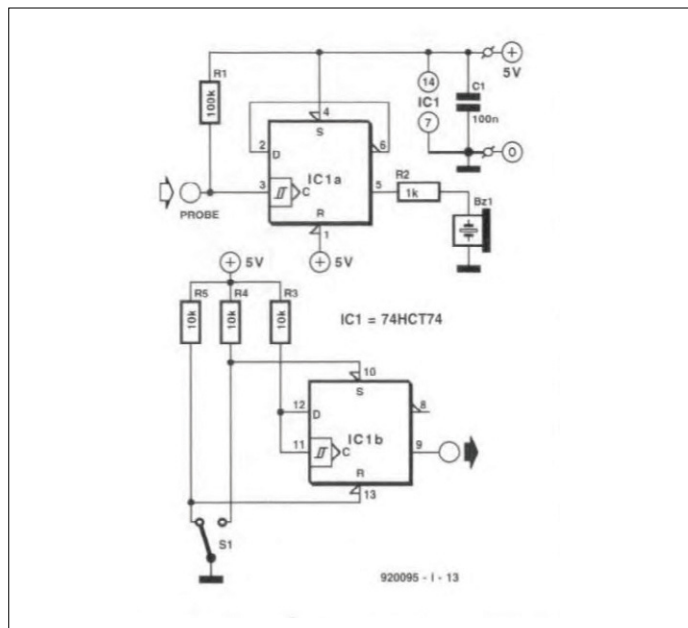


Figure 3. D'accord, on va loin de nos jours en triturant bits et octets avec du logiciel, mais avouez que le matériel ancien est épatant aussi. Ici, une seule puce 74HCT74 sert de générateur de signaux logiques et de sonde logique à sortie audible. Pas mal !

Tester et aligner

La procédure de test de ce projet en construction témoigne des débuts de la technique de logiciel embarqué : le micrologiciel de l'instrument comporte des routines intégrées pour interroger, tester ses propres composants et afficher les résultats. La routine d'autotest globale peut être divisée en trois groupes : LCD, carte mère, E/S en série. À l'époque, ce genre de procédure était novateur.

Si le processeur, l'EPR0M, le LCD, le quartz et le verrou d'adresse fonctionnent bien, on lance le menu de la routine de test en appuyant sur la touche MENU ou ENTER à la mise sous tension, idem pour quitter le menu (BREAK). Les trois tests sont assez complets et doivent sûrement avoir contribué à localiser bien des défaillances dans un circuit si complexe en cours de construction.

Aussi incroyable que cela paraisse aujourd'hui, ce circuit a été réalisé par bien des lecteurs qui ne disposaient pas même d'un oscilloscope. Il devait être facile à tester, ce fréquencemètre. Cependant, comme télécommande et lecture par RS-232 sont optionnelles, il n'était peut-être pas trop grave de devoir se passer d'un PC muni de cette interface.

La simplicité de l'ancien testeur auxiliaire de l'article mérite une mention (fig. 3). Un seul 74HCT74 bistable fait le travail, à la fois comme source d'impulsions et comme sonde numérique audible.

Qu'en est-il de la stabilité de fréquence et de la résolution de l'instrument ? Tout dépend du quartz à 12 MHz. Sur le proto, on a utilisé un quartz bon marché de PC. L'article dit que pour régler l'oscillateur central, le mieux est d'appliquer au fréquencemètre un signal de fréquence connue et de haute précision pour ajuster C2 jusqu'à ce que cette fréquence s'affiche. Avec 28 ans de recul, je trouve qu'on aurait dû cadencer le processeur à 10 MHz, ce qui aurait permis l'usage d'un étalon de fréquence pro, d'un quartz en four thermostatique ou même



Figure 4. L'ensemble du projet vendu par Elektor en Allemagne comprenait un livre et un kit complet. Cette offre groupée n'est apparue qu'en 1995, bien après la publication du fréquencemètre dans le magazine Elektor.

de l'étalon de fréquence de 10 MHz d'Elektor. Aujourd'hui, on prendrait un oscillateur asservi par GPS.

Le grand jeu

Peu après la publication de l'article, le chiffre de ventes de cartes a témoigné du vif intérêt porté par nos lecteurs à ce projet. Quelqu'un prit l'initiative de faire préparer par un revendeur (*Geist Elektronik ?*) des kits qui seraient vendus sous la marque Elektor. Avec un petit livre qui reprenait les articles ! La vente par Elektor de kits basés sur un article de magazine était rare. En ce temps, nous ne proposons que des circuits imprimés nus, laissant à nos annonceurs le soin (et le risque) d'en faire des kits.

Cet ensemble (fig. 4) est introuvable aujourd'hui. Il ne s'en serait vendu qu'une centaine, ce qui est peu comparé aux



Figure 5. Contenu du kit (1995). Pour préserver leur virginité authentique, je n'ai pas ouvert les sachets de composants électroniques.

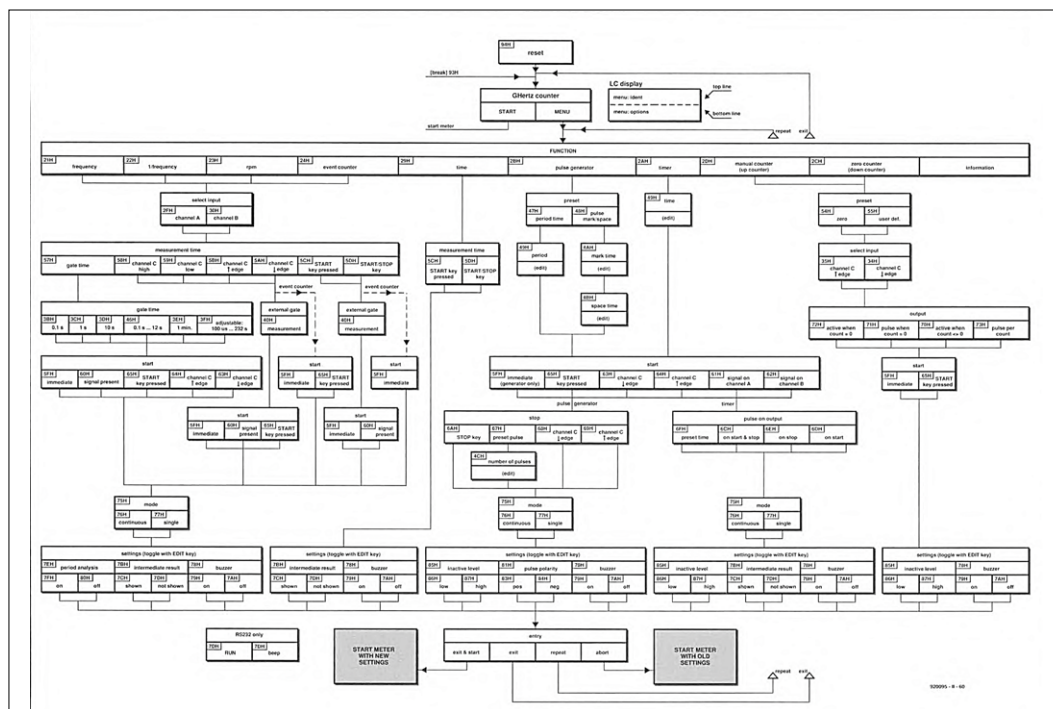


Figure 6. L'original de cet organigramme des menus et des options d'utilisation dessiné par la rédaction en 1993 mesurait 40 x 26 cm. Giga !

2 000 circuits imprimés, EPROM et faces avant écoulés par ailleurs. La boîte blanche contient le kit, avec le boîtier usiné, l'EPROM, l'adhésif pour la face avant et toutes les pièces mécaniques, comme au temps du *Heathkit*. Le contenu sauvé de la benne en 2006 est intact. J'ai été ravi d'y trouver aussi du fil nu rigide et les morceaux de tôle pour confectionner le blindage... Les résistances, les supports, les circuits intégrés, les poussoirs, l'afficheur, les prises BNC, l'EPROM programmée, tout est là, soigneusement emballé dans des pochettes de papier blanc (fig. 5).

Menu s'il vous plaît !

Un rédacteur a passé deux semaines à documenter la structure du logiciel jusque dans les moindres détails, pour aboutir à un organigramme imposant qui donne une image parfaitement claire de toutes les options, du texte affiché et de tous les codes d'erreur imaginables. La modeste reproduction (fig. 6) ne fait pas justice à ce magnifique document de 400 x 260 mm, mis au propre par un graphiste dans le style racé des illustrations d'Elektor, puis imprimé sur papier glacé (!).

Récalcitrant tantale

J'ai essayé de faire fonctionner l'instrument en insérant une

pile neuve de 9 V. Quand j'ai actionné le petit interrupteur à glissière, il ne s'est rien passé. J'ai sondé le câblage d'alimentation au voltmètre et mesuré +3 V derrière l'interrupteur ; apparemment il circulait beaucoup de courant. J'ai suspecté les condensateurs électrolytiques sur les rails d'alimentation, notamment ceux au tantale (C14 et C17). Heureusement que j'avais utilisé une pile, et seulement pendant quelques secondes, et pas une alimentation de table qui aurait grillé d'autres composants. Quelque chose me dit que cet instrument pourrait de nouveau fonctionner et j'ai l'intention de faire un

de ces jours les réparations nécessaires.

Les trois articles sur le

fréquencemètre 1,2 GHz

sont dans les archives en ligne d'Elektor sous forme de fichiers PDF gratuits pour les membres abonnés Green et Gold [1] [2][3]. Ils sont aussi sur le DVD d'Elektor des années 1990. Est-il besoin de préciser que, aussi giga soit-il, nous ne recommandons pas de vous lancer dans la construction de ce projet aujourd'hui, car plusieurs composants ne sont plus disponibles.

(190382-C-02 VF Robert Grignard)

EST^D 2004

Rétronique est une rubrique bimestrielle sur les pages glorieuses et jaunies de l'électronique, avec occasionnellement des montages de légende décrits dans Elektor. Merci de télégraphier à redaction@elektor.fr vos suggestions de sujets à traiter.

Liens

- [1] fréquencemètre 1,2 GHz et générateur de signaux carrés (1), Elektor, sept. 1992 : www.elektormagazine.fr/magazine/elektor-199209/35289/
- [2] fréquencemètre 1,2 GHz et générateur de signaux carrés (2), Elektor, janv. 1993 : www.elektormagazine.fr/magazine/elektor-199301/35344/
- [3] technique alternative de mesure de fréquence, Elektor, février 1993 : www.elektormagazine.fr/magazine/elektor-199302/35352