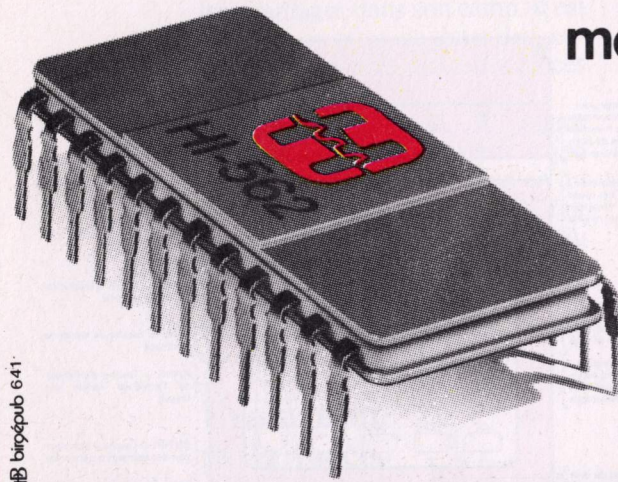


les convertisseurs D/A

monolithiques, très haute vitesse



HI 5608	8 Bits	40 ns
HI 5610	10 Bits	85 ns
HI 5612	12 Bits	150 ns
HI 562	12 Bits	200 ns
Références de tension 10V : HA 1600 · HA 1610		

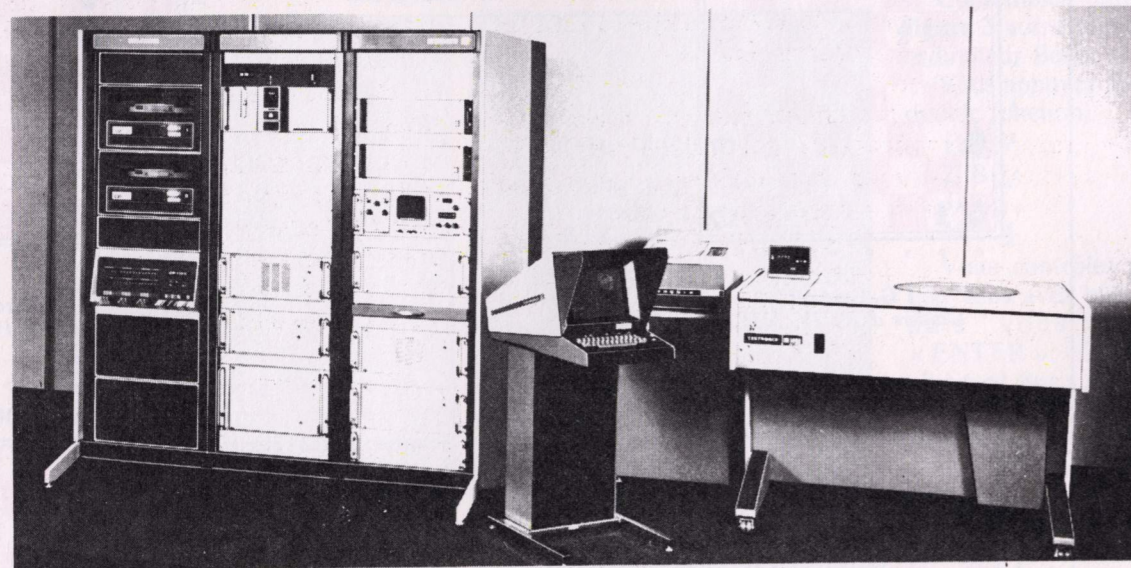
et bientôt le convertisseur A/D 12 bits 8µs

spetelec

Tour EUROPA - Centre Commercial Belle-Épine - EUROPA 111
94532 RUNGIS Cedex - Tél. 686.56.65 - Télex : 250801

Eiff birépub 641

LE CHALLENGER.



3250, 3260, 3270, 3280 : systèmes de test SSI, MSI, LSI, VLSI, etc... (analogique, numérique et hybride)

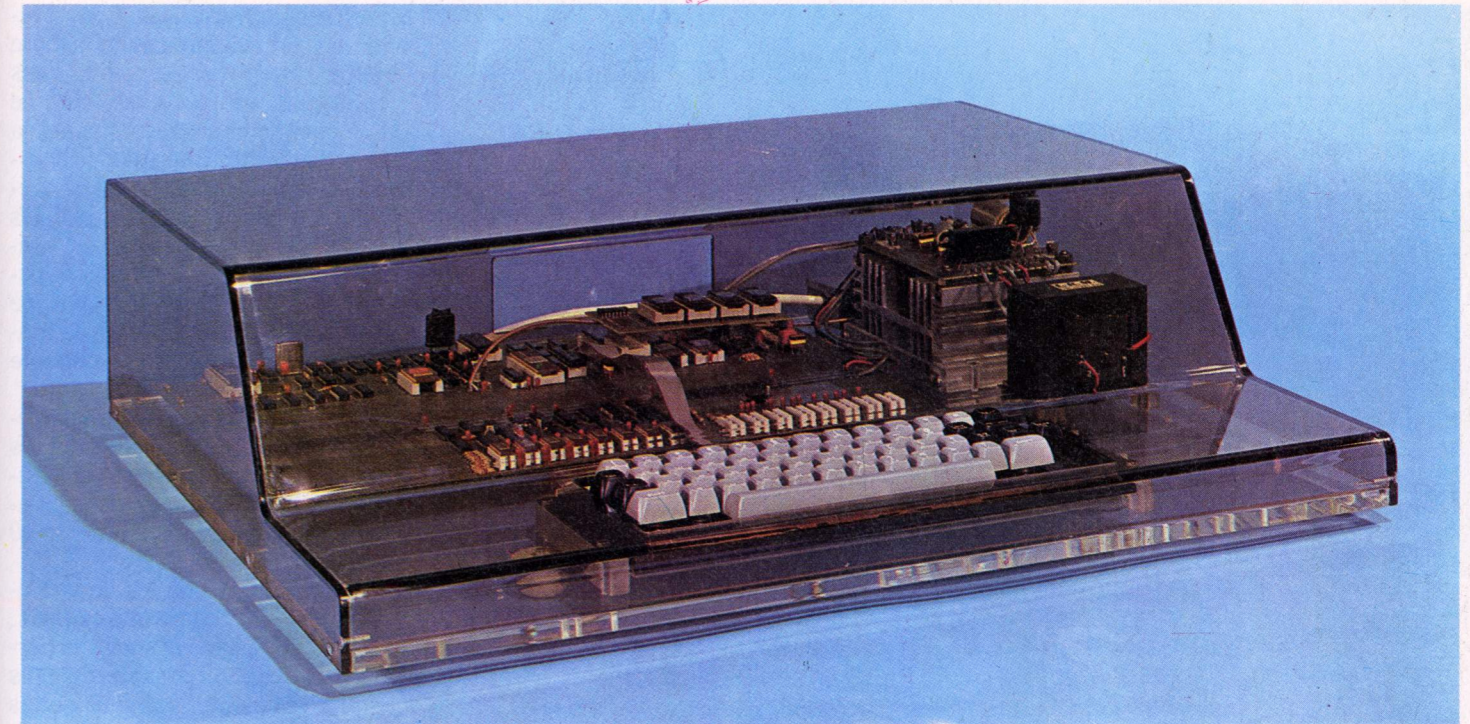
La plupart des testeurs actuels ne sont déjà plus adaptés aux rapidités croissantes des composants. Demain, ils seront complètement dépassés. Dans cette course contre la montre TEKTRONIX lance une gamme complète, et surtout dotée d'une très grande rapidité, supérieure à celle de tous les matériels existants.

Cette gamme, large au niveau des prix, emploie le langage TEKTEST III tm, langage de haut niveau, spécialement adapté à la compréhension des utilisateurs. Prenez une longueur d'avance sur les composants... TEKTRONIX, une gamme, une technologie, ses services.

Tektronix
LA REFERENCE EN MESURE ELECTRONIQUE

Service Promotion des ventes - B.P. 13 - 91401 ORSAY - Tél. 907 78 27
Centres régionaux - Lyon - Tél. (78) 78 40 03 - Rennes - Tél. (99) 51 21 16 - Toulouse - Tél. (61) 40 24 50 - Aix-en-Provence - Tél. (42) 59 24 66 - Strasbourg - Tél. (88) 39 49 35.

Réalisez votre micro-ordinateur « Micro-Systèmes 1 »



« Micro-Systèmes 1 » dans son coffret en plexiglas.

Nous allons poursuivre l'étude de ce micro-ordinateur en décrivant, aujourd'hui, les blocs B4 et B5 du schéma général de fonctionnement*.

Ces blocs correspondent respectivement à l'interface minicassette et aux circuits de visualisation sur écran de télévision domestique.

L'interface minicassette permet de sauvegarder les programmes ainsi que des données (avec certaines précautions quant à leur stockage) sur un magnétophone audio ordinaire, à minicassette en particulier. Nous abordons en

même temps le premier canal d'entrée/sortie du système, caractérisé par les symboles # 3, # 4, # 5 dans les instructions d'entrée/sortie du Basic telles que : PRINT # 3..., LIST # 5, INPUT, OUTPUT, etc.

La deuxième partie de cet article traite des circuits de visualisation sur écran TV et des principes généraux relatifs à la visualisation selon que la gestion des textes est prise en charge par un processeur spécialisé ou par le microprocesseur lui-même.

B4. L'interface minicassette

L'enregistrement sur bande utilise le standard « Kansas City », ainsi nommé à cause de sa définition lors d'une réunion organisée par la revue Byte, dans la ville de Kansas au Missouri en novembre 1975.

Le format d'enregistrement est très simple (fig. 1) :

- Un 1 logique est enregistré en huit cycles de sinusoïde à 2 400 Hz.

- Un 0 logique est enregistré sous la forme de quatre cycles à 1 200 Hz.

- Un caractère est enregistré avec un bit de start à 0 en tête, suivi de huit bits de données et de deux ou plusieurs bits de stop à 1.

- L'intervalle entre caractères est rempli d'une quantité non-définie de 1 logique (cycles à 2 400 Hz).

- Parmi les huit bits de données, le premier transmis est le moins significatif (LSB) et le dernier est le plus significatif (MSB).

- Les données sont organisées en blocs de longueur variable, précédées d'au moins cinq secondes de 1 logique.

D'autres formats d'enregistrement utilisent des impulsions équidistantes d'horloge, délimitant au milieu une impulsion de donnée (un 1-logique si l'impulsion est présente et un 0 si elle est absente).

L'enregistrement de ces impulsions pose le problème de la réponse en fréquence du magnétophone, dont les têtes de lec-

* Microsystèmes n° 3
janvier/février,
page 35.

Dans le standard Kansas City un « 1 » logique est défini par huit cycles de sinusoïde à 2400 Hz et un « 0 » logique par quatre cycles à 1200 Hz.

Photo 2. - Sur cette vue de dessus du micro-ordinateur, vous pouvez aisément remarquer le clavier, la carte, le transformateur, l'alimentation et, en haut à droite, le modulateur vidéo dans son blindage.

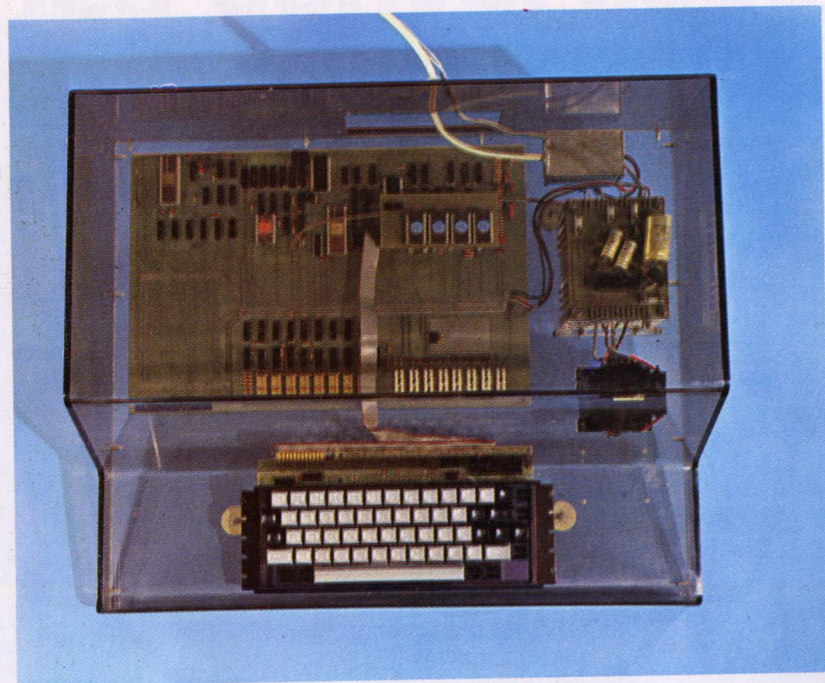


Fig. 1. - Format d'enregistrement du standard « Kansas City ».

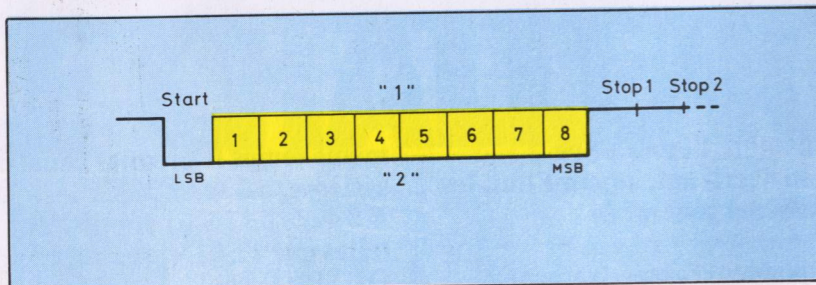
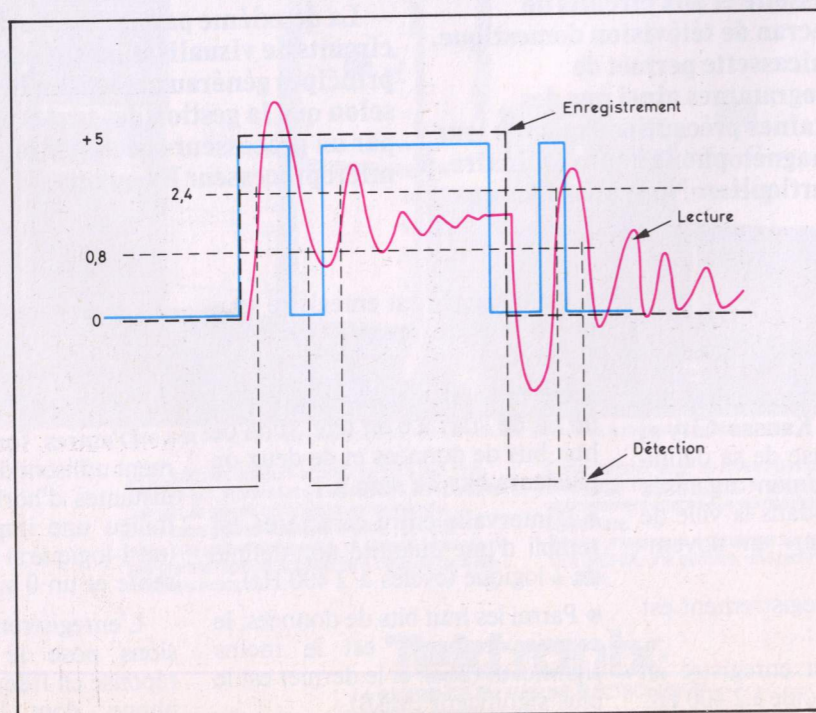


Fig. 2. - Effets des résonances parasites des têtes de lecture de mini-cassette bon marché en fonctionnement impulsif.



Réalisation

ture/écriture ne doivent pas présenter de résonances parasites. Le même système est employé dans les disques souples avec, comme perfectionnement, récemment, la suppression des impulsions d'horloge et la régénération de la fréquence d'horloge par des boucles de phase ou autres asservissements de fréquence, d'où la possibilité d'inscrire deux fois plus de bits de données sur la même longueur de bande et le nom « double densité ».

Notre système d'enregistrement qui n'utilise aucune de ces techniques compliquées et coûteuses, permet d'éliminer des variations de vitesse de la bande de 20 à 30 % et plus !

Remarquons que les deux fréquences d'enregistrement, 1 200 Hz et 2 400 Hz sont à la portée de la bande passante du plus pauvre magnétophone à cassettes du commerce. Ces sinusoïdes doivent néanmoins rester « propres ». Aucune autre fréquence ne devra passer à l'enregistrement. Si l'on enregistrerait, par exemple, une onde carrée de même fréquence, rien ne garantirait, à la lecture de la bande, que certaines résonances ne produisent des commutations parasites (fig. 2). En conséquence, le passage d'une fréquence à l'autre doit être exempt de transitions raides et doit se faire lors de la transition à zéro des ondes. Parce qu'il est relativement difficile de synchroniser deux oscillateurs sinusoïdaux de cette façon, la méthode adoptée utilise deux signaux carrés de 1 200 Hz et 2 400 Hz, parfaitement synchronisés, suivis de deux filtres, accordés sur la fondamentale, ne laissant passer en première approximation qu'une sinusoïde. Le passage d'une fréquence à l'autre est de cette manière parfait et ne génère des transitoires, ni à la lecture ni à l'écriture. Les circuits qui réalisent cette fonction sont U₃₇ (double bascule D fournissant les signaux carrés) et U₄₄ (quadruple amplificateur opérationnel à très faible tension d'alimentation (5 V en tout), dont deux amplis constituent chacun un filtre.

Réalisez votre micro-ordinateur « Micro-Systemes 1 »

Réalisation

Emission ou enregistrement :

Suivons le cheminement d'un octet parallèle entre son émission par l'Unité Centrale et son enregistrement sur bande.

L'octet est envoyé à un coupleur spécialisé appelé ACIA (Asynchronous Interface Adapter ou Adaptateur Asynchrone d'Interface), le MC 6850 dont le brochage est donné figure 3. Ce boîtier reçoit, d'une part, le bus de données et quelques lignes d'adresse qui permettent la programmation de ses registres internes et, d'autre part, deux entrées d'horloge, l'une pour la transmission (Tx Clk : Transmitter Clock) et l'autre pour la réception. Généralement, ces deux fréquences sont les mêmes comme dans notre cas.

Le MC 6850 peut fonctionner en trois modes, suivant le rapport de division de l'horloge : 1, :16, ou :64. La fréquence de transfert-série des données prend dans ces trois cas, une valeur égale, 16 fois moindre ou 64 fois moindre que la fré-

quence d'horloge. La ROM-BASIC initialise l'ACIA dans le mode à division par 16. L'horloge de transmission (Tx Clk, broche 4 de U₄) de fréquence 4 800 Hz est fournie par la broche 7, ou F₉ du générateur de bauds MC 14411 (U₄₃). Ce dernier n'est autre qu'un compteur pouvant fournir, à partir d'une fréquence étalon d'horloge (quartz à 1,843 MHz), des fréquences divisées par deux et par trois : 1,843 MHz ; 921,6 kHz ; 614,4 kHz ; 460,8 kHz ; 307,2 kHz etc. Une programmation hardware du rapport de division assure un fonctionnement à des fréquences X1, X8, X16 ou X64. Les broches A, B (23 et 22) de programmation sont câblées dans notre appareil en mode X16 (B = 1, A = 0). Pour économiser la bande magnétique si l'on dispose d'un magnétophone d'excellente qualité, on pourra modifier la cadence de 4 800 Hz à l'émission, en la doublant par exemple. Seule cette fréquence compte pour toute opération d'entrée/sortie cassette, car l'horloge de réception est régénérée à partir de l'enregistrement lui-

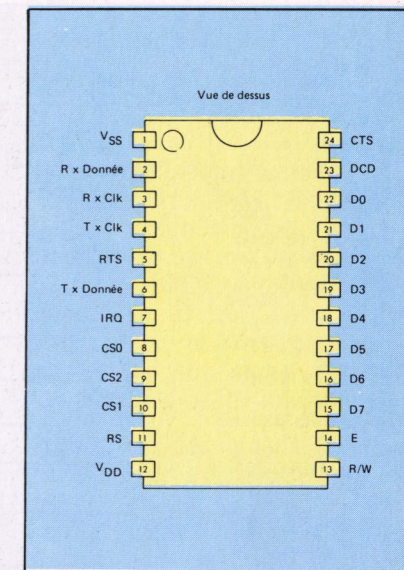
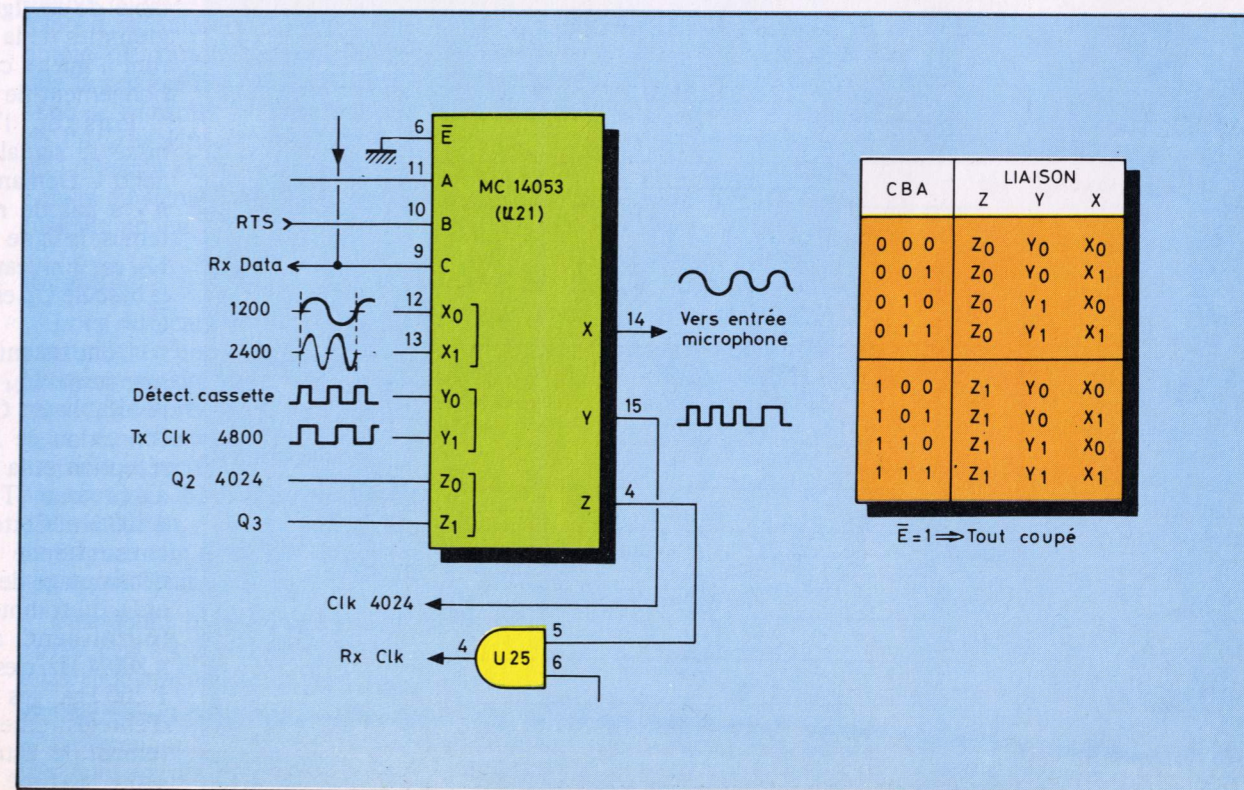


Fig. 3. - Brochage de l'adaptateur asynchrone d'interface (ACIA) MC 6850.

Fig. 4. - Synoptique et table de fonctionnement du triple multiplexeur-démultiplexeur à deux canaux MC 14053.



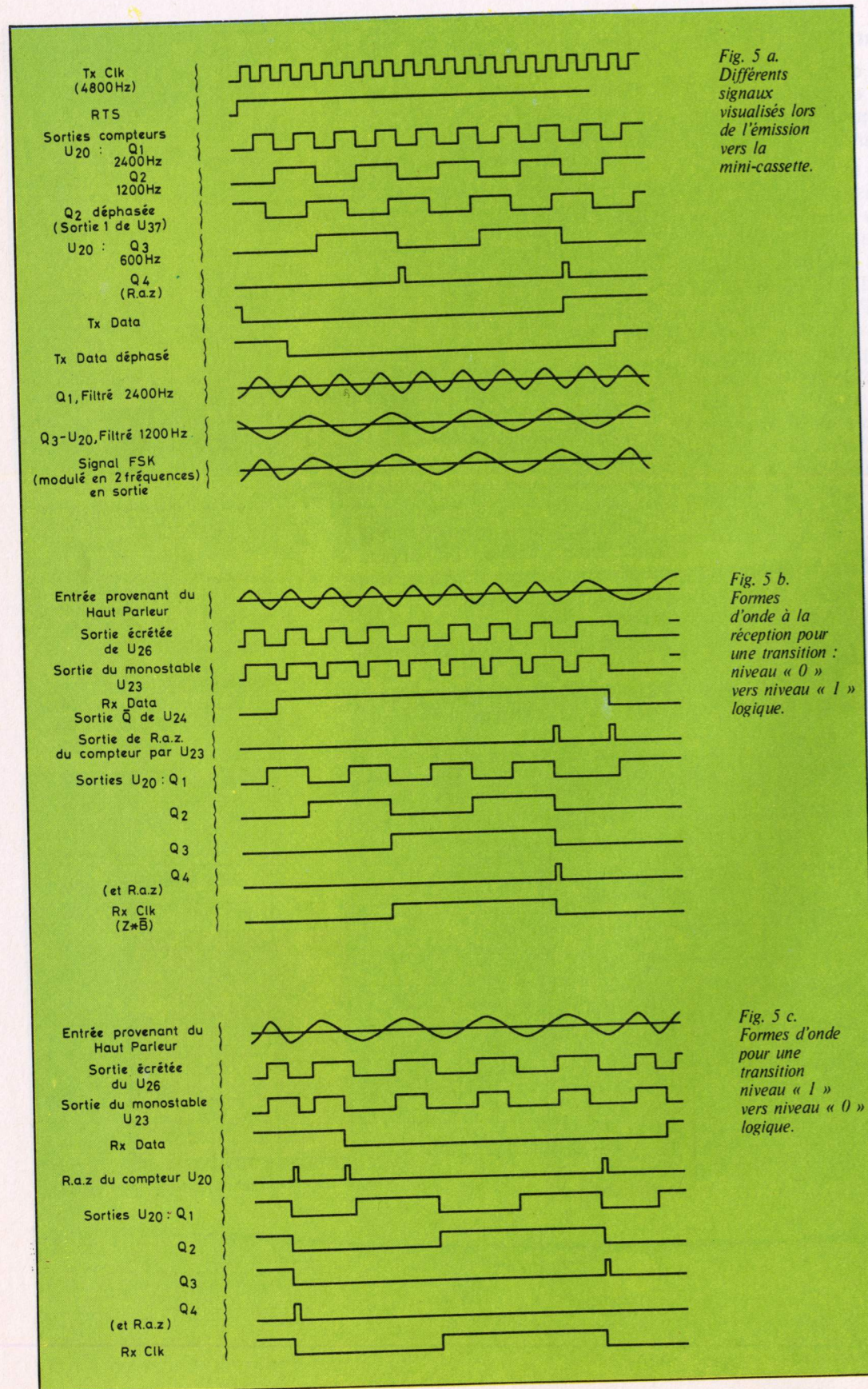


Fig. 5 a. Différents signaux visualisés lors de l'émission vers la mini-cassette.

Fig. 5 b. Formes d'onde à la réception pour une transition : niveau « 0 » vers niveau « 1 » logique.

Fig. 5 c. Formes d'onde pour une transition niveau « 1 » vers niveau « 0 » logique.

même. Ce système élimine radicalement le pleurage de la bande.

Le MC 6850 n'assure pas seulement ce fonctionnement asynchrone : aux 8-bits parallèles qu'il reçoit par le bus de données, ce boîtier ajoute un bit de start et deux bits de stop. Ces 11 bits sortent en série, avec le bit le moins significatif en tête (pour ce qui concerne les bits de données, conformément à la norme Kansas City), par la broche 6, Tx Data. Un 1 logique issu de cette broche doit correspondre à 8 cycles de signal à 2 400 Hz et un 0 logique à 4 cycles à 1 200 Hz. Les données série, sortant par Tx Data sont transmises sur le front descendant de l'horloge de transmission à 4 800 Hz, rappelons-le. Pour obtenir la division par 2 et par 4 nécessaire aux fréquences à enregistrer, on utilise un compteur CMOS à 7 étages binaires, MC 14024 (U₂₀) en liaison avec un commutateur analogique CMOS, MC 14053 (U₂₁). Ce dernier est un triple Multiplexeur - Démultiplexeur à deux canaux pouvant envoyer vers les trois sorties X, Y et Z, l'une ou l'autre des entrées X₀, X₁ ; Y₀, Y₁ ou Z₀, Z₁ selon la table de la figure 4. Les chronogrammes de la figure 5 nous aideront à mieux comprendre le fonctionnement de l'émetteur.

Lors de l'émission, l'ACIA hisse le signal RTS (Request to Send - Demande d'émission). S'il n'y a pas de réception en même temps, la ligne Rx Data sortant de U₂₄ est à niveau haut, car au repos la bascule U₂₄ est dans l'état Q = 0 ; \bar{Q} = 1.

Donc les entrées B et C de commande de U₂₄ (MC 14053) sont à niveau haut. Cela signifie que la connexion de Z à Z₁ concerne la réception et la liaison Q₀-Y₁, n'est autre que Tx Clk, l'horloge 4 800 Hz. Cette horloge arrive en conséquence sur l'entrée de décomptage de U₂₀. Les sorties Q₁ et Q₂ du compteur MC 14024 (U₂₀) fournissent alors 4 800/2 et 4 800/4 Hz, c'est-à-dire 2 400 Hz et 1 200 Hz, les deux fréquences d'enregistrement. Q₁ attaque directement le filtre actif de second ordre, accordé à 2400 Hz, U₄₄ (12,

11, 10) et génère une sinusoïde à 2400 Hz.

Un filtre identique au premier mais dont la valeur des condensateurs est double, donne une fréquence d'accord égale à la moitié de celle du filtre précédent et attaque l'entrée X₀. Le signal carré à 1 200 Hz qu'il reçoit de U₃₇, broche 1 (Q) est déphasé par rapport à Q₂ et s'obtient à partir de Tx Clk et Q₁, dans un montage du type bascule D en division par deux.

Sur les diagrammes de la figure 5 on comprend la nécessité de cette division par deux, supplémentaire, en remarquant l'existence d'une quadrature entre les ondes sinusoïdales de sortie des filtres et les ondes carrées qui les ont générées. Les flancs des signaux carrés correspondent à des minimas et à des maximas des sinusoïdes, les passages par zéro se faisant au milieu des créneaux. C'est la raison du déphasage de Q₂, nécessaire pour obtenir la coïncidence des passages par zéro du 1 200 Hz et du 2 400 Hz sinusoïdal. La sélection de l'un (X₀) ou l'autre (X₁) de ces signaux s'obtient par la commande A, broche 11 de U₂₁. Un 1-logique sélectionne X₁. Or, cette entrée de commande n'est autre que la recopie de Tx Data, sortie série de transmission des données de l'ACIA. Un amplificateur U₄₄ (6, 1, 5) réalise la mise à l'échelle et l'envoi du signal composite vers le magnétophone.

Réception

Lors du chargement d'un programme ou d'une série de données enregistrées sur bande, le signal reçu de la sortie haut-parleur ou ligne du minicassette est filtré, amplifié et écrêté par U₂₆, comparateur MC 75140 à faible tension d'alimentation, connecté en trigger de Schmitt afin de réduire les problèmes de bruit.

Cela donne un train de signaux carrés, égal à 1 200 Hz et 2 400 Hz si la bande magnétique n'a pas trop de pleurage.

La réception n'utilise pas de filtres, mais une discrimination de fré-

quence par monostable (discrimination en largeur d'impulsion). C'est le point fort du système de lecture, car il permet une grande tolérance en fréquence : le monostable (U₂₃) et la bascule D (U₂₄) qui le suit, délimitant une fréquence charnière de 1 800 Hz. Tous les signaux de fréquence inférieure à 1 800 Hz sont décodés comme des 0 et les signaux de fréquence supérieure comme des 1 logiques. La sortie 2 de U₂₄ (\bar{Q}), maintenue à 1 ou à 0 en fonction de la fréquence discriminée, constitue le signal Rx Data, entrée-série de données de l'ACIA.

L'horloge Rx Clk qui accompagne cette entrée de données doit avoir une transition positive à chaque milieu d'intervalle de bit et une transition négative à chaque fin d'intervalle. Pour l'obtenir on utilise U₂₂, U₂₄ et les sorties Q₃ et Q₄ (division par 8 et par 16 respectivement) de U₂₀.

Le signal modulé en fréquence, écrêté, issu de la sortie de U₂₆ (Y₀) est sélectionné par la commande B (RTS) du démultiplexeur U₂₁, à zéro en absence d'émission. Il arrive donc à l'entrée du compteur U₂₀. Les sorties Q₃ et Q₄ sont connectées aux entrées de U₂₂ (5, 4, 3) et U₂₂ (13, 1, 2) respectivement. Les broches 5 et 13 sont des entrées de contrôle commandées par Rx Data et Rx Data. Elles connectent les sorties Q₃, Q₄ au rythme de Rx Data, à l'entrée « Set » de U₂₄ (broche 8). La sortie de cette bascule D excite un monostable, U₂₃, qui fournit une impulsion de R.A.Z. De ce fait, il y aura remise à zéro du compteur, si l'on reçoit une donnée à 0, pour Q₃ ou à 1 pour Q₄. Le compteur U₂₀ est remis à zéro en particulier à chaque transition d'un reçu vers un 0-logique.

Les sorties Q₂, Q₃ du compteur sont reliées aux entrées Z₀, Z₁ de U₂₁.

La commande C de sélection de U₂₁ produit à la sortie Z une transition positive après quatre cycles à 2 400 Hz ou deux cycles à

1 200 Hz, ce qui permet d'obtenir la transition positive de Rx Clk à chaque milieu d'intervalle de bit et une transition négative en fin d'intervalle.

Tel est le fonctionnement hardware de cette logique d'interface vers un magnétophone. Remarquons qu'il s'agit ni plus ni moins que d'un MODEM (Modulateur-Démodulateur) qui, au lieu de déboucher sur une ligne téléphonique, envoie son signal vers un enregistreur à bande magnétique.

La nature des signaux qui transitent par ce canal peut être quelconque : elle va des lignes d'instructions Basic aux lignes ou paquets de données, en passant par des enregistrements entièrement gérés en langage-machine par des PEEK et des POKE.

Rappelons le numéro de canal qui affecte cet interface dans les instructions d'entrée/sortie du BASIC :

- **Port 3**
 - pour une opération d'entrée/sortie « Kansas City » sans écho
- **Port 4**
 - pour une entrée à partir de l'interface-cassette avec écho sur la visualisation d'écran
 - pour une sortie simultanée sur cassette et l'écran
- **Port 5**
 - pour l'enregistrement sur cassette, en écho de toute entrée faite à partir du clavier ou de l'interface TTY
 - pour une sortie concomitante sur cassette, écran cathodique et TTY.

Nous pouvons apercevoir à ce point qu'au niveau des entrées/sorties le logiciel utilisé est un véritable logiciel-système, pouvant gérer imprimantes, bandes magnétiques, disques, etc.

ENFIN

un

micro-ordinateur

16 bits
SUPER SYSTEM 16
industriel
et scientifique



TMS 9900



- entrées/sorties RS 232, 32 bits E/S, extension possible jusque 6 RS 232.
- entrées/sorties parallèles 192 bits E/S.
- interface Dual Floppy Disk.
- interface lecteur de cassettes.
- interface visualisation graphique et alpha-numérique.
- capacité mémoire 65 K octets, adressable directement.
- éditeur, assembleur, éditeur de liens, DOS, Basic, Super Basic, Fortran IV.
- répertoire de 69 instructions.

Pour tous renseignements :



Techninova 2000
277, rue Saint-Honoré
75008 PARIS
Tél. : 296-35-04

Pour plus de détails, utiliser nos cartes-réponses.

B5. Circuits de visualisation sur écran télévision

Les circuits de ce bloc reçoivent un octet parallèle par le coupleur-PIA MC 6820 (U₂), accompagné d'une impulsion positive sur la ligne CA₂ comme signal de validation de l'octet envoyé et le placent dans une mémoire de texte de 1 K-octet formée par M₁₇ à M₂₃. Cette mémoire est balayée par un contrôleur de Tube cathodique du type SF.F 96 364, qui la visualise sous forme ASCII et semi-graphique en standard 625 lignes. La gestion du texte sur l'écran ne demande aucun logiciel. Elle est réalisée grâce à une petite PROM-fusibles M₂₄ qui décode les caractères de gestion de texte et les transforme en ordres exécutables par le contrôleur d'écran U₃.

Le bloc de visualisation est à tel point autonome qu'il peut fonctionner avec le clavier encodé ASCII qui attaque normalement le Port B de la PIA-U₂, pourvu que le clavier soit muni d'une impulsion positive de validation de l'octet présenté. Sans la moindre intervention du processeur, nous verrions alors apparaître un texte contenant les frappes successives sur le clavier, parfaitement géré et mis en page.

Cette autonomie de fonctionnement, du bloc de visualisation, permet des économies de logiciel, utilisé profitablement pour les calculs scientifiques et la gestion des chaînes de caractères. Un désavantage, lié à cette autonomie, est de ne pas pouvoir corriger les fautes autrement qu'en réécrivant entièrement les lignes, après la prise en compte de celles-ci par l'enfoncement de la touche de « Retour chariot » : ce n'est qu'une question de choix, lors de l'établissement du cahier des charges. Certains autres systèmes, comme APPLE, P.E.T., etc., utilisent une méthode de visualisation de texte à « V-RAM » (VIDEO-

RAM), la mémoire d'écran étant, en même temps, mémoire de travail du micro-processeur — dans son espace adressable, et mémoire de rafraîchissement de texte — sur l'écran.

Pour nous consoler de cette visualisation — hors de l'adressage de l'unité centrale, apprenons qu'en échange notre mémoire-tampon, contenant les lignes de caractères des programmes BASIC-Utilisateurs, est optimisée au maximum, les mots-clés y étant inscrits sous forme de codes, ils occupent beaucoup moins de place mémoire. Si, dans un système à VRAM, on est obligé de stocker — en toutes lettres — un ordre « PRINT » par exemple, qui est visualisé en tant que tel, cela permet par un accès direct aux octets RAM respectifs, d'éventuelles corrections. Par contre dans un système qui ne visualise pas directement sa mémoire de programme, nous pouvons économiser de la place en codant les mots-clés. Bien savant qui pourra corriger des fautes dans le « Buffer » de caractères, par des PEEK et des POKE, car les informations y sont codées.

Dans notre prochain numéro, nous aborderons de façon détaillée les principes des deux méthodes de visualisation de texte, selon que la gestion est prise en charge par un processeur spécialisé, ou par l'unité centrale du système lui-même.

En ce qui concerne la mise au point proprement dite, rappelons qu'il est souhaitable, avant de mettre la plaque sous tension, de la comparer avec un circuit en état de fonctionnement. Les clubs AFMI* et MICROTTEL* réalisent actuellement avec leurs adhérents « Micro-Systèmes 1 » et vous aideront certainement dans la mise au point de ce micro-ordinateur.

A. DORIS

* AFMI : 755.94.78.
* MICROTTEL : 644.93.18, 644.88.46.

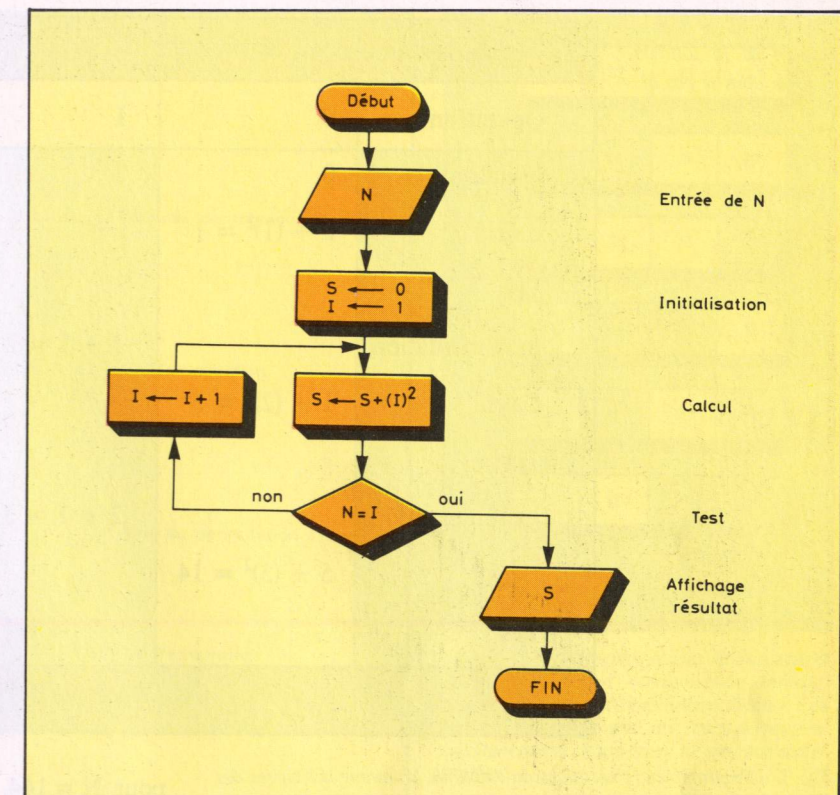
Dans cet article nous traiterons un ou plusieurs problèmes spécifiques pour bien mettre en évidence un genre de raisonnement (algorithme) et sa représentation schématique ou squelette du programme (organigramme).

Le programme sera ensuite écrit à partir de l'organigramme soit en langage assembleur soit dans un langage évolué. Chaque lecteur pourra d'ailleurs sans grande difficulté écrire le programme dans le langage de son choix.

De toutes façons une ou plusieurs exécutions caractéristiques seront effectuées pour en vérifier la solution.

Aujourd'hui, nous vous proposons deux problèmes très souvent abordés par les programmeurs : le calcul de la somme des carrés des N premiers nombres entiers et le classement, dans un tableau T, de N nombres dans un ordre croissant ou décroissant.

Fig. 1. - Organigramme proposé pour le calcul de la somme des carrés des N premiers nombres entiers. Cet exemple met en évidence l'intérêt de l'informatique : avec un minimum d'instructions, on fait un maximum de calculs car la boucle pourra être parcourue un grand nombre de fois.



Calcul de la somme des carrés des N premiers nombres entiers

Il s'agit d'un problème classique mais très intéressant car il est un peu le chef de file de toute une série d'applications similaires.

Soit donc à calculer une expression de la forme :

$$S = (1)^2 + (2)^2 + (3)^2 + (4)^2 + \dots + (N)^2$$

Une première solution vient d'abord à l'esprit de la personne débutante. On fixe N a priori et l'on établit un programme de calcul. C'est une très mauvaise approche que l'on pourrait même qualifier de anti-informatique. En effet, la qualité d'un bon programme est, avant tout, sa souplesse. Par conséquent, le même programme doit pouvoir être employé quel que soit N. Ainsi, il est nécessaire de trouver une astuce de programmation qui, à l'aide de boucles, fera faire à la machine le plus grand nombre de calculs avec le minimum d'instructions.

Dans cet esprit examinons les premières solutions correspondantes aux faibles valeurs de N. Si

une expression générale valable pour I = 1, il faut

$$S(0) = 0.$$

$$\begin{aligned} N = 1, S(1) &= (1)^2 \\ N = 2, S(2) &= (1)^2 + (2)^2 = S(1) + (2)^2 \\ N = 3, S(3) &= (1)^2 + (2)^2 + (3)^2 = S(2) + (3)^2 \\ &\text{etc.} \end{aligned}$$

Soit I une valeur comprise entre 1 et N inclus.

La forme générale pour le 1er terme sera :

$$S(I) = S(I-1) + (I)^2$$

que l'on écrira avec les conventions informatiques :

$$S \leftarrow S + (I)^2$$

en employant indifféremment les signes « - » ou « = » suivant les langages. De toutes façons, quels que soient les symboles utilisés, l'expression signifie : la nouvelle valeur de S, celle correspondant à I, est égale à l'ancienne valeur de S plus I au carré.

Pour initialiser le calcul, il suffit de remarquer que, pour obtenir

L'incrémentation ou augmentation de I sera égale à 1 à chaque pas de calcul et le test de fin du traitement sera la réponse à la question : est-ce que N = I ?

La forme générale de l'organigramme est représentée en figure 1.

Pour vérifier l'organigramme il suffit de prendre un crayon et une feuille de papier, d'imposer une valeur simple au paramètre N et de se dire : « Je suis l'ordinateur, je ne réfléchis pas et je ne fais que ce que l'on me dit de faire. » D'où la table de la figure 2.

Le programme en LSE (langage symbolique d'enseignement) et l'exécution correspondante sont reproduits en figure 3. Pour N = 5, S = 55 ; N = 10, S = 385 et