

Oscilloscopie numérique : le 4035 de Gould

par N. Lotodé (*)

L'utilisation intensive des circuits intégrés logiques et des microprocesseurs a entraîné l'apparition de nouveaux instruments de mesure tels que les analyseurs logiques et les systèmes de développement ; mais la visualisation analogique du signal est plus que jamais essentielle et l'oscilloscope reste toujours l'outil de base des électroniciens.

Bien plus, le développement, dans de nombreux domaines, de capteurs qui fournissent leurs informations sous forme électrique, l'introduction des microprocesseurs dans pratiquement tous les systèmes, généralisent l'emploi de l'oscilloscope à toutes les disciplines scientifiques ou techniques.

Fig. 1. Le 4035 se présente sous forme d'un oscilloscope compact à l'aspect familier ; sa bande passante est de 4 MHz en mode mémoire numérique (avec 5 points de résolution horizontale par cycle) et de 20 MHz en mode conventionnel ; sa vitesse d'écriture en mode mémoire est équivalente à 100 cm/ μ s pour une déviation verticale de 8 cm.



Dans de nombreux cas il s'avère que le phénomène étudié ne se prête pas à l'utilisation du couple habituel : générateur fournissant un stimuli répétitif à récurrence élevée et oscilloscope conventionnel visualisant le résultat. Dans la pratique ce phénomène a souvent une faible récurrence ; la perception du signal sur l'écran est trop fugitive aux vitesses de balayage rapides et, aux vitesses lentes, le début de la trace a déjà disparu lorsque s'inscrit la fin du signal.

Mieux que les oscilloscopes à tube mémoire, l'oscilloscope à mémoire numérique permet de visualiser les phénomènes uniques, les phénomènes lents, continus, les signaux non répétitifs ou à faible récurrence.

Mais visualiser un signal n'est pas toujours suffisant : il faut l'analyser, par exemple, pouvoir mesurer à quel instant ce signal traverse un certain seuil pour s'assurer qu'il satisfait aux contraintes de cadencement du système, ou bien pouvoir soustraire deux signaux qui devraient être identiques pour faire apparaître les différences.

Pour faire face à ce problème, GOULD propose le 4035, un oscilloscope à mémoire numérique, qui a été étudié pour obtenir des performances élevées à un prix très abordable obtenu grâce à l'utilisation d'un circuit prédifusé contenant la majeure partie de la logique de commande joint à une automatisation poussée de la fabrication.

Cet oscilloscope double voie (Fig. 1) possède un convertisseur analogique-numérique 20 MHz 8 bits et 1k mots de mémoire sur chacune de ses deux voies ; deux curseurs peuvent être utilisés pour mesurer des différences de temps et de tensions qui seront affichées sur l'écran ; à l'aide du clavier optionnel on peut traiter les signaux à la capture ou après la capture ; une interface IEEE 488 très complète permet de l'intégrer dans des chaînes automatiques ; la retranscription du signal est possible aussi bien sur des tables traçantes analogique que numérique ; en plus il est utilisable comme un oscilloscope conventionnel 20 MHz 2 voies et est parfaitement conforme aux normes de sécurité CEI-348 catégorie 1.

La figure 2 représente l'organisation interne de l'appareil dans son fonctionnement numérique.

La capture de l'information

L'étude d'un oscilloscope à mémoire numérique est une suite de compromis entre diverses solutions utilisables. Le

(*) Sté Gould.

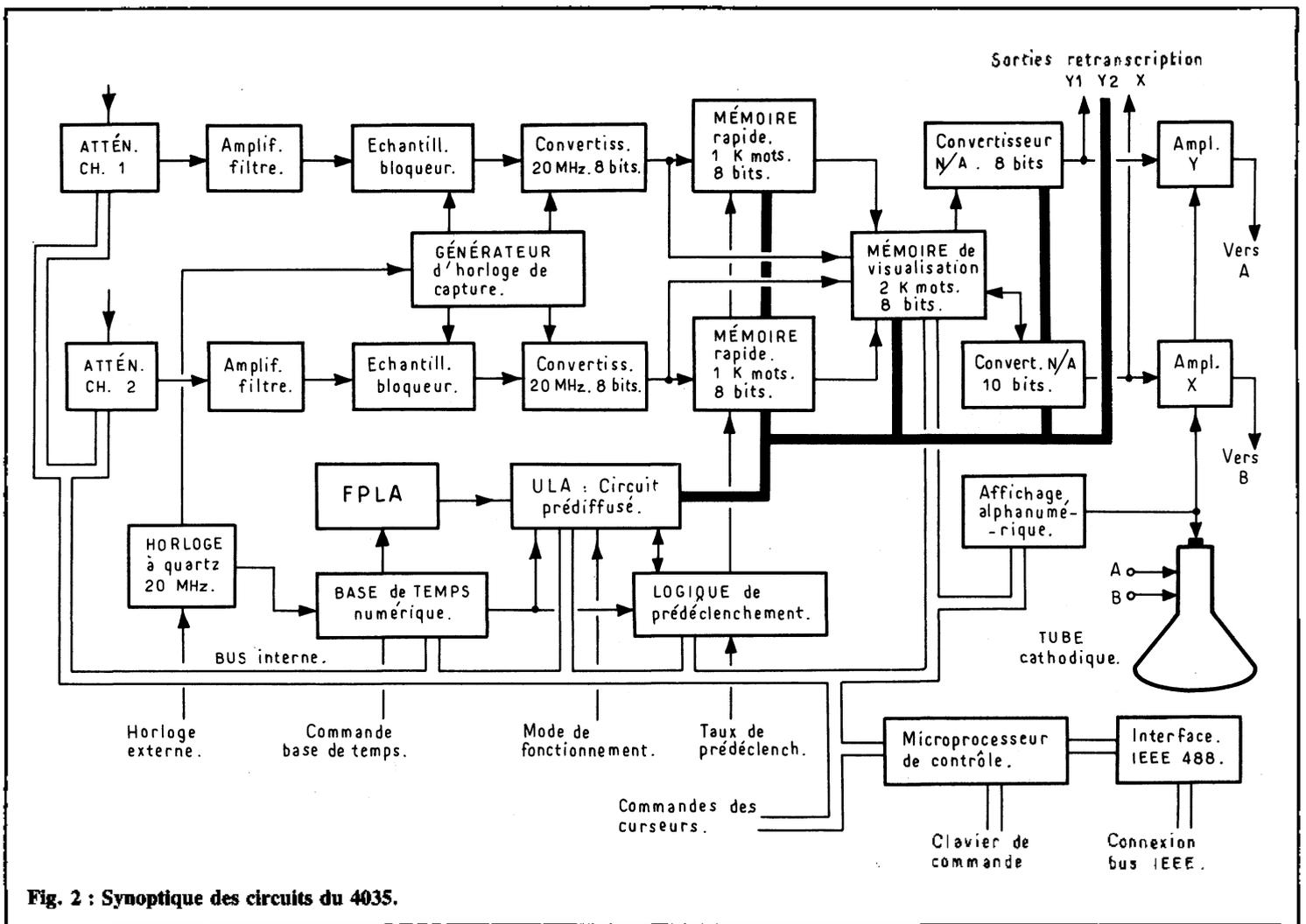


Fig. 2 : Synoptique des circuits du 4035.

choix du constructeur doit se faire en fonction d'un certain nombre de contraintes, techniques ou financières, mais surtout en fonction des besoins estimés du futur utilisateur et, même si les progrès technologiques permettent d'en réduire notablement les prix, l'achat d'un oscilloscope à mémoire numérique représente un investissement important.

Un oscilloscope à mémoire numérique se compose fondamentalement de deux parties :

- Un dispositif de capture de l'information et de son codage sous forme numérique.
- Une unité de visualisation permettant de représenter sous forme analogique, sur l'écran, le signal enregistré.

Ces deux éléments communiquent entre eux par un ensemble de mémoires ; leurs organisations fixent certaines caractéristiques très importantes de l'appareil.

Dans le cas du modèle 4035, GOULD a choisi d'affecter à chaque voie un ensemble complet de convertisseur et de mémoire ; ceci apporte les avantages suivants : la résolution reste la

même que l'on soit en simple ou en double voie, l'instant d'échantillonnage est le même sur les deux signaux enregistrés, le signal enregistré sur une voie se trouve conservé lorsque l'on travaille sur l'autre voie seule.

La capacité de 1024 points par voie donne une résolution déjà confortable de 0,1 % sur chaque signal.

Le prélèvement de l'information

La valeur de l'information capturée dépend en premier lieu de la qualité du système d'échantillonnage.

Après les atténuateurs d'entrée communs aux modes conventionnel et numérique, le signal se trouve amplifié pour être disponible sous faible impédance. Cet amplificateur tampon possède un filtre qui limite la bande passante en mode numérique à 10 MHz ; comme le convertisseur fonctionne à 20 MHz, cette limitation diminue les risques de repliement dus à la présence dans le signal de composantes de fréquence trop élevée.

La porte d'échantillonnage (Fig. 3), formée d'un pont de quatre diodes Schottky, est attaquée sous faible impé-

dance par l'étage de sortie de l'amplificateur précédent. Un signal symétrique est appliqué à la diagonale de commande du pont. Lorsqu'elles sont polarisées en inverse vis-à-vis du signal d'entrée par le signal de commande, les diodes présentent une impédance élevée à la capacité mémoire ; deux diodes supplémentaires (de « clamping ») fixent le point de fonctionnement.

Lorsque le signal de commande ouvre la porte, les diodes de « clamping » se trouvent polarisées en inverse et les diodes de porte, polarisées en direct fournissent, une liaison basse impédance entre l'amplificateur et la capacité de mémorisation.

Ceci permet de mémoriser toutes les 50 nanosecondes la valeur instantanée du signal et de la conserver dans le condensateur pendant la durée de la conversion. Le même signal ECL est appliqué sur la commande des deux voies, assurant une parfaite simultanéité de la capture de l'information.

La tension du condensateur est envoyée sur le convertisseur à travers un

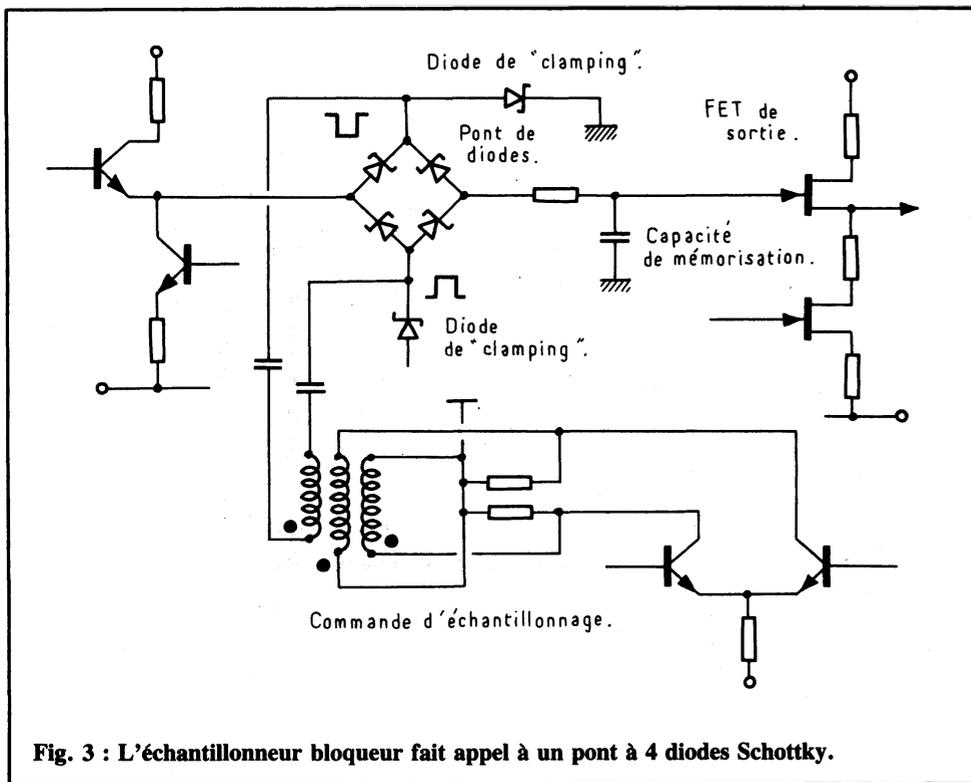


Fig. 3 : L'échantillonneur bloqueur fait appel à un pont à 4 diodes Schottky.

amplificateur comportant en entrée un double FET fournissant une très haute impédance d'entrée ; ce double FET qui est utilisé en « source follower » comprend le générateur de courant dans le même boîtier, ce qui assure une compensation entre la tension de décalage très faible à l'intérieur de l'amplificateur dont la sortie basse impédance attaque le convertisseur.

La conversion analogique-numérique

Le convertisseur analogique-numérique utilisé est un convertisseur semi-parallèle (Half-Flash) intégré fonctionnant à 20 MHz avec un codage sur 8 bits.

Dans un tel convertisseur (Fig. 4), la conversion s'effectue en deux étapes : un premier convertisseur parallèle 4 bits donne une valeur numérique du signal avec une définition limitée ; ce code, qui constituera les poids forts du résultat définitif, est entré dans un convertisseur numérique-analogique qui fournit une tension qui est soustraite de la tension initiale dans un amplificateur opérationnel.

Le résultat de la soustraction est appliqué à un deuxième convertisseur parallèle qui code les poids faibles. On dispose ainsi toutes les 50 ns d'un mot de 8 bits, représentant la valeur instantanée du signal d'entrée, ce qui donne une résolution verticale de 0,4 %.

Le convertisseur fonctionne toujours à sa vitesse maximale de 20 MHz ; mais suivant la vitesse choisie sur la base de temps, cette donnée sera mise en mémoire à chaque conversion ou toutes les N conversions.

La visualisation

L'oscilloscope est avant tout un instrument de visualisation ; son fonctionnement devra donc tenir compte des possibilités de l'œil de l'utilisateur.

Alors qu'aux vitesses de balayage moyennes et lentes, l'œil suit parfaitement l'évolution de la trace sur l'écran du tube cathodique, aux vitesses élevées, l'œil n'a qu'une perception globale de l'image et ne pourra séparer une succession rapide d'images différentes (ce qui permet dans certain cas un effet global de mouvement).

Comme l'oscilloscope conventionnel, l'oscilloscope à mémoire numérique peut visualiser un signal à chaque déclenchement et un jour viendra où son prix deviendra compétitif au point qu'il le remplacera dans toutes les applications.

Sur le 4035, on peut ainsi capturer un phénomène unique ; le signal capturé pourra être conservé aussi longtemps que nécessaire sans dégradation de ses qualités et l'expansion par X10, après mémorisation, permet d'examiner en détails certaines parties du signal avec une résolution de dix points par centimètre, produisant le même avantage qu'une double base de temps sur un oscilloscope conventionnel.

Aussi bien en étude qu'en mise au point ou en dépannage, l'utilisateur est très souvent en présence de signaux à faible récurrence. Avec le 4035 on peut visualiser un signal qui reste clairement visible entre deux déclenchements, même avec un éclairage am-

plissant important. La trace conserve sa finesse tout en pouvant évoluer à chaque déclenchement en fonction du signal sans l'éblouissement provoqué par l'effacement d'un tube mémoire.

Aux vitesses lentes le 4035 visualise chaque point du signal au moment où il le capture, ce qui permet d'observer le déroulement d'un phénomène lent en temps réel ; l'opérateur pourra immédiatement juger les effets de son action sur un paramètre quelconque du système.

Mais on dispose en plus de la possibilité de visualiser aussi bien ce qui s'est passé après le déclenchement que ce qui s'est passé avant, ce qui permet d'analyser à la fois les causes et les conséquences d'un événement.

Une telle possibilité est très importante dans l'étude des systèmes numériques complexes. Elle l'est également dans les travaux sur les phénomènes aléatoires car c'est le seul moyen pour effectuer par exemple la mesure de l'instant de démarrage ou de la vitesse de divergence du phénomène qui a provoqué le déclenchement, comme par exemple lors de l'étude des risques explosifs des mélanges pulvérulents en suspension dans l'air.

Mais l'oscilloscope à mémoire numérique peut également visualiser le signal en continu. Dans le mode défilement, le 4035 se comporte comme un enregistreur graphique sur lequel on aurait placé une « fenêtre ». Le signal se déplace de la droite vers la gauche et l'utilisateur peut observer en continu ce qui se passe, suivre l'évolution d'un phénomène et éventuellement agir sur les paramètres qui régissent son système.

Ce mode de visualisation qui a l'avantage de ne pas introduire de temps mort (retour du spot) n'est utilisable que pour des vitesses de balayage suffisamment lentes pour que l'observateur puisse suivre le défilement du signal sur l'écran.

Le système de mémoires

Il faut bien remarquer que pour pouvoir visualiser le signal avant le point de déclenchement, l'oscilloscope à mémoire numérique doit disposer d'une mémoire, continuellement maintenue à jour, dans laquelle est mémorisé le passé récent.

Mais si l'on veut pouvoir observer un signal enregistré entre deux déclenchements, la mémoire de visualisation doit être distincte de la mémoire dans laquelle se fait continuellement la capture. Dans le cas du mode défilement ces deux mémoires peuvent être confondues.

L'organisation interne du 4035 tient compte de ces observations. L'appareil possède deux niveaux de mémoire :

- Une mémoire rapide de 1k mots de 8 bits sur chaque voie.
- Une mémoire de visualisation, plus lente, de 2k mots de 8 bits.

Suivant la vitesse de balayage choisie, le fonctionnement sera différent :

- Aux vitesses de balayage élevées (0,2 ms/div et plus), les données sortant des convertisseurs sont stockées dans les mémoires rapides ; l'horloge de stockage est un sous-multiple de l'horloge de conversion et est fonction de la vitesse de balayage choisie. Lorsque 1024 informations ont été capturées, en fonction du mode de déclenchement choisi, elles seront transférées dans la mémoire de visualisation.
- Aux vitesses lentes (inférieures à 0,2 ms/div), les informations sortant des convertisseurs seront directement mémorisées dans la mémoire de visualisation à la fréquence d'horloge correspondant à la vitesse de balayage choisie.

L'utilisation de ces mémoires dépend du mode de fonctionnement choisi.

Les modes de fonctionnement

Trois touches permettent le choix du mode de fonctionnement : le mode conventionnel ou, en mode mémoire, le mode rafraîchi ou le mode défilement.

Le mode « Rafraîchi »

Dans ce mode le 4035 semble se comporter comme un oscilloscope conventionnel ; à chaque déclenchement l'appareil effectue un balayage de capture ; la seule différence est que la trace est et reste parfaitement visible et nette quelle que soit la vitesse de balayage et la récurrence des déclenchements.

Dans le cas où l'on a pressé la touche « Single », l'appareil effectue un seul balayage de capture et se verrouille. Pour obtenir une nouvelle capture il faudra réarmer en appuyant une nouvelle fois sur la même touche.

Si l'on a pressé la touche « Continuous », l'oscilloscope exécutera un balayage de capture chaque fois qu'il recevra un signal de déclenchement dans la mesure où le précédent balayage est terminé.

A partir des vitesses de balayage de 0,2 ms et plus rapides, à chaque déclenchement les données sont rapides, à chaque déclenchement les données sont rangées dans les mémoires de capture et ne sont transfé-

rées dans la mémoire de visualisation que lorsque le balayage de capture est terminé ; ceci diffère la visualisation d'un maximum de 2 ms ce qui est imperceptible pour l'observateur.

Aux vitesses de balayage plus lentes que 0,2 ms/div les informations sortant des convertisseurs sont directement placées dans la mémoire de visualisation.

Dans ce cas l'utilisateur voit en *temps réel* la courbe se tracer sous ses yeux ; il pourra donc réagir et en particulier observer l'effet des réglages sur un dispositif en fonctionnement.

Le mode « Défilement »

Dans ce mode, le 4035 a deux comportements différents :

- Aux vitesses de balayage plus lentes que 0,2 ms/div, l'oscilloscope se comporte comme un enregistreur graphique : le signal défile de droite à gauche sur l'écran.
- Aux vitesses de balayage de 0,2 ms/div et plus rapides, l'observateur ne pourrait suivre le déplacement trop rapide de la trace ; la capture de l'information se fait dans la mémoire rapide. Le signal sera transféré dans la mémoire de visualisation lorsque, suivant les réglages, l'appareil considèrera que la trace est complète.

Aux vitesses lentes, sur la position « Continuous », la trace défile en continu, ce qui permet la surveillance d'un phénomène sur un tableau de contrôle par exemple. L'utilisateur peut à tout moment figer le signal en utilisant la touche « Lock display » s'il veut observer à loisir une partie de l'enregistrement.

Sur la position « Single » le fonctionnement semble être identique, mais dans ce cas le système de prédéclenchement se trouve en service. Lorsqu'un signal déclenche l'oscilloscope, le système de contrôle du prédéclenchement arrête la capture suivant les conditions fixées par les touches de prédéclenchement. L'appareil est verrouillé et pour redémarrer le défilement et obtenir une nouvelle capture il faut réappuyer sur la touche « Single ».

Aux vitesses rapide, le défilement s'effectue dans les mémoires rapides et n'est donc pas perceptible à l'utilisateur. Le transfert dans la mémoire de visualisation s'effectue lorsque les conditions de prédéclenchement sont remplies :

- En monocoup, « Single », le signal capturé est visualisé et l'appareil est verrouillé.
- En continu, « Continuous », à chaque déclenchement le signal capturé est visualisé.

Pour l'utilisateur ce mode de fonctionnement apparaît comme un mode ra-

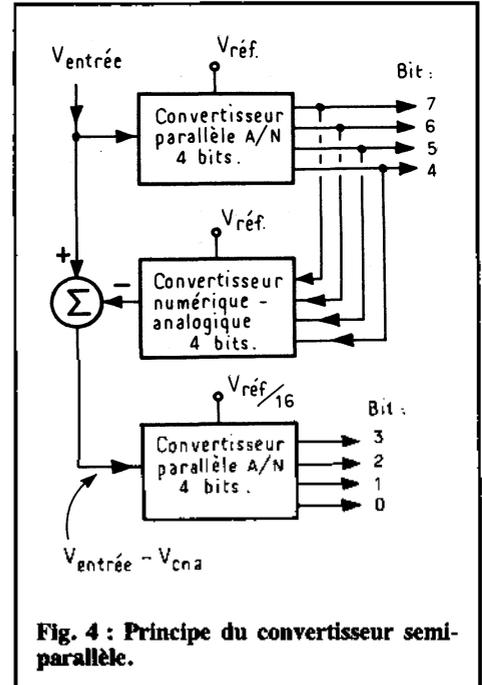
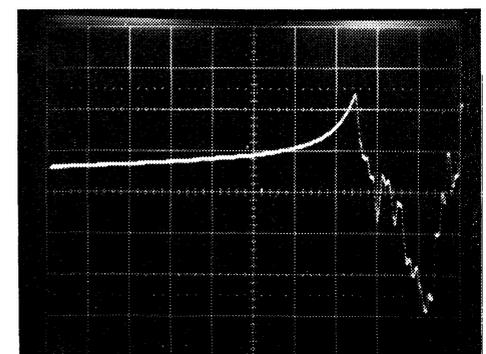
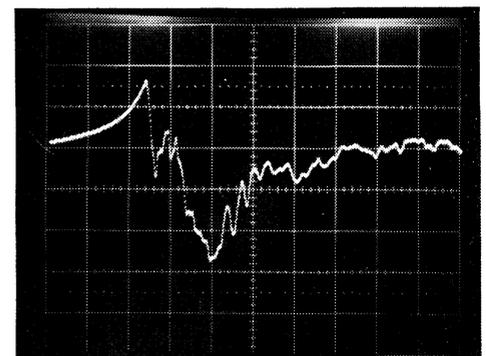
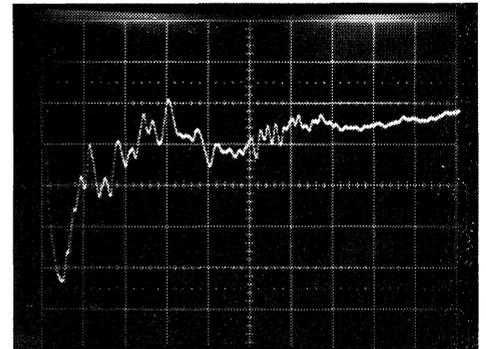


Fig. 4 : Principe du convertisseur semi-parallèle.



La logique de contrôle du prédéclenchement de haut en bas 0 % — 25 % et 75 %.

MONOCOUP CONTINU		VITESSES RAPIDES : 0,2 ms/div et plus.
RAFRAICHI	Trace unique déclenchée	Balayage à chaque déclenchement Balayage à chaque déclenchement à 0 %, 25 %, 75 %, 100 %
DEFILEMENT	Trace unique déclenchée Prédéclenchement à 0 %, 25 %, 75 %, 100 %	
VITESSES LENTES : en-dessous de 0,2 ms/div.		Balayage à chaque déclenchement Visualisation immédiate de chaque point capturé Défilement continu en temps réel.
RAFRAICHI	Trace unique déclenchée Visualisation immédiate de chaque point capturé	
DEFILEMENT	Défilement jusqu'à un déclenchement ; capture unique, prédéclenchement à 0 %, 25 %, 75 %, 100 %.	

Tableau I : Modes de fonctionnement

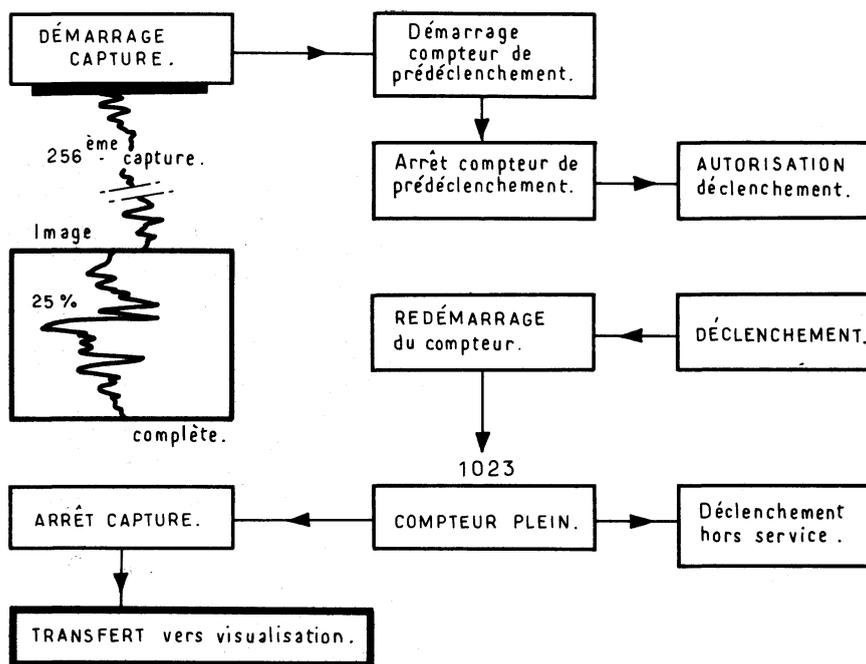


Fig. 5 : Prédéclenchement à 25 %.

fraîchi avec prédéclenchement, ce qui présente un gros atout.

La logique de contrôle du prédéclenchement

Quatre touches permettent de sélectionner le taux de prédéclenchement 0 %, 25 %, 75 % et 100 %. Ces touches sont associées au mode défilement et auront une action qui dépendra de la vitesse de balayage choisie et des touches de capture monocoup ou continu (voir tableau I). La gestion du prédéclenchement est assurée par une logique particulière.

Celle-ci est composée de deux systèmes différents qui jouent le même rôle : l'un pour les vitesses rapides l'autre pour les vitesses lentes. Pour les vitesses rapides, elle est réalisée par un ensemble de compteurs.

Elle a quatre actions (Fig. 5) :

- S'assurer qu'il y a dans la mémoire une quantité de données provenant du balayage en cours correspondant au taux de prédéclenchement choisi.
- Autoriser à partir de ce moment la prise en compte des signaux de déclenchement.
- Après un déclenchement, compléter le remplissage de la mémoire pour obtenir une trace complète.
- Arrêter la capture et initialiser le transfert vers la mémoire de visualisation.

Pour les vitesses lentes cette logique est incluse dans le circuit prédéclenchement. Dans ce cas il n'y a pas de cycle de transfert puisque la capture a lieu directement dans la mémoire de visualisation.

Aux vitesses lentes, la capture d'un signal avec prédéclenchement en mode défilement permet d'observer le phénomène étudié pendant que l'on attend le déclenchement : ceci présente un gros avantage pour l'utilisateur. Aux vitesses de balayage supérieures à 0,2 ms/div, le défilement se fait dans les mémoires rapides ; le signal complet s'inscrit toujours au même endroit sur l'écran, ce qui permet à l'utilisateur du 4035 de pouvoir placer des repères sur l'écran.

Les mesures sur le 4035

L'oscilloscope est un outil très précieux car il permet de percevoir globalement l'information sur un signal ; il est en général très facile de remarquer des anomalies sur celui-ci ; sur le 4035 la touche de verrouillage de la visualisation « gèle » immédiatement le contenu des mémoires et l'utilisation de l'expansion $\times 10$ permet alors d'examiner en détails une partie du signal tout en ayant encore une définition de 10 points par centimètre.

Dans de nombreux cas cependant, le problème est de comparer le signal actuel avec un signal de référence, ou avec le signal obtenu par exemple avant une modification ; l'œil n'est pas dans ce cas un serviteur fidèle. Le 4035 permet de verrouiller le contenu de la mémoire dans laquelle on a enregistré un signal de référence ; le signal visualisé sur l'autre trace pourra être superposé sur le signal de référence pour faire apparaître les différences.

Ce signal de référence sera conservé même si l'on utilise entre temps l'appareil en mode conventionnel, ce qui permet d'exécuter des contrôles de dérive de longue durée pendant que l'on travaille sur d'autres problèmes.

Avec l'interface IEEE 488, l'utilisateur pourra stocker une trace de référence dans l'une des mémoires de l'appareil ; celle-ci peut être le résultat d'une mesure précédente, ou elle peut être obtenue par la simulation par calcul du phénomène étudié.

Les curseurs de mesure sur l'écran

L'oscilloscope permet à l'utilisateur de formuler une appréciation qualitative globale de l'ensemble d'un signal. Mais il n'est pas toujours facile d'évaluer sur l'écran des temps et des tensions.

Le 4035 offre la possibilité de mesures précises grâce à ses deux curseurs et à l'affichage sur l'écran des différences de temps et de tension.

En mode mémoire, deux curseurs peuvent être visualisés sur une trace. Cinq touches sont à la disposition de l'utili-

sateur pour les mettre en/ou hors service et les déplacer.

Un curseur peut être placé sur un point de la trace en utilisant la touche de déplacement vers la droite ou celle de déplacement vers la gauche ; ces touches ont deux vitesses. Ceci permet de fixer comme référence la position actuelle d'un curseur en utilisant la touche d'entrée de référence (SET DATUM). Il est possible de mettre hors service les curseurs et l'affichage alpha-numérique en utilisant la touche de mise hors service des curseurs. Les deux curseurs sont sur la même voie que l'on choisit en utilisant la touche CH1/CH2.

La visualisation alpha-numérique en bas de l'écran donne *simultanément* la différence de temps et de tension entre le point de la trace défini par le curseur de référence et par le curseur actuel sous la forme par exemple :

« CH 2 - 1,57 mV - 27,46 μ s »

La précision en tension est de $\pm 3\%$ pour tenir compte des défauts de calibrage ; la numérisation du signal se fait à $\pm 1/2$ bit, l'erreur dans la différence sera donc au maximum de ± 1 bit, l'erreur d'arrondi dans la conversion en décimal est de ± 1 sur le dernier chiffre auquel il faut ajouter $\pm 2\%$ sur les gammes plus lentes que 0,1 s/div.

La précision en temps est de $\pm 0,1\%$ avec en plus une erreur de quantification de ± 1 bit et une erreur d'arrondi de ± 1 sur le dernier chiffre.

Le clavier optionnel de traitement du signal

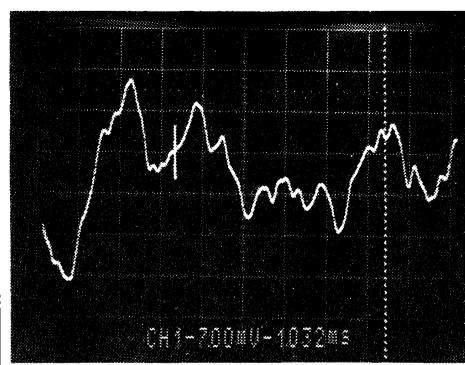
Le 4035 peut être muni en option d'un clavier de contrôle ; celui-ci permet d'exécuter des fonctions lors de la capture du signal et des fonctions sur les traces mémorisées.

Lors de la capture, il est possible de faire le moyennage sur 2, 4, 8 ou 16 captures, ce qui permet par exemple de sortir un signal cohérent d'un bruit aléatoire ; on peut également fixer le numéro d'une ligne TV, la visualiser et la capturer.

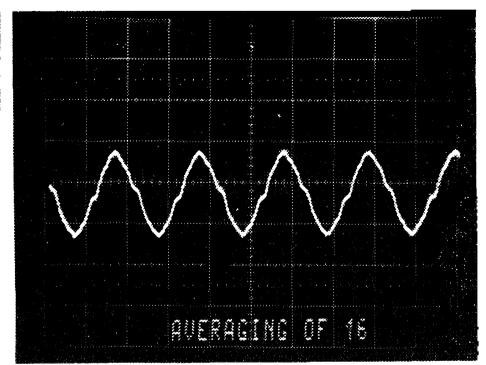
Une touche permet d'enchaîner une fonction de capture et une fonction de traitement après capture.

Après la mémorisation d'un signal il est possible de manipuler les traces :

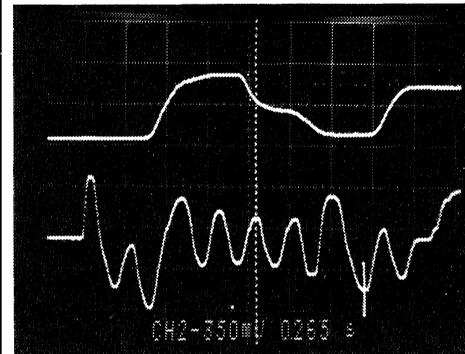
- les déplacer verticalement pour les superposer ou au contraire les séparer ;
- les inverser par rapport à la ligne centrale de l'écran ;
- recopier le contenu de CH1 dans CH2 ou de CH2 dans CH1 ;
- de les amplifier ou de les atténuer verticalement (de $\times 3,98$ à $\times 0,06$)



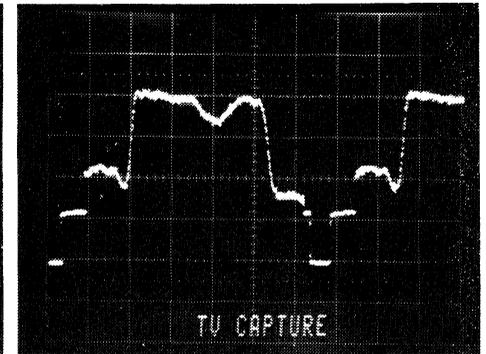
Les curseurs de mesure sur l'écran.



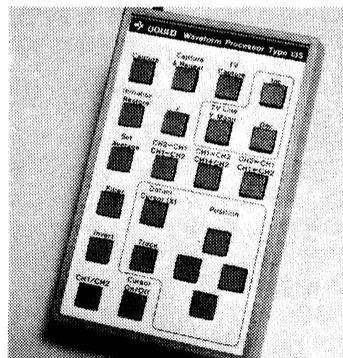
Moyennage sur 16 signaux.



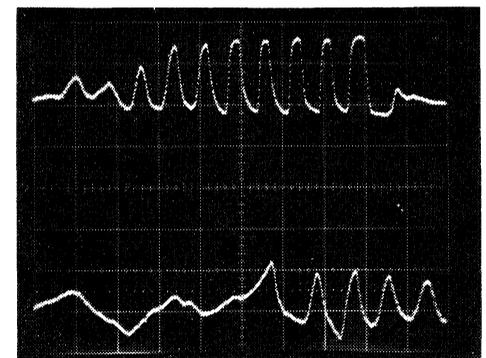
La visualisation alpha numérique en bas de l'écran.



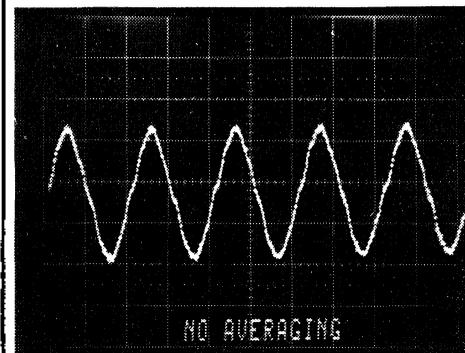
Capture TV.



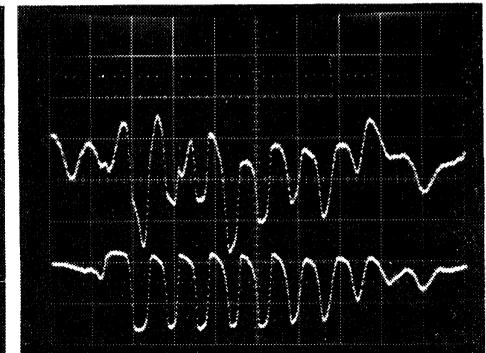
Le clavier.



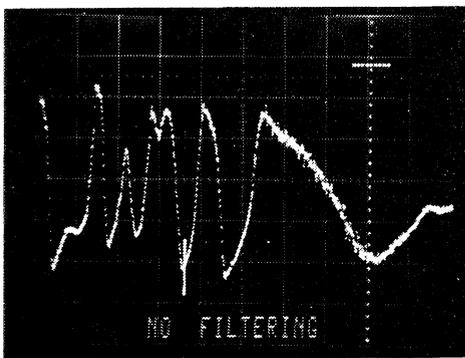
Opération arithmétique CH₁ et CH₂.



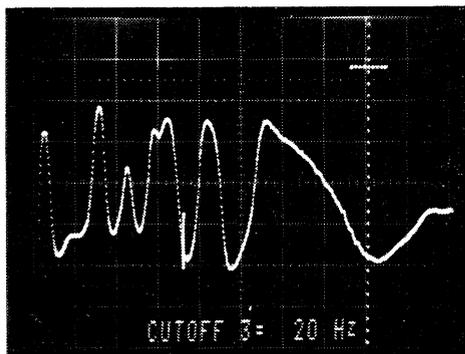
Pas de moyennage des signaux.



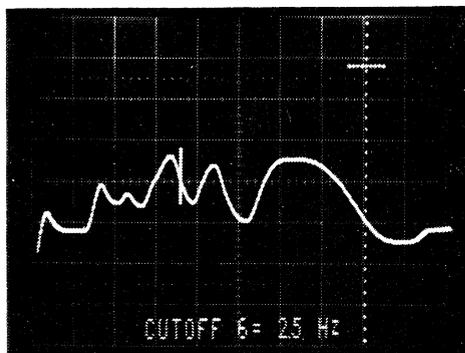
Opération arithmétique CH₁ + CH₂.



Sans filtre.



Filtre 3 : fréquence de coupure 20 Hz.



Filtre 6 : fréquence de coupure $\frac{8,14}{T \times 2 n-1}$ Hz

pour examiner un détail, séparer les traces sur l'écran, mais également affecter des facteurs d'échelle avant d'utiliser les opérations arithmétiques.

On peut réaliser des opérations arithmétiques sur les traces :

- addition de deux signaux CH1 + CH2 ;
- soustraction de deux traces, CH1 — CH2 ou CH2 — CH1, ce qui permet de faire apparaître les différences entre deux signaux ;
- multiplication de CH1 par CH2 (qui donnera par exemple la puissance instantanée si CH1 est le courant et CH2 la tension).

Il est également possible d'utiliser des étages de filtres pour limiter la bande passante. On peut utiliser 6 étages de filtres par vitesse de balayage dont la fréquence de coupure est donnée par :

$$\text{Fréquence de coupure} = \frac{8,14}{T \times 2} \text{ Hz,}$$

où T = la vitesse de balayage en s/cm et n = l'étage de filtre compris entre 1 et 6.

Une touche permet de revenir à la situation précédant la dernière fonction après mémorisation exécutée.

Le clavier permet aussi de mettre en ou hors service les curseurs, de les déplacer mais également de fixer les références en X et en Y en n'importe quel point de l'écran.

A l'aide de ce clavier, l'utilisateur peut analyser le phénomène étudié sans avoir recours à un calculateur.

Possibilités de resortie

Il y a deux formes de retranscription possible, la retranscription analogique et la retranscription numérique utilisant le Bus IEEE 488 en émetteur seul sans contrôleur.

La retranscription analogique

Elle permet la resortie simultanée du contenu des voies 1 et 2 et de la rampe X sur trois prises BNC, situées à l'arrière de l'appareil, lorsque l'on appuie sur l'une des touches CH1 ou CH2. On peut choisir 8 vitesses de retranscription à l'aide d'un commutateur situé sur la face arrière de l'appareil.

Les sorties CH1, CH2 et X permettent de retranscrire les données sous différentes formes :

- soit en fonction du temps : simultanément Y1 et Y2 en fonction de X sur une table traçante ou Y1, Y2 sur un enregistreur graphique ;
- soit Y1 en fonction de Y2 sur une table, ce qui permet de bien apprécier la corrélation entre ces deux paramètres.

La retranscription numérique

Les tables à commande numérique présentent de gros avantages sur les tables traçantes analogiques : stabilité du gain, pas de dérive de zéro, vitesse

de tracé indépendante de la vitesse d'arrivée des informations...

Mais en général, elles nécessitent un contrôleur de Bus pour pouvoir être utilisées avec un capteur.

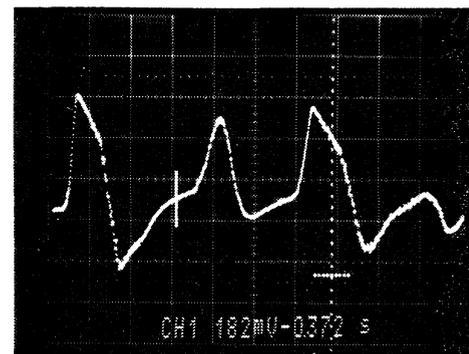
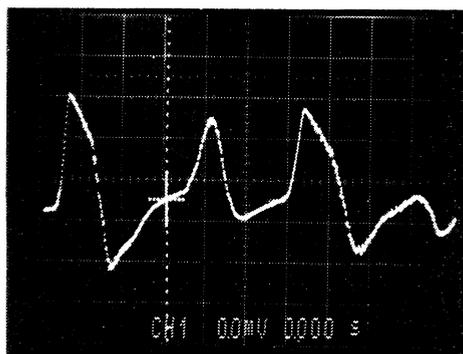
Dans le 4035, un protocole standard contenu dans une ROM permet de sortir directement, sans contrôleur, en mode émetteur seul, par le Bus IEEE 488 ; les informations concernant chaque voie (données et conditions de capture) peuvent être ainsi transférées sur une table numérique comme le « Colorwriter » Gould, en utilisant simplement la touche de retranscription correspondante (CH1, CH2) ; les axes seront automatiquement gradués en tenant compte des réglages de sensibilité et de vitesse de balayage ; le réticule sera éventuellement retranscrit en utilisant la touche « SET DATUM » ; si la table le permet, une couleur différente sera utilisée pour chaque tracé. La retranscription est indépendante de la vitesse de recopie choisie pour le mode analogique.

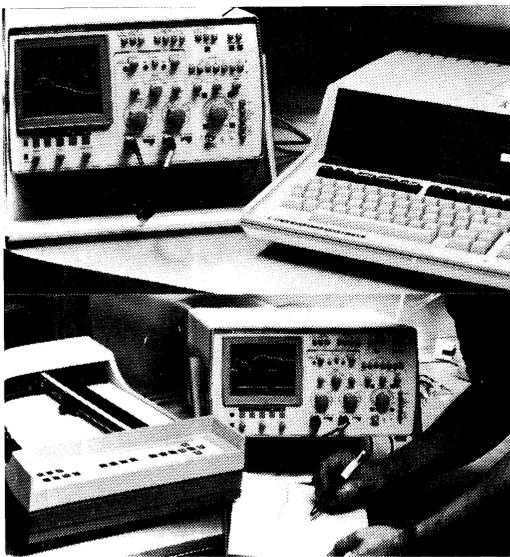
Fonctionnement en perturbographe

L'oscilloscope à mémoire numérique est un outil précieux dans la recherche des perturbations aléatoires ; mais bien souvent l'utilisateur n'a aucune information sur l'instant où elles se produiront.

Le 4035 a été étudié pour faire face à ce problème : son mode de retranscription automatique lui permet, après avoir été armé par la touche monocoup, de veiller jusqu'à ce qu'un déclenchement se produise, d'enregistrer le signal avec le taux de prédéclenchement voulu, et de le retranscrire sur un enregistreur numérique ou analogique puis de reprendre sa veille jusqu'au déclenchement suivant. Ceci permet d'éviter une consommation excessive de papier, mais également le choix de la vitesse de retranscription permet d'utiliser un enregistreur analogique ; la fermeture d'un contact démarre l'enregistreur et un retard permet d'attendre qu'il soit à sa vitesse normale.

Référence X et Y en n'importe quel point de l'écran. A gauche référence O en X et Y et à droite références choisies en X et Y.





Le 4035 accompagné en bas d'une table numérique et en haut d'un ordinateur (interface IEEE488).

Le Bus IEEE 488

L'oscilloscope à mémoire numérique est un très bon outil pour l'enregistrement d'un signal en vue de son traitement numérique. L'opérateur ne travaille pas en aveugle. Grâce à la visualisation il peut évaluer le signal capturé avant d'entreprendre ou non son traitement. L'interface IEEE 488 qui est disponible en standard sur le 4035 permet d'automatiser, au gré de l'utilisateur, le traitement du signal.

Le fonctionnement du Bus est différent selon que l'on est en local ou en commande à distance ;

— en local les réglages se font par les commandes du panneau avant et le Bus IEEE 488 ne peut que lire l'état des réglages ;

— en commande à distance les commandes du panneau avant sont hors service, les curseurs disparaissent et l'affichage donne l'état de l'interface ; seules les touches Monocoup et Continu sont utilisables dans les deux modes ; en télécommande, la touche marche/arrêt des curseurs permet de demander le retour en local.

Ses possibilités de l'interface sont définies par le résumé normalisé suivant : SH1, AH1, T5, L4, SR1, RL1, PPO, DC1, DTO.

Pour les utilisateurs qui ne sont pas familiers de cette norme, la signification en est donnée dans le tableau 2.

En d'autres termes, le 4035 peut émettre des commandes pour envoyer et recevoir des données. Ces commandes, terminées par un « CRLF », ont deux formes :

- une forme affirmative qui contient un « = » entre la commande et ses paramètres ;
- une forme interrogative qui ne contient que la commande.

SH1 - Capacité complète à assurer l'émission de messages multilignes.
AH1 - Capacité complète à recevoir des messages multilignes.
T5 - Version complète d'émetteur.
L4 - Capacité à être récepteur sans le mode récepteur seul.
SR1 - Capacité complète à émettre des demandes de service.
RL1 - Capacité à choisir entre deux sources de programmation, local et distance.
PPO - Incapacité de scrutation parallèle.
DC1 - Capacité totale à être initialisé.
DTO - Incapacité à exécuter des opérations sur la réception de « GET ».

Plusieurs commandes sur une même ligne sont séparées par « ; ».

Les demandes de service permettent au 4035 d'émettre vers le contrôleur du Bus des messages (exemple : fin d'acquisition) ou des indications d'erreur (exemple : option inexistante).

Par le Bus, les commandes interrogatives permettent de lire l'ensemble des réglages de l'appareil : sensibilité, vitesse du balayage, mode vertical, mode horizontal, état de l'appareil.

On peut également lire le contenu de l'une des mémoire dans différents formats (binaire, octal, décimal, hexadécimal) et les conditions de fonctionnement lors de la capture, avec la possibilité de limiter la longueur de chaque chaîne de caractères à une valeur prédéterminée (par exemple pour une imprimante) ; il est également possible d'utiliser le protocole standard disponible pour sortir sur une table traçante numérique.

Un certain nombre de commandes affirmatives sont disponibles en mode mémoire numérique lorsque l'on se trouve en commande à distance ; elles permettent de contrôler la base de temps numérique, la vitesse de retranscription et la valeur de prédéclenchement, de choisir le mode vertical, de choisir entre rafraîchi et défilement, de verrouiller la mémoire, armer ou libérer l'oscilloscope ou lancer une retranscription.

On peut également écrire dans l'une ou l'autre des mémoires dans le même format que l'on utilise pour la lecture. On peut aussi envoyer un message sous forme d'une chaîne de caractères ne dépassant pas 16 caractères dans la visualisation alpha-numérique et qui s'inscrira en bas de l'écran.

Seuls, les atténuateurs d'entrée ne sont pas programmables ; le passage en mode normal, les fonctions de verrouillage de chaque voie et de retranscription automatique n'existent pas en commande à distance.

La richesse des possibilités de télécommande permet d'intégrer facilement et efficacement le 4035 dans un système de test sur des chaînes de mise au point mais aussi de l'utiliser en laboratoire couplé à un ordinateur

contrôleur de Bus pour un traitement scientifique des mesures.

Champ d'application du 4035

Ses deux convertisseurs, l'organisation de ses mémoires et ses possibilités de prédéclenchement font du 4035, aux vitesses de balayage rapide, un appareil bien adapté à l'étude des signaux sur les Bus des microprocesseurs 8 bits courants. L'utilisateur n'aura pas besoin d'imaginer comment augmenter la fréquence à laquelle se produit le phénomène qu'il veut étudier ; la simultanéité de l'échantillonnage sur les deux voies garantit la corrélation entre les informations capturées ; la possibilité de conserver un signal dans une mémoire tandis que l'autre est rafraîchie permet de faire facilement apparaître des différences dans des fonctionnements qui devraient être identiques ou au contraire d'observer une amélioration à la suite d'une modification en toute objectivité.

Son séparateur de signaux T.V. et ses deux convertisseurs rapides permettent d'utiliser également l'appareil dans des applications vidéo à la fois en mode conventionnel et en mode mémoire.

Aux vitesses lentes, la visualisation se fait toujours en temps réel ; le 4035 sera idéal dans le domaine médical pour la surveillance des malades ou pour des explorations fonctionnelles ; le chimiste l'utilisera pour suivre l'évolution de réactions lentes.

Son mode perturbographe en fait un auxiliaire efficace dans la recherche des perturbations secteur qui provoquent des pertes d'informations dans les systèmes informatiques.

Enfin cet appareil a été étudié pour être conforme aux normes de sécurité CEI 38 catégorie 1. On remarquera que les amplificateurs d'entrée peuvent supporter une tension de 400 V même sur les gammes les plus sensibles ; ceci évite qu'une erreur malencontreuse dans la position de la sonde sur un circuit en essai ne cause des dommages à l'oscilloscope ou qu'une détérioration interne n'expose l'utilisateur à des tensions dangereuses.

N.L.