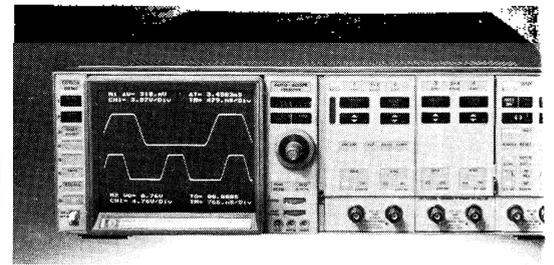
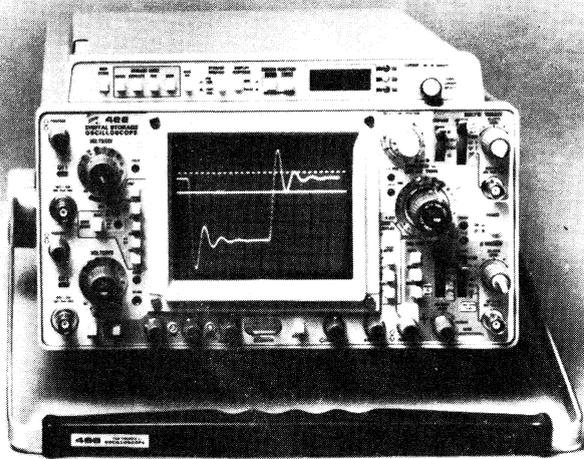
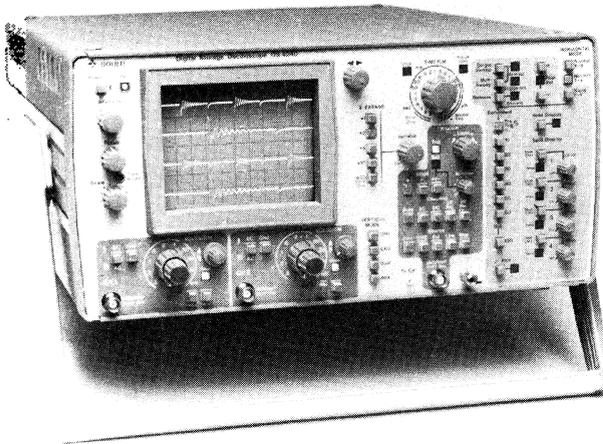


►
Le 468 de Tektronix échantillonne à 25 MHz et dispose de 512 mots mémoire



▲
Le 1980, qualifié d'oscilloscope système Hewlett Packard, représente une évolution de concept classique en oscilloscopie

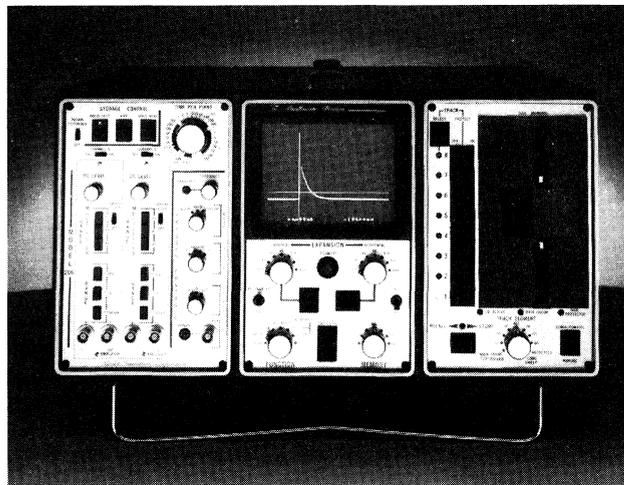


◀
Avec 10 MHz d'échantillonnage et 5 K mots de mémoire, l'OS 4040 est le haut de gamme de Gould.

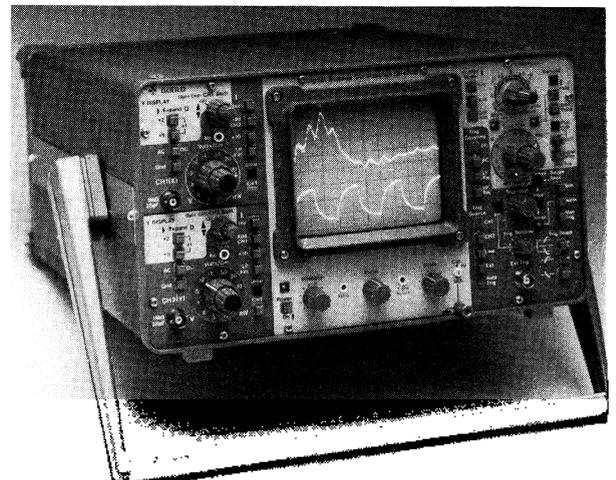
L'oscilloscope numérique : un concept à définir

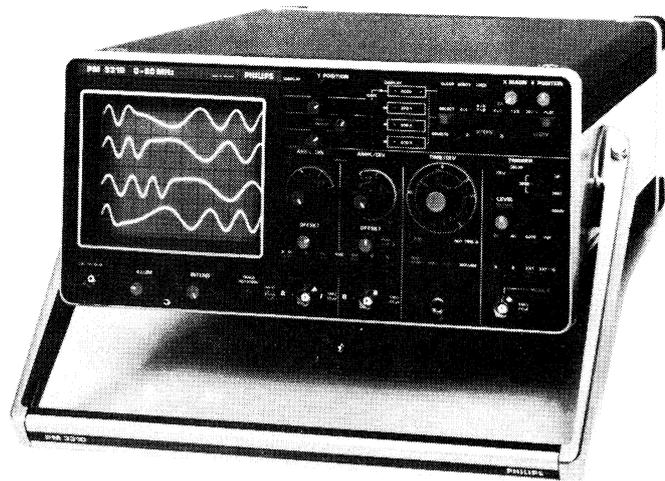
par P. Allias

►
Le 2090 III e de Nicollet se présente sous une forme inhabituelle pour un oscilloscope et dispose de possibilités très étendues.



►
Dernier né de la gamme Gould, l'OS 4200 échantillonne sur 10 bits avec 4 K mots de mémoire





Le PM 3310 de Philips met en œuvre une mémoire analogique CCD permettant un échantillonnage à 50 MHz.

Dans chacune des grandes classes de performances, les oscilloscopes conventionnels ne présentent plus, entre les divers constructeurs, que des différences mineures. Dans le cas de l'oscilloscope à mémoire numérique, il existe à peu près autant de philosophies que de constructeurs, et ceci est très déroutant lorsque l'on doit mettre en œuvre l'un de ces appareils. Le présent numéro regroupe un certain nombre de points de vue sur ce sujet et cet article esquisse une brève synthèse basée sur les réactions les plus marquantes de quelques utilisateurs.

Il existe actuellement un certain nombre de matériels qui permettent le stockage et la visualisation de phénomènes analogiques. Dans une première approche toutefois, beaucoup d'entre eux se classent dans des catégories différentes de celle qui nous paraît être qualifiée d'oscilloscope numérique. C'est en particulier le cas des enregistreurs de transitoires ou bien encore des mémoires numériques séparées.

Selon les critères retenus dans cette étude, seuls 5 constructeurs proposent des matériels nous paraissant mériter le qualificatif d'oscilloscope numérique. Cela ne constitue évidemment pas une mise en cause des qualités et de l'intérêt des matériels mis hors concours, mais plutôt une tentative de définition de ce concept encore mal établi. Donc, les 5 constructeurs sont par ordre alphabétique, *Gould* avec sa série OS 4000, *Hewlett Packard* avec le 1980 équipé de l'option numérisation, *Nicolet* avec les Explorer I, II et III, *Philips* avec le PM 3310 dont on verra prochainement dans nos colonnes la « Fiche Test », et enfin *Tektronix* avec trois modèles très différents, le 468 portable et les 7854 et 5223 à tiroirs.

Le champ d'application de l'oscilloscope numérique est celui des phénomènes uniques, des phénomènes récurrents mais non reproductibles ainsi que des phénomènes à variations lentes ou très lentes. Par rapport aux mémoires analogiques, l'oscilloscope numérique offre

la possibilité d'utiliser un tube conventionnel donc bon marché, la possibilité de fournir la sortie du signal numérisé sur un bus de type BCD, RS 232 C ou IEEE 488. De plus, le temps de mémorisation n'est pas limité et la qualité du tracé est constante.

Les paramètres fondamentaux

Capacité de la mémoire

L'un des intérêts les plus évidents de l'oscilloscope à mémoire est de pouvoir examiner posément le signal enregistré et d'être à même d'observer de façon très fine ses moindres détails. La mémoire numérique, pour peu que sa taille soit suffisante, permet l'expansion horizontale ou verticale après capture. On estime toutefois que la limite d'expansion se situe lorsqu'on ne visualise plus que 10 points par centimètre. La correspondance ci-dessous est donc immédiate puisque les écrans ont une largeur de 10 cm :

Taille mémoire	Expansion maximale utile
256 mots	2,5
512 mots	5
1 024 mots	10
4 096 mots	40
5 120 mots	50

L'effet de loupe est obtenu en plaçant le détail à observer au centre de l'écran avant d'actionner l'expansion. Il est donc impératif de pouvoir

amener tout point de la courbe au centre de l'écran.

En ce qui concerne l'expansion verticale, sa nécessité est liée à la résolution du convertisseur analogique numérique. En effet, 8 bits de résolution sur la totalité de l'écran (en général 8 cm) n'appellent pas de possibilité d'expansion. Par contre, une résolution de 10 ou 12 bits implique un système d'expansion et de cadrage pour tirer le bénéfice maximal de cette performance.

Notons ici un regret, il semble qu'aucun des appareils existants ne permette une visualisation simultanée de la trace complète et de la partie agrandie avec un marquage par surbrillance, comme cela se fait en oscilloscopie classique pour la deuxième base de temps.

Vitesse d'échantillonnage et mémorisation

Les deux éléments limitant la vitesse des oscilloscopes numériques sont le convertisseur analogique-numérique et la mémoire.

Dans le cas du convertisseur, on retrouve l'alternative classique entre vitesse et résolution. L'utilisateur doit, au moment du choix, avoir une idée précise de l'utilisation future envisagée, car un appareil rapide peut parfois perdre beaucoup de son intérêt en basse fréquence. Il est donc conseillé de se faire présenter l'appareil sur la manipulation envisagée en procédant si possible soi-même à la mise en œuvre... Ici,

qui peut le plus ne peut pas forcément le moins...

A titre d'exemple, citons le PM 3310 de Philips qui est actuellement l'appareil le plus rapide du marché. Pour l'observation de phénomènes rapides, il est indéniablement le seul appareil disponible. Par contre, sur des vitesses plus basses, sa faible capacité mémoire (256 mots) le handicape très fortement. Celle-ci est limitée par le principe utilisé, qui fait précéder un convertisseur lent (78 kHz) par une mémoire analogique CCD de 256 éléments dont la vitesse d'acquisition atteint 50 MHz.

L'autre élément de limitation de la vitesse est la mémoire. En effet, compte tenu des temps morts introduits par les cycles de rafraîchissement, les RAM dynamiques à grande capacité sont exclues. Les RAM statiques en MOS ont des temps d'accès compris entre 70 et 250 ns et les mémoires rapides en TTL ou ECL sont de faible capacité, consomment beaucoup et sont assez coûteuses. De plus, si l'oscilloscope doit fournir une visualisation en « temps réel », il est nécessaire de recourir à un entrelacement des cycles d'écriture et de lecture, ce qui divise par deux la vitesse maximale d'accès. Enfin, il faut noter que le seul bénéfice palpable de tous ces sacrifices sera d'obtenir une ou deux positions supplémentaires de base de temps...

Visualisation « temps réel »

Parmi les appareils existants, deux écoles s'affrontent :

— la visualisation en « temps différé » ne modifie l'affichage que lorsqu'une acquisition complète a été effectuée ;

— la visualisation en temps réel modifie l'affichage point par point permettant ainsi un suivi visuel de l'évolution du paramètre mesuré.

Du point de vue de l'utilisation, les rapides manipulations effectuées sur divers appareils mettent en évidence l'agrément d'emploi de la visualisation en « temps réel ». Si l'on prend une opération aussi courante que le réglage du zéro de la trace, celle-ci s'effectue sans même demander une attention particulière dans un « temps réel », alors qu'elle constitue un « sport » nouveau dans un « temps différé »...

Dans ce dernier type d'appareil, il est très difficile de faire des réglages, car leurs actions n'apparaissent qu'à la visualisation suivante. En fait, la boucle de contre-réaction constituée par le couple œil-écran est affectée d'un retard très gênant !

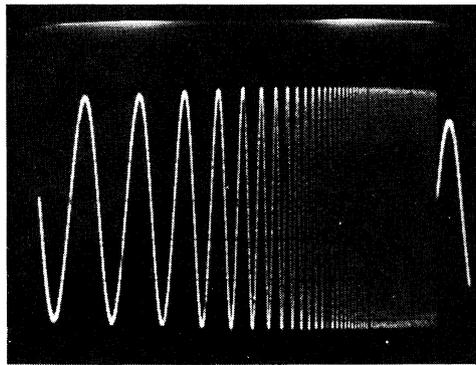


Fig. 1

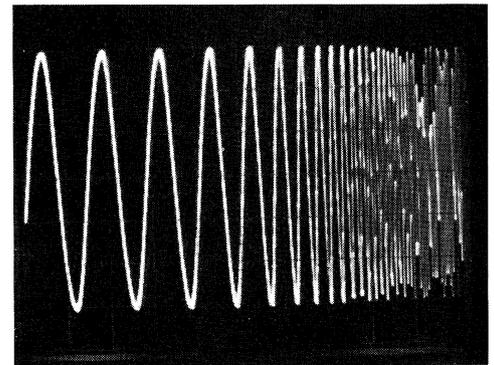


Fig. 4

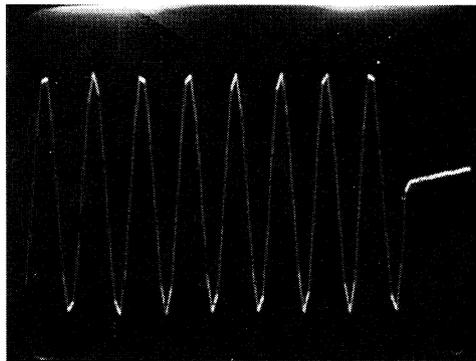


Fig. 2

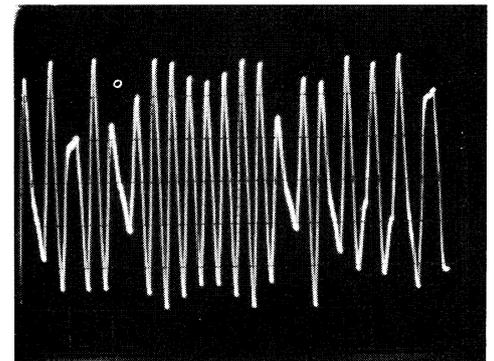


Fig. 5

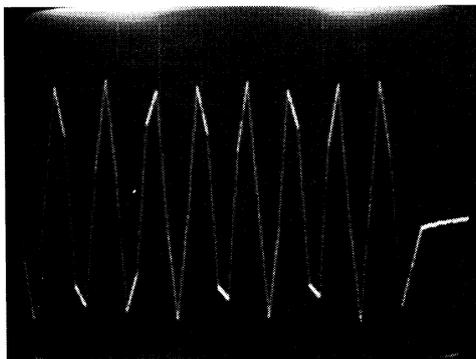


Fig. 3

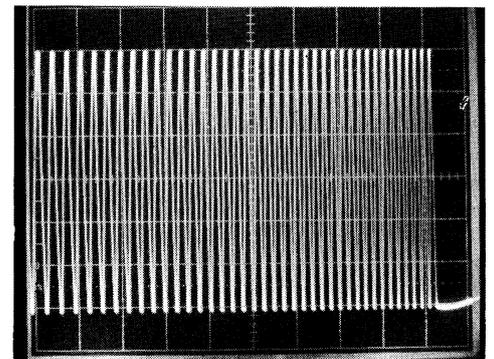


Fig. 6

Il faut enfin remarquer que le mode « temps réel » est différent du mode conventionnel existant sur quelques modèles et permettant de les utiliser en oscilloscopes classiques.

Bande passante utile

Les facteurs, limitant ce paramètre sur un oscilloscope classique, sont essentiellement liés aux amplificateurs d'entrée ainsi qu'au tube cathodique. Dans le cas des oscilloscopes numériques, la limitation vient surtout du nombre de points mémoire dont on dispose pour décrire un cycle du signal à analyser. Si la théorie mathématique affirme que deux points sont suffisants pour définir une sinusoïde, la pratique montre que dix points sont indispensables. En effet, et quelles que soient les possibilités de « lis-

sage » de l'appareil, la compensation par ce biais d'un manque d'information conduit à construire sur l'écran le signal attendu et non pas le signal mesuré. Dans ce cas, aucune possibilité de comparaison à un signal théorique ne subsiste, puisque c'est justement lui qui aura été artificiellement reconstruit.

En fait, le point capital à considérer pour définir la bande passante utile, est que la fréquence d'échantillonnage maximale n'est importante que sur les positions supérieures de la base de temps. Ainsi, si l'on se fixe 10 points par cycle :

$$\text{Bande Passante Utile} = \frac{\text{Fréquence d'échantillonnage réelle}}{10}$$

Avec :

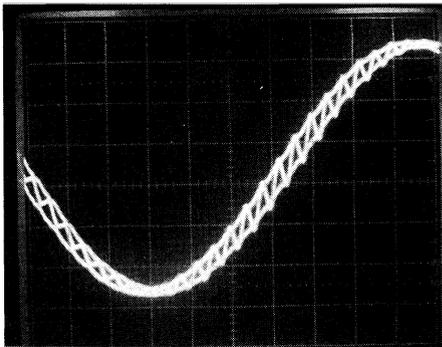


Fig. 7

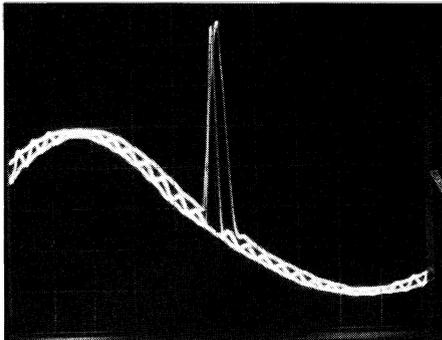


Fig. 8

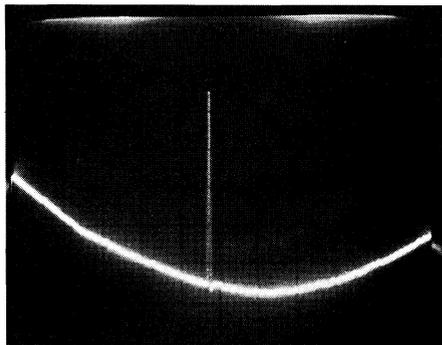


Fig. 9

- 256 points : 25,6 kHz
- 512 points : 51,2 kHz
- 1 024 points : 102,4 kHz
- 4 096 points : 409,6 kHz
- 5 120 points : 512 kHz

Cela montre clairement que les mémoires à grande capacité permettent d'apprécier des détails fins sur des portions significatives du signal.

Temps de montée utile

Selon Tektronix, on peut définir le temps de montée utile comme égal à 160 % de l'intervalle entre deux échantillons. Donc :

$$\text{Temps de montée utile} = 1,6 \frac{\text{Vitesse de balayage/cm}}{\text{Nombre de points/cm}}$$

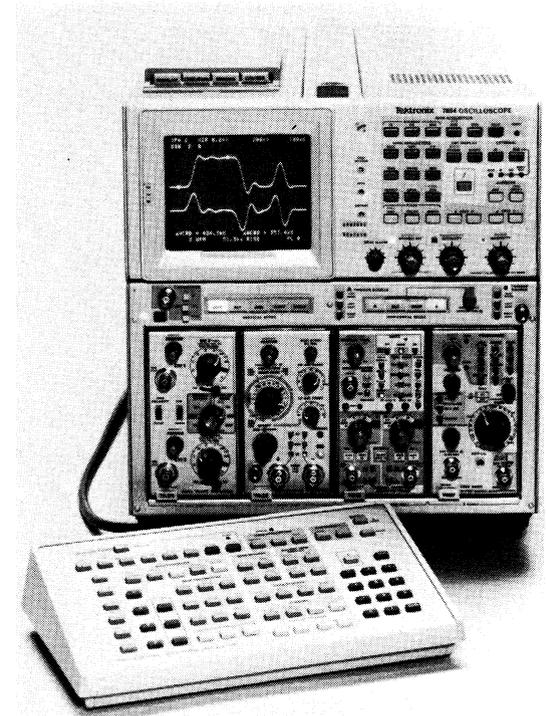
Dans l'exemple ci-dessus :

- 256 points : temps de montée 6,25 μ s
- 512 points : temps de montée 3,12 μ s
- 1024 points : temps de montée 1,56 μ s
- 4096 points : temps de montée 0,39 μ s
- 5120 points : temps de montée 0,312 μ s

Manipulations significatives

Notre propos, dans le présent article, n'est pas d'effectuer une comparaison globale des appareils du marché. En effet, ainsi que nous l'avons déjà signalé, le choix d'un oscilloscope numérique est essentiellement lié à l'utilisation envisagée. Toutefois, un certain nombre de manipulations rapides permettent de mettre en évidence avantages et inconvénients de chaque appareil. Les manipulations comparatives n'ayant eu lieu que sur deux appareils concurrents, nous nous bornerons à effectuer les constatations et à indiquer les conditions de mesure sans pour autant citer les matériels concernés. A chacun de se faire préciser sur cette base les performances réelles de l'appareil, lors des démonstrations effectuées par les ingénieurs technico-commerciaux...

Sur la photo 1, on reconnaît le tracé obtenu par modulation d'un signal sinusoïdal. L'appareil utilisé dispose de 5 K mots de mémoire, la vitesse de balayage est de 200 ms/cm, la fréquence varie linéairement entre 5 Hz et 250 Hz. La photo 2 montre la portion de signal correspondant à la fin du balayage (250 Hz) visualisé avec une expansion horizontale. Le signal, bien que déformé, est encore significatif et cela est dû à l'utilisation des 5 K mots de mémoire. La photo 3 représente le même signal,



Le 7854 de Tektronix dispose de moyen de traitement du signal, mémorise les signaux récurrents jusqu'à 400 MHz en mode « sampling » et fonctionne en conventionnel à 400 MHz.

mais avec une mémorisation sur une portion mémoire réduite à 2 K mots. La déformation induite est assez évidente.

La photo 4 a été prise dans des conditions identiques à la photo 1, à savoir balayage de 5 à 250 Hz, 200 ms/cm. La différence est due à la taille mémoire de l'appareil utilisé qui est ici réduite à 512 mots. La partie droite de la photo 4 montre déjà des déformations suspectes, qui le deviennent encore plus lorsque l'on observe la photo 5, résultat d'une expansion horizontale à 20 ms/cm. Non seulement le signal apparaît très déformé, ce qui serait déjà gênant, mais il est de plus complètement dénaturé puisque le même appareil donne, en mode conventionnel, le résultat figurant sur la photo 6. Le nombre de points insuffisant contraint l'appareil à effectuer des interpolations interdites en supprimant environ une période sur deux. Le point le plus gênant est qu'aucun voyant ne vient témoigner de ce dépassement des possibilités de l'appareil. L'opérateur peut de ce fait, et en toute confiance, commettre des erreurs très importantes.

La photo 7 a été obtenue en utilisant le mode enveloppe sur une sinusoïde de bonne qualité. Le principe employé est un bon exemple du danger de la visualisation de signaux ayant subi un traitement par calcul. Dans ce cas précis, une moitié de la mémoire est affectée aux

$$\text{Fréquence d'échantillonnage réelle} = \frac{\text{Nombre de Points/cm}}{\text{Vitesse de balayage/cm}}$$

$$\text{Donc Bande passante utile} = \frac{\text{Nombre de Points/cm}}{10 \times \text{Vitesse de balayage/cm}}$$

La fréquence d'échantillonnage maximale va donc fixer la valeur de la vitesse de balayage maximale suivant la formule

$$\text{Vitesse de balayage maximale} = \frac{\text{Nombre de points}}{\text{Fréquence de balayage maximale}}$$

Si pour point de comparaison, on choisit une vitesse de balayage de 100 μ s/cm, les bandes passantes utiles sont les suivantes :



VOUS PROPOSE POUR AMELIORER LE RENDEMENT DANS

- Les Convertisseurs DC.DC
- Les Alimentations à découpage
- Les Amplificateurs magnétiques

DES TORES A RUBAN EN "METGLAS®"

Pertes fer réduites à 100 kHz
Induction 1,5 à 1,6 T

Metglas® : marque déposée
par Allied Corporation, pour
les Matériaux Magnétiques
Amorphes.

Agent exclusif :

BFI Electronique

9, RUE YVART - 75015 PARIS

Enquête

« crêtes positives », l'autre aux « crêtes négatives ». Les points de chacun de ces enregistrements sont ensuite reliés entre eux et chacun de ces enregistrements visualisés. Enfin, on comble l'espace resté libre par un « grillage » du plus bel effet esthétique ! On conviendra sans peine que l'utilisation de ce mode nécessite quelques précautions...

La photo 8 représente un signal identique à celui de la photo 7 avec un parasite superposé en expansion par 10. La photo 9 montre le même parasite en mode « détection crête » obtenu suite à une expansion plus forte sur un appareil différent. Celui-ci nous semble quelque peu plus crédible dans ce mode...

Conclusion

Difficiles à formuler, celles-ci ont été exprimées de manière dispersée tout au long de cette étude. En résumé toutefois, il nous semble que l'appareil à naître d'ici quelques années regroupera les caractéristiques de plusieurs des modèles du marché. D'ores et déjà, on peut affirmer qu'il est dommage de se passer de la possibilité des sorties analogiques des signaux X et Y. En effet, outre la copie sur enregistreur X-Y, le mode générateur de fonction permet la génération du phénomène enregistré à l'amplitude et la vitesse choisie. Citons comme exemple d'utilisation, la réalisation de sys-

tèmes de filtrage sur des phénomènes transitoires de recurrence faible et de haute énergie. Après acquisition, il est aisé de répéter, sous une forme à faible énergie, le transitoire considéré et de juger de l'action des dispositifs correctifs.

Les possibilités de traitement du signal, qu'elles soient internes ou externes (bus IEEE, RS 232 C, BCD...), demandent, on l'a vu, une grande prudence, mais elles permettent de réaliser des outils puissants d'un intérêt évident.

La taille mémoire convenable se situe aux alentours des 4 K mots mais une dimension supérieure n'est pas un mal...

Une fréquence d'échantillonnage de 50 MHz n'est pas toujours indispensable mais elle est bien agréable tout de même...

Il semble par contre que la visualisation en « temps différé » n'ait plus, à l'avenir, sa raison d'être car il est technologiquement possible de faire du « temps réel » pour un coût raisonnable.

En fait, toutes les solutions existant aujourd'hui sont des compromis plus ou moins axés sur certaines applications et l'oscilloscope numérique universel et polyvalent est encore dans les cartons des bureaux d'études. Mais quel appareil passionnant cela sera !..

P.A.

Toute l'Electronique

Une grande variété de rubriques :

Pour les schémas et circuits : la **schématèque** et les **Applications et Circuits**.

Pour les produits nouveaux : **Produits du mois** et **Nouveautés de l'industrie**.

Pour les informations générales : le **Panorama**.