

(X) PRATIQUE DE LA MESURE

L'OSCILLOSCOPE

Nous continuons ce mois les mesures de temps commencées dans le précédent article. Nous verrons également d'autres types de mesure.

4. Mesure des temps d'établissement

L'impulsion K provient d'un train de signaux de radiocommande. La photo L montre une séquence complète comportant 8 impulsions. La récurrence du train est voisine de 50 Hz. L'observation K a été faite en balayage B retardé par A (voir articles précédents) :

– D'abord, surbrillance de A par B, comme le montre la photo M, ceci afin de choisir l'impulsion à observer de près.

– Puis passage en balayage B retardé par A, donnant le gros plan de l'impulsion, en l'occurrence la photo K.

Mais nous voudrions mesurer avec plus de précision la durée des flancs de l'impulsion choisie, la photo K, bien que grossie, ne donnant qu'un résultat incertain.

– Plaçons donc la surbrillance de A par B juste sur un front descendant, par exemple. Pour cela, il faut évidemment choisir une vitesse plus rapide de B. C'était $200 \mu\text{s}/\text{div.}$ dans l'observation précédente. Ce sera $50 \mu\text{s}$ pour la photo N.

– Passons maintenant en balayage B, donnant l'oscillogramme O, magnifique gros plan du front à observer.

Mais notons que l'amplitude du signal a été quelque peu retouchée. De l'ordre de 4 divisions en photo K (sensibilité verticale de $2 \text{ V}/\text{div.}$, en mode calibré), nous voici passés à 5 divisions exactement, à l'aide du mode décalibré, gain variable, ceci se retrouvant sur les photos L, M, N et O. De plus, nous avons amené, par la commande de cadrage vertical, les paliers haut et bas exactement sur les lignes 0 % et 100 % du graticule.

Nous sommes maintenant prêt pour la mesure de la durée du flanc descendant. Cette mesure se fait encore par convention, entre les niveaux 10 % et 90 %. D'où l'intérêt de ces repères sur le graticule !

– Amener, par le cadrage horizontal, le flanc à passer exactement par une intersection de la ligne 90 % avec une verticale (voir le repère + de la photo !).

– Repérer ensuite l'autre intersection du flanc avec la ligne 10 %. Autre + sur la photo.

– Compter les subdivisions horizontales séparant les deux repères.

Nous obtenons ici 8 subdivisions. Soit donc une durée normalisée de la descente de $8 \times 50 \mu\text{s} = 400 \mu\text{s}$.

Il va sans dire que cette mesure normalisée ne donne pas, dans le cas de la photo O, la durée réelle de la descente

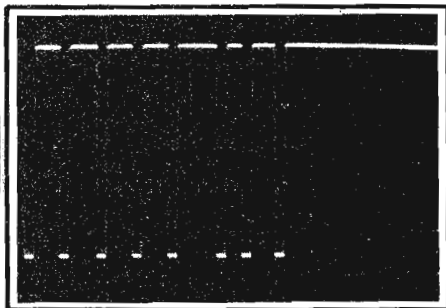


PHOTO L
Séquence complète de laquelle a été extraite l'impulsion précédente.

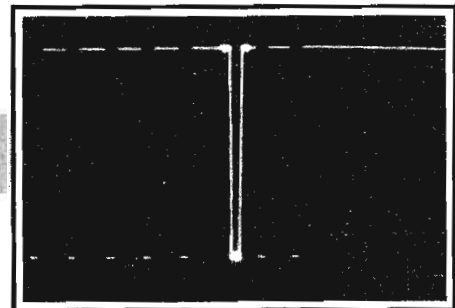


PHOTO M
Surbrillance sur la sixième impulsion de la séquence L.

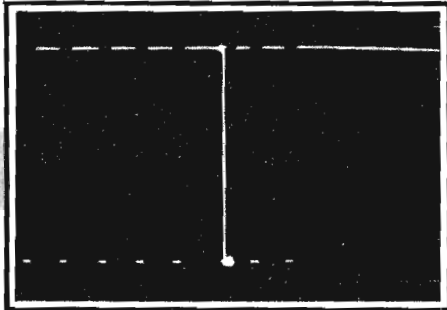


PHOTO N. – Autre surbrillance de la sixième impulsion, avec une durée de la base de temps B moins grande, pour ne mettre en évidence que le front avant.

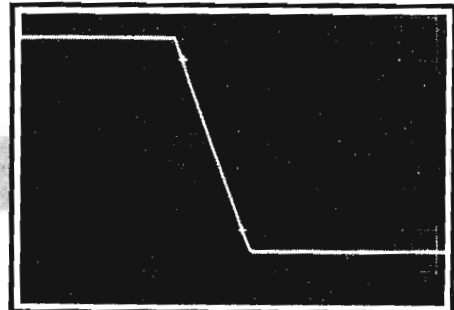
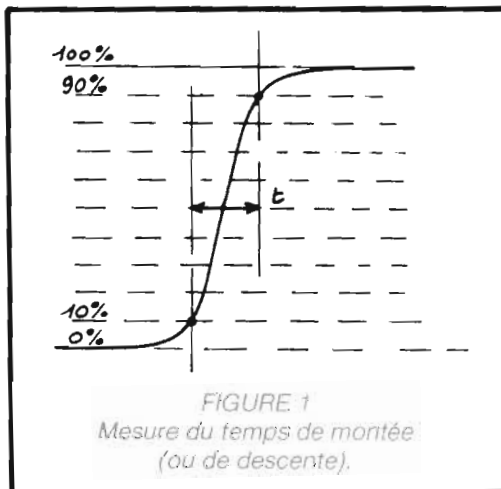


PHOTO O. – Gros plan du front avant de l'impulsion. Noter l'amplitude amenée très exactement sur les lignes 0 % et 100 %. Les + ont été surajoutés pour mettre la durée normalisée en évidence.

complète, celle-ci durant 9 subdivisions, soit $450 \mu\text{s}$! On peut donc se demander la raison de cette curieuse manière de faire, donnant un résultat trop court ! On va vite comprendre en observant les signaux P et Q correspondant cette fois aux flancs montants et descendants du signal rectangulaire de notre générateur de fonctions, à sa fréquence maximale ($\approx 200 \text{ kHz}$).

Cette fois, plus de traits semblant tracés à la règle, comme en O, mais des passages progressifs du niveau haut au niveau bas. Il devient alors très difficile de situer exactement le début d'une transition et sa fin. Selon l'observateur, le résultat sera différent. Pour supprimer cette incertitude, la convention énoncée précédemment a été retenue (voir figure 1).

On appelle temps de montée ou de descente d'un signal la durée séparant le passage au niveau 10 % (ou 90 %)



du passage au niveau 90 % (ou 10 %).

Donc, pour P et Q, même manipulation que pour O.

– Amener l'oscillogramme à 5 divisions d'amplitude verticale, par le jeu du ver-

nier de gain, dont le rôle est ici essentiel.

– Cadrer le signal pour le placer exactement entre les lignes 0 % et 100 %.

– Cadrer horizontalement pour faire passer le front par une intersection 10 % (ou 90 %) avec une verticale tracée du graticule. Cela permet une lecture bien plus facile des subdivisions.

– Déterminer la largeur du front :

- Photo P : 8 subdivisions.

- Photo Q : un peu moins de 8 subdivisions.

L'observation se fait à la vitesse maximale de B, soit $0,1 \mu\text{s}/\text{div.}$ ou $100 \text{ ns}/\text{div.}$ Une subdivision vaut $100/5 = 20 \text{ ns}$. La descente du signal dure donc $8 \times 20 = 160 \text{ ns}$, tandis que la montée dure un peu moins que ce temps, à peu près 150 ns . Signalons que ces signaux sont issus d'un ampli-op de type LM 318 ! Ce n'est pas mal du tout.

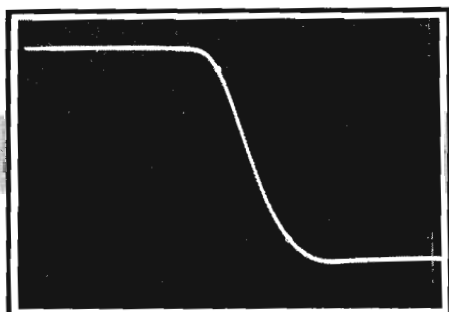


PHOTO P. – Mesure identique sur un signal dont les fronts ont des transitions arrondies. Les repères 0 donnent la durée à mesurer.

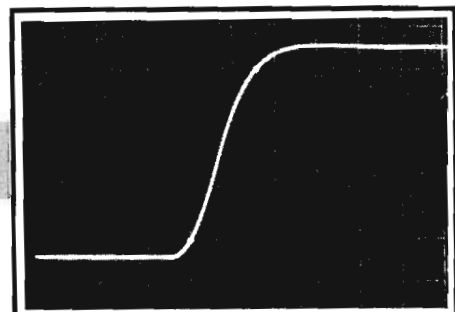


PHOTO Q. – Même mesure sur le front montant du même signal.

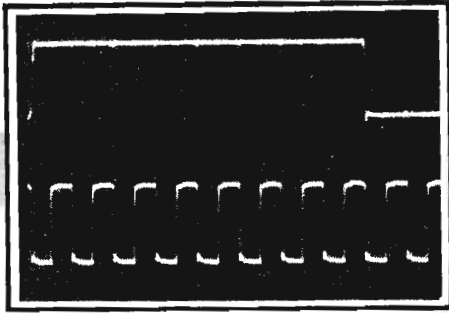


PHOTO R. – Signaux d'attaque (en bas) et de sortie (en haut) d'un diviseur logique. Remarquer le décalage léger entre les fronts sortie/entrée. Remarquer aussi l'amorce de crêneau avant le déclenchement (en bas).

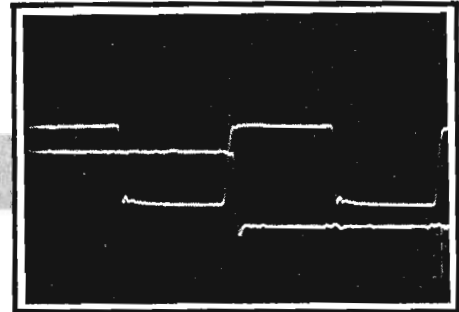


PHOTO S. – Autres signaux logiques mettant en évidence le décalage des fronts.

5. Mesure des retards

Dans les montages d'électronique numérique, non seulement les durées des signaux sont importantes, mais également leurs positions relatives dans le temps sont essentielles. Observons, par exemple, les signaux de la photo R, provenant d'un compteur divisant par 8. Le signal d'attaque (d'horloge) est en bas, celui de sortie en haut. L'horloge est à 2 MHz (balayage à 0,5 μ s par div.). Nous pouvons observer que le compteur bascule sur les fronts descendants du signal d'horloge (l'entrée correspondante est notée C₁).

Une autre remarque importante : la base de temps est déclenchée par le signal 2 MHz, synchro négative. On peut constater que, effectivement, l'oscillogramme démarre sur un front descendant du 2 MHz. Mais en y regardant d'un peu plus près, vous verrez que, outre ce front négatif visible, on voit aussi un fragment du palier haut précédant ce front. Cela devrait vous sembler très bizarre : comment peut-on voir sur l'oscillogramme quelque chose qui s'est passé avant son déclenchement ? Sorcellerie ? Machine à remonter le temps ?

En bien, pas du tout ! En fait, le déclenchement du balayage se fait bien à l'instant réel du front descendant, et même un soupçon de μ s plus tard, rien n'étant instantané. Sans précaution particulière, ce front devrait donc être perdu. Pour éviter cela, une ligne à retard est intercalée dans la voie verticale, entre le point où le signal est prélevé pour être envoyé vers les circuits de synchronisation et les plaques de déviation. Le retard apporté n'est pas

de 900 ns, comme sur un autre Canal qui en donne moins à ceux qui ne veulent pas payer Plus, mais de l'ordre d'une centaine de nanosecondes.

Le signal ainsi retardé parvient aux plaques de déviation après le déclenchement et se trouve alors visible au point ayant provoqué le démarrage du spot (voir figure 2).

Mais revenons à nos signaux. Comparons maintenant les positions des fronts du signal de sortie avec ceux correspondants de l'entrée. Notons le léger retard des premiers sur les seconds : bien visibles à la fois pour le front montant, en début de balayage, et le front descendant, vers la fin.

La photo S donne un exemple du même genre. Le balayage B étant en 100 ns par division, le décalage des fronts peut être estimé à 20 ns. C'est peu, mais bien suffisant pour provoquer des anomalies de fonctionnement (voir

notre article sur les convertisseurs A/D et D/A). Si les deux signaux de la photo S sont additionnés dans une porte Nand, il est bien certain qu'une impulsion parasite apparaîtra à l'occasion du front descendant du signal lent. Il peut s'ensuivre un fonctionnement erratique des circuits tributaires de la sortie de cette porte, s'ils sont très rapides.

Bien d'autres montages électroniques exigent des positions relatives des signaux très précises. Nous pouvons citer par exemple les registres à décalage. De tels registres sont des associations de basculeurs de type D, mis en série. Un basculeur de type D transmet sur ses sorties le niveau de son entrée DATA, sur un front actif du signal d'horloge. Si ce front actif est montant, par exemple, et si, à l'instant de la montée, l'entrée DATA est à 1, alors la sortie Q passe à 1, si elle n'y était pas

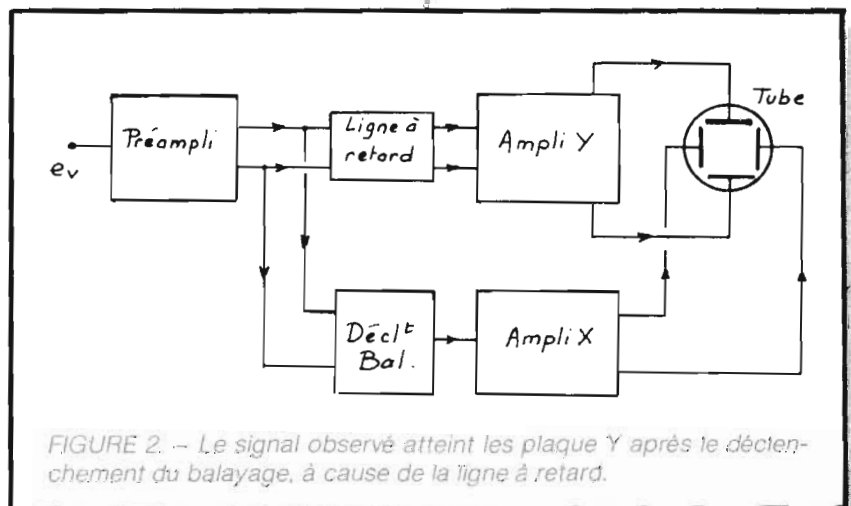


FIGURE 2. – Le signal observé atteint les plaques Y après le déclenchement du balayage, à cause de la ligne à retard.

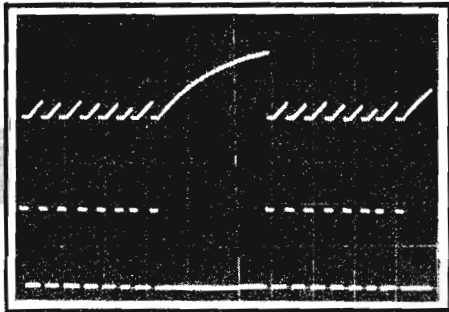


PHOTO T. — En haut, le signal DATA du décodeur RC et, en bas, le signal d'horloge.

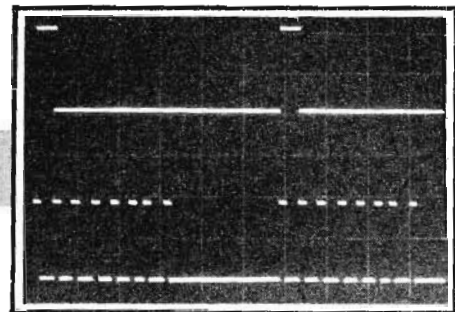


Photo U. — En haut, l'impulsion en sortie de Q₁. En bas, le même signal d'horloge.

déjà. Dans le registre, chaque sortie Q donne le niveau DATA du basculeur suivant (voir figure 4).

Si nous plaçons un 1 sur le DATA initial, ce 1 va passer sur Q₁ au premier coup d'horloge. Il apparaît donc sur le DATA du second basculeur et passe

alors sur Q₂ au second coup d'horloge, sur Q₃ au troisième et ainsi de suite jusqu'à la fin du registre. Le 1 est décalé d'étage en étage à chaque front actif, d'où le nom du système.

Toutefois, pour que les choses se passent bien ainsi, il est indispensable

que le 1 du DATA d'entrée soit bien présent au moment du premier front, et même un soupçon de temps en plus, par mesure de prudence. Il y a donc une question délicate de calage entre le temps des signaux essentiels du registre. Si ce registre présente des anomalies de fonctionnement, si par exemple rien n'apparaît sur les sorties malgré la présence effective de signaux semblant corrects sur DATA et CLOCK, alors pas d'hésitation : il faut tout simplement observer les positions relatives dans le temps !

Pour illustrer ce propos, nous avons utilisé un montage que nous connaissons bien, et pour cause : un décodeur de RC proportionnelle ! Justement, ce décodeur n'est rien d'autre qu'un registre à décalage. La photo T montre le signal d'horloge bien rectangulaire et le signal DATA, quelque peu curieux au royaume de la logique. En fait, ce signal est une intégration du précédent, nécessaire pour distinguer les distances entre impulsions. Si les fronts montants actifs sont très rapprochés, la tension DATA n'a pas le temps de monter au-dessus du seuil de transition 0/1, et elle vaut 0. Rien ne passe en sortie du registre. En revanche, s'il s'écoule entre deux fronts consécutifs un temps suffisant, cette tension « crève » le seuil de transition et vaut 1, ce qui, au coup d'horloge suivant, donne un 1 en sortie. C'est justement ce que nous montre la photo U du même signal d'horloge et de la sortie Q₁ du registre. La tension DATA retombant immédiatement à 0, après le front responsable, c'est une impulsion rectangulaire qui est ici visible.

Bien sûr, nous pourrions multiplier les exemples et parler longuement

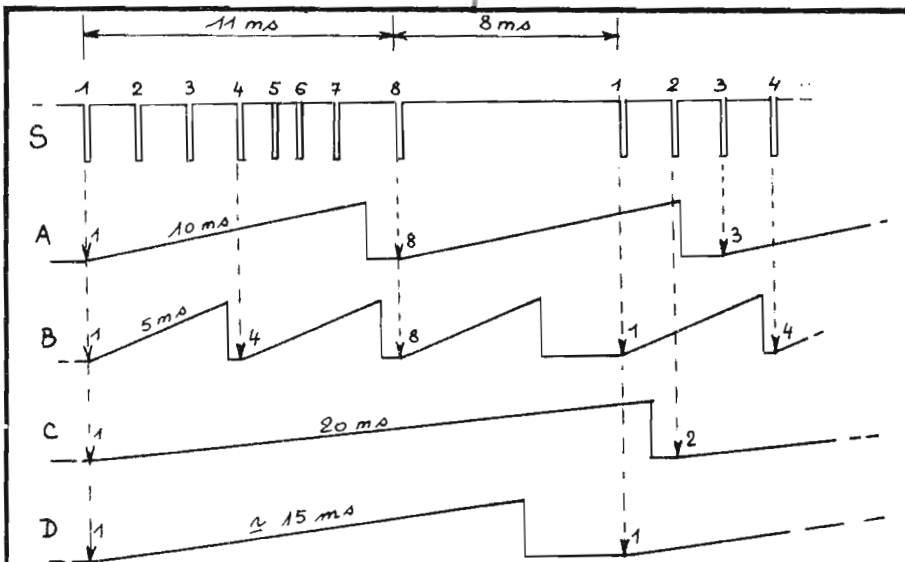


FIGURE 3. — A : 1 ms/div. → mauvais déclenchements par 8 et 3...
 B : 0,5 ms/div. → mauvais déclenchements par 4 et 8...
 C : 2 ms/div. → mauvais déclenchements par 2 et 2...
 D : Décalibré → déclenchement toujours par 1.

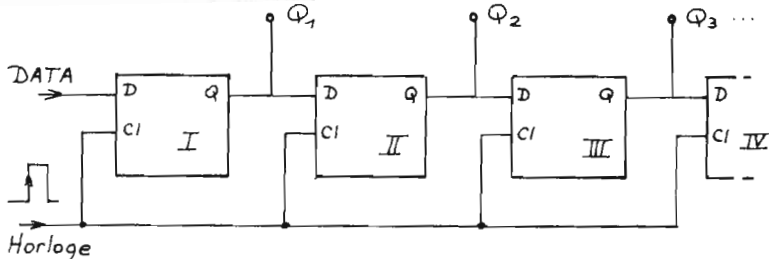


FIGURE 4. — Registre à décalage.

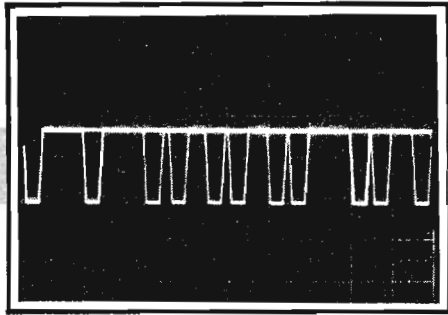


PHOTO V. – Train d'impulsions RC observé en vitesse calibrée de 1 ms/div.

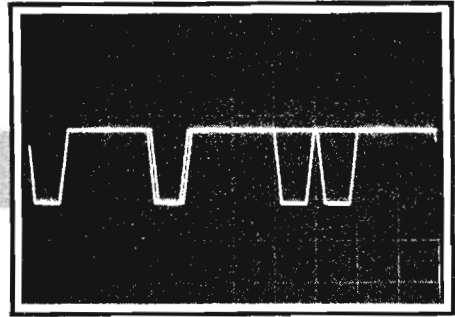


PHOTO W. – Même train en vitesse calibrée de 0,5 ms/div. Toujours un affreux mélange !

d'autres circuits exigeant les mêmes calages respectifs dans le temps pour fonctionner correctement. Par exemple, les circuits mémoires pour lesquels les constructeurs donnent toujours les chronogrammes de fonctionnement, mot qui indique bien l'importance de ces notions.

L'oscilloscope à double trace s'avère pour tous ces montages un auxiliaire absolument indispensable.

VIII. Autres mesures

1. Décalibrage du balayage

Nous avons eu l'occasion d'étudier plusieurs cas pour lesquels le décalibrage du gain vertical a été fort utile (superposition des signaux des deux voies, réglage d'amplitude entre 0 % et 100 %...). Mais pourquoi décalibrer la vitesse du balayage, lui faisant ainsi perdre sa précision ?

En mode calibré, le passage d'une vitesse à sa voisine suit la progression 1, 2, 5, nous l'avons vu. Ce passage brutal d'une valeur à l'autre peut être excessif. Nous allons montrer deux exemples.

Reprenons notre train d'impulsions type RC et admettons un instant qu'il présente les durées illustrées en figure 3. Essayons d'observer ce signal à l'oscilloscope pour mesurer avec précision les intervalles entre impulsions.

Essayons en vitesse 1 ms/div., ce qui fait durer le balayage 10 ms. Le premier de ces balayages, supposé déclenché par la première impulsion du train, nous montre les sept premières impulsions (voir la figure 3). Mais le second balayage est déclenché par la huitième impulsion et donne, par conséquent, une image différente de la première, et ainsi de suite. Le résultat visuel est très fâcheux et difficilement interprétable (voir photo V).

Essayons maintenant en vitesse

0,5 ms/div., réduisant la durée de balayage à 5 ms. Le résultat est pire encore (voir figure 3 et photo W).

Essayons enfin en vitesse 2 ms/div., soit avec balayage de 20 ms. C'est la panique totale ! (voir photo X) !

Faut-il donc déclarer forfait ? Certes non ! Revenons en vitesse 1 ms/div. Décalibrons en passant en mode VARIABLE pour allonger la durée du balayage juste assez pour qu'il excède un peu la durée des huit impulsions.

C'est le miracle (voir la photo L prise dans ces conditions) ! La stabilité est revenue. Oui... mais ! Et nos mesures de durées ? Comment les faire, puisque le balayage est décalibré ? C'est effectivement vrai pour le balayage A qui nous sert en ce moment, mais pas pour le balayage B. Alors, passons en surbrillance de A par B, en plaçant ce dernier sur 0,5 ms/div., par exemple (voir photo Y). Ceci afin de savoir ce que nous verrons ensuite. Passons en mode B retardé par A. Puisque nous

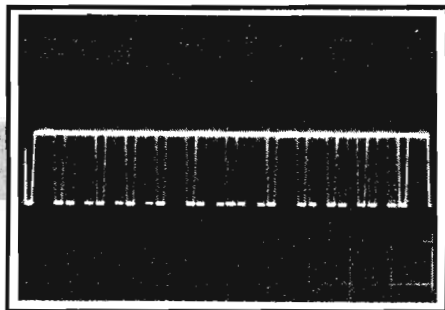


PHOTO X. – A la vitesse de 2 ms/div., on ne peut pas dire que c'est mieux !

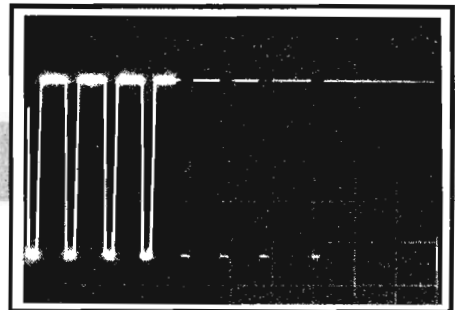


PHOTO Y. – Le train d'impulsions devient correct en vitesse décalibrée. Pour des mesures précises, surbrillons les impulsions à observer.

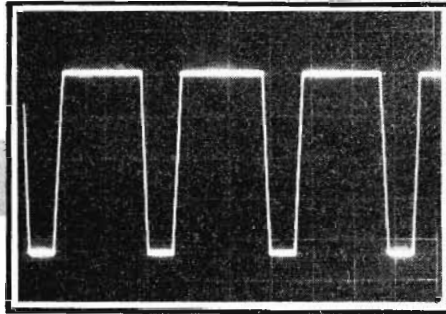


PHOTO Z. – Les impulsions surbrillées sont maintenant bien stables en mode « B retardé par A ». B étant calibré, les mesures précises sont possibles.

avons surbrillé les quatre premières impulsions, ce sont elles que nous voyons maintenant en photo Z. Il reste à faire les mesures de temps envisagées, car B est bien en mode calibré.

Sans l'intermédiaire du décalibrage de A, nous ne serions pas parvenus à nos fins. Maintenant, il suffit de jouer sur le réglage de RETARD de B pour observer tout à loisir le train complet d'impulsions, par tranches de quatre.

Un deuxième exemple d'oscillogramme très difficile à synchroniser : celui de la photo AA, correspondant aux salves 10/10 de notre générateur de fonctions. La photo AB montre ce que l'on obtient souvent en mode calibré, puis le résultat en décalibrant la voie X. L'explication est évidemment la même que ci-dessus. Pour un examen correct, il faut que la durée du balayage soit un peu supérieure à celle d'une salve, de manière que ce soit toujours

la première sinusoïde qui assure le déclenchement.

Une très grosse difficulté du dépannage des ordinateurs est justement le fait qu'ils véhiculent constamment des signaux à caractère évolutif. Un peu comme notre signal RC, mais pire encore puisque la répartition des impulsions n'est pratiquement jamais la même dans le déroulement d'une séquence programmée. Il est alors impossible de synchroniser quoi que ce soit, et on n'observe que des images à instabilité totale, à l'exclusion des signaux élémentaires d'horloge, par exemple, bien sûr ! On doit donc souvent se contenter de savoir s'il y a signal en tel point ou pas. C'est déjà un renseignement pouvant indiquer que telle porte ou tel buffer de bus sont actifs... ou claqués. On peut aussi voir si les amplitudes sont aux normes TTL. Mais on ne va pas aller au-delà. Pour travailler dans ces monstres, il faut un analyseur

logique dont le principe est assez simple : la ligne sous test, ou plus souvent les huit ou seize lignes sous test (cas des bus d'adresses, de données ou de commandes) sont reliées aux entrées du bloc « mémoire » de l'analyseur. On met alors en mémoire dans l'appareil les états des lignes pendant un temps T correspondant à une phase de fonctionnement. Puis les entrées d'un oscilloscope interne, à 8 ou même à 16 voies (on est loin du double trace), sont reliées aux sorties du bloc mémoire. Il suffit maintenant de relire « tranquillement » le contenu de cette mémoire, en bloc ou tranche par tranche, vite ou lentement. On peut alors voir ce qui se passe sur chaque ligne et comprendre les raisons d'une anomalie éventuelle.

L'analyseur logique pourrait faire l'objet d'une belle réalisation.

Qu'en pensez-vous ?

F. THOBOIS

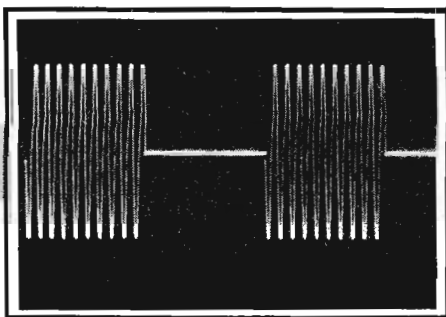


PHOTO AA. – Voici un train de signaux BF, type Tone-Burst, très difficile à observer en vitesse calibrée.

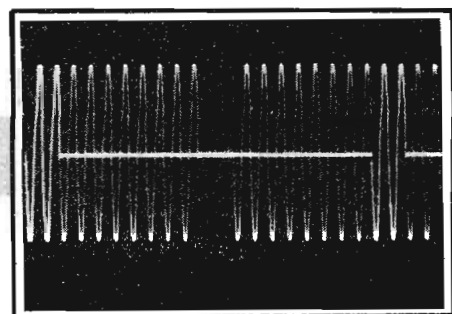


PHOTO AB. – Et voilà justement ce que le mode calibré montre souvent !