NP/Int. 68-19

Mars, 1968

Un Nouveau Type de Limiteur Rapide
avec Correcteur de Délai.

A. LOOTEN CERN Genève.

SOMMAIRE

Nous décrivons ici une nouvelle méthode pour corriger les variations de délai introduits dans les circuits non-linéaires, par des signaux de montée constant, mais d'amplitudes différentes.

Ce limiteur reste simple, les variations du temps de transit sont de l'ordre de 200 ps, pour des signaux de photomultiplicateur variant de 3 à 50 volts. La fréquence de répétition dépasse 150 Mc/s, de plus ce circuit n'étant pas régénératif, il n'introduit pas de temps mort. Les déclenchements multiples sont impossibles. La largeur minimum des signaux de sortie sans perte d'amplitude est de 3 ns.

PRINCIPE

La distortion en temps ou variation du temps de transit que subissent des signaux d'amplitudes variables dans les circuits à seuil tels que discriminateurs et limiteurs, a toujours été un problème qui suscita des travaux théoriques et pratiques de la part des physiciens et des électroniciens.

Qu'ils soient destinés à un convertisseur Temps-Amplitude ou à un circuit de coïncidence, les signaux du Photo-Multiplicateur (P.M) doivent être identiques en amplitude et en durée, c'est cette dernière condition qui est la plus difficile à obtenir. Il existe deux méthodes de base pour restituer cette information temporelle, soit avec le front avant de l'impulsion (Réf. : 1 à 7), soit avec son centre de gravité par simple ou double différentiation (Réf. : 8 à 17).

Certains font la correction au niveau du convertisseur Temps-Amplitude (Réf. : 18 à 22). Pour avoir la distortion en temps minimum les circuits deviennent compliqués et lents et ceux qui utilisent des détecteurs de zéro par monostables sensibles et rapides sont sujets aux déclenchements multiples, car les impulsions après passage dans les différents connecteurs, cables et boites de délai sont souvent entachées de réflexions.

En vue d'éliminer ces effets indésirables et d'obtenir une bonne correction dès la sortie du PM, nous avons développé un limiteur entièrement à semi-conducteurs capable de distribuer l'impulsion corrigée et à niveau logique, aux différents circuits d'une Electronique de Physique expérimentale et ceci avec un délai court. Le signal anodique du PM est traité dès l'entrée par deux canaux distincts (Fig. 1). Le premier, limite l'amplitude du signal, puis l'inverse; le second le différentie, l'amplitude reste fonction du signal d'entrée, c'est ce signal qui effectuera la correction.

Les signaux provenant des deux canaux sont ensuite mélangés avec une amplitude et un retard convenables, la figure 2 illustre ces transformations, dès ce moment, la correction est réalisée, les étages de sortie sont classiques. On peut, soit prévoir des étages amplificateurs de tension et de courant pour avoir une version limiteur, soit attaquer directement un monostable rapide et avoir ainsi un déclencheur avec temps de transit

constant. Nous ne décrirons cependant que la version limiteur dont le schéma est donné par la figure 3.

Circuits d'entrée.

1) Circuit Limiteur, il est classique et utilise deux transistors T1 et T2 au silicium et complémentaires, quand une impulsion à l'entrée atteint une amplitude suffisante pour couper le courant fixe qui passait dans T1, c'est T2 qui était juste au seuil de conduction, qui transfère ce courant fixe dans la charge choisie. Un cable coaxial de 125 Ohms retarde suffisamment l'impulsion limitée avant son mélange avec l'impulsion de correction dans T4.

2) Circuit Différentiateur, il n'utilise qu'un seul transistor T3, celui-ci est toujours conducteur, son collecteur est chargé par une inductance convenablement amortie, pour une valeur de celle-ci fonction du temps de montée de l'impulsion d'entrée, on aura à ses bornes des signaux de largeur fixe, dont l'amplitude pourra être facilement ajustée par la résistance en série dans l'émetteur de T3, cette inductance compense aussi les capacités qui existent sur le collecteur de T4.

Les réseaux d'entrée de ces deux circuits sont calculés pour adapter convenablement le cable coaxial d'arrivée.

Circuit de Mélange et de Correction.

Il utilise la paire de transistors T4, T5, mais la fonction essentielle est assurée par T4 qui inverse le signal limité, ce transistor conduit au repos une partie du courant circulant dans la charge commune des émetteurs, ce partage est ajusté par la base de T5. Le transistor T4 est coupé complètement par l'impulsion limitée qui est envoyée sur sa base,

sa charge collecteur est constituée par une résistance en série avec l'inductance déjà utilisée pour différentier le signal d'entrée, les courants de T3 et T4 sont donc mélangés au niveau de cette inductance, mais le signal corrigé est recueilli directement sur le collecteur de T4 puis envoyé sur les étages de sortie, la figure 4 montre les différents signaux présents dans cet étage. Le fait de ne pas utiliser de circuits régénératifs, oblige à utiliser des transistors ayant des caractéristiques de commutation excellentes, si l'on veut des temps de montée et de descente compatibles avec la rapidité que l'on exige du circuit, plus de 100 Mc/s.

Circuits de Sortie.

Ils comprennent les transistors T6 à T12, la diode 26 empêche la partie négative du signal corrigé sur T4, de perturber la paire T6 et T7, qui égalise le sommet de l'impulsion. Les transistors T8 et T9 montés en émetteurs suiveurs complémentaires, permettent d'attaquer sous basse impédance les étages de sortie proprement dits, T10, T11, T12. Sur le collecteur de T11 on dispose d'une sortie logique complémentaire. Le circuit est complètement couplé en courant continu. Les transistors T10 à T12 sont placés près du panneau avant, il n'y a pas de câble de liaison et il n'est donc pas nécessaire de terminer les sorties non utilisées. Deux connecteurs sont branchés sur chaque sortie et l'on dispose ainsi de deux fois 14 mA avec un temps de montée de 1.5 ns, on peut aussi utiliser une sortie pour connecter un câble coaxial court-circuité et obtenir ainsi des impulsions standardisées aussi en durée.

Les constantes de temps R.C qui sont en parallèle sur les collecteurs sont ajustées pour éliminer les rebondissements sur la partie supérieure du front avant des signaux de sortie, les deux diodes en série entre chaque collecteur et la masse limitent à 1,4 Volt l'amplitude des signaux

quand les charges sont supérieures à 50 Ohms.

Les transistors T13 et T14 sont des circuits auxiliaires qui permettent d'ajuster sous faible impédance la tension base de T1, et les tensions sur les collecteurs de T3 et T4.

Les connexions de masse du cable d'entrée sont particulièrement soignées pour éviter l'apparition de signaux parasites sur les sorties.

La dynamique de limitation s'étend de 20 mA jusqu'à 500 mA. Une diode rapide D2 placée entre l'émetteur de T1 et la masse protège le circuit pour signaux d'entrée dépassant 50 Volts.

Résultats.

La variation du temps de transit des signaux limités, en fonction des amplitudes différentes à l'entrée, est donnée par le graphique figure 5, les photos 6 et 7 illustrent ces performances. Il faut noter que la courbe du graphique figure 5 représente les variations du sommet de l'impulsion limitée et non les variations du point de croisement situé à peu près au milieu du front avant, il serait avantageux de choisir cette zone pour déclencher un monostable.

A partir d'une certaine amplitude à l'entrée, 10 V, le temps de transit dans le limiteur ne varie plus.

Suivant le calage de l'impulsion limitée par rapport à celle de correction, on peut obtenir un effet inverse, les impulsions dont l'amplitude est grande, se trouvent retardées, ceci peut être intéressant pour des cas spéciaux. Le réglage

fin du calage est effectué électroniquement par variation du potentiel de base de T1, entre 0 et 50 mV.

Les figures 8 à 13, montrent les signaux de sortie pour différentes charges, et pour des impulsions d'amplitudes décroissantes à l'entrée.

Ce type de limiteur a été construit en version double, dans une mécanique standard N.I.M.- 2 Unités. Une pré-série de 12 tiroirs a donné satisfaction à l'usage dans des expériences au P.S et au S.C.

La figure 14 A montre le schéma de principe des mesures, le générateur d'impulsions H.T délivre des impulsions de 1 KV sous 50 Ohms et de 2 ns de large, qui attaquent une lampe à atmosphère d'hydrogène et à diélectrique au titanate de barium, ce type de générateur de lumière brève fluctue au maximum d'environ 200 ps.

Cette lampe éclaire le P.M, par l'intermédiaire d'un atténuateur optique variable constitué par deux lames de polaroid qui peuvent se croiser et dont les positions sont repérées. L'impulsion de déclenchement donnée par le générateur H.T, est synchrone avec celle qui attaque la lampe, il n'y a pas de fluctuations à ce niveau.

L'oscillographe est du type à échantillonnage TEK. 3T2 + 3S1, le tube cathodique est à mémoire, ce qui facilite beaucoup la mise au point.

Certains ayant mentionné des variations de temps de transit à l'intérieur même du P.M, en fonction de l'éclairement de la photo-cathode, nous avons été conduit à chiffrer ces variations. Cette mesure a été menée avec la collaboration de Monsieur P. Macq*.

Le résultat donné par cette mesure est que pour une charge fixe sur l'anode du P.M, il n'y a pas de variations du front avant qui soient fonction de l'intensité lumineuse.

Par contre il fut constaté que la position du front avant changeait avec la valeur de la charge résistive sur l'anode ce qui explique certains faits jusqu'à maintenant mal interprétés.

La figure 14 b schématise le montage utilisé et les figures 15 a et b montrent l'ordre de grandeur et le sens de ces variations, nous ferons ultérieurement une publication sur cette constatation.

Des essais sont en cours pour abaisser le seuil de limitation, et pour utiliser un autre type de limiteur à l'entrée.

Depuis juillet 1967, date de sa mise au point, et novembre 1967, date de son utilisation dans des expériences de physique, des travaux intéressants furent publiés et sont très proches du nôtre, réf. 23,24,25.

Il faut noter que les analyses de forme d'onde effectuées antérieurement par d'autres auteurs, ne sont pas compatibles avec nos résultats expérimentaux. Une analyse plus correcte est en cours.

Je tiens à remercier Monsieur J. Dufournaud** pour les idées et les discussions fructueuses qui furent à la base de ce travail, ainsi que Monsieur W. Huta pour la réalisation concrète de l'appareil.

* Professeur à l'Université de Louvain

** Institut du Radium Orsay.

REFERENCES

- 1) P.C. Simms, Nuc. Inst. Meth. 32 (1961) 894.
- 2) O. Aspelund, " 23 (1963) 1.
- 3) J. Bell S.J. Tao et J.H. Green,
Nuc. Inst. Meth. 35 (1965) 213, 36 (1965) 320.
- 4) L. Dick, CERN à publier. (1959).
- 5) R. Fullwood, Nuc. Inst. Meth. 31 (1960) 1186.
- 6) J. Grundberg L. Tepper, I.E.E.E. Trans NS 13 (1966) 389.
- 7) Johansson, Nuc. Inst. Meth. 1(1957)274, (1960)201,
- 8) W. Gruhle, Nuc. Inst. Meth. 4 (1959) 112.
- 9) H. Brafman, Nuc. Inst. Meth. 34 (1965) 239.
- 10) J.K. Wittaker, I.E.E.E. Trans NS 13 (1966) 399.
- 11) B.M. Schafner E.F. Schrader, I.E.E.E. Trans NS 13 (1966) 394.
- 12) D.L. Wieber H.W. Lefevere, I.E.E.E. Trans NS 13 (1966) 406.
- 13) P.R. Orman , Nuc. Inst. Meth. 21 (1963) 121.
- 14) E. Gatti, Symp. Elec. Nuc. Paris (1958).
- 15) R. Conrad, Nuc. Inst. Meth. 48 (1967) 229.
- 16) H. Verweij, Rapport CERN (1965) 2.
- 17) H. Jung M. Brulhman D. Meier, Nuc. Inst. Meth. 32 (1965)109.
- 18) R. Bell M. Jorgensen, Can J. Phys. 38 (1960) 652.
- 19) J.L. Rodda J.E. Griffin et M.G. Stewart,
Nuc. Inst. Meth. 23 (1963) 137.
- 20) A. Scharzwild, Nuc. Inst. Meth. 21 (1963) 1.
- 21) F.H.H. Hsu C.S. Wu, Phy. Rev. Let. 18 (1967) 889.
- 22) P. Thieberger, Nuc. Inst. Meth. 44 (1966) 349.
- 23) A. Barna B. Richter, Nuc. Inst. Meth. 59 (1968) 141.
- 24) D.A. Gedcke W.J. Mc Donald,
Nuc. Inst. Meth. 55 (1967) 377, 58 (1968) 253.
- 25) A. Ogata S.J. Tao et J.H. Green
Nuc. Inst. Meth. 60 (1968) 141.

FIG. 1

SCHEMA SYNOPTIQUE DU LIMITEUR

CERN-NP
N 2626-6A4
21.5.68 Schwall

FIG. 2

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

1912

NOTE: All comp. BNC Section
 C16 to be adjusted during test procedure
 C16
 All resistors 5% - 1/4W unless specified

DESIGNER: J.A. LOOTEN

CIRCUIT DIAGRAM
 TWO-FOLD LIMITER WITH DELAY COMPENSATION -
 TYPE: N2626

THIS DRAWING WAS NOT RE-USED FOR
 CONNECTION PURPOSES
 CE 2004-01-01
 A REVISION TO THE
 ORIGINAL DRAWING

CERN - NO GENIEVE
 N2626 - 2A1
 14-4-58 8-0-0

 

FIG. 5 DÉLAI EN FONCTION DE L'AMPLITUDE A L'ENTRÉE

CERN-NP
N 2626-4 A3
17.5.68 Schwall

EXPLICATIONS DES FIGURES

Fig. 4 Haut : Signal corrigé du collecteur de T4
Milieu : Signal de correction du Col. de T3
Bas : Signal non corrigé du limiteur T1, T2
0.5 V/cm 2 ns/cm. Avec générateur H.P. 215 A.

Fig. 6 Signaux à l'entrée du limiteur P.M. 56 AVP.
5 V/cm 2 ns/cm.

Fig. 7 Signaux de sortie limités, détail du front
avant il y a 5 traces sur ce cliché, corres-
pondant à des amplitudes d'entrée de -30 à
3 Volts. P.M. 56 AVP.
200 mV/cm 500 ps/cm.

Fig. 8a Signaux de sortie normal et complémentaire
avec générateur H.P. 215 A.
1 ns/cm 200 mV/cm.

Fig. 8b Signaux de sortie.
avec H.P. 215 A.
5 ns/cm 200 mV/cm.

 

Fig. 9 Impulsions de sortie avec cable court-circuité. Avec Générateur H.P. 215 A
1 ns/cm 200 mV/cm.

Fig. 10 Impulsions de sortie avec signaux P.M. 56 AVP.
5 ns/cm 200 mV/cm.

Fig. 11 Impulsions de sortie pour différentes amplitudes du signal d'entrée avec P.M. 56 AVP
haut : - 50 V Bas : - 40 V.
5 ns/cm 200 mV/cm

Fig. 12 Haut : - 30 V. Bas : -15 V.
5 ns/cm 200 mV/cm.

Fig. 13 Haut : - 7 V. Bas : -3,5 V.
5 ns/cm 200 mV/cm.

FIG. 14a

FIG. 14b

SCHEMA DE PRINCIPE DES MESURES

CERN -NP
N 2626-5 A4

17.5.68, Schmall

FIG. 15a

FIG. 15b

VARIATIONS DU FRONT AVANT
EN FONCTION DE LA CHARGE

CERN-NP
N 2626-7A4

22.5.68 Schnell

REAR PANEL

Conn. M
Type AM-P 202394-2

DESIGNER : A. LOOTEN

CERN-NP, GENEVE	VIEW OF FRONT AND REAR PANEL TWO-FOLD LIMITER WITH DELAY COMPENSATION TYPE : N2626
N2626-1A3 22.5.68 <i>ff</i>

FRONT PANEL

 