CIRCUITS RAPIDES UTILISANT DES TRANSISTORS EN RÉGIME D'AVALANCHE

G. METZGER, F. SCHMITT, M. RIEDINGER, J. GRESSER et G. SUTTER,

Institut de Recherches Nucléaires, Strasbourg.

Résumé. — On décrit trois applications typiques des transistors en avalanche : *i*) trigger : sensibilité 100 mV, délai 3 ns, amplitude de quelques volts à une centaine, temps de montée nanoseconde ; *ii*) circuit de coïncidences : résolution nanoseconde ; *iii*) générateur HT déclenché : 3,6 kV, délai 10 ns, temps de montée 10 ns.

Abstract. — This paper describes fast circuits using transistors in the avalanche mode : *i*) trigger : sensitivity 10 mV, delay 3 ns, nanosecond risetime, amplitudes from a few volts to about hundred volts ; *ii*) coincidence circuit : nanosecond resolving time ; *iii*) high voltage generator : 3.6 kV, delay 10 ns, risetime 10 ns.

I. Introduction. — L'utilisation des transistors en régime d'avalanche permet, dans des montages simples, l'obtention de caractéristiques intéressantes en délai, temps de montée, amplitude [1, 2]. Ces points sont essentiels dans les circuits de déclenchement des chambres à étincelles, ce qui nous a amenés à faire une étude de ce type de transistors.

II. Circuits réalisés. — II.1. TRIGGER (*fig. 1*). — On remarque en particulier l'alimentation à courant

FIG. 1. — Schéma du trigger de base.

constant dans le collecteur du transistor. Le trigger représenté est à câble, la sortie pouvant se faire soit sur R_L insérée au point d (< 0), soit sur R_L insérée entre a et b (> 0). L'impulsion de sortie sera rectangulaire si $R_L + R_i = Z_c$ (R_i = résistance interne du transistor en avalanche) et de durée imposée par la longueur du câble [3]. La forme observée permet

d'ailleurs la détermination de cette résistance interne (quelques ohms). En intercalant entre c et d une capacité C , on obtient la variante classique pour produire des impulsions exponentielles. La fréquence de répétition maximale est alors :

$$f_{\text{rép. max.}} = 1/R_c C \log \frac{E_{cc}}{E_{cc} - V_{CF}}$$

V_{CF} étant la tension collecteur au point de fonctionnement, c'est-à-dire la tension de claquage V_{CBO} . L'amplitude de sortie est donnée par :

$$V_{e_0} = \frac{V_{CF} R_L C}{R_L C - \tau_{\text{aval}}} \left(\exp \frac{-t}{R_L C} - \exp \frac{t}{\tau_{\text{aval}}} \right)$$

τ_{aval} étant la constante de temps de l'avalanche (≈ 1 ns). Les autres caractéristiques de l'impulsion de sortie se déduisent de cette formule. La sensibilité du montage varie linéairement entre une dizaine de millivolts et 6 V en ajustant la tension E_{bb} , et, pour les sensibilités extrêmes, en variant R_b (S croît quand R_b croît). Le délai apporté par ce trigger est inférieur ou au plus égal à 3 ns, selon la définition de ce délai et les caractéristiques de l'impulsion d'entrée. Le temps de montée pour les transistors 2N 2369, 2N 2218, ASZ 23 varie entre 0,3 ns (transistor 2N 2369, $C \leq 10$ pF) et 2 ns (transistor 2N 2218, montage à câble). L'amplitude de sortie peut atteindre une centaine de volts (2N 2218, $R_L = 100$ k Ω , $C \geq 100$ pF).

II.2. CIRCUIT DE COÏNCIDENCES (*fig. 2*) [4]. — Nous avons réalisé plusieurs circuits de coïncidences basés sur l'utilisation de ce trigger. Les premiers comportaient sur chaque voie un trigger de mise en forme, puis un mélangeur à diodes ou non, et enfin, après inversion dans un transformateur, un troisième trigger séparait les coïncidences des impulsions simples. La forte sensibilité de ces triggers pour un déclenchement par la sortie, ainsi que l'effet différentiateur du trans-

FIG. 2. — Circuit de coïncidences.

formateur, rendait délicate l'obtention de temps de résolution grands (> 10 ns). Un nouveau circuit (fig. 2) élimine ces inconvénients. Les transistors T_1 et T_2 mettent en forme les impulsions d'entrée et définissent un seuil. Un atténuateur entre T_1 et T_3 , T_2 et T_4 , empêche le déclenchement par la sortie de T_1 et T_2 et permet la sortie sur l'émetteur de T_3 et T_4 , en limitant l'amplitude d'attaque à 1 V. Le transformateur inverseur est donc supprimé. Après atténuation pour les mêmes raisons que précédemment, on mélange les sorties de T_3 et T_4 . Le transistor T_5 discrimine les coïncidences et fournit une impulsion mise en forme. Ce circuit, en éliminant les inconvénients des précédents, permet simplement d'obtenir un délai de 3 à 6 ns, un temps de résolution de 0,2 ns au générateur, et plus, en montant T_3 et T_4 en triggers à câble.

II. 3. MULTIPLICATEURS DU TYPE MARX (fig. 3) [5, 6]. — Ce montage comporte un trigger classique à l'entrée, suivi d'une chaîne de transistors en avalanche montés en trigger à sortie au collecteur ($R_C = R_L = 100$ kΩ; $C = 10$ nF). On fait sur les capacités C l'addition des tensions d'avalanche de l'ensemble des transistors. La sensibilité du montage est de l'ordre du volt (non critique) et l'amplitude de sortie actuelle est de 3,6 kV

FIG. 3. — Multiplicateur du type Marx.

(36 étages de 2N 2218) pour un délai de l'ordre de 10 ns et un temps de montée de l'ordre de 10 ns.

III. **Conclusion.** — L'utilisation du régime d'avalanche est intéressante pour l'obtention d'impulsions de fortes amplitudes avec des délais et temps de montée courts. La robustesse et la simplicité des circuits sont appréciables, surtout dans les cas où ces circuits travaillent dans un fort rayonnement perturbateur (cas de l'utilisation de chambres à étincelles à grand interplaque) qui risquerait de détruire les diodes tunnels habituellement utilisées.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] HENEERY (W. M.), *Rev. Sci. Instr.*, 1961, **32**, 11, 1186.
- [2] ALON et RAUSCH, *Nucl. Instr. Methods*, 1963, **24**, 229.
- [3] SAMUELLI (J. J.) et al., *Nucl. Instr. Methods*, 1964, **28**, 330.
- [4] RIEDINGER (M.) et al., *Nucl. Instr. Methods*, 1967, **47**, 100.
- [5] JUNG (E. A.) et LEWIS (R. N.), *Nucl. Instr. Methods*, 1966, **44**, 224.
- [6] SCHMITT (F.) et al., *Nucl. Instr. Methods*, 1967, **52**, 331.