

Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire

SYSTEME DE TESTS AUTOMATIQUES
AVEC UN OSCILLOSCOPE NUMERIQUE + PC

M. AGERON, A. HRISOHO, C. NGUYEN, K. TRUONG

U.E.R
de
l'Université Paris-Sud



Institut National
de Physique Nucléaire
et
de Physique des Particules

Bâtiment 200 - 91405 ORSAY Cedex

SYSTEME DE TESTS AUTOMATIQUES AVEC UN OSCILLOSCOPE NUMERIQUE + PC

M. AGERON, A. HRISOHO, C. NGUYEN, K. TRUONG

INTRODUCTION

Les détecteurs utilisés pour la physique des hautes énergies sont équipés avec des chaînes linéaires dont le nombre est très grand.

Exemple : pour l'expérience DELPHI, on a réalisé :

22.10³ voies linéaires

comportant :

- un préamplificateur faible bruit
- un ampli-filtre (shaper).

Avec la production industrielle de ces éléments de base, il s'est posé le problème de réception et de contrôle, des circuits et des cartes mères qui reçoivent ces circuits.

Vu le grand nombre de fonctions répétitives à faire pour effectuer ces contrôles, un SYSTEME DE TESTS contrôlé par un PC a été développé.

Banc de tests (figure 1)

Ce système comporte :

- un PC qui gère par un bus GPIB les ordres de contrôle nécessaires pour effectuer les mesures,
- un oscilloscope numérique (Lecroy 9400 dans notre cas) permettant de numériser les signaux analogiques provenant des circuits à tester,
- un interface qui interprète les ordres du PC et fournit les signaux linéaires de tests sur les entrées correspondantes du circuit à tester.

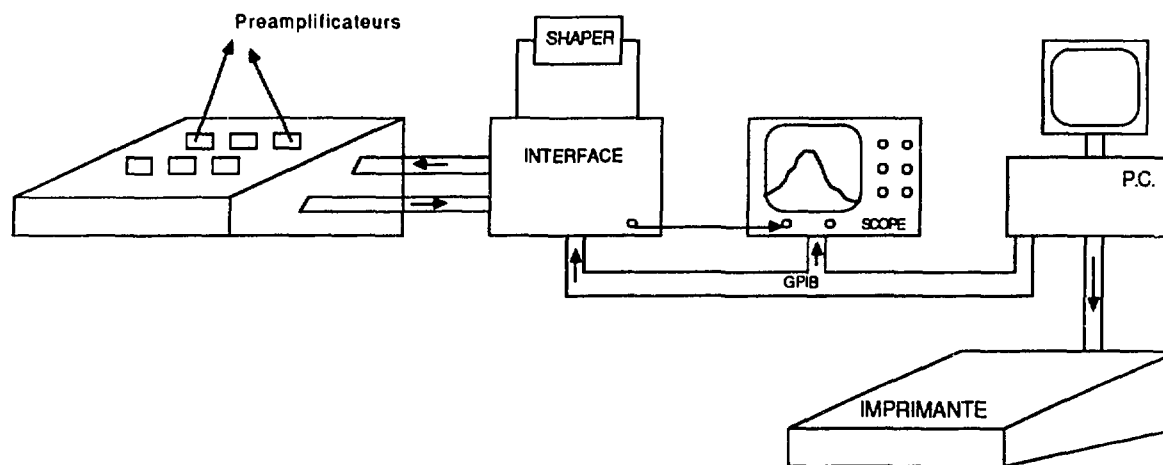


Figure 1 : Configuration de tests des préamplificateurs et shapers (modules hybrides)

PARAMETRES A TESTER

Préamplificateurs

1 - Gain

La fabrication des préamplificateurs implique la réalisation, de la capacité de contre-réaction C_f , par sérigraphie. Le gain dépend directement de celle-ci. Par conséquent, la mesure de l'amplitude, pour une charge fixe à l'entrée $|V/As|$ est une évaluation de la reproductibilité de cette capacité.

2 - Forme

Pour permettre une grande dynamique de sortie, en conservant une dissipation faible, un pôle-zéro intermédiaire a été ajouté au niveau du préamplificateur.

La mesure de la forme du signal de sortie donnera une information sur la précision des composants définissant le pôle-zéro.

3 - Bruit

Le FET utilisé pour ce préamplificateur est un MOS, et il y a une incertitude sur le bruit $1/f$. Donc, une mesure du bruit permet d'éliminer les MOS-FET dont le bruit $1/f$ est trop élevé.

Shapers

1 - Gain

On mesure l'amplitude de sortie et on déduit par ceci la précision des composants utilisés.

2 - Forme

Pour s'assurer du bon fonctionnement des circuits de pôle-zéro (courant détecteur et câble), on teste la forme du signal de sortie par deux types de mesure :

- a) le facteur de forme
- b) la grandeur de l'under-shot.

Cartes shapers (figure 2)

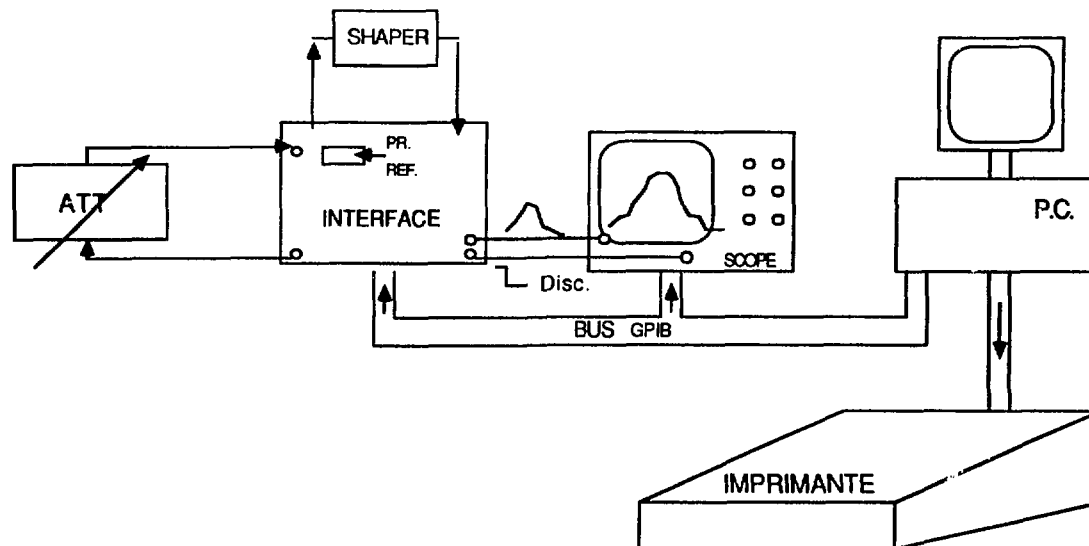


Figure 2 - Configuration du système de test pour les cartes shaper

1 - Possibilité de réglage du gain

Les cartes shapers contiennent un circuit permettant un réglage et choix du gain par soft. Le test permet de s'assurer que les résistances qui définissent les différents gains sont réellement à 1%.

2 - Diaphonie

Suite aux problèmes de connexions des masses pendant la fabrication des cartes, c'est la diaphonie entre les voies qui augmente. Donc le test de la diaphonie donne une information sur la qualité de la production des cartes.

3 - Discriminateur

La présence d'un signal logique est vérifiée sur la deuxième voie de l'oscilloscope pendant les tests 1 et 2.

4 - Test de groupe

A l'entrée de chaque voie shaper, on peut injecter un signal de test. Les entrées sont regroupées par 4. On teste donc, par groupe de 4 la présence du signal de sortie pour vérifier le bon fonctionnement des circuits de contrôle des shapers.

METHODES DE TESTS

1 - Amplitude

Pour avoir une mesure précise de l'amplitude, il faut s'affranchir du bruit qui accompagne le signal. Pour ceci on utilise la fonction "moyennage" de l'oscilloscope lui-même, par lequel on obtient un signal sur l'écran qui est le résultat moyen d'un nombre de mesures N définies en avance.

Du fait qu'en monocoup on a un échantillon tous les 10ns, pour avoir la précision voulue, il faut faire la mesure en mode "REPETITIF".

Dans ce cas on finit par avoir **un point/ns** et chaque point est la moyenne de N mesures.

Pour définir une amplitude de REFERENCE et une plage de valeurs acceptables, on a fait une distribution sur 100 amplificateurs. La valeur moyenne est prise comme référence et l'intervalle de valeurs acceptables est choisi à $\pm 4 \sigma$ (écart type), ce qui nous assure une variation de $\pm 5\%$ en amplitude. (C'est une constatation expérimentale).

Donc un taux de rejet inférieur à 1% concernant le critère : amplitude.

2 - La forme

Afin de pouvoir mesurer la forme d'un signal on doit définir un algorithme de mesure. La mesure est faite par rapport à la réponse d'une voie de REFERENCE.

La forme de la réponse impulsionnelle d'une voie ne dépend pas du gain de la voie. C'est pourquoi pour l'étude de la forme, on normalise d'abord la réponse impulsionnelle.

On définit alors, un facteur de forme comme suit :

$$FF = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n \left[f_n(i\Delta t) - f_{ref}(i\Delta t) \right]^2}$$

- ou $f_n(t)$ la réponse impulsionnelle normalisée à unité d'amplitude
 $f_{ref}(t)$ la réponse impulsionnelle normalisée de la voie de référence
 n - le nombre de points.

La somme quadratique permet d'éliminer l'effet de compensation d'erreurs de polarité opposées.

3 - Le bruit

En effectuant des mesures ponctuelles (de l'échantillonnage) de la ligne de base en sortie de la chaîne, on peut calculer la VARIANCE DE SA FLUCTUATION.

La bande passante du dispositif d'échantillonnage doit être supérieure à celle du circuit dont on veut mesurer le bruit, pour que le dispositif de mesure n'affecte pas par son intégration éventuelle la mesure du bruit. Un oscilloscope numérique, bien choisi, peut servir à effectuer l'échantillonnage de ligne de base d'une chaîne linéaire pour laquelle on veut évaluer le bruit.

Pour cette mesure, il nous faut une mesure précise de l'amplitude et un nombre de mesures suffisamment grand afin de s'affranchir de l'erreur statistique.

Les échantillons successifs doivent rester non corrélés (il ne faut pas utiliser, pour ces mesures, d'algorithme de lissage ou d'interpolation), ce qui est le cas pour l'oscilloscope numérique utilisé dans notre système.

Pour que chaque point mesuré contribue à l'amélioration de la précision, il faut prendre en compte des mesures non corrélées. Par conséquent, la fréquence de l'échantillonnage dépendra de la bande passante de la chaîne pour laquelle on mesure le bruit.

En bref, les points mesurés doivent être espacés dans le temps d'un intervalle égal ou supérieur à la durée de la réponse impulsionnelle de la chaîne en question.

Il est évident que les échantillons doivent être pris sur un monocoup de l'oscilloscope numérique.

L'oscilloscope numérique Lecroy 9440 fournit environ $24 \cdot 10^3$ échantillons sur un monocoup, ce qui permet d'effectuer une mesure relativement précise du bruit ($\pm 5\%$) sur une seule courbe transmise vers le PC. Le temps de balayage du scope doit être compatible avec la réponse impulsionnelle de la chaîne de mesure.

Pour plus de points de mesure il faut prendre les données de plusieurs monocoups successivement.

La variance calculée d'après ces mesures sera en [Volts²], et la valeur dépendra du gain de la chaîne y compris celui de l'oscilloscope. Pour obtenir le bruit en [As] ou en [e-] il faut calibrer le dispositif de mesure et obtenir la constante qui donne la sensibilité définie comme le nombre de volts en sortie obtenu pour un signal unitaire à l'entrée en [As] ou [e-] respectivement.

Une fois cette constante établie, qui ne change pas pour un dispositif donné, on peut obtenir la valeur de la variance du bruit équivalent au signal d'entrée. La variance du bruit ainsi obtenue sera une mesure du signal équivalent à l'entrée qui donnera en sortie une amplitude égale à la racine carrée de la variance du bruit.

4 - Le contrôle gain des cartes shaper (figure 2)

Pour tester le circuit de contrôle de gain (9 bits \rightarrow 512 possibilités), il faudra un très grand nombre de mesures. Donc très longtemps. Afin d'accélérer la durée de test on fait seulement 9 combinaisons donc 9 mesures de gain par voie.

Le procédé de mesure est le même, comme pour l'amplitude.

De plus, on mesure la largeur de l'impulsion en sortie, pour s'assurer qu'il n'y a pas d'anomalie cachée.

Une fois les gains enregistrés on calcule la moyenne et la VARIANCE sur chaque bit pour les 32 voies de la carte.

L'uniformité entre les voies, pour chaque valeur de gain, doit rester dans les $\pm 1\%$.

C'est la précision des shapers avec leur circuit de contrôle de gain.

Cette opération est faite avec le même préamplificateur de référence.