

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 20096

(54) Dispositif de mesure d'une impédance.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). G 01 R 27/16, 27/28.

(22) Date de dépôt..... 21 octobre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 16 du 22-4-1983.

(71) Déposant : CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS), établissement
public doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. — FR.

(72) Invention de : Jean Farre, André Peyrefitte et Jean-Claude Subiela.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Barre-Gatti-Laforgue,
95, rue des Amidonniers, 31069 Toulouse Cedex.

DISPOSITIF DE MESURE D'UNE IMPEDANCE

L'invention concerne un dispositif de mesure d'une impédance, notamment de la capacité d'un composant à semi-conducteur ; elle vise en particulier à fournir un dispositif possédant des temps de réponse très courts, inférieurs par exemple à 100 nS (nanosecondes), de façon à permettre de suivre l'évolution rapide d'une impédance dynamique au cours d'un régime transitoire.

On sait qu'un des moyens pour caractériser des composants à semi-conducteurs (M.I.S., M.O.S., diodes,...) réside dans l'étude du régime transitoire de relaxation de ces structures sous l'effet d'une perturbation électrique. L'étude de ce régime est effectuée à partir d'une mesure de l'évolution de l'impédance dynamique de la structure, le plus souvent à partir de l'évolution de sa capacité dynamique.

Actuellement, l'étude de ces régimes transitoires est généralement réalisée au moyen de ponts de mesure ou de détecteurs synchrones ; toutefois, ces appareillages sont très mal adaptés à l'étude d'un régime transitoire rapide, d'une part, en raison de leur temps de réponse relativement long, d'autre part, du fait qu'ils effectuent une simple mesure de capacité sans possibilité d'introduire la perturbation nécessaire à la création du régime de relaxation. En particulier, les détecteurs synchrones qui sont les dispositifs les plus rapides existant actuellement sur le marché, possèdent des temps de réponse toujours supérieurs à 150 μ s (microsecondes); or la courbe de relaxation d'un composant à semi-conducteur présente des phénomènes intéressants à déceler, qui ont des durées souvent très inférieures à cette valeur (durées de quelques centaines de nS).

La présente invention se propose de pallier les insuffisances des dispositifs connus et de fournir un nouveau dispositif, capable de délivrer en sortie une image de la courbe de relaxation d'un composant sous l'influence d'une perturbation électrique, image reproduisant fidèlement les variations rapides d'impédance avec une finesse d'analyse inférieure à 100 nS.

Un autre objectif de l'invention est de permettre, en temps différé, soit de visualiser la courbe sur une table traçante ou un oscilloscope, soit de mémoriser celle-

ci sous forme numérique en vue d'une exploitation notamment par un calculateur.

Un autre objectif est de permettre
5 de mesurer une composante spécifique de l'impédance (capacitive, inductive ou purement résistive) sans que la mesure soit perturbée par les autres composantes de celle-ci.

Un autre objectif est de fournir un dispositif parfaitement adapté à la mesure d'impédances non
10 linéaires, c'est-à-dire d'impédances dont la valeur varie en fonction de l'amplitude des signaux qui leur sont appliqués.

Un autre objectif est de permettre d'effectuer les mesures sus-évoquées pour une très large gamme de valeurs d'impédances.

15 Un autre objectif de l'invention est de fournir un dispositif contenant uniquement des composants standards de faible prix de revient, qui conditionnent un faible coût d'ensemble du dispositif.

A cet effet, le dispositif de mesure visé par l'invention comprend un oscillateur apte à délivrer
20 une porteuse de fréquence déterminée vers l'impédance à mesurer, un amplificateur accordé sur la fréquence de la porteuse et branché à la sortie de l'impédance à mesurer, un déphaseur réglable agencé pour recevoir la porteuse issue de l'oscillateur et
25 adapté pour délivrer un signal de phase ajustable par rapport au signal issu de l'amplificateur, un démodulateur agencé pour recevoir le signal issu de l'amplificateur et le signal issu du déphaseur et adapté pour délivrer un signal proportionnel au produit des deux signaux et un filtre passe-bas agencé pour recevoir ce dernier signal et pour en éliminer la composante à la
30 fréquence porteuse ; conformément à la présente invention, le dispositif comporte :

. un générateur d'impulsions adapté pour délivrer un signal de polarisation présentant un front de
35 montée (ou de descente) de forme prédéterminée,

. un circuit de sommation agencé pour recevoir le signal issu de l'oscillateur et le signal de polarisation et adapté pour délivrer vers l'impédance à mesurer un signal représentatif de la somme de ces signaux.

40 Selon un premier mode de réalisation

plus particulièrement adapté à la mesure d'impédances élevées, l'impédance à mesurer est attaquée en tension et le circuit de sommation présente des caractéristiques telles qu'il constitue avec l'oscillateur et le générateur d'impulsion, un dipôle d'impédance de sortie négligeable par rapport à l'impédance à mesurer, dipôle équivalent à un générateur de tension ; de plus dans ce cas, le dispositif est complété par une impédance, présentant une valeur faible, négligeable par rapport à l'impédance à mesurer, et agencée en dérivation à l'entrée de l'amplificateur de façon à constituer avec le dipôle précité et l'impédance à mesurer, une boucle de mesure dont l'impédance totale est sensiblement égale à la valeur de l'impédance à mesurer.

Selon un second mode de réalisation plus particulièrement adapté à la mesure d'impédances faibles, l'impédance à mesurer est attaquée en courant et le circuit de sommation présente des caractéristiques telles qu'il constitue avec l'oscillateur et le générateur d'impulsion, un dipôle d'impédance de sortie très grande par rapport à l'impédance à mesurer, dipôle équivalent à un générateur de courant ; dans ce cas l'impédance à mesurer est agencée en dérivation à l'entrée de l'amplificateur de façon à constituer avec le dipôle, une boucle de mesure dont l'impédance totale est très grande par rapport à la valeur de l'impédance à mesurer.

Le dispositif conforme à l'invention selon l'une ou l'autre des variantes décrites ci-dessus, peut être adapté pour posséder des temps de réponse très courts, inférieurs à 100 nS ; il suffit de prévoir un générateur d'impulsion adapté pour délivrer un signal de polarisation dont le front de montée (ou de descente) possède une durée inférieure à approximativement 50 nS, un oscillateur travaillant à des fréquences supérieures à 6 MHz, un amplificateur adapté pour présenter une bande passante supérieure à 6 MHz à - 3 décibels, un démodulateur adapté pour présenter un temps de réponse propre, inférieur à approximativement 50 nanosecondes, et un filtre passe-bas adapté pour présenter une fréquence de coupure à - 3 décibels, supérieure à 3 MHz. De tels moyens sont des organes courants et bien connus de l'homme de l'art et il est facile de disposer, à coût réduit, d'oscillateurs fonctionnant à très haute fréquence (supérieure à 50 MHz par exemple), de généra-

teurs d'impulsion délivrant des signaux à front de montée ou de descente de durée de l'ordre de quelques nanosecondes, et des amplificateurs, démodulateurs et filtres passe-bas ayant des caractéristiques leur permettant de satisfaire largement aux exigences ci-dessus évoquées.

L'impédance à mesurer est attaquée dans le dispositif de l'invention, par un signal composite constitué par la somme d'un signal haute fréquence et d'un signal de polarisation ; ce signal composite permet, à la fois, d'entraîner l'apparition d'un phénomène transitoire de relaxation dans l'impédance à mesurer et de mesurer, à fréquence élevée, la valeur de l'impédance instantanée par démodulation synchrone. La très faible durée du front du signal de polarisation, associée à la valeur élevée de la fréquence de mesure et aux caractéristiques de réponses propres des organes situées en aval de l'impédance à mesurer permet d'obtenir des temps de réponse très rapide pour le dispositif et donc une grande finesse d'analyse de la courbe de relaxation ; de plus, les caractéristiques du dipôle d'attaque/de l'impédance à mesurer assurent une très bonne linéarité de la mesure (c'est-à-dire une stricte proportionnalité entre le signal délivré et la grandeur mesurée).

Par ailleurs, le dispositif de l'invention peut être complété à sa sortie, par des moyens de traitement du signal, adaptés pour mémoriser celui-ci sous forme numérique et le restituer, en vue d'une exploitation, soit vers des moyens de visualisation soit vers un ordinateur, à une vitesse compatible avec les vitesses de fonctionnement desdits moyens ; on fournira plus loin un exemple préférentiel de tels moyens de traitement.

L'invention peut en particulier être appliquée pour la mesure de capacité, notamment de la capacité dynamique d'un composant à semi-conducteur aux fins de caractérisation de celui-ci. Le déphaseur est alors réglé pour délivrer un signal en phase avec la composante capacitive du signal issu de l'amplificateur ; le signal de sortie est ainsi à tout instant directement proportionnel au terme capacitif du composant analysé.

L'invention ayant été exposée dans sa forme générale, d'autres caractéristiques, buts et avantages de

celle-ci se dégageront de la description qui suit, en référence aux dessins annexés, qui en présentent à titre d'exemples non limitatifs, des modes de réalisation ; sur ces dessins qui font
5 partie intégrante de la présente description :

. la figure 1 est un schéma synoptique de l'étage de mesure d'impédance d'un dispositif conforme à l'invention,

. la figure 2 schématise les circuits
10 cuits d'un des ensembles de cet étage de mesure,

. la figure 3 est une vue en perspective schématique, illustrant la structure d'un des éléments de cet ensemble,

. la figure 4 schématise les circuits
15 d'un autre ensemble de l'étage de mesure,

. les figures 5a et 5b sont des diagrammes illustrant, d'une part, un signal de polarisation, d'autre part, une courbe de relaxation typique dans le cas d'une capacité M.I.S. (Métal Isolant Semi-conducteur),

20 . la figure 6 est un schéma synoptique partiel d'une variante d'étage de mesure,

. la figure 7 est un schéma synoptique d'un étage de traitement susceptible d'équiper le dispositif.

Le dispositif de mesure représenté
25 à titre d'exemple aux figures est destiné à donner une image de courbes de relaxation de capacités, avec une finesse d'analyse inférieure à 100 nS. Ce dispositif est essentiellement constitué, d'une part, par un étage de mesure (figure 1, 2, 3, 4) qui délivre en temps réel un signal analogique directement proportionnel à tout instant à la valeur instantanée de la
30 capacité dynamique du composant à mesurer, d'autre part, par un étage de traitement (figure 7) qui délivre, en temps différé, des signaux codés sous forme numérique, représentatifs de la courbe de relaxation du composant.

35 L'étage de mesure comprend en amont de la capacité à mesurer C, un oscillateur sinusoïdal 1, en l'exemple de fréquence de l'ordre de 50 MHz, un générateur d'impulsions 2 apte à délivrer un signal de polarisation possédant un front descendant d'une durée de l'ordre de 10 nS et un circuit
40 de sommation 3 sommant la porteuse issue de l'oscillateur

et les impulsions issues du générateur.

Dans l'exemple de la figure 1, le composant C est attaqué en tension ; ~~le circuit de/~~ la sommation 3, l'oscillateur 1 et le générateur 2 forment, vis-à-vis dudit composant, un dipôle d'impédance de sortie négligeable par rapport à la valeur de l'impédance du composant C, ce dipôle étant donc équivalent à un générateur de tension.

En aval de la capacité C, l'étage de mesure comprend une impédance 4 de faible valeur, négligeable par rapport à l'impédance de C ; cette impédance 4 est agencée en dérivation à la sortie de C de façon à constituer avec le dipôle précité et la capacité C à mesurer, une boucle de mesure dont l'impédance totale peut être considérée comme étant égale à l'impédance à mesurer, compte tenu de la précision désirée.

Un amplificateur 5 accordé sur la fréquence de l'oscillateur 1 reçoit la tension aux bornes de l'impédance 4 ; cet amplificateur, de type connu en soi, présente une bande passante de 20 MHz à - 3 décibels.

L'amplificateur 5 délivre le signal amplifié vers un démodulateur 6 dont un exemple de réalisation est décrit plus loin. Ce démodulateur 6 reçoit également un signal de référence délivré par un déphaseur réglable 7 qui prélève la porteuse issue de l'oscillateur 1.

En l'exemple où la grandeur à mesurer est un terme purement capacitif, le déphaseur 7 est réglé de façon à délivrer vers le démodulateur un signal en phase avec la composante capacitive du signal issue de l'amplificateur 5.

Enfin, l'étage de mesure se termine par un filtre passe-bas 8 dont la fréquence de coupure à - 3 décibels est de l'ordre de 5 MHz.

La figure 2 représente un exemple préférentiel du circuit de sommation 3, réalisé de sorte que le dipôle d'attaque de C satisfasse aux exigences d'impédance sus-évoquées. Ce circuit de sommation est en outre adapté pour réduire l'amplitude de la porteuse à une valeur telle que la valeur de l'impédance à mesurer puisse être considérée comme sensiblement constante pendant une période de la porteuse (compte tenu de la précision désirée).

A cet effet, le circuit de sommation 3

comprend un transformateur 9 ayant :

- . un primaire 9a couplé à l'oscillateur 1 par l'entremise d'un pont diviseur résistif 10 adapté pour
5 abaisser l'impédance de sortie propre à l'oscillateur 1,
- . un secondaire 9b pourvu, d'une part,
d'une entrée agencée en série avec le générateur d'impulsions
2 par l'entremise d'un pont diviseur résistif 11 adapté pour
abaisser l'impédance de sortie propre dudit générateur d'impul-
10 sion 2, d'autre part, d'une sortie connectée à l'impédance à me-
surer.

Ce transformateur 9 peut en particulier être très simplement réalisé (figure 3) au moyen d'un tore magnétique 9c agencé pour assurer un couplage constant voisin de
15 l'unité entre le primaire 9a et le secondaire 9b, le primaire 9a étant constitué par un petit nombre de spires enroulées sur ledit tore et le secondaire par un simple fil traversant le tore 9c.

Par ailleurs, le démodulateur 6 peut être
20 du type de celui représenté à la figure 4. Dans cet exemple, le démodulateur comprend deux transformateurs 12 et 13, pourvus de secondaires 12b et 13b à points milieux. Ces secondaires sont connectés à un circuit 14 composé de quatre diodes identiques, agencées en anneau (agencement connu en soi) comme le représente
25 la figure 4.

Le déphaseur 7 est connecté au primaire 13a de l'un des transformateurs 13, l'amplificateur 5 au primaire 12a de l'autre transformateur 12 ; le filtre passe-bas situé en sortie est branché entre les points milieux des secondaires
30 12b et 13b.

Le déphaseur 7 est pourvu de moyens de mise en forme de façon à délivrer vers le primaire 13a un signal en forme de créneaux carrés, d'amplitude suffisante pour amener les diodes du circuit 12 à fonctionner en régime de commutation ;
35 de plus, les temps de transition de signal sont de durée très faible, (de l'ordre de 1,5 nS) afin de préserver la linéarité de l'étage.

De façon analogue, il est à noter que le gain de l'amplificateur 5 est ajusté de façon que l'amplitude
40 du signal à sa sortie entraîne un fonctionnement du démodulateur

dans sa zone de linéarité.

A titre d'illustration, la figure 5 représente l'allure d'un front descendant du signal de polarisation issu du générateur 2. La courbe 5b est la courbe de relaxation con-
5 séquente d'un composant capacitif du type M.I.S. On remarque dans cet exemple que la courbe de relaxation comporte une modification de pente en un point P distant d'environ 300 nanosecondes du début de la relaxation ; cet accident a pu être détecté
10 té par le dispositif de l'invention en raison de son faible temps de réponse (< 100 nS). Dans le cas de la courbe de la figure 5b, la relaxation est très courte et dure un temps T_R de l'ordre de 1,4 microseconde. Les dispositifs connus qui présentent des temps de réponse de l'ordre de 150 microsecondes ne per-
15 mettent même pas de connaître le temps de relaxation et, à fortiori, d'acquérir la forme réelle de la courbe de relaxation.

Le dispositif ci-dessus décrit est plus particulièrement adapté pour mesurer de faibles capacités (impédances élevées), inférieures à une centaine de picofarads. Dans cette
20 gamme, le dispositif est optimisé en fonction de la plage des valeurs minimum C_m et maximum C_q de la capacité pour obtenir la meilleure sensibilité possible de la mesure ; cette optimisation peut être effectuée :

- . soit en agissant sur l'amplitude de la tension de la porteuse,
25
- . soit en modifiant la valeur de l'impédance
4,
- . soit en modifiant le gain de l'amplificateur 5.

Dans le cas de capacités élevées (supérieures à une centaine de picofarads), l'entrée de l'étage de mesure est de préférence réalisé comme le représente la figure 6, de façon que la capacité à mesurer C' soit attaquée en courant, cette capacité C' étant agencée en dérivation à l'entrée de l'amplifi-
35 cateur.

Dans ce cas, le dipôle d'attaque est équivalent à un générateur de courant, les ensembles constitutifs de celui-ci ayant des caractéristiques telles que ce dipôle ait une impédance de sortie très grande par rapport à l'impédance
40 à mesurer C' ; ce dipôle et cette impédance à mesurer consti-

tuent ainsi une boucle de mesure dont l'impédance totale est très grande par rapport à la valeur de l'impédance à mesurer.

Bien entendu, dans ce cas, le signal de sortie
5 du démodulateur sera inversement proportionnel à la valeur de la capacité à mesurer et des conditions de linéarité analogues à celles du cas précédent sont à satisfaire par les divers ensembles constitutifs.

Par ailleurs, la figure 7 représente un exemple
10 d'étage de traitement susceptible d'être disposé après l'étage de mesure décrit plus haut (quelle que soit la variante).

Cet étage de traitement est essentiellement composé par une ligne d'échantillonnage rapide L_1 et en parallèle, par une ligne d'échantillonnage plus lent L_2 .

15 La ligne L_1 comprend un échantillonneur rapide 15 constitué par un registre à décalage analogique à transfert de charge (C.C.D.) programmé pour travailler en temps réel, un convertisseur analogique/numérique 16, adapté pour convertir sous forme numérique, en temps différé, les échantillons
20 issus du registre 15, et une mémoire numérique 17 agencée pour stocker les informations numérisées provenant du convertisseur 16.

La ligne L_2 comprend un second convertisseur analogique/numérique 18 adapté pour réaliser un échantillonna-
25 ge du signal à vitesse inférieure à celle du premier échantillonnage et une seconde mémoire 19 adaptée pour stocker les informations numériques issues dudit second convertisseur.

Un microprocesseur 20 est associé aux lignes L_1 et L_2 pour recevoir les informations numérisées des deux
30 mémoires 17 et 19 et pour piloter les séquences de fonctionnement de l'ensemble.

L'échantillonneur C.C.D. 15 a une fréquence d'échantillonnage de 40 MHz (échantillons de 25 ns) de sorte qu'il est apte en temps réel à stocker provisoirement un nombre déterminé d'échantillons à partir de son déclenchement qui peut être
35 provoqué par le front du signal de polarisation ou, à tout autre instant, par le microprocesseur. Compte tenu de la vitesse d'échantillonnage, les échantillons stockés provisoirement dans l'échantillonneur C.C.D. 15 représentent le signal issu de l'étage

de mesure (c'est-à-dire la courbe de relaxation) sans perte d'information.

Le registre C.C.D. 15 joue le rôle de tampon
5 entre l'étage de mesure et le convertisseur 16 qui travaille en temps différé, à plus faible cadence (ce qui permet d'utiliser des convertisseurs courants de bas prix de revient).

Dans la ligne L_2 , le convertisseur 18 est de même type et, par conséquent, l'échantillonnage est effectué
10 à basse fréquence (durée des échantillons de l'ordre de : 25 microsecondes).

Ainsi, la première ligne permet une résolution temporelle fine (du même ordre de grandeur que l'étage de mesure) pendant des durées limitées par la capacité du registre 15,
15 cependant que la seconde ligne effectue un échantillonnage permanent en temps réel, mais avec une résolution moins fine.

Le microprocesseur peut être programmé pour déclencher le registre 15 de façon à observer avec l'effet de
"loupe" précité, une portion particulière de la courbe de relaxation. Ce registre 15 peut également être amené à travailler
20 en échantillonnage permanent pour permettre l'enregistrement d'une perturbation aléatoire de la courbe de relaxation ; dans ce cas, ce registre est programmé de sorte que cette perturbation bloque le registre avec un certain retard de sorte que soit
25 transmis au convertisseur 16 la partie de la courbe intéressante portant la perturbation.

Le microprocesseur 20 a également pour fonction de transmettre, à cadence adaptée, les échantillons codés vers des organes d'exploitation tels que table traçante, oscilloscope,
30 pe, ou calculateur ; il peut également effectuer des calculs simples sur ceux-ci, par exemple calcul de la valeur moyenne, soustraction de terme fixe,...

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux termes de la description qui précède mais en comprend toutes
35 les variantes.

REVENDICATIONS

1/ - Dispositif de mesure d'une impédance, comprenant un oscillateur (1) apte à délivrer une porteuse de fréquence déterminée vers l'impédance à mesurer (C), un amplificateur (5) accordé sur la fréquence de la porteuse et branché à la sortie de l'impédance à mesurer, un déphaseur réglable (7) agencé pour recevoir la porteuse issue de l'oscillateur et adapté pour délivrer un signal de phase ajustable par rapport au signal issu de l'amplificateur, un démodulateur (6) agencé pour recevoir le signal issu de l'amplificateur et le signal issu du déphaseur et adapté pour délivrer un signal proportionnel au produit des deux signaux et un filtre passe-bas (8) agencé pour recevoir ce dernier signal et pour en éliminer la composante à la fréquence porteuse, ledit dispositif de mesure étant caractérisé en ce qu'il comprend :

. un générateur d'impulsions (2) adapté pour délivrer un signal de polarisation présentant un front de montée (ou de descente) de forme prédéterminée,

. un circuit de sommation (3) agencé pour recevoir le signal issu de l'oscillateur (1) et le signal de polarisation et adapté pour délivrer vers l'impédance à mesurer (C) un signal représentatif de la somme de ces signaux, ce circuit de sommation (3) présentant des caractéristiques telles qu'il constitue avec l'oscillateur (1) et le générateur d'impulsions (2), un dipôle d'impédance de sortie négligeable par rapport à l'impédance à mesurer, dipôle équivalent à un générateur de tension,

. une impédance (4), présentant une valeur faible, négligeable par rapport à l'impédance à mesurer (C), et agencée en dérivation à l'entrée de l'amplificateur (5) de façon à constituer avec le dipôle précité et l'impédance à mesurer, une boucle de mesure dont l'impédance totale est sensiblement égale à la valeur de l'impédance à mesurer.

2/ Dispositif de mesure d'une impédance, comprenant un oscillateur (1) apte à délivrer une porteuse de fréquence déterminée vers l'impédance à mesurer (C), un amplificateur (5) accordé sur la fréquence de la porteuse et branché à la sortie de l'impédance à mesurer, un déphaseur réglable (7) agencé pour recevoir la porteuse issue de l'oscillateur et

adapté pour délivrer un signal de phase ajustable par rapport au signal issu de l'amplificateur, un démodulateur (6) agencé pour recevoir le signal issu de l'amplificateur et le signal
5 issu du déphaseur et adapté pour délivrer un signal proportionnel au produit des deux signaux et un filtre passe-bas (8) agencé pour recevoir ce dernier signal et pour en éliminer la composante à la fréquence porteuse, ledit dispositif de mesure étant caractérisé en ce qu'il comprend :

10 . un générateur d'impulsions (2) adapté pour délivrer un signal de polarisation présentant un front de montée (ou de descente) de forme prédéterminée,

. un circuit de sommation (3) agencé pour recevoir le signal issu de l'oscillateur (1) et le signal de
15 polarisation et adapté pour délivrer vers l'impédance à mesurer (C') un signal représentatif de la somme de ces signaux, ce circuit de sommation (3) présentant des caractéristiques telles qu'il constitue avec l'oscillateur (1) et le générateur (2), un dipôle d'impédance de sortie très grande par rapport à l'im-
20 pédance à mesurer, dipôle équivalent à un générateur de courant,

. l'impédance à mesurer (C') étant agencée en dérivation à l'entrée de l'amplificateur (5) de façon à constituer avec le dipôle précité une boucle de mesure dont l'impédance totale est très grande par rapport à la valeur de
25 l'impédance à mesurer.

3/ - Dispositif de mesure selon l'une des revendications 1 ou 2, possédant des temps de réponse très courts inférieurs à 100 nS, caractérisé en ce que :

30 . le générateur d'impulsion (2) est adapté pour délivrer un signal de polarisation dont le front de montée (ou de descente) possède une durée inférieure à approximativement 50 nanosecondes,

. l'oscillateur (1) est un oscillateur de fréquence supérieure à 6 MHz,

35 . l'amplificateur 5 est adapté pour présenter une bande passante supérieure à 6 MHz à - 3 décibels,

. le démodulateur (6) est adapté pour présenter un temps de réponse propre, inférieur à approximativement 50 nanosecondes,

40 . le filtre passe-bas (8) est adapté pour

présenter une fréquence de coupure à - 3 décibels, supérieure à 3 MHz.

4/ - Dispositif de mesure selon l'une des
5 revendications 1, 2 ou 3, permettant de mesurer des impédances non linéaires, caractérisé en ce que le circuit de sommation (3) est adapté pour réduire l'amplitude de la porteuse à une valeur telle que la valeur de l'impédance à mesurer demeure sensiblement constante pendant une période de la porteuse.

10 5/ - Dispositif de mesure selon la revendication 4, caractérisé en ce que le circuit de sommation (3) comprend un transformateur (9) ayant :

. un primaire (9a) couplé à l'oscillateur (1) par l'entremise d'un pont diviseur résistif (10) adapté
15 pour abaisser l'impédance de sortie propre à l'oscillateur (1),
. un secondaire (9b) pourvu, d'une part, d'une entrée agencée en série avec le générateur d'impulsion (2) par l'entremise d'un pont diviseur résistif (11) adapté pour abaisser l'impédance de sortie propre dudit générateur
20 d'impulsion (2), d'autre part, une sortie connectée à l'impédance à mesurer.

6/ - Dispositif de mesure selon la revendication 5, caractérisé en ce que le transformateur précité (9) est réalisé au moyen d'un tore magnétique (9c) agencé pour assurer un couplage constant voisin de l'unité entre le primaire (9a) et le secondaire (9b), le primaire (9a) étant constitué
25 par un petit nombre de spires enroulées sur ledit tore et le secondaire par un simple fil traversant le tore (9c).

7/ - Dispositif de mesure selon l'une des
30 revendications 1, 2, 3, 4, 5 ou 6, caractérisé en ce que le démodulateur (6) comprend deux transformateurs (12, 13) à secondaires (12b, 13b) à points milieux, connectés à un circuit (14) de quatre diodes en anneau, le déphaseur (7) étant connecté au primaire (13a) de l'un des transformateurs, l'amplificateur (5) au primaire (12a) de l'autre transformateur, et le filtre passe-bas (8), situé en sortie, branché entre les points milieux des secondaires (12b, 13b), le déphaseur (7) comprenant
35 des moyens de mise en forme en vue de délivrer vers ledit démodulateur (6) un signal en forme de créneaux carrés, d'amplitude suffisante pour amener les diodes à fonctionner en régime
40

de commutation.

8/ - Dispositif selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, permettant de mesurer une capacité, caractérisé en ce que le déphaseur (7) est réglé pour délivrer un signal en phase avec la composante capacitive du signal issu de l'amplificateur (5).

9/ - Dispositif selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8, caractérisé en ce qu'il comprend, à la sortie du filtre passe-bas (8), des moyens de traitement du signal, adaptés pour mémoriser celui-ci sous forme numérique.

10/ - Dispositif selon les revendications 3 et 9 prises ensemble, caractérisé en ce que les moyens de traitement comprennent un échantillonneur rapide (15) constitué par un registre à décalage analogique à transfert de charge (C.C. D.) programmé pour travailler en temps réel, un convertisseur analogique/numérique (16), adapté pour convertir sous forme numérique, en temps différé, les échantillons issus du registre (15), et une mémoire numérique (17) agencée pour stocker les informations numérisées provenant du convertisseur (16).

11/ - Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que les moyens de traitement comprennent, en parallèle avec l'échantillonneur (15), le convertisseur (16) et la mémoire (17) précités, un second convertisseur analogique/numérique (18) adapté pour réaliser un échantillonnage, et une seconde mémoire (19) adaptée pour stocker les informations numériques issues dudit second convertisseur, un microprocesseur (20) étant associé auxdits moyens de traitement pour recevoir les informations numérisées des deux mémoires (17 et 19) et pour piloter les séquences de fonctionnement desdits moyens de traitement.

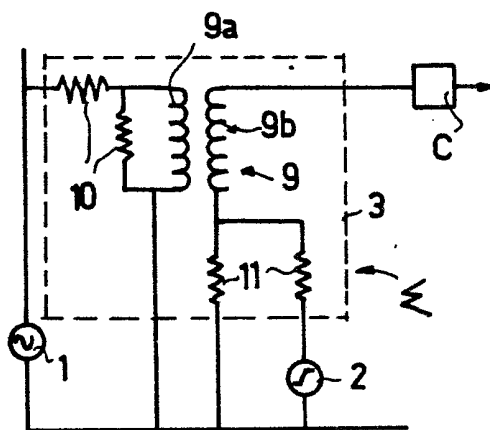
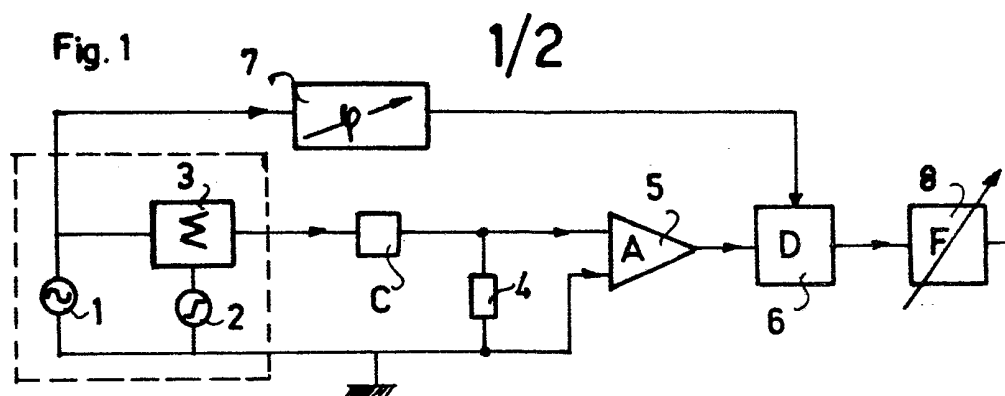
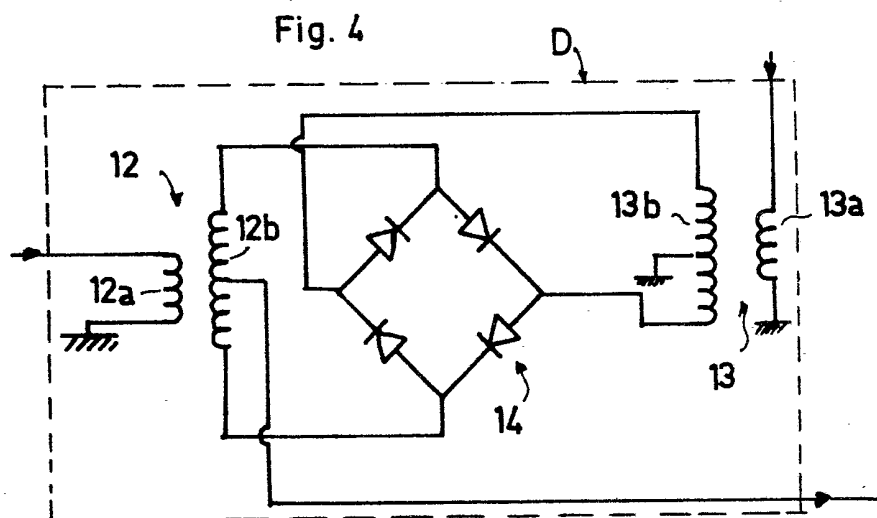
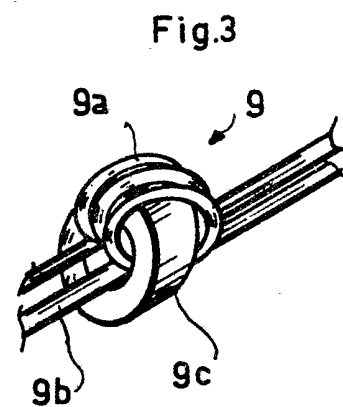


Fig. 2



2/2

Fig. 5a

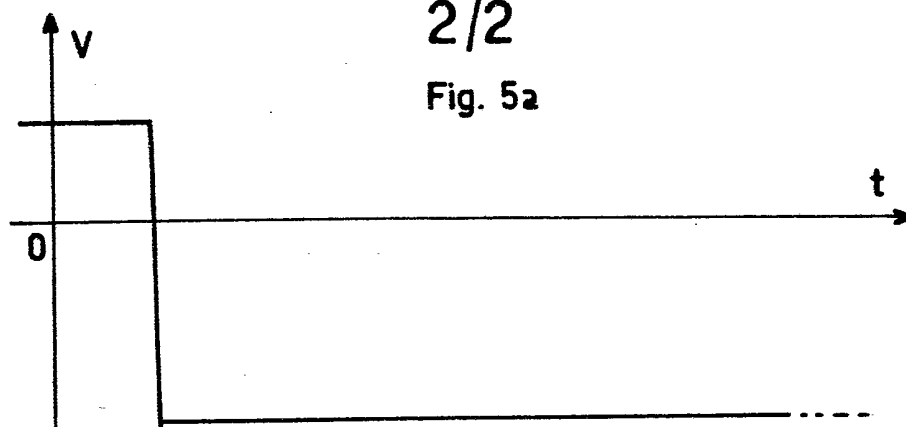


Fig. 5b

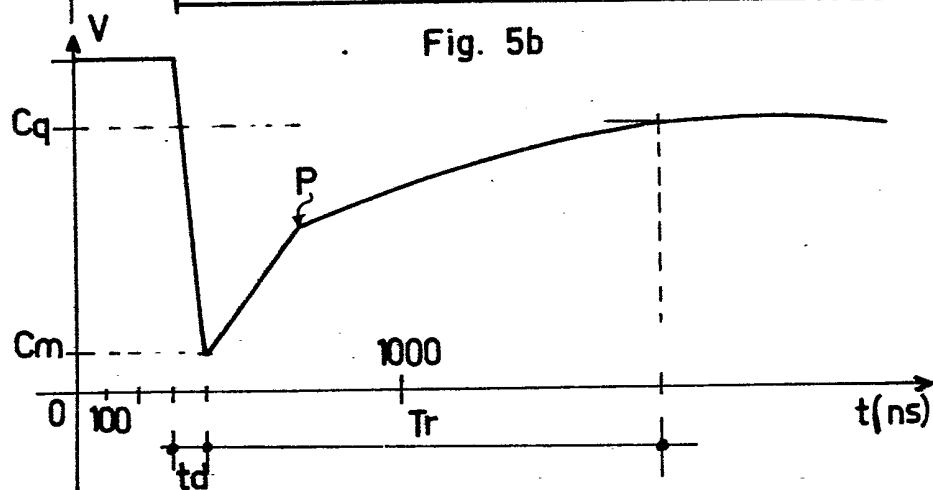


Fig. 6

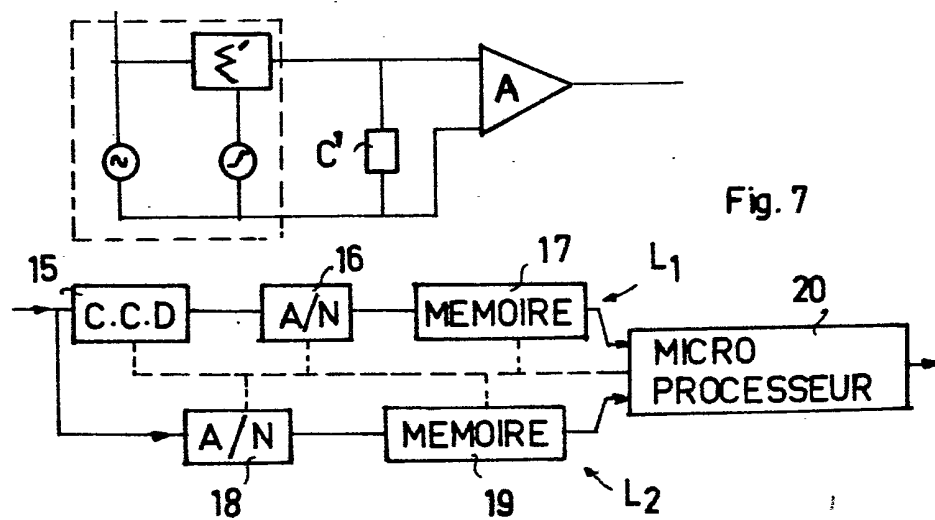


Fig. 7