

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

**NORME DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

**IEC STANDARD**

**Publication 147-2G**

1975

---

**Septième complément à la Publication 147-2 (1963)**  
**Valeurs limites et caractéristiques essentielles des dispositifs à semiconducteurs**  
**et principes généraux des méthodes de mesure**  
**Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure**  
**Chapitre IV: Transistors à effet de champ**

---

**Seventh supplement to Publication 147-2 (1963)**  
**Essential ratings and characteristics of semiconductor devices**  
**and general principles of measuring methods**  
**Part 2: General principles of measuring methods**  
**Chapter IV: Field-effect transistors**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe  
Genève, Suisse

## Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**  
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement

## Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici ou dans la Publication 147-0 de la CEI des termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

## Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux pour les dispositifs à semiconducteurs et les microcircuits intégrés font l'objet de la Publication 148 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

## Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

## Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**  
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**  
Published yearly

## Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein or in IEC Publication 147-0.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

## Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

The letter symbols for semiconductor devices and integrated microcircuits are contained in IEC Publication 148.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

## Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

**NORME DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

**IEC STANDARD**

**Publication 147-2G**

1975

---

**Septième complément à la Publication 147-2 (1963)**  
**Valeurs limites et caractéristiques essentielles des dispositifs à semiconducteurs**  
**et principes généraux des méthodes de mesure**

**Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure**

**Chapitre IV: Transistors à effet de champ**

---

**Seventh supplement to Publication 147-2 (1963)**  
**Essential ratings and characteristics of semiconductor devices**  
**and general principles of measuring methods**

**Part 2: General principles of measuring methods**

**Chapter IV: Field-effect transistors**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE . . . . .	4
PRÉFACE . . . . .	4

### CHAPITRE IV: TRANSISTORS À EFFET DE CHAMP

Articles	
1. Généralités . . . . .	6
2. Courant résiduel de grille ou courant de fuite de grille . . . . .	6
3. Courant de drain (types A, B et C) . . . . .	10
4. Courant de drain au blocage (types A, B et C) . . . . .	10
5. Tension grille-source de blocage (types A et B) . . . . .	12
6. Tension de seuil grille-source (type C) . . . . .	12
7. Capacité d'entrée, sortie en court-circuit, en petits signaux $C_{is}$ (types A, B et C) . . . . .	14
8. Conductance de sortie, entrée en court-circuit, en petits signaux $g_{os}$ (types A, B et C) . . . . .	16
9. Capacité de sortie, entrée en court-circuit, en petits signaux $C_{os}$ (types A, B et C) . . . . .	20
10. Transconductance directe, sortie en court-circuit, en petits signaux $g_{fs}$ (types A, B et C) . . . . .	22
11. Capacité de réaction, entrée en court-circuit, en petits signaux $C_{rs}$ (types A, B et C) . . . . .	26
12. Bruit (types A, B et C) . . . . .	30
13. Paramètres $y$ (types A, B et C) . . . . .	34
14. Temps de commutation (types A, B et C) . . . . .	34
15. Résistance statique drain-source à l'état passant $r_{DS\ on}$ ou tension drain-source à l'état passant $V_{DS\ on}$ et résistance à l'état bloqué $r_{DS\ off}$ . . . . .	36
16. Résistance drain-source à l'état passant (en petits signaux) . . . . .	40

## CONTENTS

	Page
FOREWORD . . . . .	5
PREFACE . . . . .	5

### CHAPTER IV: FIELD-EFFECT TRANSISTORS

Clause		
1. General . . . . .		7
2. Gate cut-off current or gate leakage current . . . . .		7
3. Drain current (types A, B and C) . . . . .		11
4. Drain cut-off current (types A, B and C) . . . . .		11
5. Gate-source cut-off voltage (types A and B) . . . . .		13
6. Gate-source threshold voltage (type C) . . . . .		13
7. Small-signal short-circuit input capacitance $C_{is}$ (types A, B and C) . . . . .		15
8. Small-signal short-circuit output conductance $g_{os}$ (types A, B and C) . . . . .		17
9. Small-signal short-circuit output capacitance $C_{os}$ (types A, B and C) . . . . .		21
10. Small-signal short-circuit forward transconductance $g_{fs}$ (types A, B and C) . . . . .		23
11. Small-signal short-circuit feedback capacitance $C_{rs}$ (types A, B and C) . . . . .		27
12. Noise (types A, B and C) . . . . .		31
13. $y$ -parameters (types A, B and C) . . . . .		35
14. Switching times (types A, B and C) . . . . .		35
15. Static drain-source on-state resistance $r_{DS\ on}$ or drain-source on-state voltage $V_{DS\ on}$ and off-state resistance $r_{DS\ off}$ . . . . .		37
16. On-state drain-source resistance (under small-signal conditions) . . . . .		41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SEPTIÈME COMPLÉMENT À LA PUBLICATION 147-2 (1963)

VALEURS LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DES DISPOSITIFS  
À SEMICONDUCTEURS ET PRINCIPES GÉNÉRAUX DES MÉTHODES DE MESURE

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

Chapitre IV: Transistors à effet de champ

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente publication a été établie par le Comité d'Etudes N° 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs et circuits intégrés.

Elle constitue le septième complément à la deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure, de la Publication 147 de la CEI. La première partie, traitant des valeurs limites et des caractéristiques essentielles, est éditée comme Publication 147-1 de la CEI.

Le présent complément traite des transistors à effet de champ.

Il résulte des travaux qui ont débuté à Londres (1968) et qui se sont poursuivis à Leningrad (1969) et à Monte Carlo (1970). Le projet principal (à l'exclusion des articles 13 et 16), document 47(Bureau Central)375, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1971.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de ce projet:

Afrique du Sud (République d')	Japon
Allemagne	Pays-Bas
Australie	Portugal
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
Israël	Turquie
Italie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

Le Comité national français a voté contre la publication de certaines parties de l'article 12.

Les articles 13 et 16 résultent des travaux qui ont débuté à Monte Carlo (1970) et qui se sont poursuivis à Stockholm (1971). Un projet, document 47(Bureau Central)440, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1972.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication des deux articles:

Afrique du Sud (République d')	Japon
Allemagne	Pays-Bas
Australie	Pologne
Belgique	Portugal
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Israël	Turquie
Italie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEVENTH SUPPLEMENT TO PUBLICATION 147-2 (1963)

ESSENTIAL RATINGS AND CHARACTERISTICS OF SEMICONDUCTOR DEVICES  
AND GENERAL PRINCIPLES OF MEASURING METHODS

Part 2: General principles of measuring methods

Chapter IV: Field-effect transistors

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This publication has been prepared by IEC Technical Committee No. 47, Semiconductor Devices and Integrated Circuits.

It constitutes the seventh supplement to Part 2, General Principles of Measuring Methods, of IEC Publication 147. Part I, dealing with essential ratings and characteristics, is issued as IEC Publication 147-1.

This supplement deals with field-effect transistors.

It results from the work started in London (1968) and continued in Leningrad (1969) and Monte Carlo (1970). The main draft (except Clauses 13 and 16), document 47(Central Office)375, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1971.

The following countries voted explicitly in favour of publication of this draft:

Australia	Netherlands
Belgium	Portugal
Canada	Romania
Czechoslovakia	South Africa (Republic of)
Denmark	Sweden
Finland	Switzerland
Germany	Turkey
Israel	Union of Soviet Socialist Republics
Italy	United Kingdom
Japan	United States of America

The French National Committee voted against the publication of parts of Clause 12.

Clauses 13 and 16 result from the work started in Monte Carlo (1970) and continued in Stockholm (1971). A draft, document 47(Central Office)440, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1972.

The following countries voted explicitly in favour of publication of both clauses:

Australia	Netherlands
Belgium	Poland
Canada	Portugal
Czechoslovakia	South Africa (Republic of)
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Israel	Union of Soviet Socialist Republics
Italy	United Kingdom
Japan	United States of America

## SEPTIÈME COMPLÉMENT À LA PUBLICATION 147-2 (1963)

### VALEURS LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DES DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS ET PRINCIPES GÉNÉRAUX DES MÉTHODES DE MESURE

#### Deuxième partie : Principes généraux des méthodes de mesure

#### CHAPITRE IV : TRANSISTORS À EFFET DE CHAMP

##### 1. Généralités

###### 1.1 Polarité

Les polarités des alimentations, indiquées dans les circuits figurant dans la présente norme, sont valables pour les dispositifs de type à canal N. Cependant, on peut adapter les circuits pour les dispositifs de type à canal P en changeant la polarité des appareils de mesure et des alimentations.

###### 1.2 Précautions générales

Les précautions générales énumérées dans l'article 2 de la Publication 147-2 s'appliquent ici. En outre, on doit veiller tout particulièrement à utiliser des alimentations continues dont le taux d'ondulation est faible et à découpler toutes les sources de tension de polarisation à la fréquence de mesure.

Pour les dispositifs à quatre sorties, on doit connecter la quatrième sortie selon ce qui est spécifié.

###### 1.3 Précautions concernant les transistors à effet de champ à grille isolée

On doit prendre des précautions particulières pour éviter d'endommager les transistors à effet de champ à grille isolée, par suite des charges électriques qui peuvent s'accumuler sur la grille isolée ou sur une borne laissée en circuit ouvert.

Dans tous les cas, les bornes de grille et de source doivent être court-circuitées au moyen d'un interrupteur convenable, qui ne devra être ouvert que lorsque les mesures auront débuté. Pour les précautions de manipulation, voir la Publication 147-1 de la C.E.I., chapitre IV, paragraphe 1.4.

###### 1.4 Catégories pour les différents types

Les transistors à effet de champ sont divisés en trois types de catégorie comme suit :

Type A : type à jonction de grille

Type B : type à grille isolée à déplétion

Type C : type à grille isolée à enrichissement.

La catégorie pour laquelle chaque méthode de mesure s'applique est indiquée après le titre de la mesure.

##### 2. Courant résiduel de grille ou courant de fuite de grille

###### 2.1 Courant résiduel de grille du type à jonction de grille (type A)

###### 2.1.1 But

Mesurer le courant résiduel de grille d'un transistor à effet de champ à jonction de grille, dans des conditions spécifiées.

SEVENTH SUPPLEMENT TO PUBLICATION 147-2 (1963)

ESSENTIAL RATINGS AND CHARACTERISTICS OF SEMICONDUCTOR DEVICES  
AND GENERAL PRINCIPLES OF MEASURING METHODS

Part 2: General principles of measuring methods

CHAPTER IV: FIELD-EFFECT TRANSISTORS

1. General

1.1 Polarity

The polarities of the power supplies, shown in the circuits in this standard, are applicable to N-channel type devices. However, the circuits can be adapted for P-channel type devices by changing the polarities of the meters and the power supplies.

1.2 General precautions

The general precautions listed in Clause 2 of Publication 147-2 apply. In addition, special care should be taken to use low-ripple d.c. supplies and to decouple adequately all bias supply voltages at the frequency of measurement.

For four-terminal devices, the fourth terminal should be connected as specified.

1.3 Precautions for insulated-gate field-effect transistors

Special precautions should be taken to avoid damage of insulated-gate field-effect transistors from the electric charges which can accumulate on the insulated gate or on any terminal which is left open-circuited.

In all cases, the gate and source terminals should be short-circuited by means of a suitable switch which should be opened only when measurements are started. For handling precautions, see IEC Publication 147-1, Chapter IV, Sub-clause 1.4.

1.4 Type categories

Field-effect transistors are divided into three type categories as follows:

Type A: junction-gate type.

Type B: insulated-gate depletion type.

Type C: insulated-gate enhancement type.

The category for which each measurement method applies is shown following the title of the measurement.

2. Gate cut-off current or gate leakage current

2.1 Gate cut-off current of junction-gate type (type A)

2.1.1 Purpose

To measure the gate cut-off current of a junction-gate field-effect transistor, under specified conditions.

2.1.2 Schéma

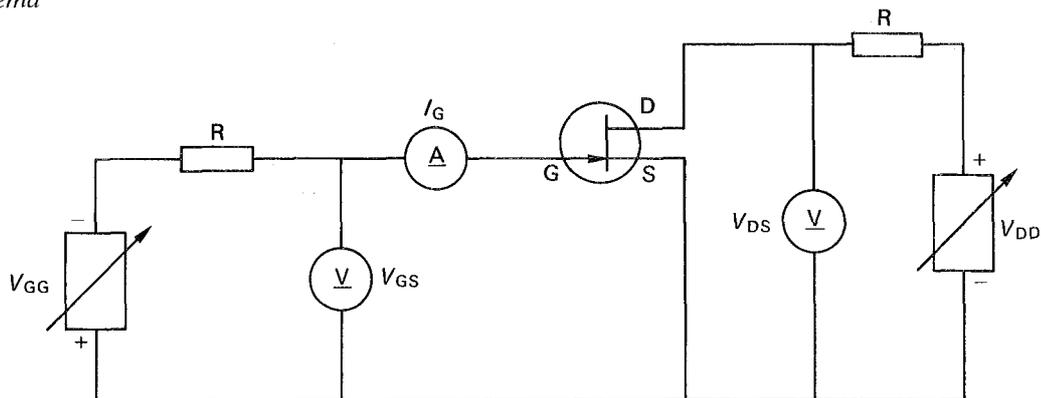


FIG. 1. — Circuit fondamental pour la mesure du courant résiduel de grille.

2.1.3 Exécution

Amener la tension drain-source à la valeur spécifiée (si cette tension spécifiée est nulle, les bornes de drain et de source doivent être court-circuitées). Mesurer le courant résiduel de grille à la tension grille-source spécifiée, en utilisant pour  $I_G$  un ampèremètre sensible.

2.1.4 Conditions spécifiées

- Température ambiante ou température d'un point de référence.
- Tension grille-source.
- Tension drain-source.

2.2 Courant de fuite de grille du type à grille isolée (types B et C)

2.2.1 But

Mesurer le courant de fuite d'un transistor à effet de champ à grille isolée, dans des conditions spécifiées.

2.2.2 Schéma

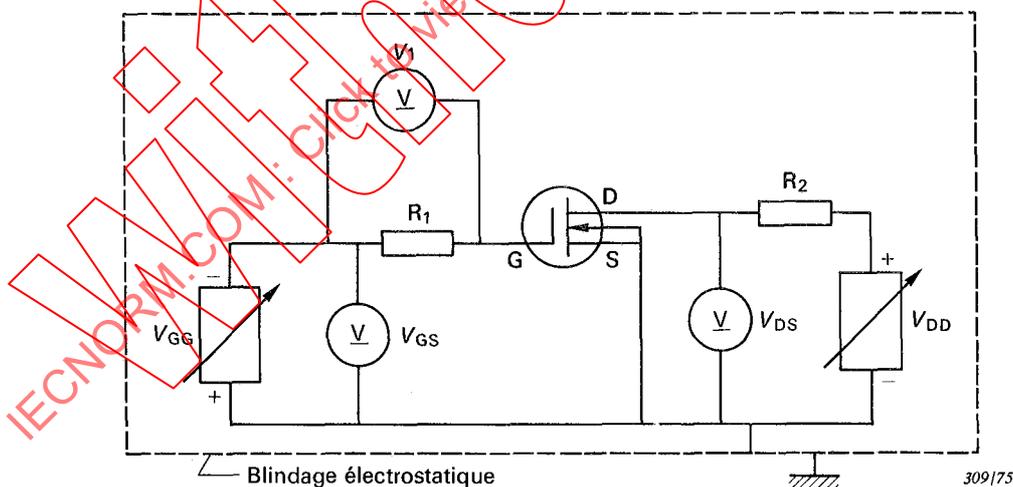


FIG. 2. — Circuit fondamental pour la mesure du courant de fuite de grille.

2.2.3 Description et exigences du circuit

Les bornes de source et de substrat sont réunies. R est une résistance de protection. La valeur de la résistance  $R_1$  doit être inférieure à  $V_{GS}/100 I_{GS \text{ max}}$ . Le voltmètre  $V_1$  doit avoir une grande sensibilité et une résistance d'entrée supérieure à 100 fois  $R_1$ . Le courant de fuite de grille est donné par :

$$I_{GS} = \frac{V_1}{R_1}$$

2.1.2 Circuit diagram

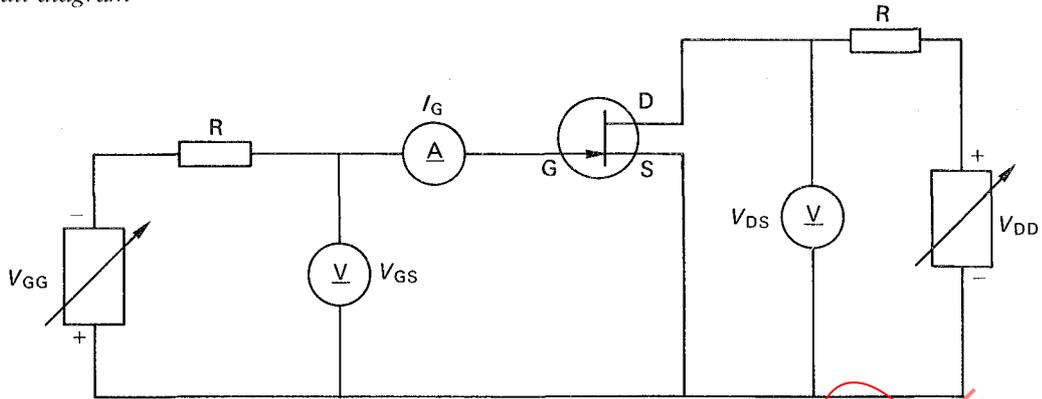


FIG. 1. — Basic circuit for the measurement of gate cut-off current.

308175

2.1.3 Measurement procedure

The drain-source voltage is set to the specified value (if this voltage is specified as zero, drain and source terminals should be short-circuited). The gate cut-off current is measured at the specified gate-source voltage, using a sensitive ammeter for  $I_G$ .

2.1.4 Specified conditions

- Ambient or reference point temperature.
- Gate-source voltage.
- Drain-source voltage.

2.2 Gate leakage current of insulated-gate type (types B and C)

2.2.1 Purpose

To measure the leakage current of an insulated-gate field-effect transistor, under specified conditions.

2.2.2 Circuit diagram

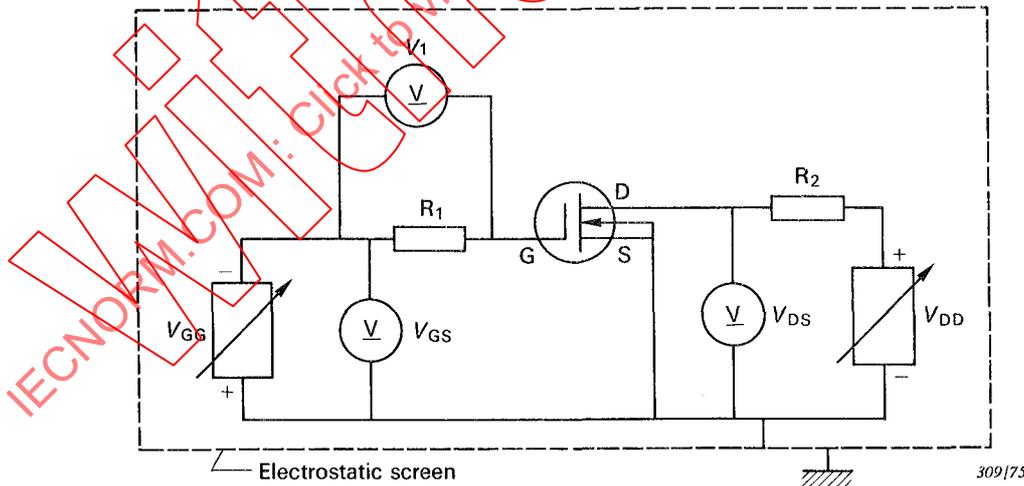


FIG. 2. — Basic circuit for the measurement of gate leakage current.

309175

2.2.3 Circuit description and requirements

The source and substrate terminals are connected together. R is a protective resistor. The value of resistor  $R_1$  should be smaller than  $V_{GS}/100 I_{GS}$  max. Voltmeter  $V_1$  should have a high sensitivity and an input resistance of more than 100 times  $R_1$ . The gate leakage current is given by:

$$I_{GS} = \frac{V_1}{R_1}$$

### 2.2.4 Précautions à prendre

- a) Le circuit complet doit être placé à l'intérieur d'un écran électrostatique.
- b) On doit veiller à éviter les mesures incorrectes dues aux courants de fuite existant entre la borne de grille et tout autre point du circuit.

### 2.2.5 Exécution

Amener la tension drain-source à la valeur spécifiée.

Mesurer la tension  $V_1$  à la tension grille-source spécifiée et calculer la valeur du courant de fuite de grille.

### 2.2.6 Conditions spécifiées

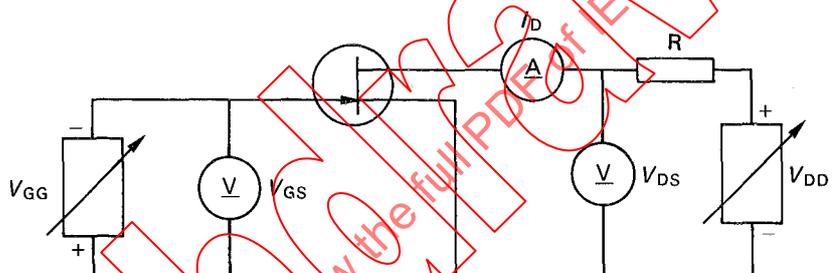
- Température ambiante ou température d'un point de référence.
- Tension grille-source.
- Tension drain-source.

## 3. Courant de drain (types A, B et C)

### 3.1 But

Mesurer le courant de drain d'un transistor à effet de champ, dans des conditions spécifiées.

### 3.2 Schéma



310/75

FIG. 3. — Circuit fondamental pour la mesure du courant de drain.

### 3.3 Description et exigences du circuit

R est une résistance de protection.

### 3.4 Précautions à prendre

Voir les précautions générales.

### 3.5 Exécution

Appliquer à la grille la tension grille-source spécifiée. Si cette tension est spécifiée comme devant être nulle, la grille doit être court-circuitée à la source.

Mesurer le courant de drain à la tension drain-source spécifiée.

### 3.6 Conditions spécifiées

- Température ambiante ou température d'un point de référence.
- Tension grille-source.
- Tension drain-source.

## 4. Courant de drain au blocage (types A, B et C)

### 4.1 But

Mesurer le courant de drain au blocage d'un transistor à effet de champ, dans des conditions spécifiées.

### 2.2.4 Precautions to be observed

- a) The entire circuit should be placed inside an electrostatic screen.
- b) Special care should be taken to avoid incorrect measurements caused by leakage currents occurring between the gate terminal and any other node in the circuit.

### 2.2.5 Measurement procedure

The drain-source voltage is adjusted to the specified value.

The voltage  $V_1$  is measured at the specified gate-source voltage and the value of gate leakage current is calculated.

### 2.2.6 Specified conditions

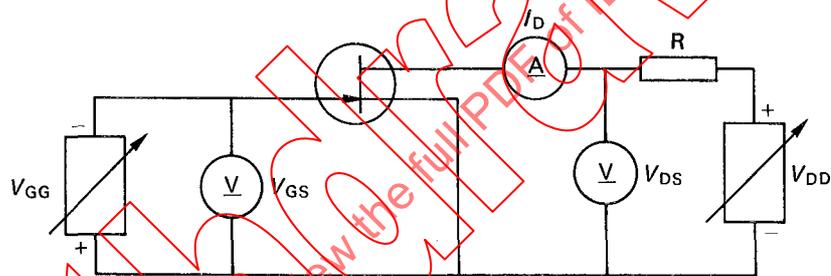
- Ambient or reference point temperature.
- Gate-source voltage.
- Drain-source voltage.

## 3. Drain current (types A, B and C)

### 3.1 Purpose

To measure the drain current of a field-effect transistor, under specified conditions.

### 3.2 Circuit diagram



310175

FIG. 3. ← Basic circuit for the measurement of drain current.

### 3.3 Circuit description and requirements

R is a protective resistor.

### 3.4 Precautions to be observed

See general precautions.

### 3.5 Measurement procedure

The specified gate-source voltage is applied to the gate. If this voltage is specified as zero, the gate should be short-circuited to the source.

The drain current is measured at the specified drain-source voltage.

### 3.6 Specified conditions

- Ambient or reference point temperature.
- Gate-source voltage.
- Drain-source voltage.

## 4. Drain cut-off current (types A, B and C)

### 4.1 Purpose

To measure the drain cut-off current of a field-effect transistor, under specified conditions.

#### 4.2 Schéma

On peut utiliser le circuit de la figure 3, page 10, pour cette mesure.

#### 4.3 Précautions à prendre (pour les types B et C)

Le circuit complet doit être placé à l'intérieur d'un écran électrostatique.

#### 4.4 Exécution

Choisir le courant de drain de telle sorte que le dispositif fonctionne dans la région de blocage.

#### 4.5 Conditions spécifiées

- Température ambiante ou température d'un point de référence.
- Tension grille-source.
- Tension drain-source.

### 5. Tension grille-source de blocage (types A et B)

#### 5.1 But

Mesurer la tension grille-source de blocage, dans des conditions spécifiées.

#### 5.2 Schéma

Le circuit de la figure 3 peut être utilisé pour cette mesure.

#### 5.3 Précautions à prendre

Le circuit complet doit être placé à l'intérieur d'un écran électrostatique.

#### 5.4 Exécution

Appliquer la tension drain-source spécifiée.

*Note.* — On peut appliquer, si nécessaire, une tension supplémentaire substrat-source.

Régler la tension grille-source pour obtenir le courant de drain spécifié dans la région de blocage. Cela représente la valeur recherchée de la tension grille-source de blocage.

#### 5.5 Conditions spécifiées

- Température ambiante ou température d'un point de référence.
- Tension drain-source.
- Courant de drain.

### 6. Tension de seuil grille-source (type C)

#### 6.1 But

Mesurer la tension de seuil grille-source, dans des conditions spécifiées.

#### 6.2 Schéma

On peut utiliser pour cette mesure le circuit de la figure 3, avec un blindage convenable; toutefois la polarité de la tension grille-source doit être inversée.

#### 6.3 Précautions à prendre

Le circuit complet doit être placé à l'intérieur d'un écran électrostatique.

#### 6.4 Exécution

Appliquer la tension drain-source spécifiée.

Régler la tension grille-source pour obtenir le courant de drain spécifié. Cela représente la valeur recherchée de la tension de seuil grille-source.

#### 4.2 *Circuit diagram*

The circuit of Figure 3, page 11, may be used for this measurement.

#### 4.3 *Precautions to be observed (for types B and C)*

The entire circuit should be placed inside an electrostatic screen.

#### 4.4 *Measurement procedure*

The drain current is chosen so that the device is operating in the cut-off region.

#### 4.5 *Specified conditions*

- Ambient or reference point temperature.
- Gate-source voltage.
- Drain-source voltage.

### 5. **Gate-source cut-off voltage (types A and B)**

#### 5.1 *Purpose*

To measure the gate-source cut-off voltage, under specified conditions.

#### 5.2 *Circuit diagram*

The circuit of Figure 3 may be used for this measurement.

#### 5.3 *Precautions to be observed*

The entire circuit should be placed inside an electrostatic screen.

#### 5.4 *Measurement procedure*

The specified drain-source voltage is applied.

*Note.* — An additional substrate-source voltage may be applied if necessary.

The gate-source voltage is adjusted to obtain the specified drain current in the cut-off region. This is the required value of the gate-source cut-off voltage.

#### 5.5 *Specified conditions*

- Ambient or reference point temperature.
- Drain-source voltage.
- Drain current.

### 6. **Gate-source threshold voltage (type C)**

#### 6.1 *Purpose*

To measure the gate-source threshold voltage, under specified conditions.

#### 6.2 *Circuit diagram*

The circuit of figure 3, with suitable shield, may be used for this measurement, except that the polarity of the gate-source voltage should be reversed.

#### 6.3 *Precautions to be observed*

The entire circuit should be placed inside an electrostatic screen.

#### 6.4 *Measurement procedure*

The specified drain-source voltage is applied.

The gate-source voltage is adjusted to obtain the specified drain current. This is the required value of the gate-source threshold voltage.

6.5 Conditions spécifiées

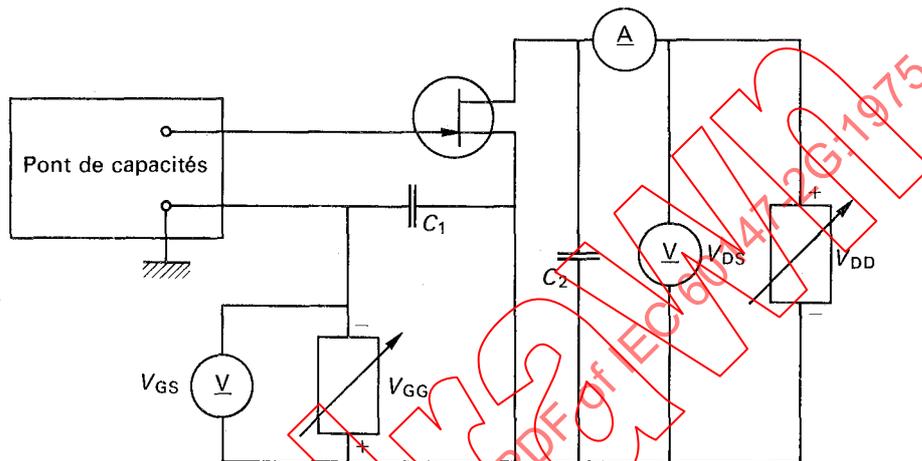
- Température ambiante ou température d'un point de référence.
- Tension drain-source.
- Courant de drain.

7. Capacité d'entrée, sortie en court-circuit, en petits signaux  $C_{is}$  (types A, B et C)

7.1 But

Mesurer la capacité d'entrée en petits signaux d'un transistor à effet de champ, dans des conditions spécifiées.

7.2 Schéma



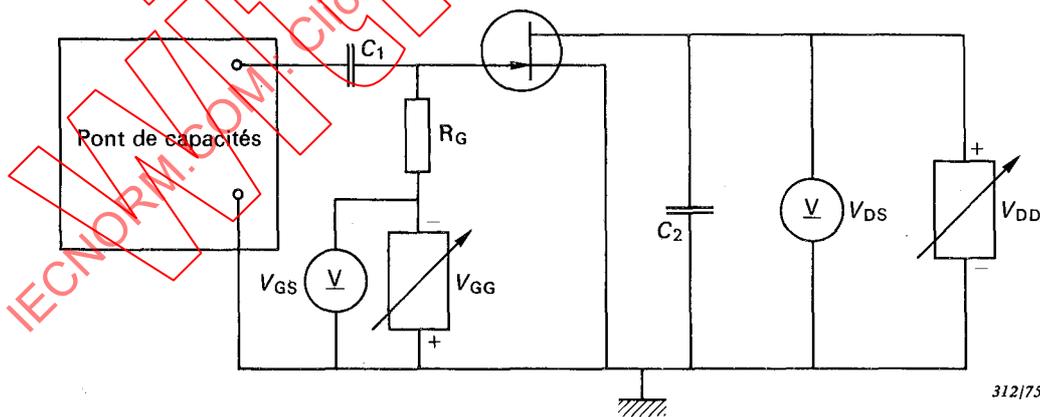
311/75

FIG. 4. — Circuit fondamental pour la mesure de la capacité d'entrée, sortie en court-circuit, en petits signaux.

7.3 Description et exigences du circuit

On utilise un pont de capacités pour cette mesure.

Si le pont ne peut pas (ou ne doit pas) être traversé par le courant continu, on peut utiliser l'autre circuit de polarisation (shunt), indiqué dans la figure 5.



312/75

FIG. 5. — Autre circuit de mesure de la capacité d'entrée, sortie en court-circuit, en petits signaux.

Les capacités  $C_1$  et  $C_2$  doivent présenter des court-circuits à la fréquence de mesure et satisfaire aux conditions suivantes:

$$\omega C_1 \gg |y_{is}|$$

$$\omega C_2 \gg |y_{os}|$$

6.5 Specified conditions

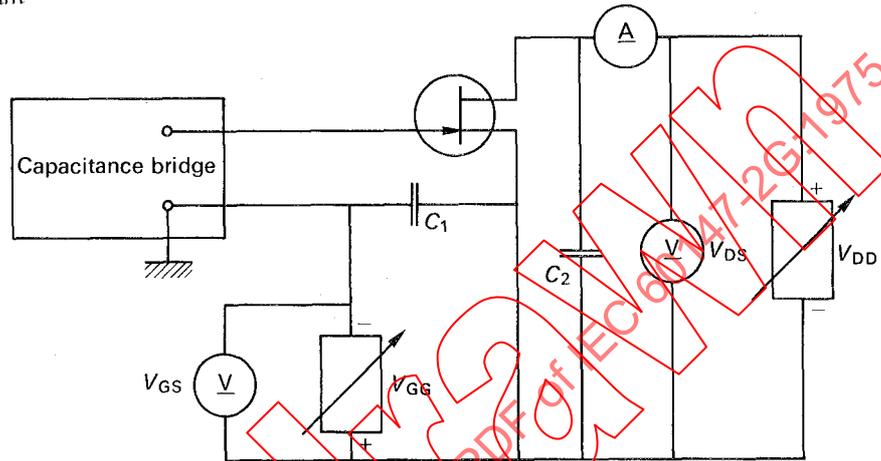
- Ambient or reference point temperature.
- Drain-source voltage.
- Drain current.

7. Small-signal short-circuit input capacitance  $C_{is}$  (types A, B and C)

7.1 Purpose

To measure the small-signal input capacitance of a field-effect transistor, under specified conditions.

7.2 Circuit diagram



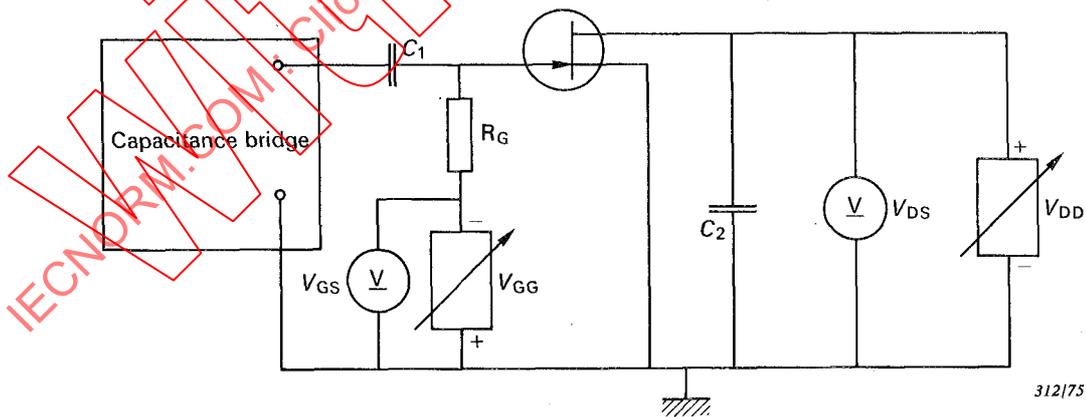
311/75

FIG. 4. — Basic circuit for the measurement of small-signal short-circuit input capacitance.

7.3 Circuit description and requirements

A capacitance bridge is used for this measurement.

If the bridge cannot (or should not) pass d.c., the alternative (shunt) bias circuit shown in Figure 5 may be used.



312/75

FIG. 5. — Alternative circuit for measurement of small-signal short-circuit input capacitance.

Capacitances  $C_1$  et  $C_2$  should present short-circuits at the measurement frequency, satisfying the following conditions:

$$\omega C_1 \gg |y_{is}|$$

$$\omega C_2 \gg |y_{os}|$$

#### 7.4 Précautions à prendre

Voir les précautions générales.

#### 7.5 Exécution

En l'absence de dispositif dans le support de mesure, effectuer les réglages de zéro du pont.

Placer ensuite le dispositif à mesurer dans le support de mesure. Régler la tension drain-source ( $V_{DS}$ ) et la tension grille-source ( $V_{GS}$ ) pour conditions de polarisation spécifiées.

Réaliser à nouveau l'équilibre du pont; la variation dans la lecture de capacité est la valeur de la capacité d'entrée, sortie en court-circuit, en petits signaux.

#### 7.6 Conditions spécifiées

- Tension drain-source.
- Tension grille-source.
- Fréquence de mesure.

### 8. Conductance de sortie, entrée en court-circuit, en petits signaux $g_{os}$ (types A, B et C)

#### 8.1 But

Mesurer la conductance de sortie en petits signaux, dans des conditions spécifiées.

#### 8.2 Généralités

On décrit deux circuits, l'un utilisant une méthode de zéro, l'autre utilisant le principe des deux voltmètres.

La première méthode nécessite un pont d'admittance, mais a l'avantage que  $g_{os}$  peut être mesurée aux fréquences hautes et basses et que l'on peut mesurer à la fois  $g_{os}$  et  $C_{os}$ .

La deuxième méthode mesure simplement le module de  $y_{os} = g_{os} + j\omega C_{os}$  qui se réduit à  $g_{os}$  pour des fréquences suffisamment basses.

#### 8.3 Méthode de zéro

##### 8.3.1 Schéma

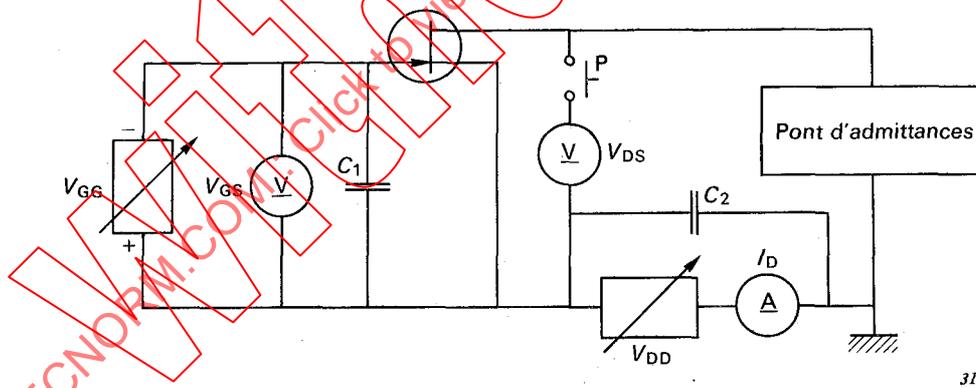


FIG. 6. — Circuit fondamental pour la mesure de la conductance de sortie  $g_{os}$  (méthode de zéro).

##### 8.3.2 Description et exigences du circuit

On utilise un pont d'admittance pour cette mesure.

Les capacités  $C_1$  et  $C_2$  doivent présenter des court-circuits effectifs à la fréquence de mesure et satisfaire aux conditions suivantes:

$$\omega C_1 \gg |y_{is}|$$

$$\omega C_2 \gg |y_{os}|$$

##### 8.3.3 Précautions à prendre

Voir les précautions générales.

7.4 *Precautions to be observed*

See general precautions.

7.5 *Measurement procedure*

With no device in the measurement socket, the zero adjustments of the bridge are made.

The device to be measured is then inserted into the measurement socket. The drain-source voltage ( $V_{DS}$ ) and the gate-source voltage ( $V_{GS}$ ) are adjusted to obtain the specified bias conditions.

The bridge is rebalanced, and the change in the capacitance reading is the value of the small-signal short-circuit input capacitance.

7.6 *Specified conditions*

- Drain-source voltage.
- Gate-source voltage.
- Frequency of measurement.

8. **Small-signal short-circuit output conductance  $g_{os}$  (types A, B and C)**

8.1 *Purpose*

To measure the small-signal output conductance, under specified conditions.

8.2 *General*

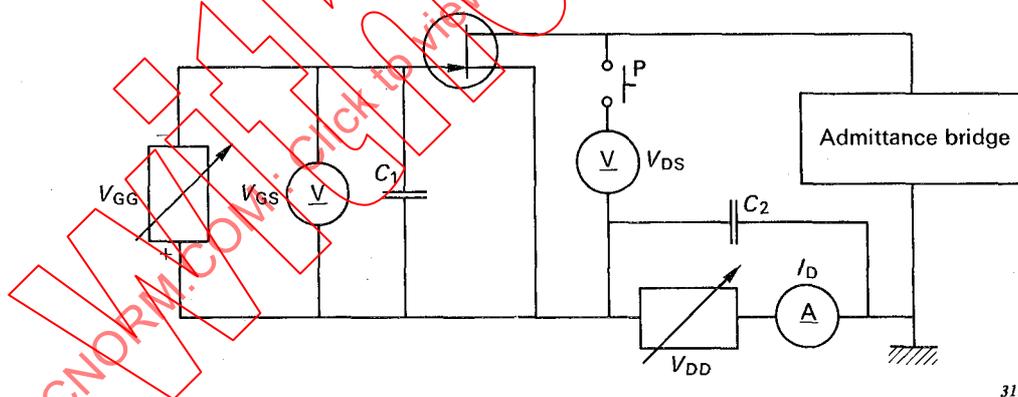
Two alternative circuits are described, one using a null method, the other using the two-voltmeter principle.

The first method requires an admittance bridge but has the advantage that  $g_{os}$  may be measured at high and low frequencies, and that both  $g_{os}$  and  $C_{os}$  may be measured simultaneously.

The second method simply measures the modulus of  $y_{os} = g_{os} + j\omega C_{os}$  which is identical with  $g_{os}$  for sufficiently low frequencies.

8.3 *Null method*

8.3.1 *Circuit diagram*



313/75

FIG. 6. — Basic circuit for the measurement of the output conductance  $g_{os}$  (null method).

8.3.2 *Circuit description and requirements*

The admittance bridge is used for this measurement.

Capacitances  $C_1$  and  $C_2$  should present short-circuits at the measurement frequency, satisfying the following conditions:

$$\omega C_1 \gg |y_{is}|$$

$$\omega C_2 \gg |y_{os}|$$

8.3.3 *Precautions to be observed*

See general precautions.

### 8.3.4 Exécution

En l'absence de dispositif dans le support de mesure, effectuer les réglages de zéro du pont.

Placer ensuite le dispositif à mesurer dans le support de mesure; le bouton-poussoir P étant fermé, régler la tension drain-source ( $V_{DS}$ ) et la tension grille-source ( $V_{GS}$ ) pour obtenir les conditions de polarisation spécifiées.

Le bouton-poussoir P étant ouvert, rééquilibrer le pont et lire alors les valeurs de  $g_{os}$ , ou de  $Re (y_{os})$  et de  $Im (y_{os})$  si besoin.

### 8.3.5 Conditions spécifiées

- Tension drain-source.
- Tension grille-source ou courant de drain.
- Fréquence de mesure.

## 8.4 Méthode utilisant deux voltmètres

### 8.4.1 Schéma

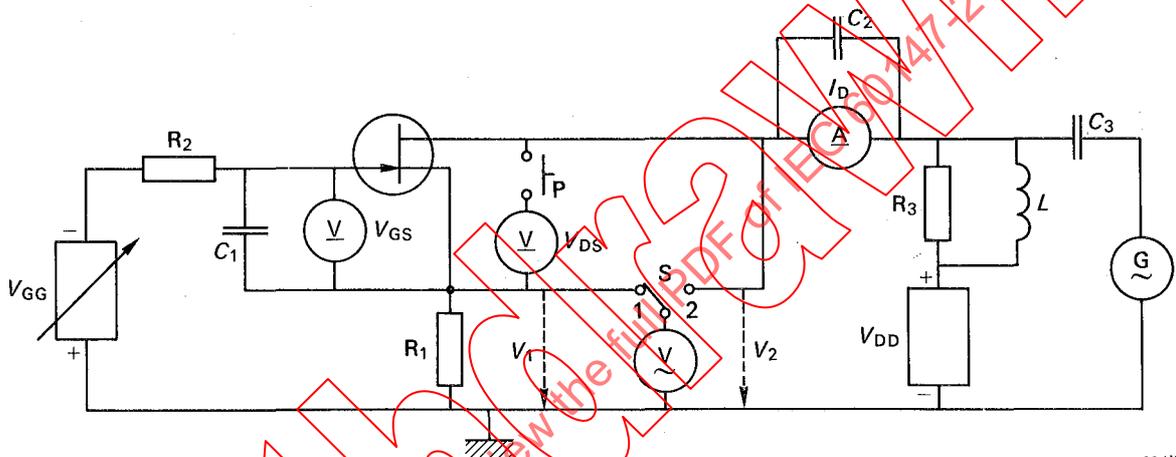


FIG. 7. — Circuit fondamental pour la mesure de la conductance de sortie  $g_{os}$  (méthode des deux voltmètres).

### 8.4.2 Description et exigences du circuit

Toutes les tensions de polarisation appliquées doivent être convenablement découplées à la fréquence de mesure.

La valeur de  $\omega C_1$  doit être très supérieure à  $|y_{is}|$ , celle de  $\omega C_2$  doit être élevée.

L'inductance  $L$  est facultative; sa présence facilite le réglage du point de fonctionnement spécifié.

La résistance  $R_1$  doit être suffisamment faible vis-à-vis de  $\frac{1}{g_{os}}$ ; dans la pratique, on utilisera une valeur de  $10 \Omega$  à  $100 \Omega$ , suivant la sensibilité du voltmètre.

Le voltmètre alternatif doit avoir une sensibilité suffisante; pour la mesure de faibles conductances, on prendra de préférence un voltmètre sélectif.

### 8.4.3 Précautions à observer

Voir les précautions générales.

### 8.4.4 Exécution

Placer le dispositif à mesurer dans le support de mesure; le bouton-poussoir P étant fermé, régler la tension drain-source ( $V_{DS}$ ) et la tension grille-source ( $V_{GS}$ ) pour obtenir les conditions de polarisation spécifiées.

Le commutateur S étant en position 1, mesurer la valeur  $V_1 = I_d R_1$ ; quand il est en position 2, mesurer la valeur  $V_2 = V_{ds} + I_d R_1$ .

### 8.3.4 Measurement procedure

With no device in the measurement socket, the zero adjustments of the bridge are made.

The device to be measured is then inserted into the measurement socket; the drain-source voltage ( $V_{DS}$ ) and the gate-source voltage ( $V_{GS}$ ) are adjusted to obtain the specified bias conditions with the push-button P closed.

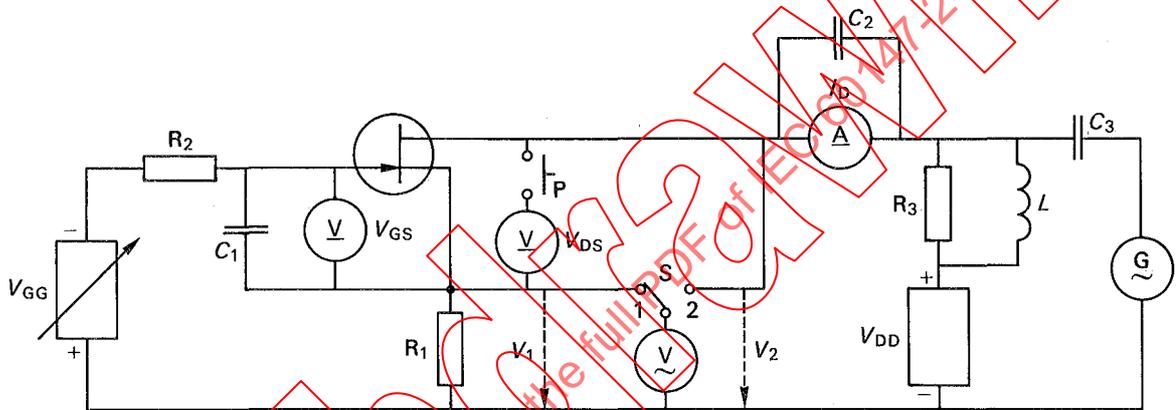
With the push-button P open, the bridge is rebalanced, and the values of  $g_{os}$ , or  $Re(y_{os})$  and  $Im(y_{os})$ , if needed, are then read.

### 8.3.5 Specified conditions

- Drain-source voltage.
- Gate-source voltage or drain current.
- Frequency of measurement.

## 8.4 Two-voltmeter method

### 8.4.1 Circuit diagram



314/75

FIG. 7. — Basic circuit for the measurement of the output conductance  $g_{os}$  (two-voltmeter method).

### 8.4.2 Circuit description and requirements

All bias voltages applied should be adequately decoupled at the frequency of measurement.

The value of  $\omega C_1$  should be much larger than  $|y_{is}|$ ; the value of  $\omega C_2$  should be high.

Inductance  $L$  is optional; its use facilitates the adjustment of the specified operating point.

Resistor  $R_1$  should be sufficiently low with respect to  $\frac{1}{g_{os}}$ ; practically, a value of  $10 \Omega$  to  $100 \Omega$  will be used, in accordance with the voltmeter sensitivity.

The a.c. voltmeter should have sufficient sensitivity; for the measurement of low conductances, it should preferably be a selective instrument.

### 8.4.3 Precautions to be observed

See general precautions.

### 8.4.4 Measurement procedure

The device to be measured is inserted into the measurement socket; the drain-source voltage ( $V_{DS}$ ) and the gate-source voltage ( $V_{GS}$ ) are adjusted to obtain the specified bias conditions with the push-button P closed.

With the switch S in position 1, the value  $V_1 = I_d R_1$  is measured, while with the switch S in position 2, the value  $V_2 = V_{ds} + I_d R_1$  is measured.

On a :

$$V_2 - V_1 = V_{ds}$$

$$I_d = \frac{V_1}{R_1}$$

$$|y_{os}| = \frac{V_1}{R_1 (V_2 - V_1)} \simeq \frac{V_1}{R_1 V_2} \text{ (pour } V_2 \gg V_1 \text{)}$$

Pour des fréquences suffisamment basses :  $|y_{os}| \simeq g_{os}$

#### 8.4.5 Conditions spécifiées

- Tension drain-source.
- Tension grille-source ou courant de drain.
- Fréquence de mesure.

### 9. Capacité de sortie, entrée en court-circuit, en petits signaux $C_{os}$ (types A, B et C)

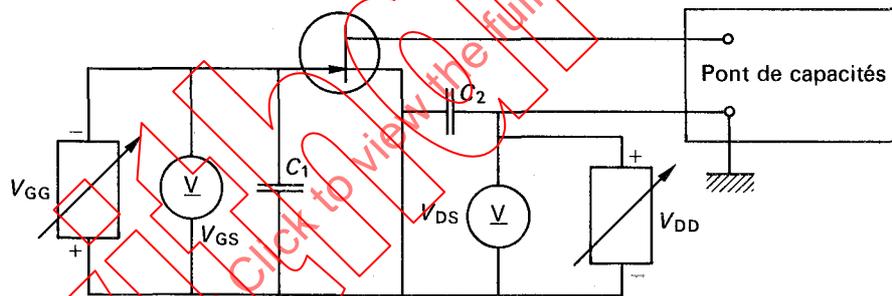
#### 9.1 But

Mesurer la capacité de sortie, entrée en court-circuit, en petits signaux, dans des conditions spécifiées.

#### 9.2 Généralités

Comme il est dit dans les paragraphes 8.2 et 8.3.2, on peut aussi utiliser pour la mesure de  $C_{os}$  la méthode indiquée dans le paragraphe 8.3. Cependant, on préfère fréquemment utiliser une méthode différente pour mesurer  $C_{os}$ , en particulier lorsque la méthode du paragraphe 8.4 sert à mesurer  $g_{os}$ .

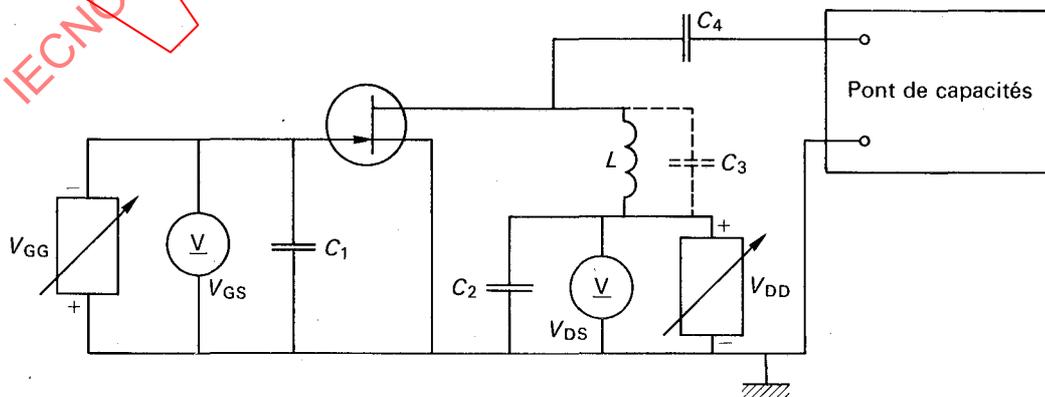
#### 9.3 Schémas



315/75

FIG. 8. — Circuit fondamental pour la mesure de la capacité de sortie, entrée en court-circuit,  $C_{os}$ .

Si le pont de capacités ne peut pas (ou ne doit pas) être traversé par le courant continu, on pourra alors utiliser le circuit décrit dans la figure 9.



316/75

FIG. 9. — Autre circuit pour la mesure de la capacité de sortie, entrée en court-circuit,  $C_{os}$ .

Thus:

$$V_2 - V_1 = V_{ds}$$

$$I_d = \frac{V_1}{R_1}$$

$$|y_{os}| = \frac{V_1}{R_1(V_2 - V_1)} \approx \frac{V_1}{R_1 V_2} \quad (\text{for } V_2 \gg V_1)$$

For sufficiently low frequencies:  $|y_{os}| \approx g_{os}$

#### 8.4.5 Specified conditions

- Drain-source voltage.
- Gate-source voltage or drain current.
- Frequency of measurement.

### 9. Small-signal short-circuit output capacitance $C_{os}$ (types A, B and C)

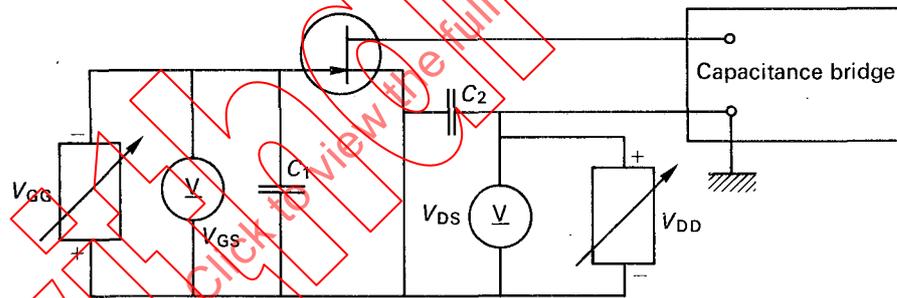
#### 9.1 Purpose

To measure the small-signal short-circuit output capacitance, under specified conditions.

#### 9.2 General

As mentioned in Sub-clauses 8.2 and 8.3.2, the method of Sub-clause 8.3 may also be used for the measurement of  $C_{os}$ . However, it is often preferable to use a separate method of measurement for  $C_{os}$ , especially when the method of Sub-clause 8.4 is used for the measurement of  $g_{os}$ .

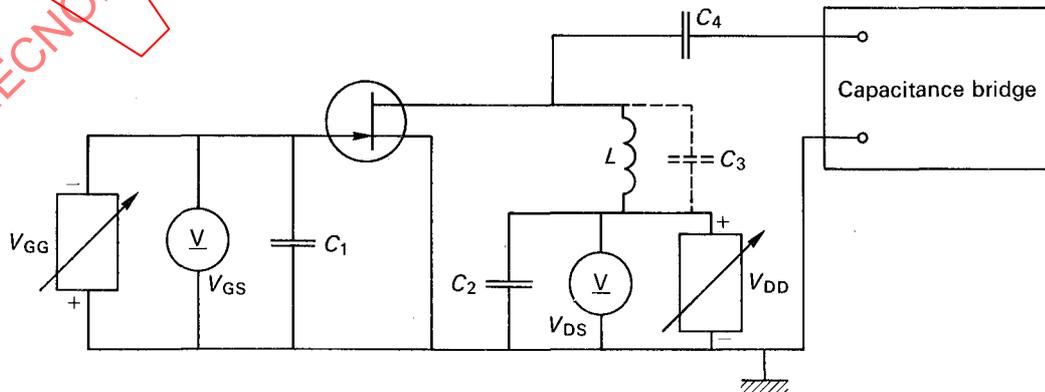
#### 9.3 Circuit diagrams



315/75

FIG. 8. — Basic circuit for measurement of short-circuit output capacitance  $C_{os}$ .

If the capacitance bridge cannot (or should not) carry d.c., the alternative circuit shown in Figure 9 should be used.



316/75

FIG. 9. — Alternative circuit for measurement of short-circuit output capacitance  $C_{os}$ .

#### 9.4 Description et exigences du circuit

On utilise un pont de capacités, ce qui permet d'employer une méthode de zéro. La valeur de  $C_2$  doit être très supérieure à  $C_{os}$  et celle de  $\omega C_1$  très supérieure à  $|y_{is}|$ .

L'impédance de  $L$  doit être suffisamment élevée, de façon qu'il soit possible de la compenser par les réglages du pont. La résistance en continu doit être faible vis-à-vis de la résistance de sortie du dispositif. Une autre possibilité est d'utiliser un circuit antirésonnant convenable (ou, pour de très faibles courants de drain, une résistance convenable).

#### 9.5 Précautions à prendre

Voir les précautions générales.

#### 9.6 Exécution

En l'absence de dispositif dans le support de mesure, effectuer les réglages de zéro du pont de capacités.

Placer ensuite le dispositif à mesurer dans le support de mesure; régler  $V_{DS}$  et  $V_{GS}$  (ou  $I_D$ ) aux valeurs spécifiées.

Réaliser à nouveau l'équilibre du pont; la différence des lectures de capacités entre ce réglage et celui sans dispositif dans le support de mesure donne la valeur de  $C_{os}$ .

#### 9.7 Conditions spécifiées

- Tension drain-source.
- Tension grille-source ou courant de drain.
- Fréquence de mesure.

### 10. Transconductance directe, sortie en court-circuit, en petits signaux $g_{fs}$ (types A, B et C)

#### 10.1 But

Mesurer la transconductance directe, sortie en court-circuit, en petits signaux, dans des conditions spécifiées.

#### 10.2 Généralités

On décrit deux circuits, l'un utilisant une méthode de zéro, l'autre utilisant le principe des deux voltmètres.

- La première méthode nécessite un pont d'admittance de transfert tripôle, mais présente l'avantage que l'on peut mesurer  $g_{fs}$ , en basse fréquence, ainsi que  $y_{fs} = g_{fs} + jb_{fs}$  en haute fréquence. En outre, elle garantit un court-circuit réel à la sortie.
- La deuxième méthode permet de mesurer simplement le module de  $y_{fs}$ , qui se ramène à  $g_{fs}$  pour des fréquences suffisamment basses.

#### 10.3 Méthode de zéro

##### 10.3.1 Schéma

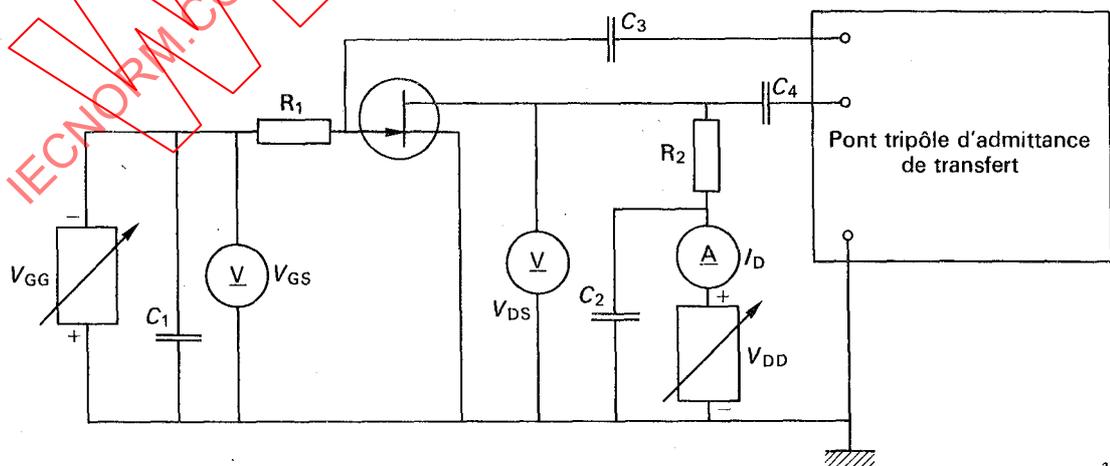


FIG. 10. — Circuit pour la mesure de la transconductance directe, sortie en court-circuit,  $g_{fs}$ .

9.4 *Circuit description and requirements*

A capacitance bridge is used, thus making it possible to apply a null method.  $C_2$  should be much larger than  $C_{os}$  and  $\omega C_1$  much larger than  $|y_{is}|$ .

The impedance of  $L$  should be sufficiently high, so that it is possible to compensate it by the bridge adjustments. The d.c. resistance should be low compared to the output resistance of the device. Alternatively, a suitable tuned parallel resonant circuit (or, at very low drain currents, a suitable resistor) may be used.

9.5 *Precautions to be observed*

See general precautions.

9.6 *Measurement procedure*

With no device in the measurement socket, the zero adjustments of the capacitance bridge are made.

The device to be measured is then inserted into the measurement socket;  $V_{DS}$  and  $V_{GS}$  (or  $I_D$ ) are adjusted to the specified values.

The bridge is rebalanced; the difference of the capacitance readings of this adjustment and that with no device in the measurement socket yields the value of  $C_{os}$ .

9.7 *Specified conditions*

- Drain-source voltage.
- Gate-source voltage or drain current.
- Frequency of measurement.

10. **Small-signal short-circuit forward transconductance  $g_{fs}$  (types A, B and C)**

10.1 *Purpose*

To measure the small-signal short-circuit forward transconductance, under specified conditions.

10.2 *General*

Two alternative circuits are described, one using a null method, the other using the two-voltmeter principle.

- The first method needs a three-pole transfer admittance bridge, but has the advantage that  $g_{fs}$  may be measured at low frequencies, as well as  $y_{fs} = g_{fs} + j b_{fs}$  at high frequencies. Furthermore, it guarantees a real short-circuit at the output.
- The second method simply measures the modulus of  $y_{fs}$  which is identical with  $g_{fs}$  for sufficiently low frequencies.

10.3 *Null method*

10.3.1 *Circuit diagram*

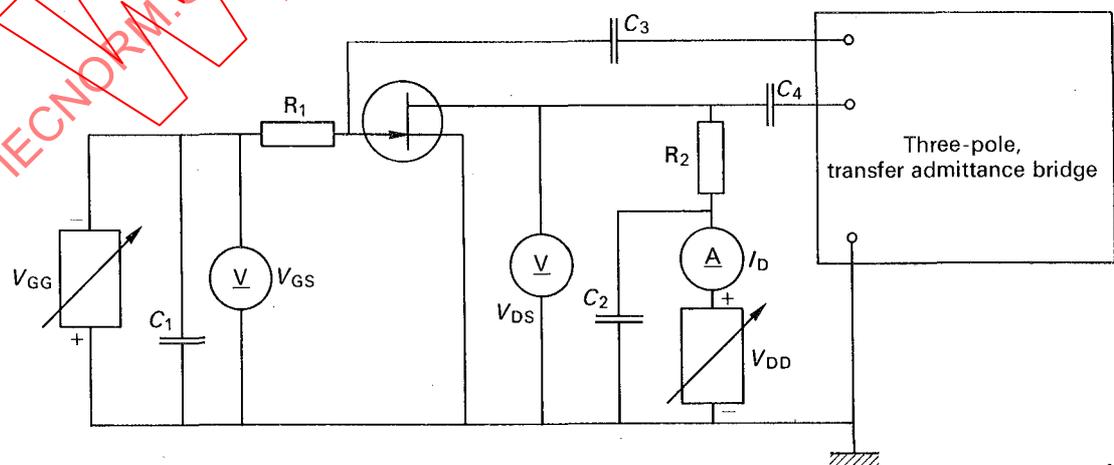


FIG. 10. --- Circuit for the measurement of short-circuit forward transconductance,  $g_{fs}$ .

### 10.3.2 Description et exigences du circuit

Toutes les sources de tension de polarisation appliquées doivent être convenablement découplées à la fréquence de mesure.

La valeur de  $\omega C_1$  doit être très supérieure à  $|y_{is}|$  et la valeur de  $\omega C_2$  doit être très supérieure à  $|y_{os}|$ .

$R_1$  doit être très supérieure à l'impédance interne du pont, afin de ne pas affecter la précision de la mesure.

$R_2$  doit être très supérieure à la résistance interne du détecteur, mais cependant suffisamment faible vis-à-vis de  $1/y_{is}$ , afin de ne pas affecter la sensibilité de la mesure.

Les valeurs de  $\omega C_3$  et de  $\omega C_4$  doivent être beaucoup plus grandes que  $|y_{is}|$  à mesurer.

La résistance interne du voltmètre  $V_{DS}$  doit être très supérieure à  $V_{DS}/I_D$ .

### 10.3.3 Précautions à prendre

Voir les précautions générales.

### 10.3.4 Exécution

En l'absence de dispositif dans le support de mesure, effectuer les réglages de zéro du pont.

Placer ensuite le dispositif à mesurer dans le support de mesure; régler  $V_{DS}$  et  $V_{GS}$  (ou  $I_D$ ) aux valeurs spécifiées.

Rééquilibrer le pont et lire alors les valeurs de  $g_{fs}$ , ou de  $Re(y_{fs})$  et de  $Im(y_{fs})$  si besoin.

### 10.3.5 Conditions spécifiées

- Tension drain-source.
- Tension grille-source ou courant de drain.
- Fréquence de mesure.

## 10.4 Méthode des deux voltmètres

### 10.4.1 Schéma

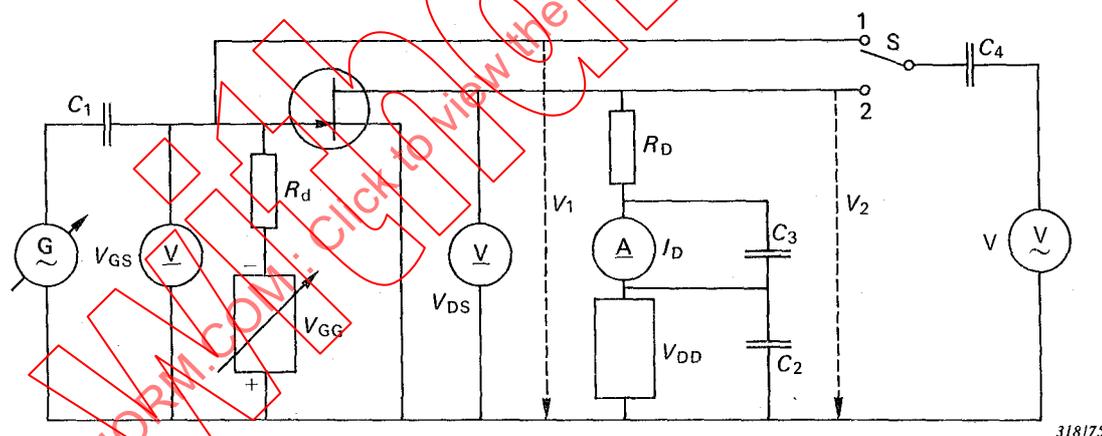


FIG. 11. — Circuit pour la mesure de la transconductance directe  $g_{fs}$  (méthode des deux voltmètres).

318/75

### 10.4.2 Description et exigences du circuit

On doit utiliser un oscillateur convenable dont la fréquence soit suffisamment basse.

Les valeurs de  $\omega C_3$  et de  $\omega C_2$  doivent être très supérieures à  $1/R_D$ . La valeur de  $\omega C_1$  doit être élevée.

La valeur de la résistance  $R_G$  n'est pas critique; il vaut mieux qu'elle ne soit pas trop élevée.

La résistance  $R_D$  doit être faible vis-à-vis de  $\frac{1}{|y_{os}|}$ .

Le voltmètre V (voir la figure 11) doit avoir une sensibilité suffisante; pour la mesure de faibles valeurs de  $g_{fs}$ , on prendra de préférence un voltmètre sélectif.

### 10.3.2 Circuit description and requirements

All bias supply voltages applied should be adequately decoupled at the frequency of measurement.

The value of  $\omega C_1$  should be much larger than  $|y_{fs}|$  and the value of  $\omega C_2$  should be much larger than  $|y_{os}|$ .

$R_1$  should be much larger than the internal impedance of the bridge, in order not to affect the measurement accuracy.

$R_2$  should be much larger than the internal resistance of the detector, but nevertheless sufficiently lower than  $1/y_{fs}$ , in order not to affect the measurement sensitivity.

The values of  $\omega C_3$  and  $\omega C_4$  should be much larger than  $|y_{fs}|$  to be measured.

The internal resistance of the voltmeter  $V_{DS}$  should be much larger than  $V_{DS}/I_D$ .

### 10.3.3 Precautions to be observed

See general precautions.

### 10.3.4 Measurement procedure

With no device in the measurement socket, the zero adjustments of the bridge are made.

The device to be measured is then inserted into the measurement socket;  $V_{DS}$  and  $V_{GS}$  (or  $I_D$ ) are adjusted to the specified values.

The bridge is rebalanced, and the values of  $g_{fs}$ , or  $Re(y_{fs})$  and  $Im(y_{fs})$  if needed, are then read.

### 10.3.5 Specified conditions

- Drain-source voltage.
- Gate-source voltage or drain current.
- Frequency of measurement.

## 10.4 Two-voltmeter method

### 10.4.1 Circuit diagram

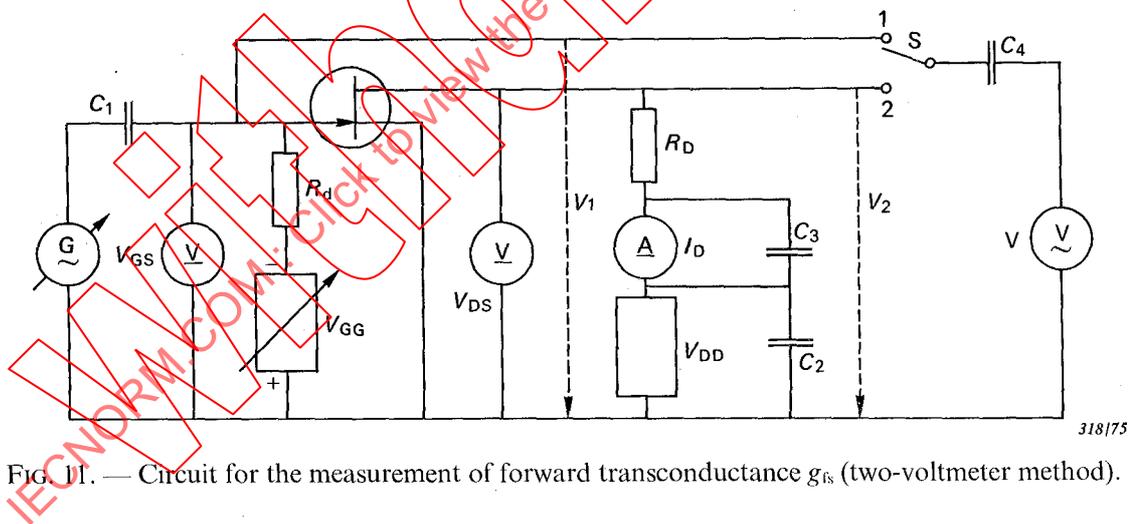


FIG. 11. — Circuit for the measurement of forward transconductance  $g_{fs}$  (two-voltmeter method).

### 10.4.2 Circuit description and requirements

A suitable oscillator should be used, the frequency of which should be sufficiently low.

The values of  $\omega C_3$  and  $\omega C_2$  should be much greater than  $1/R_D$ . The value of  $\omega C_1$  should be high.

The value of resistor  $R_G$  is not critical; it should preferably not be too high.

Resistance  $R_D$  must be low compared with  $1/y_{os}$ .

Voltmeter V (see Figure 11) should have sufficient sensitivity; for the measurement of low values of  $g_{fs}$ , it should preferably be a selective instrument.

10.4.3 *Précautions à prendre*

Voir les précautions générales.

10.4.4 *Exécution*

Placer le dispositif à mesurer dans le support de mesure; régler  $V_{DS}$  et  $V_{GS}$  (ou  $I_D$ ) aux valeurs spécifiées.

Le commutateur S étant en position 1, mesurer la valeur  $V_1 = V_{gs}$ ; quand il est en position 2, mesurer la valeur  $V_2 = V_{ds} = I_d R_d$ .

On en déduit:

$$|y_{fs}| \approx \frac{I_d}{V_{gs}} = \frac{V_2}{V_1 R_d}$$

Pour des fréquences suffisamment basses:  $|y_{fs}| \approx g_{fs}$ .

10.4.5 *Conditions spécifiées*

- Tension drain-source.
- Tension grille-source ou courant de drain.
- Fréquence de mesure.

11. **Capacité de réaction, entrée en court-circuit, en petits signaux  $C_{rs}$  (types A, B et C)**

11.1 *But*

Mesurer la capacité de réaction, entrée en court-circuit, en petits signaux, dans des conditions spécifiées.

11.2 *Schéma*

11.2.1 La figure 12 donne un exemple de circuit à utiliser. On se sert d'un pont à transformateur différentiel.

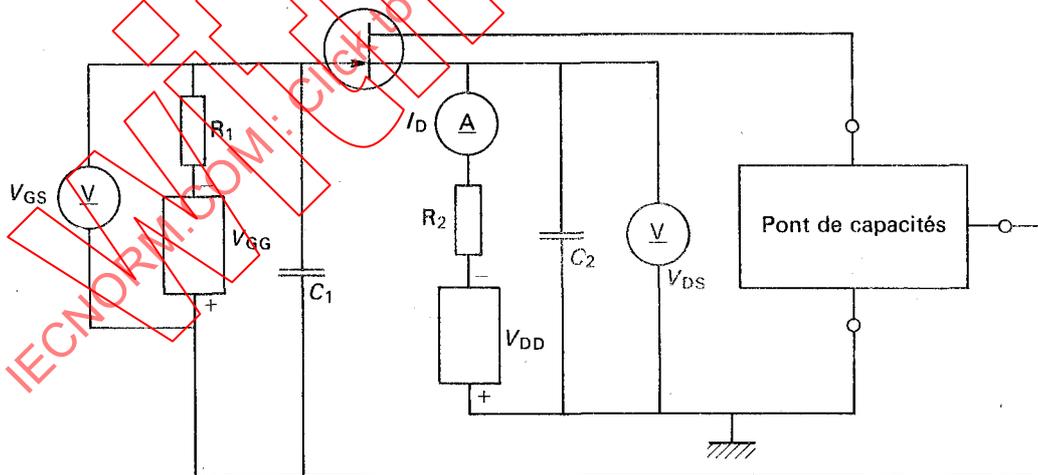


FIG. 12. — Circuit pour la mesure de la capacité de réaction  $C_{rs}$ .

10.4.3 *Precautions to be observed*

See general precautions.

10.4.4 *Measurement procedure*

The device to be measured is inserted into the measurement socket;  $V_{DS}$  and  $V_{GS}$  (or  $I_D$ ) are adjusted to the specified values.

With the switch S in position 1, the value  $V_1 = V_{gs}$  is measured, while with the switch S in position 2, the value  $V_2 = V_{ds} = I_d R_d$  is measured.

Thus:

$$|y_{fs}| \approx \frac{I_d}{V_{gs}} = \frac{V_2}{V_1 R_d}$$

For sufficiently low frequencies:  $|y_{fs}| \approx g_{fs}$ .

10.4.5 *Specified conditions*

- Drain-source voltage.
- Gate-source voltage or drain current.
- Frequency of measurement.

11. **Small-signal short-circuit feedback capacitance  $C_{fs}$  (types A, B and C)**

11.1 *Purpose*

To measure the small-signal short-circuit feedback capacitance, under specified conditions.

11.2 *Circuit diagram*

11.2.1 Figure 12 shows an example of the circuit to be used. A differential transformer bridge is used.

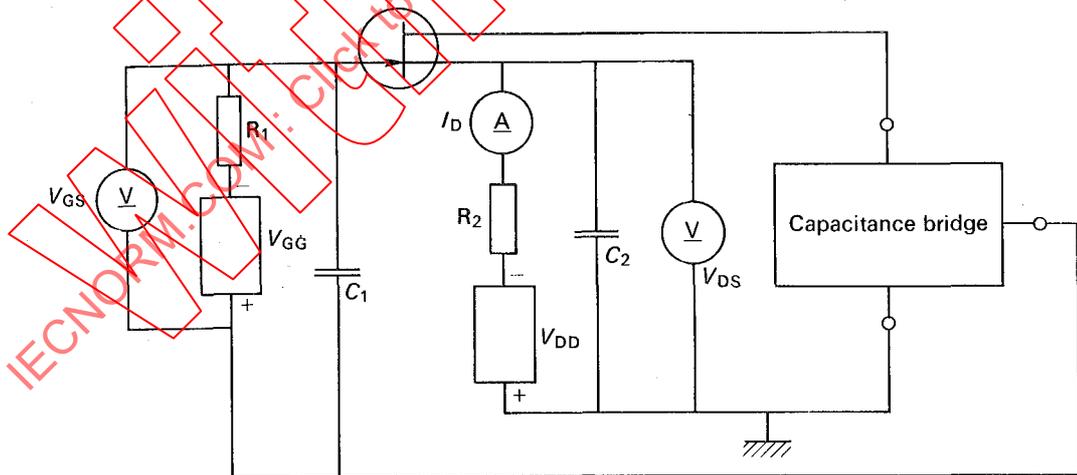


FIG. 12. — Circuit for measurement of feedback capacitance  $C_{fs}$ .

11.2.2 Si le pont ne peut pas (ou ne doit pas) être traversé par le courant continu, on doit utiliser un autre circuit, indiqué dans la figure 13.

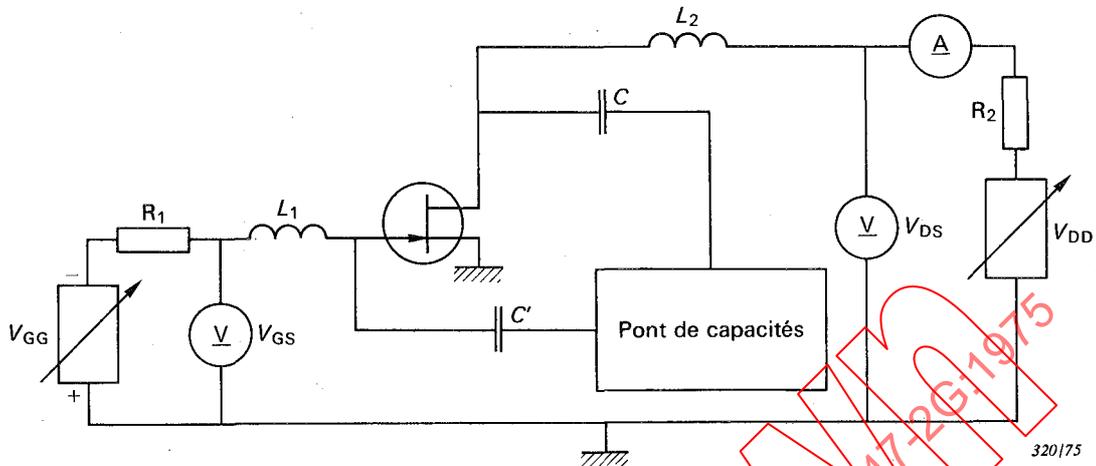


FIG. 13. — Circuit pour la mesure de la capacité de réaction  $C_{rs}$  (lorsque le pont ne peut pas être traversé par le courant continu).

*Circuit équivalent*

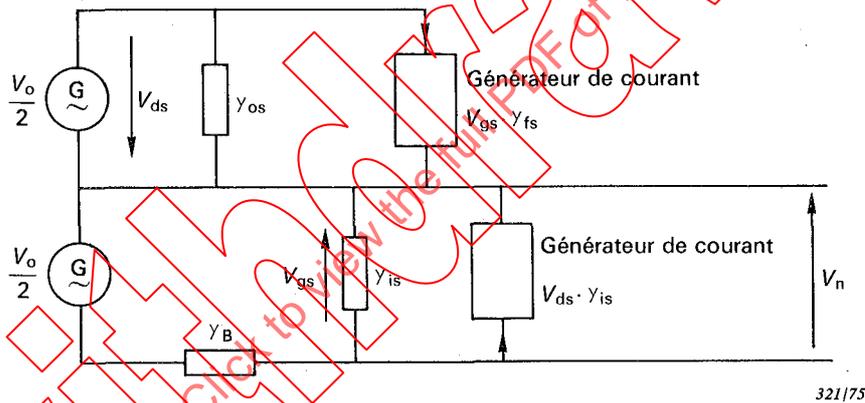


FIG. 14. — Circuit équivalent.

L'examen du circuit équivalent pour  $V_n = 0$  conduit à :

$$y_{rs} = y_B$$

11.3 Description et exigences du circuit

Capacités: la valeur de  $\omega C_1$  doit être très supérieure à  $|y_{is}|$  et celle de  $\omega C_2$  très supérieure à  $|y_{os}|$ .

Résistance  $R_2$ : la valeur de cette résistance ne doit pas être trop élevée. Il est préférable de la shunter par une inductance convenable  $L$ .

11.4 Précautions à prendre

Voir les précautions générales.

11.5 Exécution

En l'absence du dispositif dans le support de mesure, commencer par équilibrer le pont.

Placer le dispositif dans le support de mesure et régler le point de fonctionnement aux valeurs spécifiées de  $V_{DS}$  et de  $V_{GS}$  (ou de  $I_D$ ).

Régler à nouveau l'équilibre du pont. La différence des lectures de  $y_B$  pour ce réglage et pour le réglage initial donne:

$$y_{rs} = g_{rs} + j\omega C_{rs}$$

11.2.2 If the bridge cannot (or should not) pass d.c., the alternative circuit shown in figure 13 should be used.

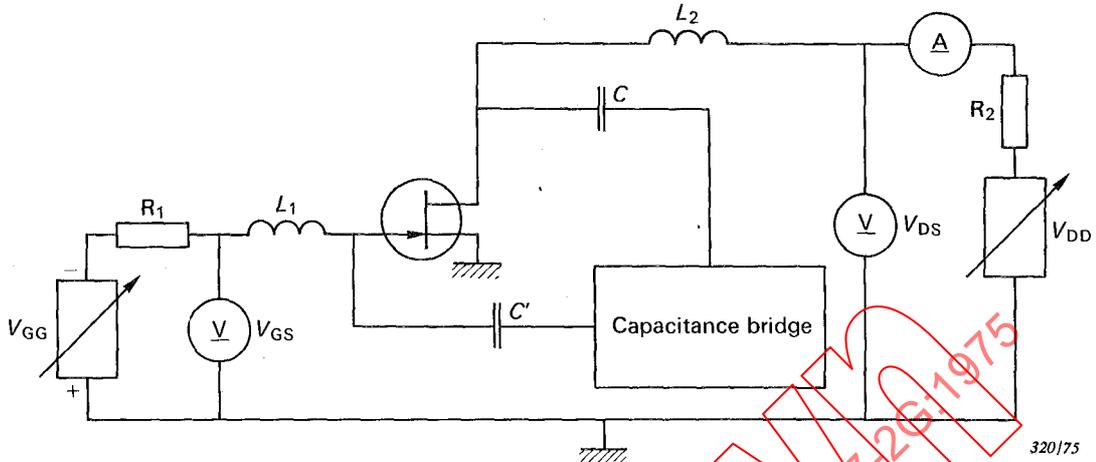


FIG. 13. — Circuit for measurement of feedback capacitance  $C_{fs}$  (when the bridge cannot pass d.c.).

*Equivalent circuit*

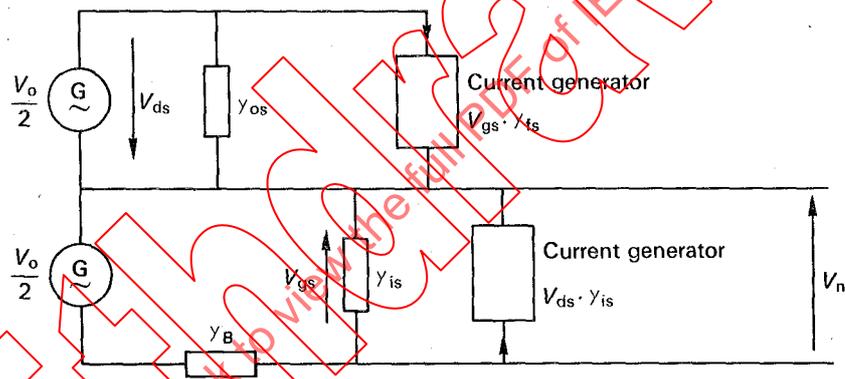


FIG. 14. — Equivalent circuit.

Evaluation of the equivalent circuit for  $V_n = 0$  yields:

$$y_{fs} = y_B$$

11.3 *Circuit description and requirements*

Capacitances:  $\omega C_1$  should be much larger than  $|y_{is}|$  and  $\omega C_2$  much larger than  $|y_{os}|$ .

Resistor  $R_2$ : the value of this resistor should not be too high. It may be preferable to shunt it by an adequate inductance  $L$ .

11.4 *Precautions to be observed*

See general precautions.

11.5 *Measurement procedure*

With no device in the measurement socket, the bridge is initially balanced.

The device is inserted into the measurement socket and the operating point adjusted to the specified values  $V_{DS}$  and  $V_{GS}$  (or  $I_D$ ).

The bridge is again adjusted for balance. The reading of  $y_B$  for this adjustment minus the reading of the initial adjustment yields:

$$y_{fs} = g_{fs} + j\omega C_{fs}$$

### 11.6 Conditions spécifiées

- Tension drain-source.
- Tension grille-source ou courant de drain.
- Fréquence de mesure.

## 12. Bruit (types A, B et C)

### 12.1 But

Mesurer la tension de bruit équivalente à l'entrée ou le facteur de bruit, dans des conditions spécifiées.

### 12.2 Tension de bruit équivalente à l'entrée

#### 12.2.1 Schéma

On utilise un circuit en accord avec le schéma synoptique indiqué dans la figure 15.

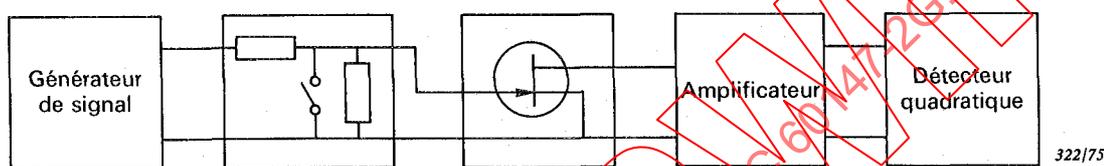
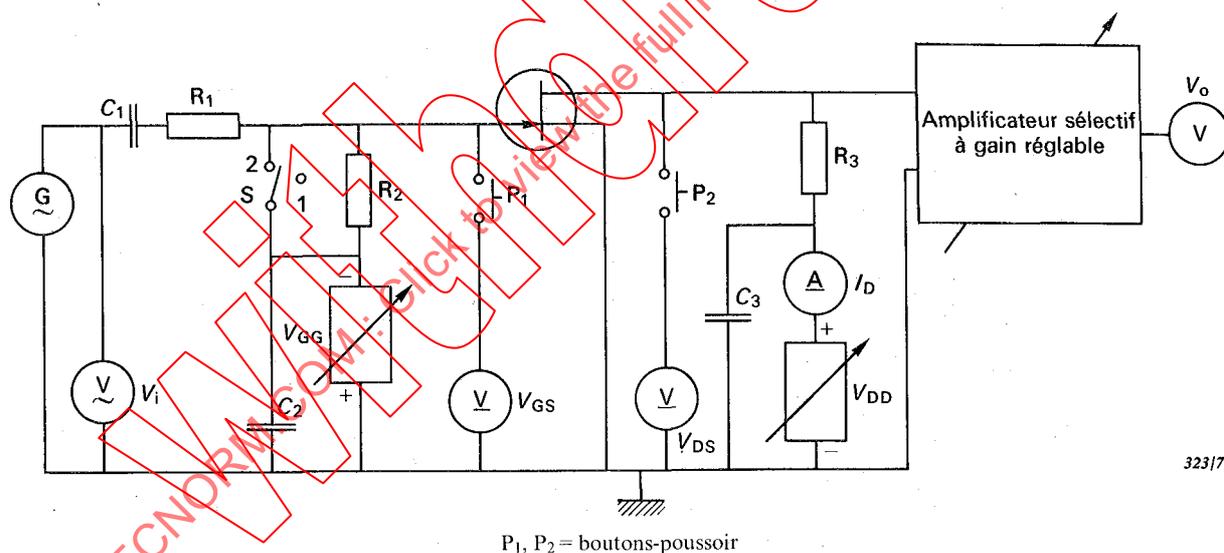


FIG. 15. — Schéma synoptique pour la mesure de la tension équivalente de bruit à l'entrée.

La figure 16 donne un exemple de circuit en accord avec ce schéma synoptique.



P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> = boutons-poussoir

FIG. 16. — Circuit pour la mesure de la tension équivalente de bruit à l'entrée.

#### 12.2.2 Description et exigences du circuit

On règle la fréquence du générateur pour qu'elle soit la fréquence centrale de l'amplificateur sélectif. On règle la tension de sortie de façon que la tension à l'entrée du transistor soit grande par rapport à la tension de bruit, mais suffisamment faible pour éviter toute surcharge du dispositif.

On doit connaître le rapport du diviseur de tension constitué par R<sub>2</sub> et R<sub>1</sub>.

En ce qui concerne la source de polarisation, on doit veiller tout particulièrement à avoir une polarisation à faible bruit (cela est important surtout pour la polarisation de grille).

Toutes les résistances pouvant apporter du bruit dans le circuit doivent être du type « à faible bruit » (par exemple des résistances à couche métallique).

11.6 *Specified conditions*

- Drain-source voltage.
- Gate-source voltage or drain current.
- Frequency of measurement.

12. **Noise (types A, B and C)**

12.1 *Purpose*

To measure the equivalent input noise voltage or noise factor, under specified conditions.

12.2 *Equivalent input noise voltage*

12.2.1 *Circuit diagram*

A circuit in accordance with the block diagram shown in Figure 15 should be used.

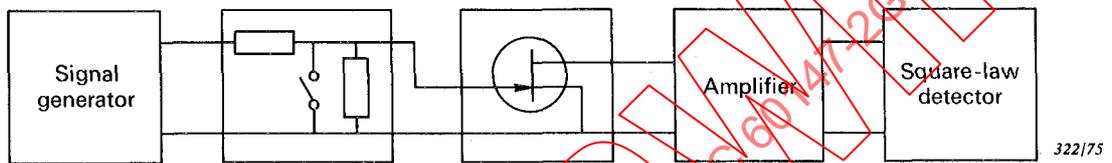


FIG. 15. — Block diagram for the measurement of equivalent input noise voltage.

Figure 16 shows an example of a circuit in accordance with that block diagram.

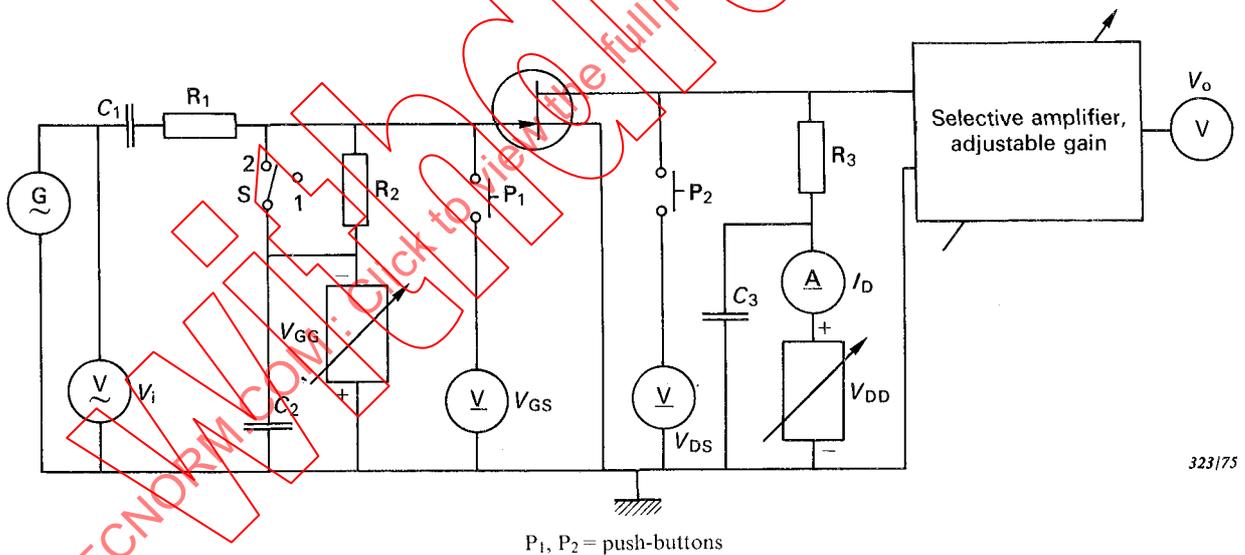


FIG. 16. — Circuit for the measurement of equivalent input noise voltage.

12.2.2 *Circuit description and requirements*

The frequency of the generator should be adjusted to be the centre frequency of the selective amplifier. The output voltage should be adjusted in such a way that the input voltage to the transistor is high compared with the noise voltage, but low enough to avoid overloading of the device.

The voltage dividing ratio of the voltage divider ( $R_2, R_1$ ) should be known.

For the bias source, special care should be taken to achieve low noise biasing (especially important for the gate bias).

All resistors that might deliver noise to the circuit should be of a low-noise type (e.g. metallic film resistors).

On utilisera, s'il y a lieu, un réseau de neutrodynage.

On utilisera, s'il y a lieu, un blindage convenable pour réduire l'influence des champs électromagnétiques extérieurs.

L'amplificateur doit être linéaire jusqu'à un niveau d'au moins 20 dB au-dessus de la valeur efficace du bruit, afin de transmettre correctement les crêtes de bruit.

Le bruit du second étage doit être aussi faible que possible. Le niveau de bruit mesuré lorsque le dispositif est retiré du circuit doit être inférieur d'au moins 15 dB à celui mesuré lorsque le dispositif est placé dans le circuit.

Le voltmètre de sortie doit indiquer la valeur efficace vraie.

La bande passante efficace de bruit doit être connue avec précision.

La valeur de  $\omega C_3$  doit être très supérieure à  $1/R_3$  et celle de  $\omega C_2$  très supérieure à  $1/R_2$ .

### 12.2.3 Précautions à prendre

Voir les précautions générales.

### 12.2.4 Exécution

Placer le dispositif dans le support de mesure et régler le point de fonctionnement aux valeurs spécifiées de  $V_{DS}$  et de  $V_{GS}$  (ou de  $I_D$ ).

Régler la tension d'entrée  $V_i$  à une valeur convenable (par exemple 0,1 V).

Le commutateur S étant en position 1, mesurer la tension de sortie  $V_{o1}$ , après avoir réglé de façon convenable le gain de l'amplificateur.

Le commutateur S étant en position 2, mesurer la tension de sortie  $V_{o2}$ .

La tension de bruit est donnée par:

$$V_n = \frac{V_{o2}}{V_{o1}} V_i \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

### 12.2.5 Conditions spécifiées

- Température ambiante ou température d'un point de référence.
- Valeurs des résistances  $R_1$  et  $R_2$ .
- Tension drain-source.
- Tension grille-source ou courant de drain.
- Fréquence de mesure et bande passante.

### 12.3 Facteur de bruit

Toutes les méthodes de mesure valables pour les transistors bipolaires (voir la Publication 147-2C de la CEI) s'appliquent aux transistors à effet de champ.

### 12.4 Relation entre la tension équivalente de bruit à l'entrée et le facteur de bruit

Si l'on place une résistance  $R_g$  entre les bornes d'entrée, la tension de bruit totale est donnée par:

$$V_{n_{tot}} = \sqrt{V_n^2 + 4kTR_g \Delta f}$$

On en déduit la formule générale pour le facteur de bruit:

$$F = \sqrt{\frac{V_n^2 + 4kTR_g \Delta f}{4kTR_g \Delta f}}$$

La formule utilisée pour  $V_{n_{tot}}$  donne la possibilité de mesurer  $V_n$  directement.

On débranche le générateur du circuit et l'on remplace  $R_2$  par une résistance variable  $R_g$ . Avec  $R_g$  court-circuitée, on mesure la tension de sortie résultante. Puis on enlève le court-circuit et on règle  $R_g$  pour obtenir une tension de sortie deux fois plus grande.

On a alors:

$$V_n = \sqrt{4kTR_g \Delta f}$$

A neutralization network should be used, when appropriate.

Adequate shielding to minimize the influence of external electromagnetic fields should be provided, when appropriate.

The amplifier should be linear up to a level of at least 20 dB higher than the r.m.s. noise value, so that noise peaks are correctly amplified.

The second stage noise should be as low as possible. The noise level measured with the device removed from the circuit should be at least 15 dB lower than that measured with the device in the circuit.

The output voltmeter should measure the true r.m.s. value.

The equivalent noise bandwidth should be accurately known.

$\omega C_3$  should be much larger than  $1/R_3$  and  $\omega C_2$  much larger than  $1/R_2$ .

### 12.2.3 Precautions to be observed

See general precautions.

### 12.2.4 Measurement procedure

The device is inserted into the measurement socket and the operating point is adjusted to the specified values of  $V_{DS}$  and  $V_{GS}$  (or  $I_D$ ).

The input voltage  $V_i$  is adjusted to a suitable value (e.g. 0.1 V).

With switch  $S$  in position 1, the output voltage  $V_{o1}$  is measured, after proper adjustment of the gain of the amplifier.

With switch  $S$  in position 2, the output voltage  $V_{o2}$  is measured.

The noise voltage is given by:

$$V_n = \frac{V_{o2}}{V_{o1}} V_i \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

### 12.2.5 Specified conditions

- Ambient or reference point temperature
- Values of resistors  $R_1$  and  $R_2$ .
- Drain-source voltage.
- Gate-source voltage or drain current
- Frequency of measurement and bandwidth.

### 12.3 Noise figure

All methods of measurement for bipolar transistors (see IEC Publication 147-2C) are applicable for field-effect transistors.

### 12.4 Relation between equivalent input noise voltage and noise factor

If a resistor  $R_g$  is inserted between the input terminals, the overall noise voltage is given by:

$$V_{n\text{tot}} = \sqrt{\bar{V}_n^2 + 4kTR_g \Delta f}$$

From this, the general formula for the noise factor yields:

$$F = \sqrt{\frac{\bar{V}_n^2 + 4kTR_g \Delta f}{4kTR_g \Delta f}}$$

The formula for  $V_{n\text{tot}}$  yields a possibility for measuring  $V_n$  directly.

The generator is disconnected from the circuit and  $R_2$  is replaced by a variable resistor  $R_g$ . With  $R_g$  short-circuited, the resulting output voltage is measured. The short-circuit is then removed and  $R_g$  is adjusted to yield an output voltage twice higher.

Then:

$$V_n = \sqrt{4kTR_g \Delta f}$$

### 13. Paramètres $y$ (types A, B et C)

On peut mesurer certains paramètres  $y$  en basse fréquence ou à une fréquence intermédiaire, comme il est indiqué dans cette publication. Pour les paramètres  $y$  en haute fréquence, toutes les méthodes de mesure valables pour les transistors bipolaires (voir la Publication 147-2C de la CEI, article 14) peuvent être appliquées aux transistors à effet de champ.

### 14. Temps de commutation (types A, B et C)

#### 14.1 But

Mesurer les différents temps de commutation, dans des conditions spécifiées.

#### 14.2 Généralités

En général, on mesure le temps total d'établissement ( $t_{on}$ ) et le temps total de coupure ( $t_{off}$ ) comme temps de commutation. Sauf spécification contraire, on utilise le montage en source commune.

#### 14.3 Schéma

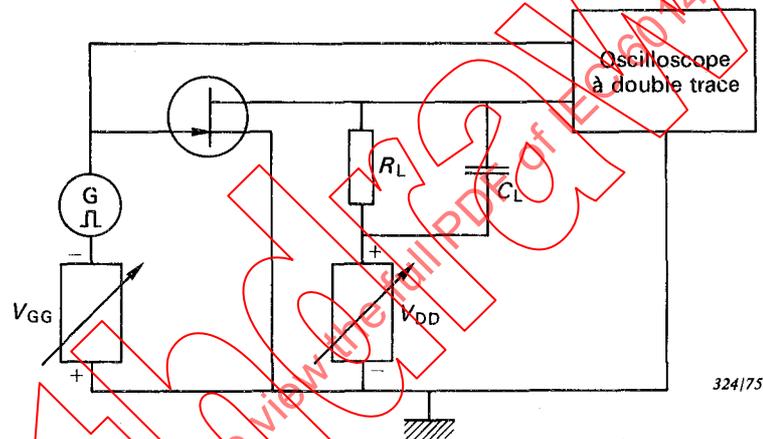


FIG. 17. — Circuit de mesure des temps de commutation.

#### 14.4 Description et exigences du circuit

La résistance interne de la source de polarisation  $V_{GG}$  doit être inférieure à  $0,01 R_g$ , où  $R_g$  est la résistance interne équivalente du générateur d'impulsions. La résistance interne de la source de polarisation  $V_{DD}$  doit être inférieure à  $0,01 R_L$ .

La largeur de l'impulsion du générateur d'impulsions doit être très supérieure aux temps totaux d'établissement et de coupure du dispositif à mesurer; le facteur d'utilisation doit être faible (de l'ordre de 1%).

Les temps de croissance et de décroissance de l'impulsion doivent être inférieurs à 0,25 fois ceux du dispositif à mesurer.

Un oscilloscope à double trace doit être utilisé; son temps de montée doit être inférieur à 0,25 fois le temps de croissance du dispositif à mesurer.

#### 14.5 Précautions à prendre

Voir les précautions générales.

#### 14.6 Exécution

Placer le dispositif à mesurer dans le support de mesure. Régler les tensions  $V_{GG}$  et  $V_{DD}$  aux valeurs spécifiées.

Appliquer la tension d'entrée spécifiée  $V_p$  du générateur d'impulsions.

Observer les formes d'onde à l'entrée et à la sortie sur l'oscilloscope et mesurer les temps totaux d'établissement et de coupure, comme il est indiqué dans la figure 18, page 36.