

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')
Allemagne
Australie
Belgique
Canada
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
Finlande
Israël
Italie

Japon
Pays-Bas
Portugal
Roumanie
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
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')
Allemagne
Australie
Belgique
Canada
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
France
Israël
Italie

Japon
Pays-Bas
Pologne
Portugal
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
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 CECI, 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.

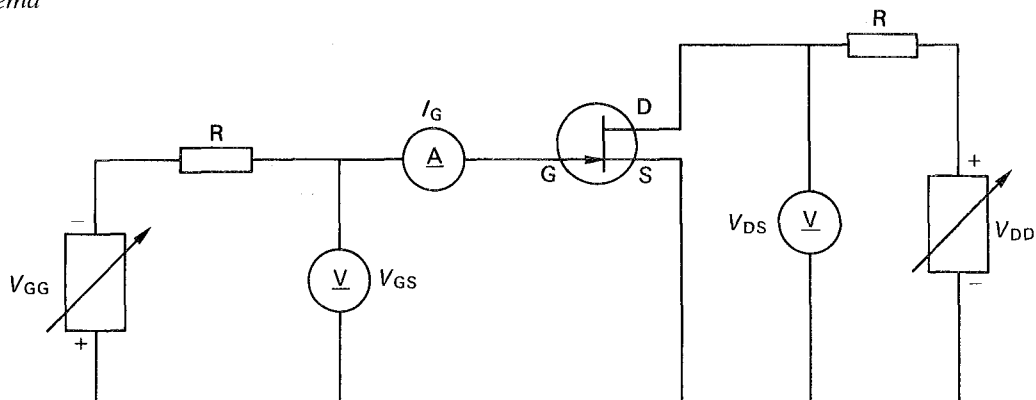
2. Gate cut-off current or gate leakage current

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



308/75

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

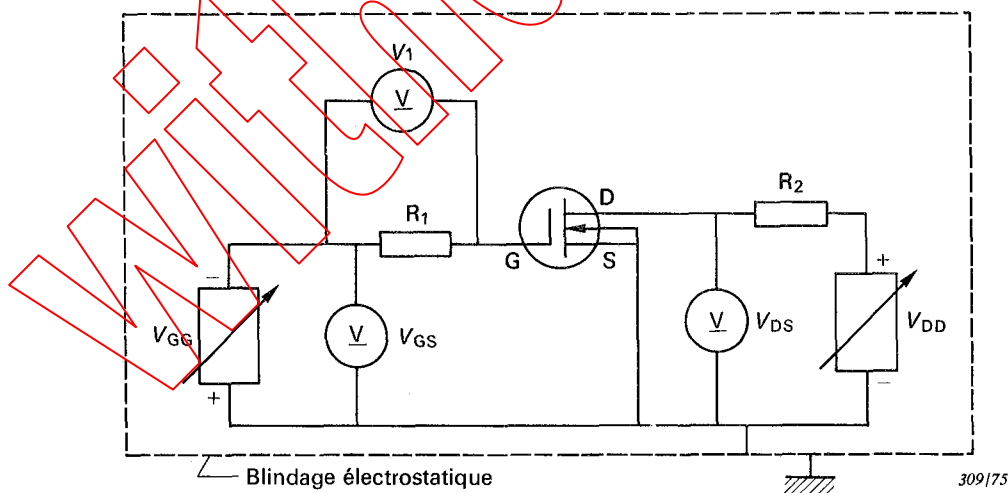
- Température ambiante ou température d'un point de référence.
- Tension grille-source.
- Tension drain-source.

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



309/75

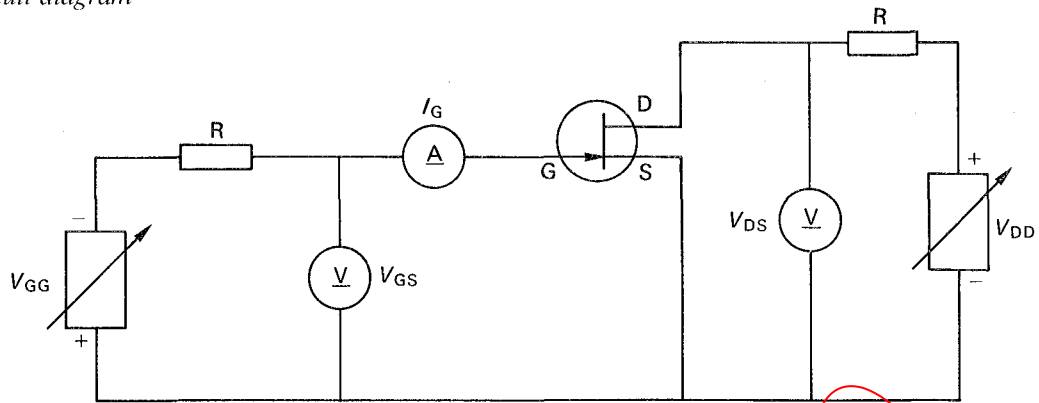
FIG. 2. — Circuit fondamental pour la mesure du courant de fuite de grille.

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



308/75

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

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

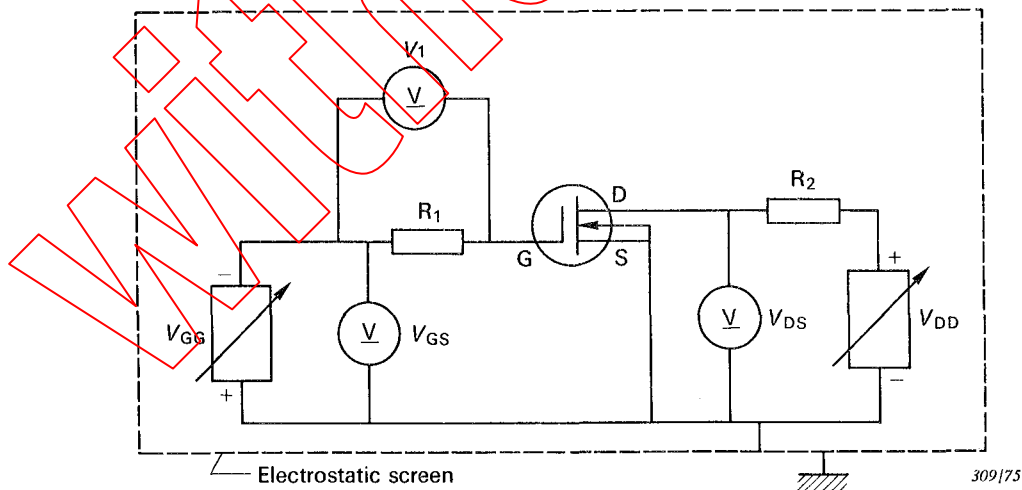
- Ambient or reference point temperature.
- Gate-source voltage.
- Drain-source voltage.

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



309/75

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

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

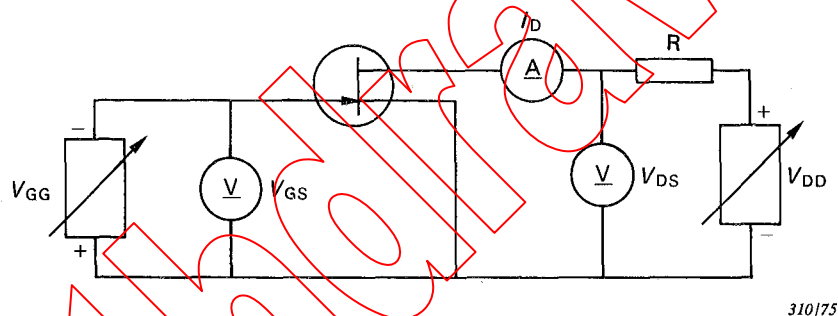


FIG. 3. — Circuit fondamental pour la mesure du courant de drain.

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

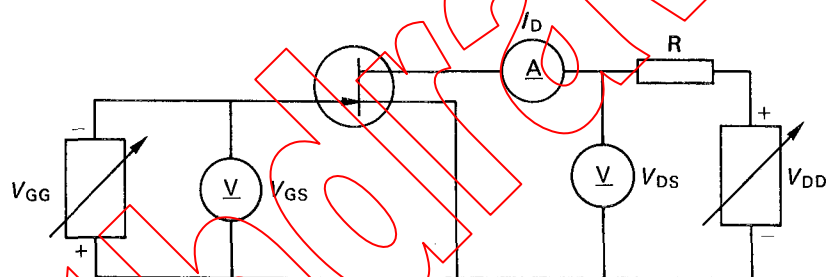
- Ambient or reference point temperature.
- Gate-source voltage.
- Drain-source voltage.

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



310/75

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.