

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA C.E.I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I.E.C. RECOMMENDATION

Publication 147-2

Première édition — First edition

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

**Essential ratings and characteristics of semiconductor devices
and general principles of measuring methods**

Part 2: General principles of measuring methods



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60147-2:1963

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA C.E.I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I.E.C. RECOMMENDATION

Publication 147-2

Première édition — First edition

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

**Essential ratings and characteristics of semiconductor devices
and general principles of measuring methods**

Part 2: General principles of measuring methods



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

| | Pages |
|--|-------|
| PRÉAMBULE..... | 4 |
| PRÉFACE | 4 |
| Articles | |
| 1. Introduction | 8 |
| 2. Précautions générales | 8 |
| CHAPITRE I: DIODES A SEMICONDUCTEURS (à l'étude) CHAPITRE II: TRANSISTORS | |
| 1. Généralités | 10 |
| 2. Courant résiduel collecteur-base | 10 |
| 3. Courant résiduel émetteur-base | 10 |
| 4. Tension de saturation collecteur-émetteur | 12 |
| 5. Tension émetteur-base lorsque le transistor est placé dans des conditions de saturation | 12 |
| 6. Tension directe base-émetteur | 14 |
| 7. Fréquence de coupure et rapport de transfert direct du courant en haute fréquence | 16 |
| 8. Capacité de sortie en montage base commune | 22 |
| 9. Paramètres hybrides | 26 |
| 10. Rapport de transfert direct du courant, en montage émetteur commun | 50 |

CONTENTS

| | Page |
|----------------|------|
| FOREWORD | 5 |
| PREFACE | 5 |

Clause

| | |
|------------------------------|---|
| 1. Introduction | 9 |
| 2. General precautions | 9 |

CHAPTER I: SEMICONDUCTOR DIODES

(under consideration)

CHAPTER II: TRANSISTORS

| | |
|--|----|
| 1. General | 11 |
| 2. Collector-base cut-off current (Reverse current) | 11 |
| 3. Emitter-base cut-off current (Reverse current) | 11 |
| 4. Collector-emitter saturation voltage | 13 |
| 5. Emitter-base voltage when the transistor is in the saturation condition | 13 |
| 6. Base-emitter forward voltage | 15 |
| 7. Cut-off frequency and high-frequency forward current transfer ratio | 17 |
| 8. Common-base output capacitance | 23 |
| 9. Hybrid parameters | 27 |
| 10. Common-emitter forward current transfer-ratio | 51 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. 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 cette unification internationale, la C.E.I. exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C.E.I. dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente publication a été établie par le Comité d'Etudes N° 47: Dispositifs à semiconducteurs (anciennement Sous-Comité 39-2).

Elle constitue la deuxième partie d'une recommandation concernant les valeurs limites et les caractéristiques essentielles des diodes pour petits signaux de faible puissance et des transistors ainsi que les principes généraux des méthodes de mesure. La *première partie* de la recommandation, traitant des valeurs limites et des caractéristiques essentielles, est éditée comme Publication 147-1 de la C.E.I.

A la suite de la réunion tenue à Madrid en 1959, un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux en janvier 1960. Les observations reçues furent discutées lors d'une réunion tenue à Londres en juin 1960, à la suite de quoi des modifications furent diffusées aux Comités nationaux pour approbation suivant la Procédure des Deux Mois en février 1961.

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

| | |
|-----------------------|---|
| Autriche | Pays-Bas |
| Belgique | Roumanie |
| Canada | Royaume-Uni |
| Danemark | Suède |
| Etats-Unis d'Amérique | Suisse |
| Finlande | Tchécoslovaquie |
| France | Union des Républiques Socialistes Soviétiques |
| Hongrie | Yougoslavie |
| Japon | |

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

Part 2: General principles of measuring methods

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I.E.C. 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 this international unification, the I.E.C. expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I.E.C. recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This publication has been prepared by Technical Committee No. 47, Semiconductor devices (formerly Sub-Committee 39-2).

It constitutes the second part of a general recommendation on Essential Ratings and Characteristics of Low-power, Small-signal Diodes and Transistors and General Principles of Measuring Methods. *Part 1* of the recommendation dealing with Essential Ratings and Characteristics is issued as I.E.C. Publication 147-1.

Following the meeting held in Madrid in 1959 a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1960. The comments received were discussed at the meeting held in London in June 1960 and, as a result, amendments were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in February 1961.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

| | |
|----------------|-------------------------------------|
| Austria | Netherlands |
| Belgium | Romania |
| Canada | Sweden |
| Czechoslovakia | Switzerland |
| Denmark | Union of Soviet Socialist Republics |
| Finland | United Kingdom |
| France | United States of America |
| Hungary | Yugoslavia |
| Japan | |

Il avait été décidé, à l'origine, d'entreprendre les travaux dans l'ordre suivant :

- diodes pour petits signaux de faible puissance
- transistors pour petits signaux de faible puissance
- diodes de tension de référence et diodes régulatrices de tension (diodes Zener)
- transistors de puissance
- diodes de redressement de puissance
- transistors de commutation
- etc.

Etant donné le besoin urgent de ces recommandations, il a été décidé de publier les principes généraux des méthodes de mesure par type de dispositif au fur et à mesure de leur approbation.

La présente recommandation sera tenue à jour par des révisions et l'addition de compléments au fur et à mesure de l'avancement des travaux du Comité d'Etudes N° 47 et compte tenu des progrès réalisés dans le domaine des dispositifs à semiconducteurs.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60147-2:1963
Withdrawn

When the work was commenced, it was decided to proceed in the following order:

- low-power small-signal diodes
- low-power small-signal transistors
- voltage reference and voltage regulator diodes (Zener diodes)
- power transistors
- power rectifier diodes
- switching transistors
- etc.

In view of the urgent need for these recommendations, it has been decided to publish the General Principles of Measuring Methods for each type of device as soon as they are approved.

This recommendation will be kept up to date by revising and extending the document as the work in Technical Committee No. 47 continues and takes into account advances in the field of semiconductor devices.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60147-2:1963
Withdrawn

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

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

1. Introduction

Cette partie donne des informations basées sur la pratique courante de la mesure de certains paramètres de dispositifs. Elle ne devra pas être considérée comme une norme étant donné qu'il est nécessaire d'avoir une description plus détaillée des méthodes de mesure lorsque les résultats des mesures, effectuées suivant ces principes, doivent satisfaire à des tolérances définies. Elle traite d'abord des paramètres figurant dans la première partie: Valeurs limites et caractéristiques essentielles, (Publication 147-1 de la C.E.I.) et il est bien entendu qu'elle sera éventuellement complétée de façon à couvrir tous les paramètres de cette sorte.

Lorsque plusieurs méthodes de mesure sont données pour un même paramètre, il est entendu que chacune de ces méthodes est valable bien que certaines soient plus précises et que d'autres soient mieux adaptées aux mesures de contrôle effectuées en fabrication.

2. Précautions générales

- 2.1 Lorsqu'un paramètre est fonction de la température, la température ambiante, ou celle du boîtier, ou celle d'un autre point de référence au moment de la mesure devra être enregistrée.
- 2.2 Il est souhaitable de protéger les appareils de mesure contre les surcharges importantes provenant de dispositifs à semiconducteurs détériorés ou de montages incorrects.
- 2.3 Lors de la spécification des paramètres des dispositifs à semiconducteurs, une des tensions entre bornes au moins devra être indiquée. Dans les méthodes de mesure décrites, il n'est pas toujours commode de brancher le voltmètre entre les bornes appropriées et il peut y avoir de petites corrections à apporter aux tensions mesurées pour obtenir les tensions entre ces bornes.
- 2.4 Les signaux alternatifs utilisés dans les mesures en petits signaux devront être tels qu'une diminution progressive de leur amplitude ne produise pas, dans la valeur du paramètre obtenue, de changement incompatible avec la précision désirée.
- 2.5 Il devra être pris soin que les appareils de mesure n'introduisent pas de distorsion du signal alternatif.
- 2.6 Lorsque des résistances ou des conductances de valeurs élevées (soit pour les composants du circuit, soit pour les appareils de mesure) sont spécifiées dans les circuits de mesure, leurs valeurs devront être suffisamment grandes pour que tout accroissement de ces valeurs ne modifie pas la mesure d'une façon incompatible avec la précision désirée.
- 2.7 Lorsqu'une caractéristique dépend de la lumière, les conditions d'éclairage devront être enregistrées.
- 2.8 Il devra être tenu compte des possibilités d'instabilité thermique dans le choix des valeurs des composants de quelques uns des circuits de base.

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

Part 2: General principles of measuring methods

1. Introduction

This Part gives information based on current practice on measurements of certain device parameters. It should not be regarded as a recommendation in the sense of a standard because a more detailed description of the measuring methods is needed if results of measurements made on the basis of these principles have to be comparable within definite tolerances. It deals primarily with the parameters listed in Part 1: Essential Ratings and Characteristics (I.E.C. Publication 147-1) and it is intended that it will eventually be extended to cover all such parameters.

Where several methods of measuring one parameter are described, it is implied that each method is suitable, although some methods are more accurate than others and some are more suited to production testing.

2. General precautions

- 2.1 When a parameter is known to be temperature sensitive, the ambient or case or other reference point temperature at the time of measurement should be recorded.
- 2.2 It may be advisable to protect the meters against heavy overloads arising from faulty semiconductor devices or incorrect connection.
- 2.3 In specifying the parameters of semiconductor devices, at least one interterminal voltage must be stated. In the methods of measurement described, it is not always convenient to connect the voltmeter between the appropriate terminals and small corrections may have to be made to the measured voltages to obtain the voltages at the required terminals.
- 2.4 The a.c. signals employed in small signal measurements, should be such that a progressive decrease in their amplitudes results in negligible changes in the parameter values within the desired accuracy.
- 2.5 Care should be taken that the measuring equipment does not introduce distortion of a.c. signals.
- 2.6 When high resistances or conductances (whether of circuit components or meters) are specified in the test circuits, their values should be so high that any increase in their values results in negligible changes in the parameter values within the desired accuracy.
- 2.7 When a characteristic is known to be light sensitive, the lighting conditions should be recorded.
- 2.8 The possibility of thermal instability should be considered in choosing components values in some of the basic circuits.

CHAPITRE I: DIODES A SEMICONDUCTEURS

A l'étude

CHAPITRE II: TRANSISTORS

1. Généralités

Dans ce document, les polarités des sources d'alimentation des circuits sont applicables aux dispositifs PNP. Cependant, ces circuits peuvent être adaptés pour les dispositifs NPN en changeant les polarités des sources d'alimentation et des appareils de mesure.

2. Courant résiduel collecteur-base I_{CBO}

La figure 1 correspond à un exemple de circuit fondamental de mesure.

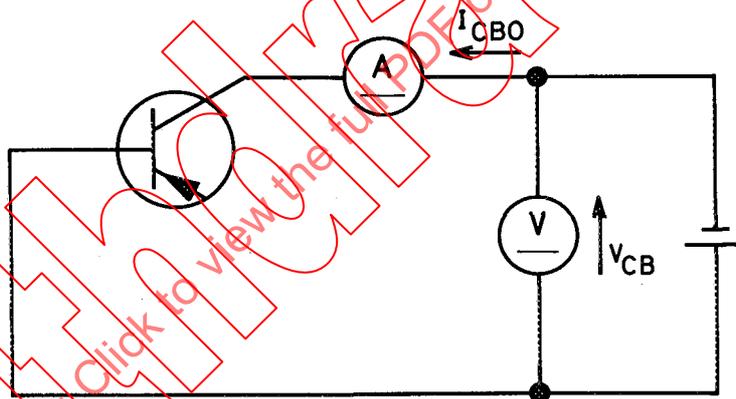


FIG. 1

S'il y a une différence importante entre la température ambiante (ou d'un autre point de référence) et celle de la jonction du collecteur, provenant de la dissipation interne du transistor, il devra en être tenu compte.

On ne devra pas escompter une reproductibilité meilleure qu'environ $\pm 20\%$ dans cette mesure, étant donné les effets de dérive à long terme et les difficultés présentées généralement par la mesure précise de la température et des très faibles courants.

3. Courant résiduel émetteur-base I_{EBO}

Le courant résiduel émetteur-base est mesuré de façon identique au courant résiduel collecteur-base, exception faite de ce que les bornes d'émetteur et de collecteur sont interchangées.

CHAPTER I: SEMICONDUCTOR DIODES

Under consideration

CHAPTER II: TRANSISTORS

1. General

The polarities of the sources shown in the circuits in this publication are applicable to PNP devices. However, the circuits can be adapted for NPN devices by changing the polarities of the meters and the sources.

2. Collector-base cut-off current (Reverse current) I_{CBO}

Figure 1 shows an example of a basic circuit.

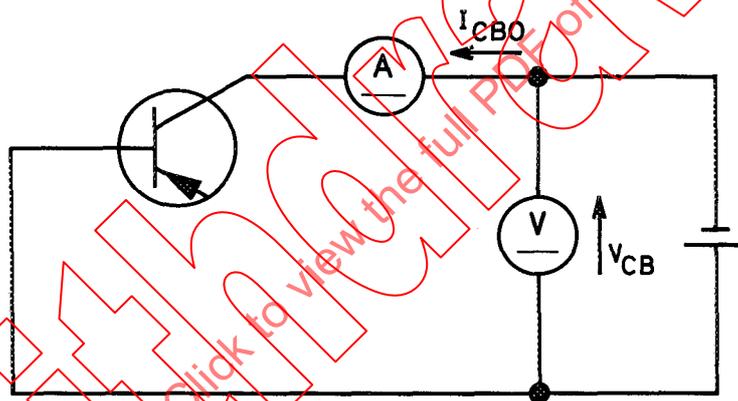


FIG. 1

If there is a significant difference between the ambient (or other reference point) temperature and the collector-junction temperature resulting from dissipation in the transistor, this difference should be taken into account.

Repeatability better than about $\pm 20\%$ should not be expected in this measurement, because of the effects of long-term drift and the difficulties, generally, of accurately measuring temperature and very small currents.

3. Emitter-base cut-off current (Reverse current) I_{EBO}

The emitter-base cut-off current is measured in the same way as collector-base cut-off current, except that the emitter and collector terminals are interchanged.

4. Tension de saturation collecteur-émetteur V_{CEsat}

La figure 2 correspond à un exemple de circuit fondamental de mesure.

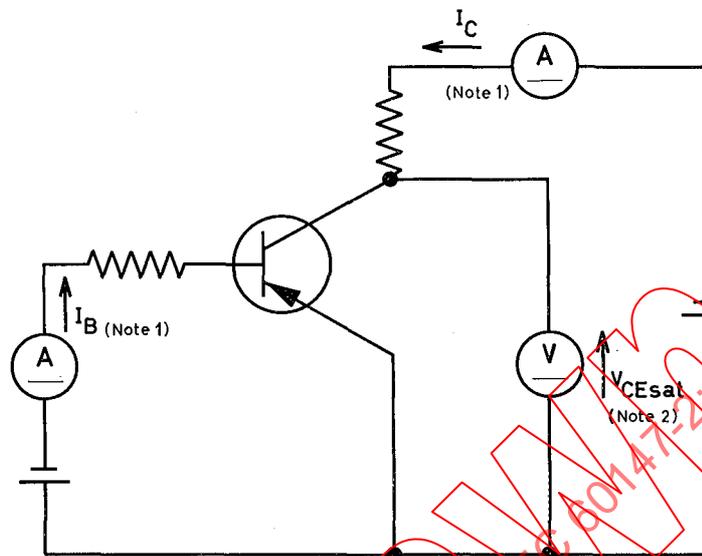


FIG. 2

Notes 1. — Ajusté à la valeur spécifiée

2. — Voltmètre à courant continu à grande résistance interne

On maintient les courants I_C et I_B à des valeurs sensiblement constantes, à l'aide de sources de tension de valeurs élevées, en série chacune avec une grande résistance.

Pour cette mesure, le rapport I_C/I_B devra être choisi inférieur ou égal à la valeur de h_{21E} du transistor mesuré. Si un transistor ayant une valeur de h_{21E} faible est connecté dans un circuit où les valeurs de I_C et I_B ont été convenablement choisies, il pourra être nécessaire de modifier le circuit pour éviter qu'un tel transistor ne dépasse sa limite de dissipation maximale, par exemple, en connectant une diode limitant la tension du collecteur.

Si les courants sont tels que la limite maximale de dissipation est dépassée, bien que le rapport I_C/I_B soit inférieur à la valeur de h_{21E} , il pourra être nécessaire d'adapter le circuit à une méthode de mesure par impulsions.

Normalement, la mesure sera effectuée en courant continu à une température donnée de l'ambiance, du boîtier ou d'un autre point de référence.

Lorsque le courant collecteur est élevé, par exemple dans le cas d'un transistor de puissance, le voltmètre devra être placé directement entre les bornes du transistor, étant donné que la résistance des fils connectant le transistor à la source de courant peut fausser la précision de la mesure.

5. Tension émetteur-base lorsque le transistor est placé dans des conditions de saturation

Pour mesurer cette tension, placer un voltmètre à courant continu, de grande résistance, entre les bornes d'émetteur et de base du circuit de la figure 2.

4. Collector-emitter saturation voltage V_{CEsat}

Figure 2 shows an example of a basic circuit.

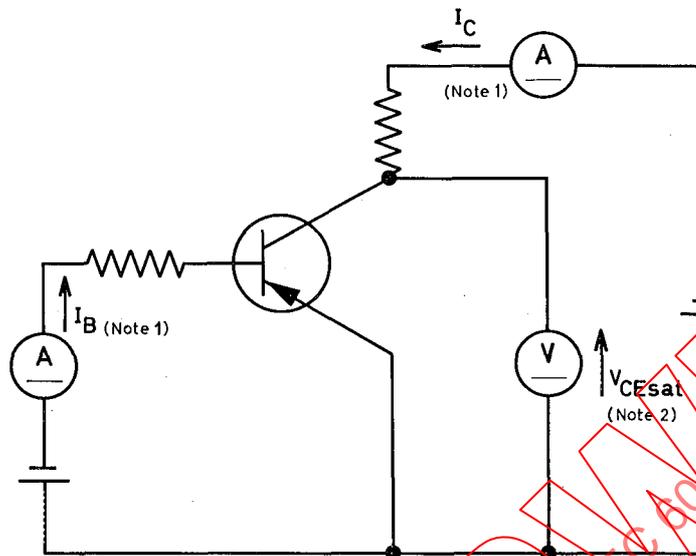


FIG. 2

Notes 1. — Adjusted to the specified value

2. — High-resistance d.c. voltmeter

I_C and I_B are controlled at nearly constant values by means of high-voltage sources, each in series with a large resistance.

To measure V_{CEsat} the ratio I_C/I_B must be less than or equal to the value of h_{21E} of the transistor under test. If a transistor with a low value of h_{21E} is connected into a circuit which has pre-set values of I_C and I_B , it may be necessary to modify the circuit to prevent such a transistor from exceeding its maximum dissipation, for example, by connecting a “catching” or “clamping” diode to the collector.

If the currents are such that the maximum dissipation limit is exceeded, even when I_C/I_B is less than the value of h_{21E} , it may be necessary to adapt the circuit to a pulse method of measurement.

Normally, the test would be a d.c. measurement at stated ambient or case or other reference point temperature.

When the collector current is large, as for example in the case of a power transistor, the voltmeter should be placed directly at the transistor terminals, since the ohmic resistance of the leads connecting the transistor to the current source can cause inaccuracy.

5. Emitter-base voltage when the transistor is in the saturation condition

In order to measure this voltage, a high-resistance d.c. voltmeter should be placed between the base and emitter terminals in the circuit of Figure 2.

6. Tension directe base-émetteur V_{BE}

La figure 3a correspond à un exemple de circuit pour une méthode de mesure précise de V_{BE} pour des valeurs spécifiées de I_E et V_{CE} . La figure 3b correspond au circuit d'une méthode avantageuse en contrôle de production.

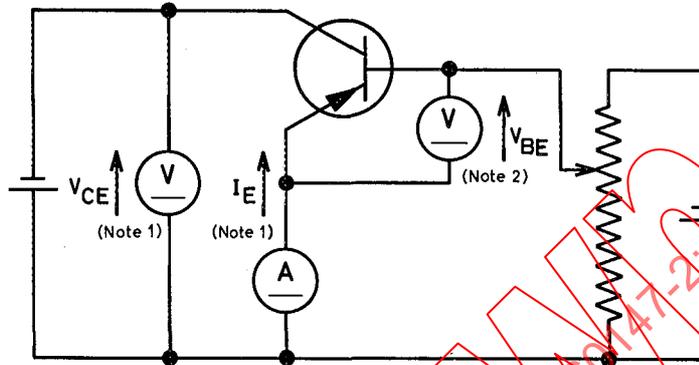


FIG. 3a

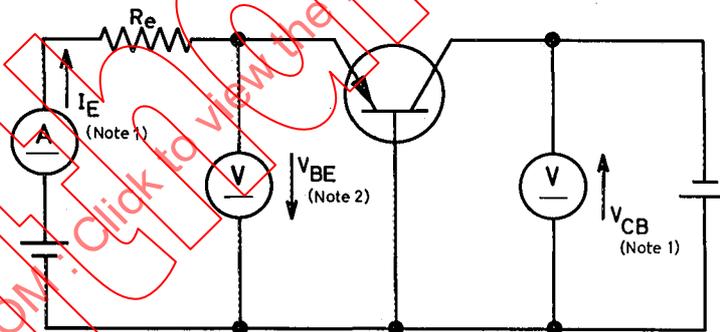


FIG. 3b

Notes 1. — Ajusté à la valeur spécifiée

2. — Voltmètre à courant continu à grande résistance interne

La seconde méthode donne lieu à de petites erreurs du fait que l'on fixe la tension collecteur-base et non la tension collecteur-émetteur.

La mesure sera normalement effectuée en courant continu à une température donnée de l'ambiance du boîtier ou d'un autre point de référence.

6. Base-emitter forward voltage V_{BE}

Figure 3a shows an example of a circuit for precise measurement of V_{BE} at specified values of I_E and V_{CE} . Figure 3b shows a circuit for an alternative method which has advantages for production testing.

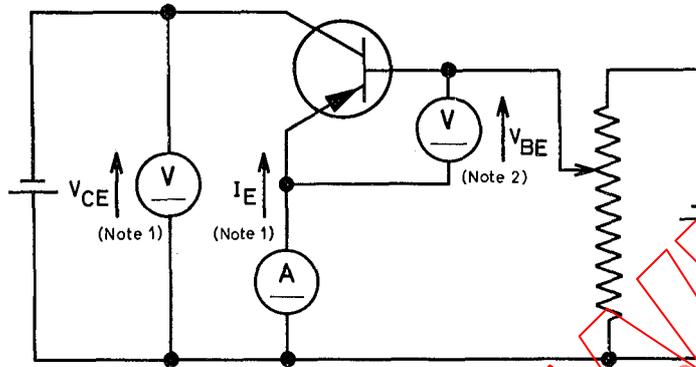


FIG. 3a

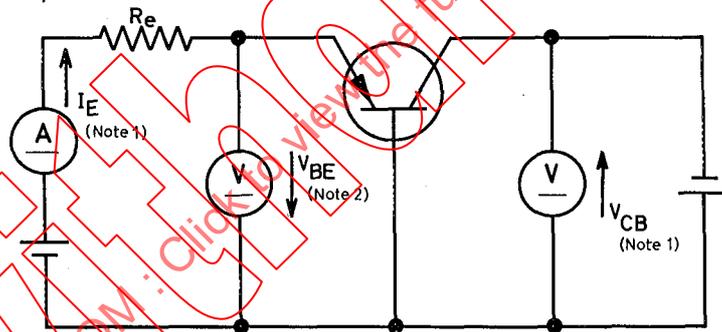


FIG. 3b

Notes 1. — Adjusted to the specified value

2. — High-resistance d.c. voltmeter

There will be small errors in the second method, since the collector-base voltage and not the collector-emitter voltage is fixed.

The test would normally be a d.c. measurement at a stated ambient or case or other reference point temperature.

7. Fréquence de coupure et rapport de transfert direct du courant en haute fréquence

Dans ces mesures, il faut avoir soin dans la conception du circuit et le montage du transistor de prévoir des blindages et des découplages appropriés et de s'assurer que les inductances en série dans les circuits à faible impédance, sont négligeables.

Suivant les précautions prises, les méthodes décrites ci-dessous sont valables pour des fréquences égales ou supérieures à environ 25 MHz.

7.1 Fréquence de coupure en montage base commune f_{h21b}

La figure 4a correspond à un circuit fondamental de mesure qui comporte un générateur de signal de fréquence variable, à tension de sortie constante et un voltmètre électronique à large bande passante.

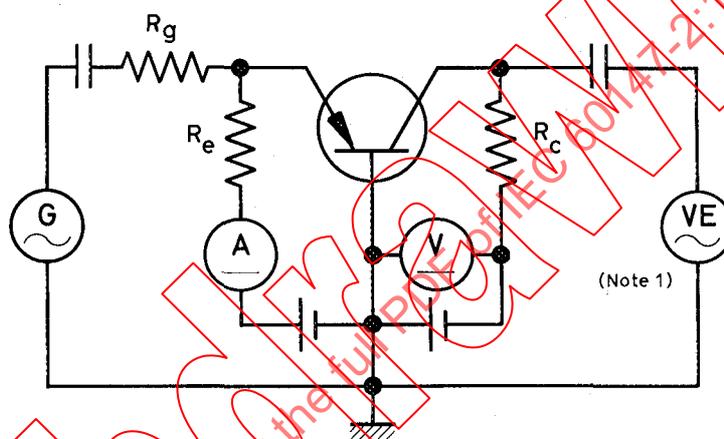


FIG. 4a

Note 1. — Voltmètre électronique

La valeur de la résistance R_c devra être faible par rapport à l'impédance de sortie du transistor; voir aussi paragraphe 2.6 des Précautions générales. Chacune des trois résistances devra également présenter une faible capacité répartie.

La méthode à appliquer est la suivante:

- 1) le transistor étant enlevé, on dispose un court-circuit entre les points qui étaient reliés à l'émetteur et au collecteur; on fait varier la fréquence du signal et l'on vérifie que la tension aux bornes de la résistance R_c est indépendante de la fréquence du signal dans la gamme spécifiée.
- 2) le court-circuit étant enlevé, on connecte le transistor dans le circuit, on augmente la fréquence du signal jusqu'à ce que la tension aux bornes de la résistance R_c soit devenue égale à 0,707 fois sa valeur en basse fréquence. La valeur de la fréquence lue en ce point est celle de la fréquence de coupure f_{h21b} .

Il faut avoir soin de s'assurer que le générateur délivre une forme d'onde suffisamment pure et que

7. Cut-off frequency and high-frequency forward current transfer ratio

In these measurements, care must be taken in designing the circuit and the transistor mounting so that adequate shielding and decoupling is provided and that series inductances in low-impedance circuits are negligible.

The methods described below are suitable for frequencies up to about 25 MHz (Mc/s) or more, depending upon the precautions taken.

7.1 Common base cut-off frequency f_{h21b}

Figure 4a shows a basic circuit which can be used in conjunction with a constant-output variable-frequency signal generator and a wide-band electronic voltmeter.

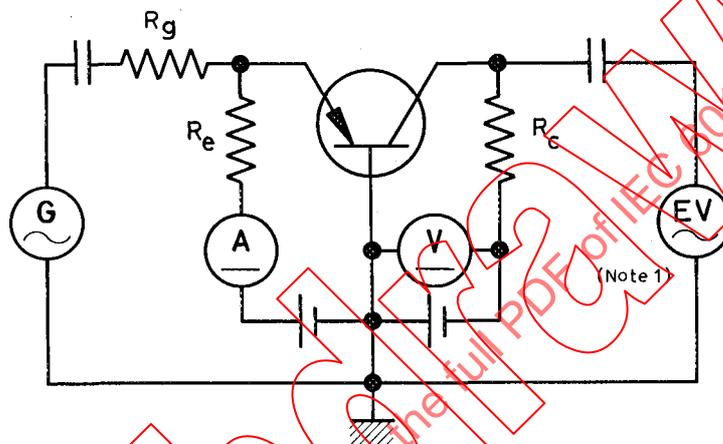


FIG. 4a

Note 1. — Electronic voltmeter

Resistance R_c should be small compared with the output impedance of the transistor; see also Sub-clause 2.6 of General Precautions. Each of the three resistances must also have a low self-capacitance.

The procedure is as follows:

- 1) with the transistor out of the circuit and with a shorting link between the emitter and collector terminals, the signal frequency is varied; the voltage measured across the resistance R_c should be independent of frequency over the required frequency range.
- 2) with the shorting link removed and with the transistor in the circuit, the frequency is increased until the voltage across the resistance R_c has decreased to 0.707 times its low-frequency value. The frequency reading at this point gives frequency f_{h21b} .

Care must be taken to ensure that the oscillator has a sufficiently pure wave-form and that the

le voltmètre électronique ait une sensibilité permettant la mesure d'un signal de niveau suffisamment bas afin d'éviter l'introduction d'harmoniques par le transistor.

Une modification de la méthode fondamentale de mesure comportant un circuit de substitution avec équilibrage est proposée dans la figure 4b. Dans ce cas l'oscillateur et le détecteur n'ont pas besoin de posséder les caractéristiques de réponse en fréquence, nécessaires pour le circuit de la figure 4a. Cependant, les atténuateurs doivent conserver leurs caractéristiques pour toute la gamme requise de fréquences. Les autres précautions de montage nécessitées par le circuit de la figure 4a doivent également être observées.

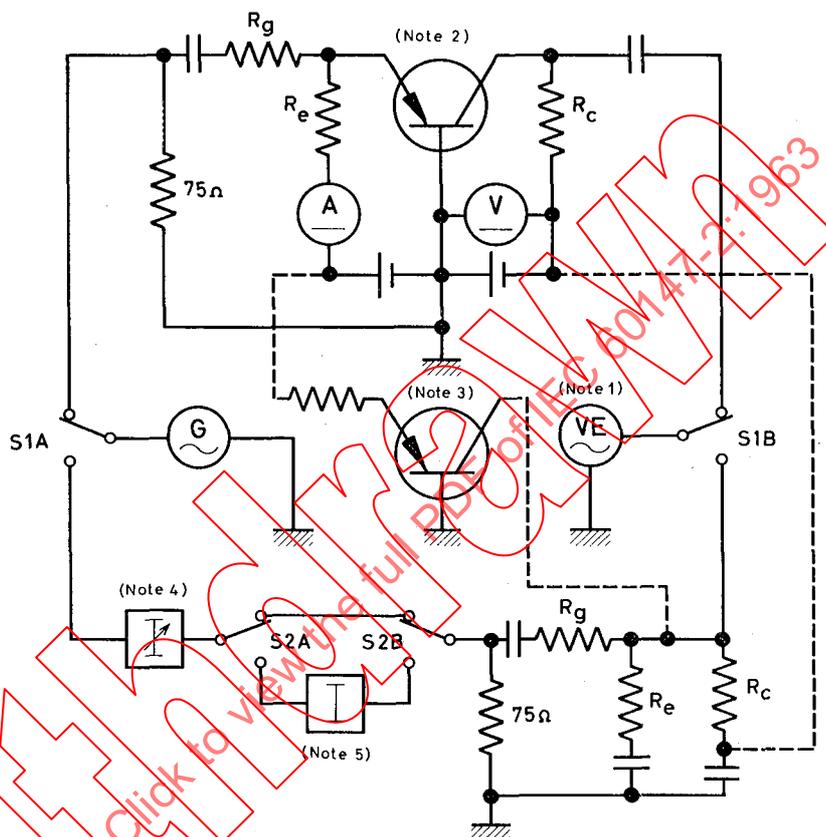


FIG. 4b

- Notes
1. — Voltmètre électronique
 2. — Transistor mesuré
 3. — Transistor échantillon type
 4. — Atténuateur d'équilibrage
 5. — Atténuateur de 3 dB

La méthode à appliquer est la suivante:

- 1) pour une fréquence faible, l'atténuateur de 3 dB étant mis hors circuit par l'intermédiaire du commutateur S2, ajuster l'atténuateur d'équilibrage de façon à obtenir la même lecture donnée sur le voltmètre électronique pour les deux positions du commutateur S1;
- 2) insérer dans le circuit l'atténuateur de 3 dB au moyen du commutateur S2 et augmenter la fréquence jusqu'à obtenir la même lecture donnée sur le voltmètre électronique pour les deux positions du commutateur S1.

electronic voltmeter has adequate sensitivity to enable the measurement to be made at a low enough signal level to avoid the introduction of harmonics by the transistor.

A modification of the basic method employing a balancing substitution circuit is shown in Figure 4b. In this case, the oscillator and the detector need not have the frequency response characteristics necessary for the circuit of Figure 4a. The attenuators, however, must maintain their characteristics over the frequency range. Other precautions noted for Figure 4a must also be applied to this circuit.

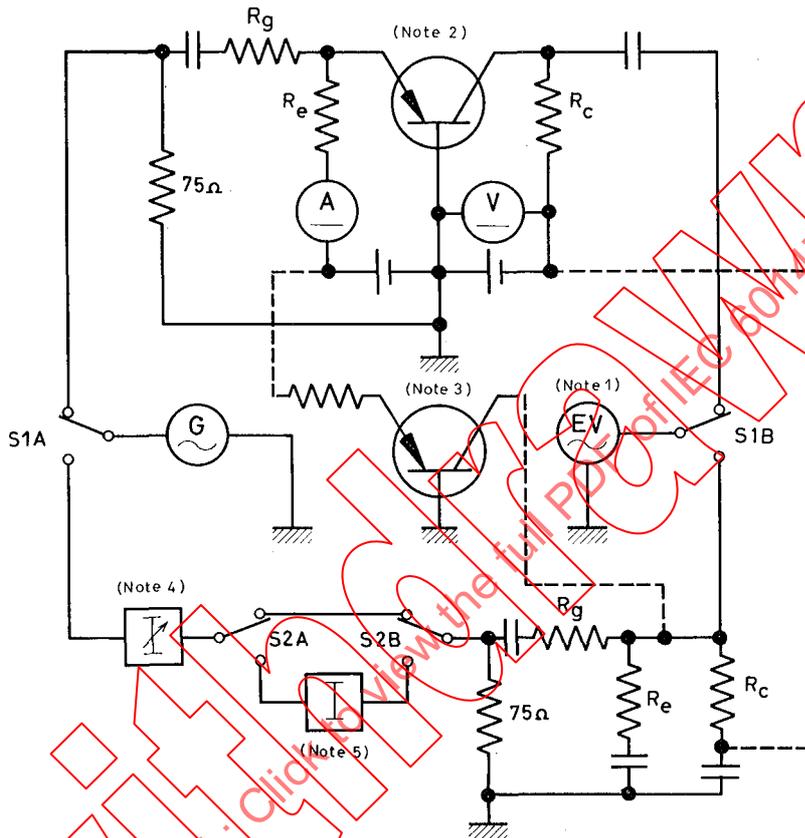


FIG. 4b

- Notes 1. — Electronic voltmeter
- 2. — Transistor under test
- 3. — Typical specimen transistor
- 4. — Balancing attenuator
- 5. — 3 dB pad.

The procedure is as follows:

- 1) at a low frequency and with switch S2 adjusted to remove the 3 dB pad from the circuit, adjust the balancing attenuator so that for both positions of switch S1 the same reading is obtained on the electronic voltmeter;
- 2) insert the 3 dB pad by means of S2 and increase the frequency until the reading on the electronic voltmeter is the same for both positions of switch S1.

Le transistor indiqué par la note 3 sur la figure 4b devra être un échantillon type du lot à contrôler; il pourra être connecté afin de simuler les caractéristiques de sortie du transistor mesuré, dans le but de minimiser les erreurs provenant de la valeur finie de la résistance de charge R_e .

Une précision de $\pm 10\%$ peut être obtenue sous réserve de prendre des précautions appropriées. Des modifications peuvent être apportées de façon à réduire le temps de mesure; ces circuits conviennent alors à des techniques de production.

7.2 Valeur du rapport de transfert direct du courant en montage émetteur commun, en haute fréquence (Fréquence caractéristique f_1 également)

La figure 4c correspond à un circuit préférentiel pour mesurer $|h_{21e}|$ à une fréquence spécifiée.

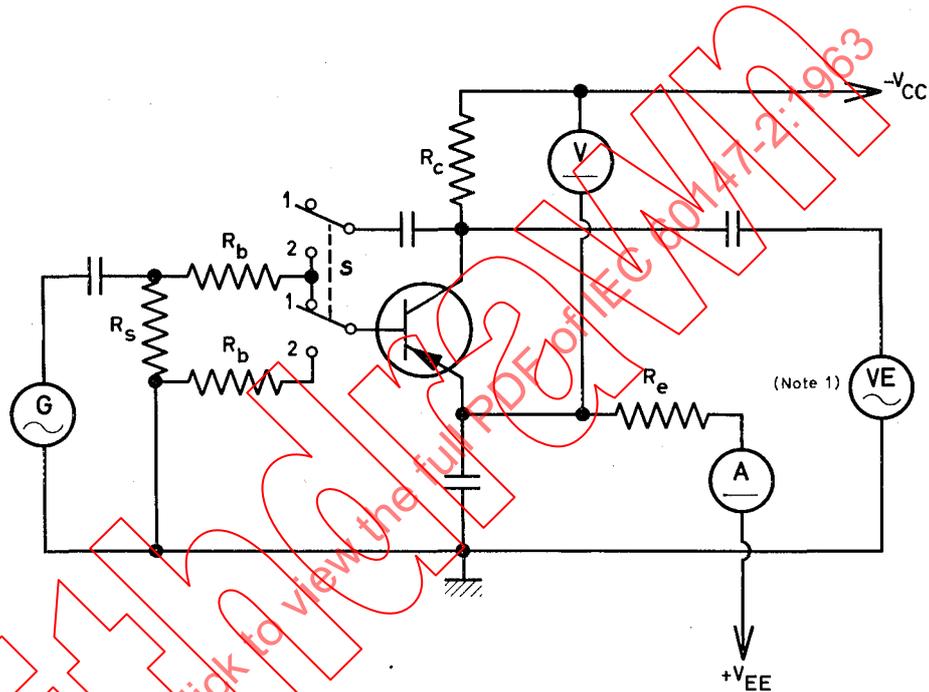


FIG. 4c

Note 1. — Voltmètre électronique

La valeur de R_b devra être grande par rapport à l'impédance d'entrée du transistor et celle de R_s devra être petite par rapport à R_b . La résistance R_c devra être petite par rapport à l'impédance de sortie du transistor, et par rapport à R_b ; voir aussi paragraphe 2.6 des Précautions générales.

La méthode à appliquer pour la mesure de $|h_{21e}|$ est la suivante:

- 1) le commutateur S étant sur la position 2, la tension de sortie du générateur de signal est ajustée pour obtenir une lecture correspondant à l'unité sur le voltmètre électronique (unité arbitraire);
- 2) le commutateur S étant placé sur la position 1, le voltmètre électronique indique alors la valeur de $|h_{21e}|$.

The specimen transistor indicated by Note 3 in Figure 4b should be typical of the batch being tested and can be connected to simulate the output characteristics of the transistor under test for the purpose of minimizing the errors arising from the finite value of the load resistance R_c .

An accuracy of $\pm 10\%$ should be achieved by these methods providing suitable precautions are taken. Modifications can be introduced to reduce the time of measurement and these circuits are then suitable for production techniques.

7.2 Value of the common-emitter forward current transfer ratio at high frequency
(Also frequency f_1)

Figure 4c shows a preferred circuit for measuring $|h_{21e}|$ at specified frequency.

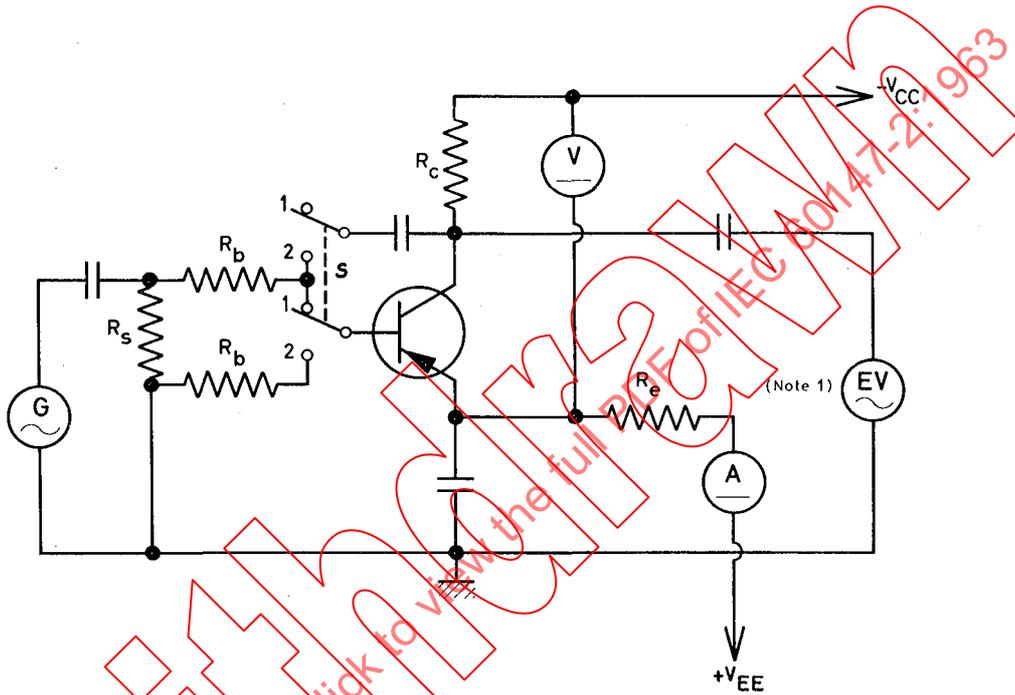


FIG. 4c

Note 1. — Electronic voltmeter

The value of R_b should be large compared with the input impedance of the transistor and R_s should be small compared with R_b . R_c should be small compared with the output impedance of the transistor, and with R_b ; see also Sub-clause 2.6 of General Precautions.

The procedure for the measurement of $|h_{21e}|$ is:

- 1) with switch S in position 2, the output voltage of the signal generator is adjusted until a reading of one (in arbitrary units) is obtained on the electronic voltmeter;
- 2) with switch S in position 1, the reading on the electronic voltmeter is now equal to the value of $|h_{21e}|$.

Ce circuit peut aussi être utilisé pour la mesure de f_1 . La procédure à suivre consiste à ajuster la fréquence du générateur de signal jusqu'à ce que le voltmètre électronique fournisse la même indication pour les deux positions du commutateur S.

Il peut se produire que la pente de la courbe de $|h_{21e}|$ en fonction de la fréquence ne suive plus la loi approximative de 6 dB par octave autour de la fréquence de mesure.

7.3 Fréquence caractéristique f_1 (également $|h_{21e}|$ pour une fréquence spécifiée)

La figure 4d correspond à un circuit pour la mesure de f_1 .

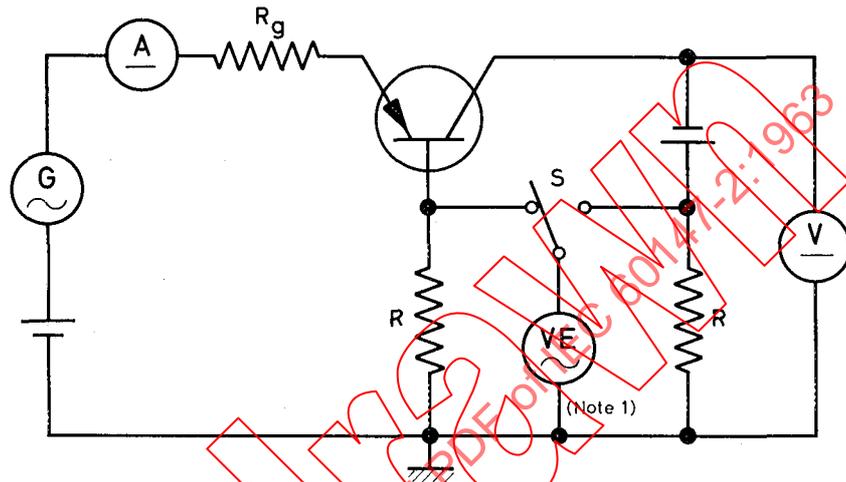


FIG. 4d

Note 1. — Voltmètre électronique

Les résistances R devront être petites par rapport à l'impédance de sortie du transistor; voir aussi paragraphe 2.6 des Précautions générales.

La méthode à appliquer pour la mesure de f_1 consiste à ajuster la fréquence du générateur de signal jusqu'à ce que le voltmètre électronique fournisse la même indication pour les deux positions du commutateur S.

A toute fréquence spécifiée, $|h_{21e}|$ est égal au rapport de la tension collecteur et de la tension aux bornes de la résistance extérieure de base (désignée par R sur la figure 4d).

Il peut se produire que la pente de la courbe de $|h_{21e}|$ en fonction de la fréquence ne suive plus la loi approximative de 6 dB par octave autour de la fréquence de mesure.

8. Capacité de sortie en montage base commune (C_{22b} ou C_{ob})

Les circuits des figures 5a et 5b sont valables pour des contrôles en production alors que celui de la figure 5c correspond à une méthode de laboratoire, plus précise.

Dans chaque cas, la mesure sera faite à une fréquence spécifiée.

Dans les trois circuits, l'émetteur est en circuit ouvert en courant alternatif. En général, C_{22b} dépend de la fréquence de mesure et celle-ci devra être spécifiée. Cependant, dans de nombreux cas, on préférera effectuer la mesure en basse fréquence, C_{22b} ne dépendant pas alors de la fréquence.

The circuit can also be used to measure f_1 . For this measurement, the frequency of the signal generator is adjusted until the electronic voltmeter shows the same reading for both positions of switch S.

It is possible that $|h_{21e}|$ may no longer be within the approximate 6 dB per octave slope at the frequency of the measurement.

7.3 Frequency f_1 (also $|h_{21e}|$ at specified frequency)

Figure 4d shows a circuit for measuring f_1 .

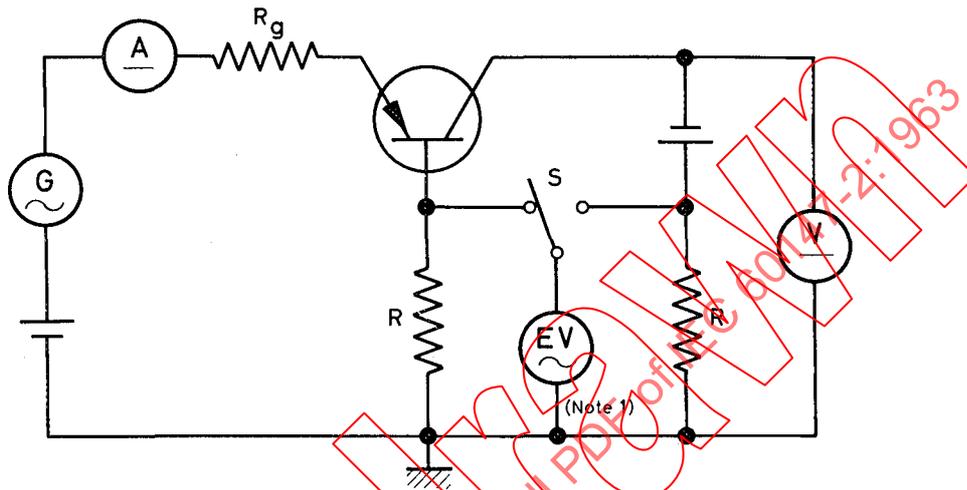


FIG. 4d

Note 1. — Electronic voltmeter

The resistances R should be small compared with the output impedance of the transistor; see also Sub-clause 2.6 of General Precautions.

The procedure for the measurement of f_1 , is to adjust the frequency of the generator until the electronic voltmeter shows the same reading for both positions of switch S.

At any specified frequency, $|h_{21e}|$ is equal to the ratio of the voltages across the collector and base external resistance (labelled R in Figure 4d).

It is possible that $|h_{21e}|$ may no longer be within the approximate 6 dB per octave slope at the frequency of the measurement.

8. Common-base output capacitance (C_{22b} or C_{ob})

The circuits shown in Figures 5a and 5b are suitable for production testing while that of Figure 5c is a more accurate laboratory method.

In each case, the measurement is made at a fixed specified frequency.

In all three circuits, the emitter should be open-circuited to a.c. In general, C_{22b} will be frequency dependent and the frequency of measurement should be specified. However, in many cases, the low frequency, frequency independent value of C_{22b} is preferred.

Des capacités parasites entre les sorties de collecteur et d'émetteur et les sorties de collecteur et de base viendront s'introduire dans la mesure. Si ces capacités deviennent importantes, il pourra être nécessaire d'utiliser des méthodes de mesure plus compliquées et de spécifier séparément la capacité de la jonction et les capacités parasites du transistor.

Méthode de mesure:

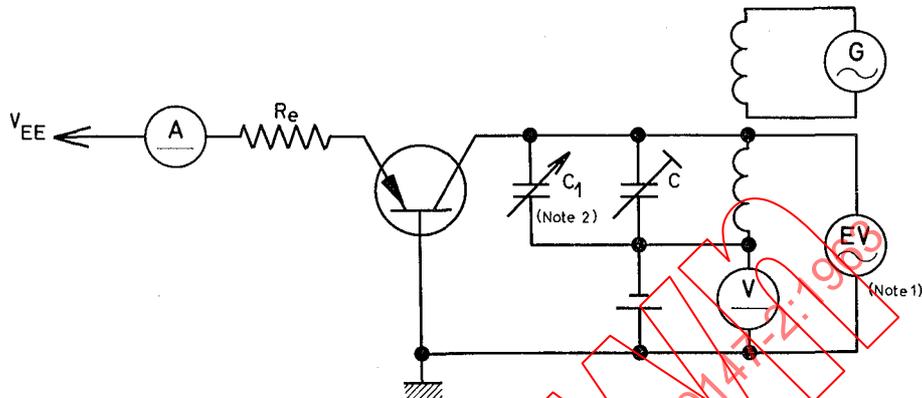


FIG. 5a

Note 1. — Voltmètre électronique

Le transistor étant hors circuit, la capacité C est ajustée de façon à obtenir une lecture maximale sur le voltmètre électronique. Le transistor est alors connecté et on diminue la capacité C_1 jusqu'à ce qu'on obtienne une lecture maximale sur le voltmètre électronique.

La valeur dont on a diminué la capacité C_1 est égale à celle de la capacité de sortie en montage base commune que l'on veut mesurer.

Il faut noter que des erreurs peuvent se produire lorsque le transistor contrôlé a une faible résistance de sortie, du fait que la fréquence de résonance d'un circuit accordé fortement amorti diffère de la fréquence correspondant à la tension maximale.

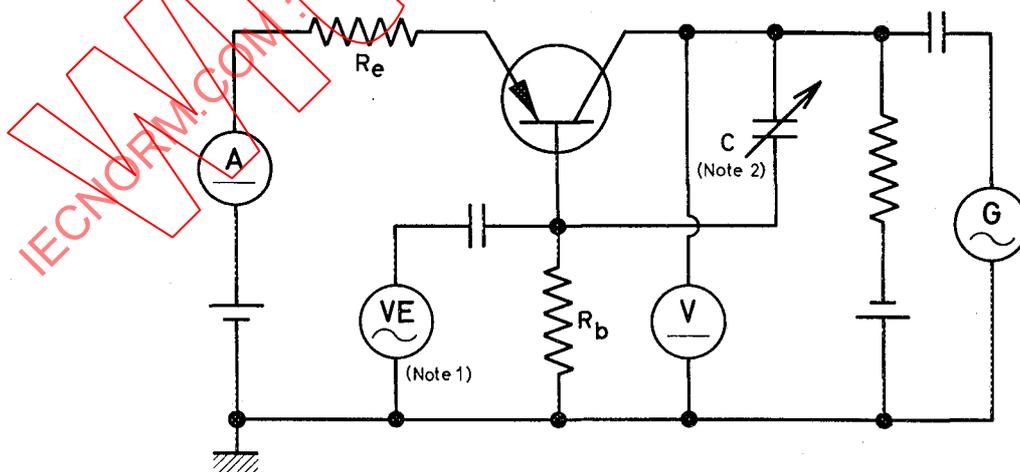


FIG. 5b

Notes 1. — Voltmètre électronique

2. — Capacité étalonée

Any stray capacitance between collector and emitter leads, and between collector and base leads, will be included in the measurement. If these are likely to be significant, it may be necessary to employ more complicated methods of measurement and to specify junction capacitances and stray capacitances of the transistor separately.

Procedure for measurement:

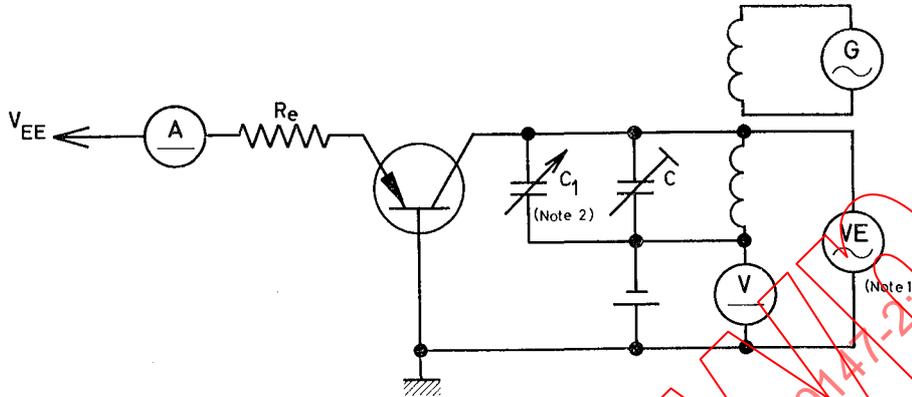


FIG. 5a

Note 1. — Electronic voltmeter

With the transistor out of the circuit, the capacitor C is adjusted to maximize the reading on the electronic voltmeter. The transistor is then connected and C_1 is reduced until a maximum reading is again obtained on the electronic voltmeter.

The change in C_1 is then equal to the common base output capacitance of the transistor.

It should be noted that errors may occur if the transistor under test has a low output resistance because the resonant frequency of a heavily damped tuned circuit differs from the frequency for maximum voltage.

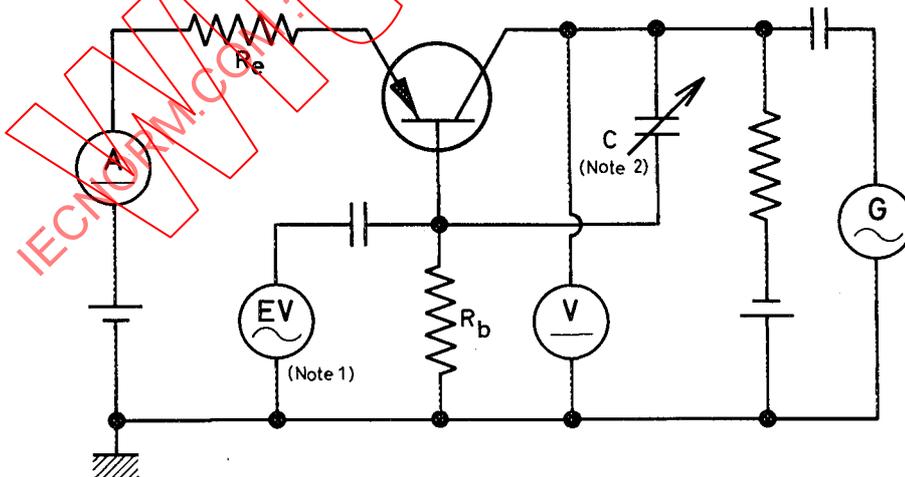


FIG. 5b

Notes 1. — Electronic voltmeter

2. — Calibrated capacitance

Dans le circuit de la figure 5b, R_b devra être petite et la fréquence suffisamment élevée pour que la lecture sur le voltmètre électronique ne soit pas notablement perturbée par l'effet de shunt de la résistance collecteur-base du transistor.

Méthode de mesure

Le transistor étant hors circuit et la capacité C étant à sa valeur maximale, le niveau du signal est ajusté pour permettre une lecture commode sur le voltmètre électronique. Le transistor est alors connecté et la capacité C est réduite de façon à obtenir la même lecture sur le voltmètre électronique. La valeur dont on a diminué la capacité C est égale à celle de la capacité de sortie en montage base commune que l'on veut mesurer.

On peut aussi déconnecter la capacité C ; dans ce cas, la lecture faite sur le voltmètre électronique est proportionnelle à la capacité de sortie en montage base commune que l'on veut mesurer, augmentée des capacités du support et des connexions.

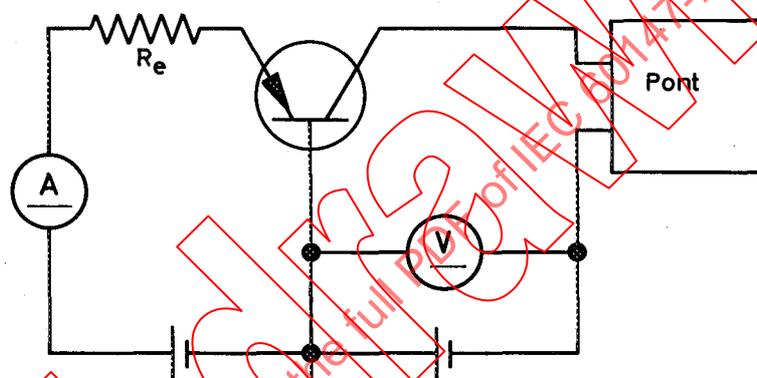


FIG. 5c

Méthode du pont en radiofréquence

Le pont devra présenter en courant continu une faible résistance entre ses bornes d'entrée, il devra être capable de laisser passer le courant collecteur requis sans altérer la précision de la mesure. On peut aussi utiliser une autre méthode de polarisation du transistor pour stopper la circulation du courant continu du pont.

9. Paramètres hybrides

Bien que la Publication 147-1 sur les Valeurs limites et caractéristiques essentielles spécifie que les paramètres à indiquer soient ceux relatifs au montage émetteur commun, il est parfois préférable de mesurer les paramètres en montage base commune et de calculer ceux du montage émetteur commun, (exception faite du cas de h_{21e} où une mesure en montage collecteur commun peut être utilisée et où h_{21e} peut être calculé à partir de h_{21c}).

(Les formules reliant les paramètres en montage base commune et en montage émetteur commun sont données au paragraphe 9.5).

For the circuit of Figure 5b, R_b should be small and the frequency should be high enough for the electronic voltmeter reading to be substantially unaffected by the shunting effect of the collector-base resistance of the transistor.

Procedure for measurement

With the transistor out of circuit and with C at its maximum value, the signal level is adjusted to obtain a convenient reading on the electronic voltmeter. The transistor is then connected and C is reduced until the same reading is observed on the electronic voltmeter. The change in C is then equal to the common-base output capacitance.

Alternatively, the capacitor C can be disconnected. In this case, the electronic voltmeter reading is proportional to the common-base output capacitance (plus the socket and wiring capacitances).

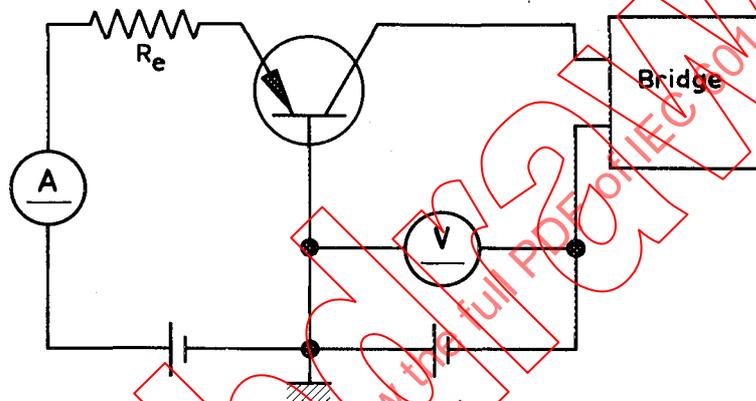


FIG. 5c

Radio-frequency bridge method

The bridge should have a low d.c. resistance between its input terminals and should be capable of carrying the required collector current without affecting the accuracy of measurement. Alternatively, another method of biasing the transistor can be used, to block the d.c. current from the bridge.

9. Hybrid parameters

Although Publication 147-1 dealing with Essential Ratings and Characteristics requires common-emitter parameters to be quoted, it is sometimes preferable to measure the common-base parameters and to calculate the common-emitter parameters (except in the case of h_{21e} where a common-collector configuration may be used, and h_{21e} calculated in terms of h_{21c}).

(Expressions relating common-base and common-emitter parameters are given in Sub-clause 9.5).

Les méthodes de mesure décrites dans cette section sont destinées à mesurer les quatre paramètres hybrides dans la gamme des fréquences où leur composante réactive est négligeable devant leur composante non réactive. Pour que ces conditions soient réalisées, la fréquence de mesure devra être suffisamment basse, afin que les effets des composantes réactives soient négligeables. Cependant, à une fréquence, relativement basse, telle que 1000 Hz, les composantes réactives peuvent être tout à fait appréciables.

9.1 h_{11} : Valeur de l'impédance d'entrée, sortie en court-circuit, pour de petits signaux

9.1.1 Montage émetteur commun: h_{11e}

Le circuit de la figure 6a correspond à une méthode à lecture directe. C'est une méthode commune en production, lorsque des circuits d'étalonnage appropriés sont prévus pour le voltmètre électronique.

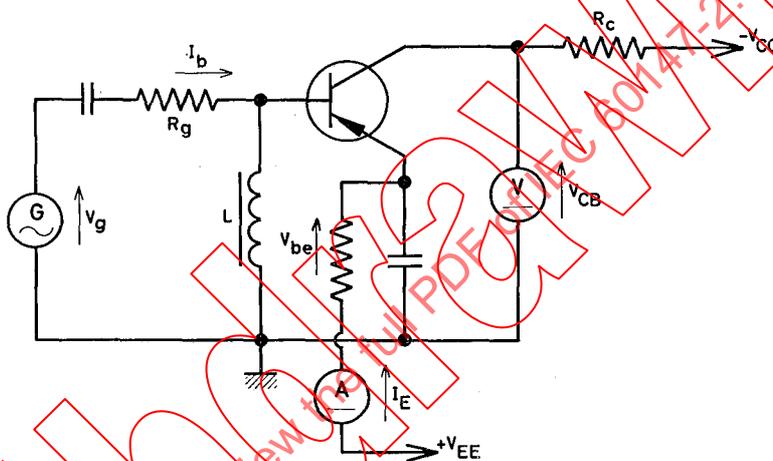


FIG. 6a

La résistance R_c devra être petite par rapport à $1/h_{22e}$, l'inductance L devra avoir une grande réactance par rapport à h_{11e} (cette condition peut être réalisée plus facilement si le circuit est accordé sur la fréquence de mesure par le branchement d'une capacité en parallèle avec L).

$$h_{11e} = \frac{V_{be}}{I_b} \quad I_b = \frac{V_g - V_{be}}{R_g} \quad h_{11e} = R_g \frac{V_{be}}{V_g - V_{be}}$$

Si R_g est grande par rapport à h_{11e} , $V_g \gg V_{be}$

et

$$h_{11e} \simeq R_g \frac{V_{be}}{V_g}$$

V_g et V_{be} sont mesurées sur des voltmètres électroniques. Si V_g est maintenue à une valeur constante, l'appareil de mesure indiquant V_{be} peut être directement gradué en valeurs de h_{11e} .

Le circuit de pont de la figure 6b correspond à une méthode de laboratoire plus précise.

The measuring methods described in this section are intended to measure the four hybrid parameters in the frequency range where their reactive components compared with their non-reactive components are negligible. In order that these conditions may be satisfied, the frequency of measurement must be sufficiently low so that the effects of the reactive components are negligible. However, at a relatively low frequency such as 1 000 Hz (c/s), the reactive components may be quite appreciable.

9.1 h_{11} : Small-signal value of the short-circuit input impedance

9.1.1 Common-emitter: h_{11e}

The circuit of Figure 6a shows a direct-reading method. This is a convenient production method, when suitable control circuits are provided for the electronic voltmeter.

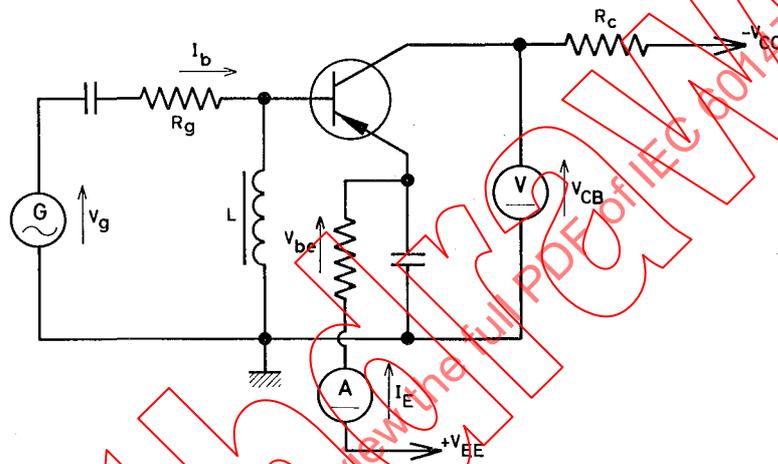


FIG. 6a

R_c must be small relative to $1/h_{22e}$, L must have a reactance large compared with h_{11e} , (this requirement can be met more easily if L is resonated with a parallel capacitor at the frequency of measurement).

$$h_{11e} = \frac{V_{be}}{I_b} \quad I_b = \frac{V_g - V_{be}}{R_g} \quad h_{11e} = R_g \frac{V_{be}}{V_g - V_{be}}$$

If R_g is large compared with h_{11e} , $V_g \gg V_{be}$.

then
$$h_{11e} \simeq R_g \frac{V_{be}}{V_g}$$

V_g and V_{be} are measured on electronic voltmeters. If V_g is maintained at a constant value, the meter indicating V_{be} can be calibrated directly in terms of h_{11e} .

The bridge circuit of Figure 6b is a more accurate laboratory method.

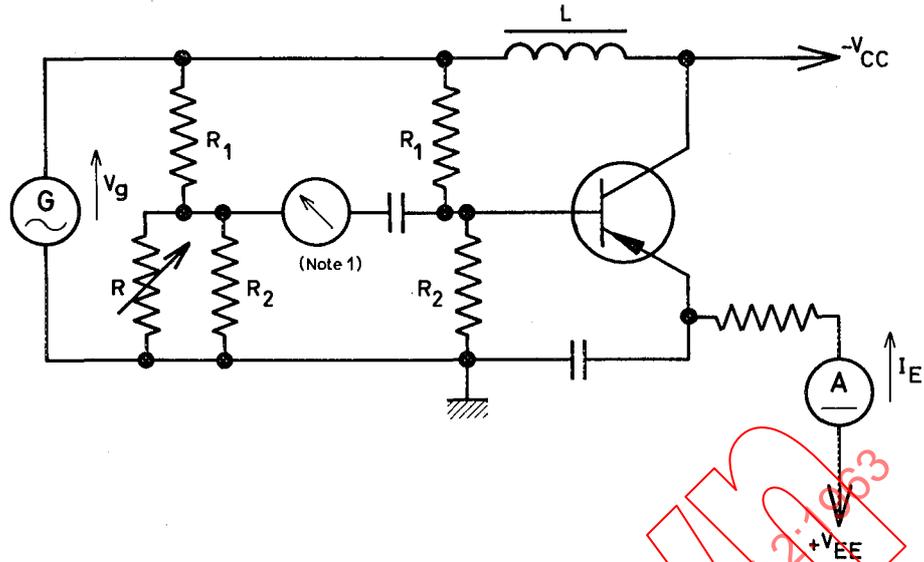


FIG. 6b

Note 1. — Détecteur de zéro

La sensibilité de la mesure se trouve augmentée si les résistances de R_1 et R_2 et la réactance de L sont grandes par rapport à h_{11e} .

Le transistor et la résistance R étant déconnectés, le pont est équilibré, ce qui est vérifié par l'indication d'un courant nul par le détecteur de zéro. Le transistor étant connecté, R est ajustée pour obtenir à nouveau l'équilibre, dans ce cas $R = h_{11e}$.

9.1.2 Montage base commune: h_{11b}

Le circuit pour la mesure de h_{11b} est donné sur la figure 6c. Les difficultés que provoquait dans le montage émetteur commun la nécessité d'introduire une inductance L sont supprimées dans la mesure de h_{11b} .

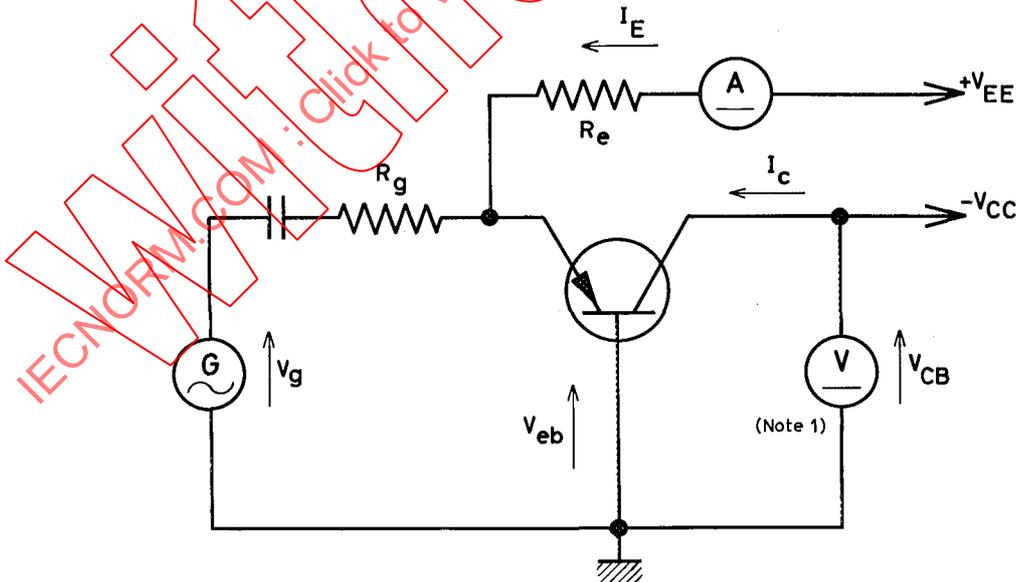


FIG. 6c

Note 1. — Voltmètre à grande résistance interne

Le circuit de la figure 6c correspond à une méthode à lecture directe, sans nécessité de réglage.

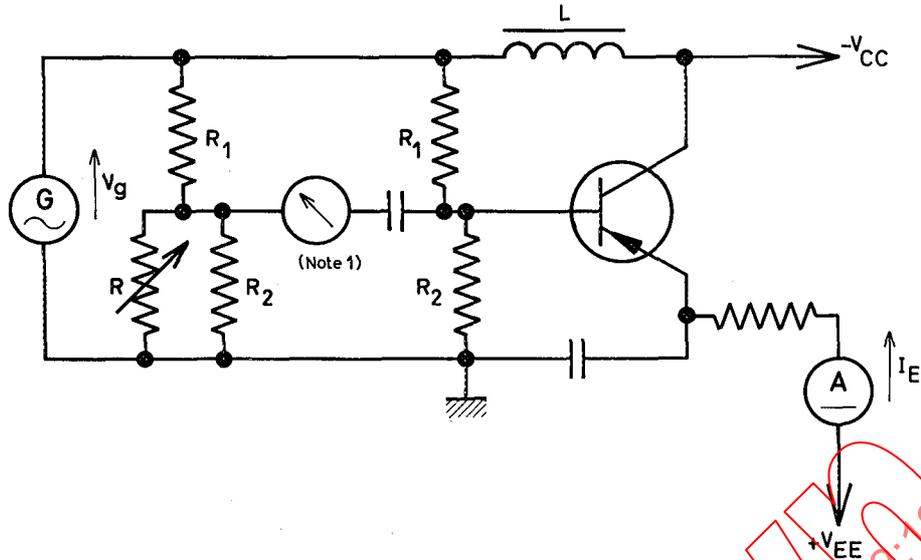


FIG. 6b

Note 1. — Null detector

The sensitivity of the measurement is increased if the resistances R_1 and R_2 and the reactance of L are large compared with h_{11e} .

With the transistor and resistor R disconnected, the bridge is balanced (as indicated by a zero current on the detector). With the transistor connected, R is adjusted to achieve a balance, in which case $R = h_{11e}$.

9.1.2 Common-base: h_{11b}

A circuit for the measurement of h_{11b} is shown in Figure 6c. The difficulties arising from the necessity of including L in the circuit for the common-emitter measurement do not arise in the measurement of h_{11b} .

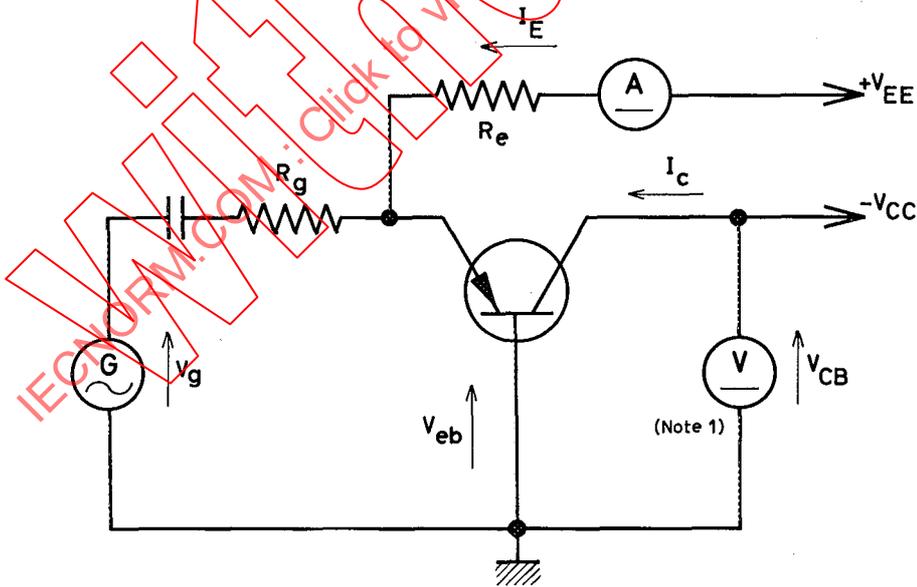


FIG. 6c

Note 1. — High-resistance d.c. voltmeter

The circuit of Figure 6c is a direct-reading method without adjustment. This is a convenient

C'est une méthode commode en production, lorsque des circuits d'étalonnage appropriés sont prévus pour le voltmètre électronique.

R_e devra être grande par rapport à h_{11b} ,

$$\text{alors } h_{11b} = \frac{V_{eb}}{I_e} \quad I_e = \frac{V_g - V_{eb}}{R_g} \quad h_{11b} = R_g \frac{V_{eb}}{V_g - V_{eb}}$$

Si la résistance R_g est grande par rapport à h_{11b} , $V_g \gg V_{eb}$

$$\text{et } h_{11b} \simeq R_g \cdot \frac{V_{eb}}{V_g}$$

V_g et V_{eb} sont mesurées sur des voltmètres électroniques. Si V_g est maintenue à une valeur constante, l'appareil de mesure indiquant V_{eb} peut être directement gradué en valeurs de h_{11b} .

Le circuit de pont de la figure 6d donne une plus grande précision.

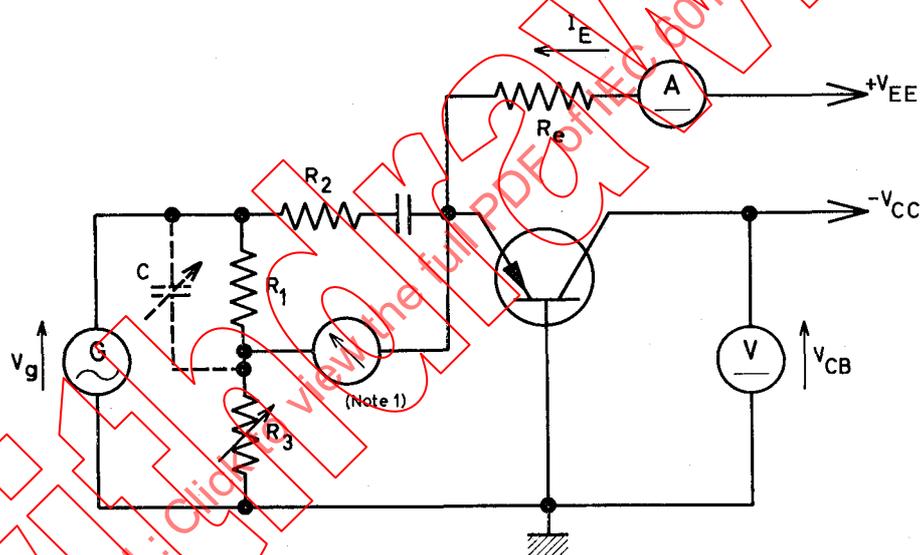


FIG. 6d

Note 1. — Détecteur de zéro

La résistance R_e devra être grande par rapport à h_{11b} . La capacité C peut être nécessaire pour augmenter la sensibilité, lorsque les effets réactifs perturbent l'équilibre.

$$\text{A l'équilibre, } h_{11b} = \frac{R_3 R_2}{R_1}$$

9.2 h_{21} : Rapport de transfert direct du courant, sortie en court-circuit, pour de petits signaux

9.2.1 Montage émetteur commun: h_{21e}

Le circuit de la figure 7a correspond à une méthode à lecture directe qui est, de ce fait, appropriée aux mesures en production.

production method, when suitable control circuits are provided for the electronic voltmeter.

R_e must be large compared with h_{11b} ,

then
$$h_{11b} = \frac{V_{eb}}{I_e} \quad I_e = \frac{V_g - V_{eb}}{R_g} \quad h_{11b} = R_g \frac{V_{eb}}{V_g - V_{eb}}$$

If R_g is large compared with h_{11b} , $V_g \gg V_{eb}$

then
$$h_{11b} \simeq R_g \cdot \frac{V_{eb}}{V_g}$$

V_g and V_{eb} are measured on electronic voltmeters. If V_g is maintained at a constant value, the meter indicating V_{eb} can be calibrated directly in terms of h_{11b} .

The bridge circuit of Figure 6d is capable of greater accuracy.

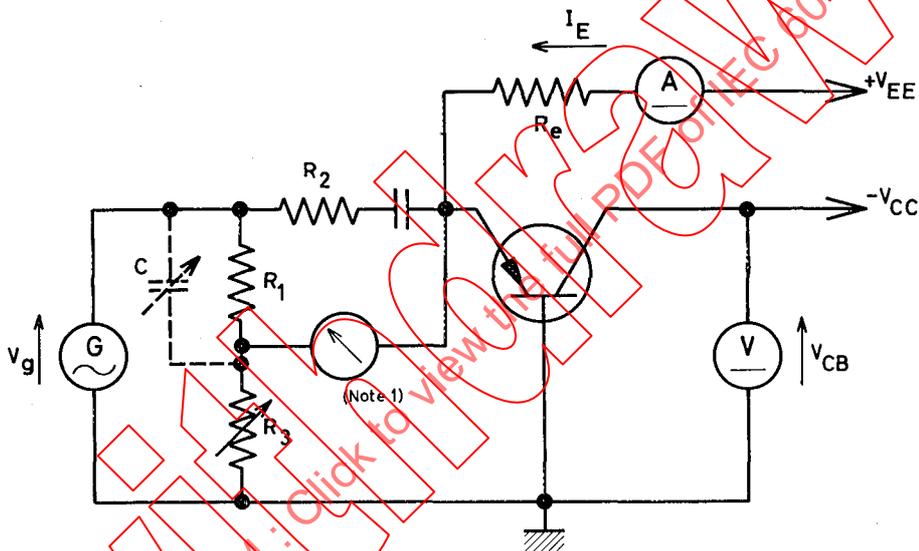


FIG. 6d

Note 1. — Null detector

R_e must be large compared with h_{11b} . The capacitor C may be necessary to increase the sensitivity, in cases where reactive effects upset the balance.

At balance,
$$h_{11b} = \frac{R_3 R_2}{R_1}$$

9.2 h_{21} : Small-signal short-circuit forward current transfer-ratio

9.2.1 Common-emitter: h_{21e}

The circuit of Figure 7a is a direct-reading method and is, therefore, suitable as a production method.

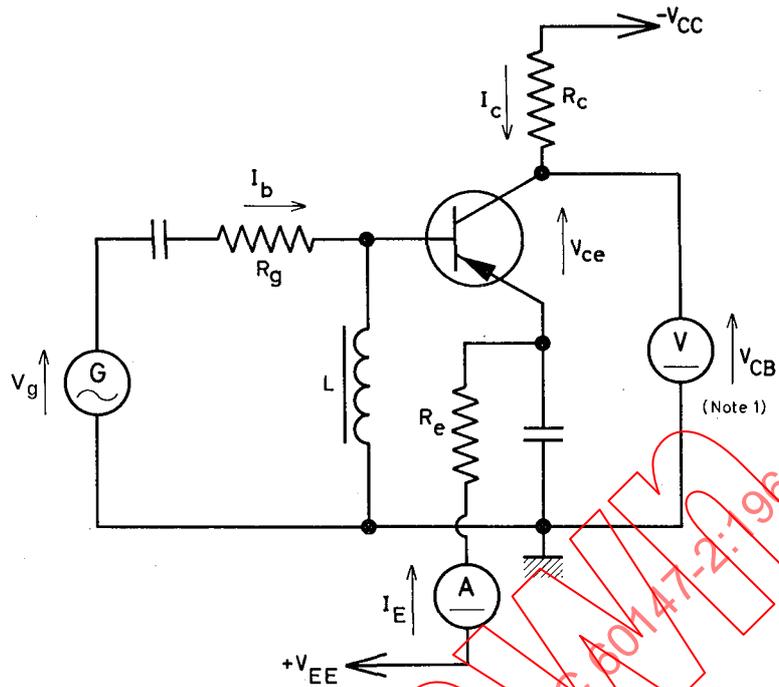


FIG. 7a

Note 1. — Voltmètre à grande résistance interne

La résistance R_c devra être petite par rapport à $1/h_{22e}$ et l'inductance L devra avoir une réactance grande par rapport à h_{11e} (L peut être accordée à la fréquence de mesure à l'aide d'une capacité).

$$h_{21e} = \frac{I_c}{I_b} \quad I_c = \frac{V_{ce}}{R_c} \quad I_b = \frac{V_g - V_{be}}{R_g}$$

$$h_{21e} = \frac{V_{ce}}{R_c} \cdot \frac{R_g}{V_g - V_{be}}$$

Si R_g est grande par rapport à h_{11e} , $V_g \gg V_{be}$

et

$$h_{21e} \simeq \frac{V_{ce}}{V_g} \cdot \frac{R_g}{R_c}$$

V_{ce} , V_g et V_{be} sont mesurées au moyen de voltmètres électroniques. Si V_g est maintenue à une valeur constante, l'appareil de mesure indiquant V_{ce} peut être gradué directement en valeurs de h_{21e} .

Le circuit de la figure 7b correspond à une méthode de pont pour la mesure de h_{21e} , qui peut donner une plus grande précision. Il n'est pas nécessaire que R_1 et R_2 soient petites et le circuit peut avoir une impédance en série avec l'émetteur.

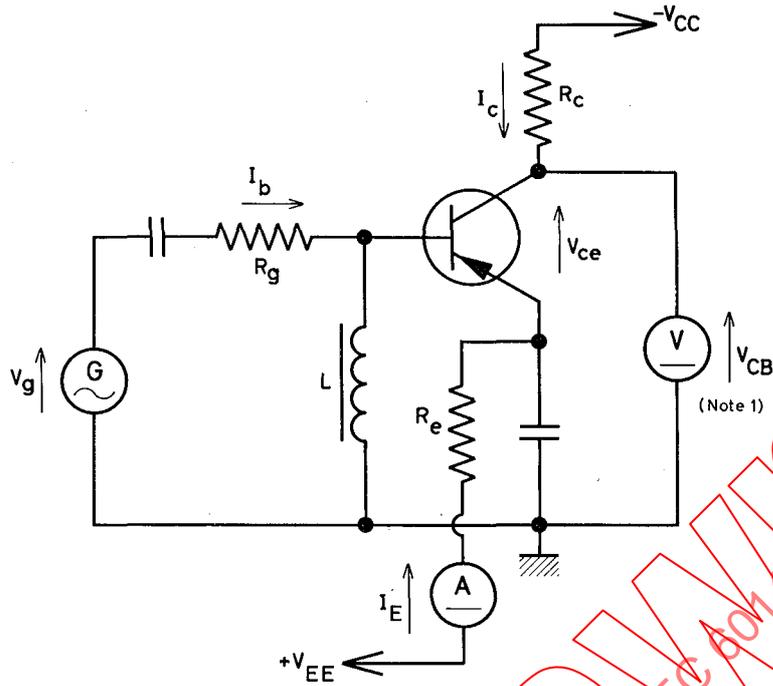


FIG. 7a

Note 1. — High resistance d.c. voltmeter

R_c must be small relative to $1/h_{22e}$, and L must have a reactance large compared with h_{11e} (L may be resonated with a capacitor at the frequency of measurement).

$$h_{21e} = \frac{I_e}{I_b} \quad I_e = \frac{V_{ce}}{R_c} \quad I_b = \frac{V_g - V_{be}}{R_g}$$

$$h_{21e} = \frac{V_{ce}}{R_c} \cdot \frac{R_g}{V_g - V_{be}}$$

If R_g is large compared with h_{11e} , $V_g \gg V_{be}$

then
$$h_{21e} \simeq \frac{V_{ce}}{V_g} \cdot \frac{R_g}{R_c}$$

V_{ce} , V_g and V_{be} are measured by means of electronic voltmeters. If V_g is maintained at a constant value, the meter indicating V_{ce} can be calibrated directly in terms of h_{21e} .

The circuit of Figure 7b shows a bridge method for the measurement of h_{21e} which is capable of greater accuracy. It is not necessary that R_1 and R_2 should be very small and the circuit may have any impedance in series with the emitter.

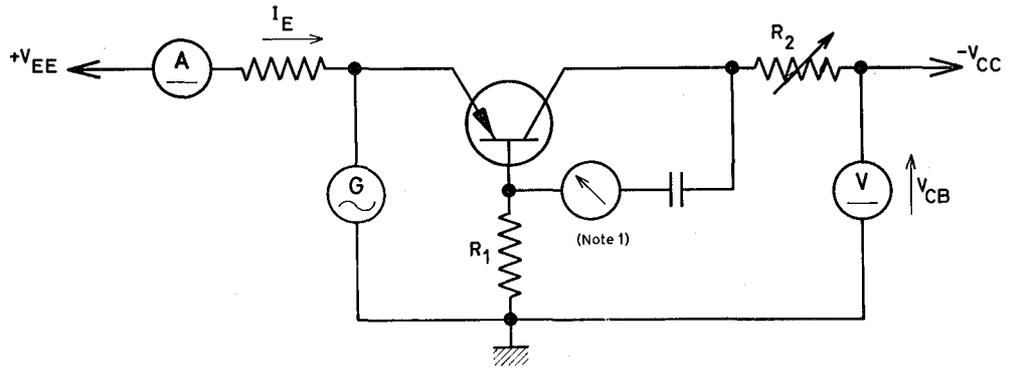


FIG. 7b

Note 1. — Détecteur de zéro

R_1 et R_2 sont ajustées pour obtenir l'équilibre où l'on a :

$$h_{21e} = \frac{R_1}{R_2}$$

9.2.2 Montage base commune: h_{21b}

Il est recommandé que le paramètre h_{21b} soit calculé à partir de h_{21e} ou h_{21c} plutôt que mesuré directement

$$h_{21b} \approx \frac{-h_{21e}}{1+h_{21e}} \approx -\frac{h_{21e}+1}{h_{21e}}$$

9.2.3 Montage collecteur commun: h_{21c}

On a la relation suivante entre les paramètres h_{21e} et h_{21c} :

$$-h_{21c} = h_{21e} + 1$$

Le circuit de la figure 7c correspond à une méthode à lecture directe pour déterminer h_{21c} .

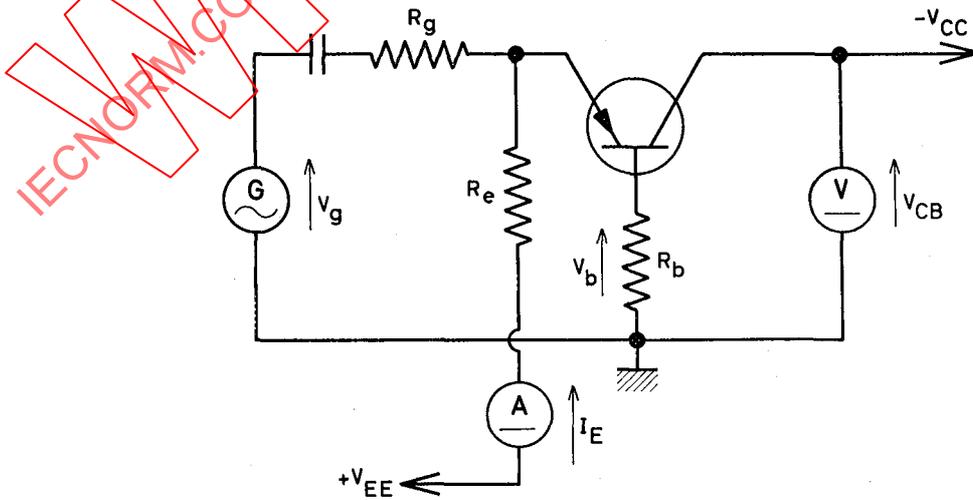


FIG. 7c

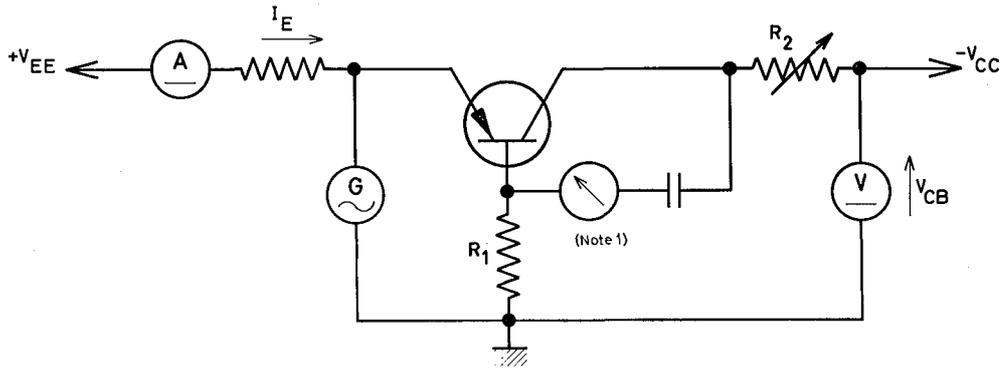


FIG. 7b

Note 1. — Null detector

R_1 and R_2 are adjusted to provide a balance in which case:

$$h_{21e} = \frac{R_1}{R_2}$$

9.2.2 Common-base: h_{21b}

It is recommended that h_{21b} be calculated from h_{21e} , rather than measured directly.

$$h_{21b} \approx \frac{-h_{21e}}{1+h_{21e}} \approx \frac{h_{21e}+1}{h_{21e}}$$

9.2.3 Common-collector: h_{21c}

Between the parameter h_{21e} and the common-collector value h_{21c} there is the relation:

$$h_{21c} = h_{21e} + 1$$

The circuit of Figure 7c is a direct-reading method for determining h_{21c} .

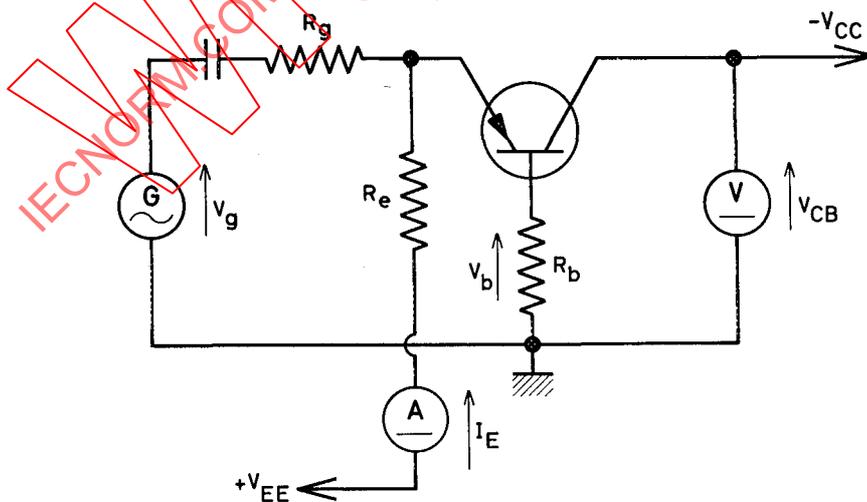


FIG. 7c

R_b devra être grande pour donner des tensions de grandeur mesurable, mais devra être petite par rapport à $1/h_{22}$. R_g et R_e devront être grandes par rapport à h_{11b} et R_b .

Les tensions V_g et V_b sont mesurées au moyen de voltmètres électroniques et,

$$h_{21e} + 1 = \frac{V_g R_b}{V_b R_g}$$

Si V_g est maintenue à une valeur constante, et les valeurs des résistances R_g et R_b étant fixées, le voltmètre mesurant V_b peut être directement gradué en valeurs de $(h_{21e} + 1)$.

Le circuit de pont de la figure 7d peut fournir une plus grande précision de mesure. La résistance R_e devra être grande par rapport à h_{11e} . La résistance R_2 devra être grande par rapport à R_1 et la résistance R_4 devra être petite.

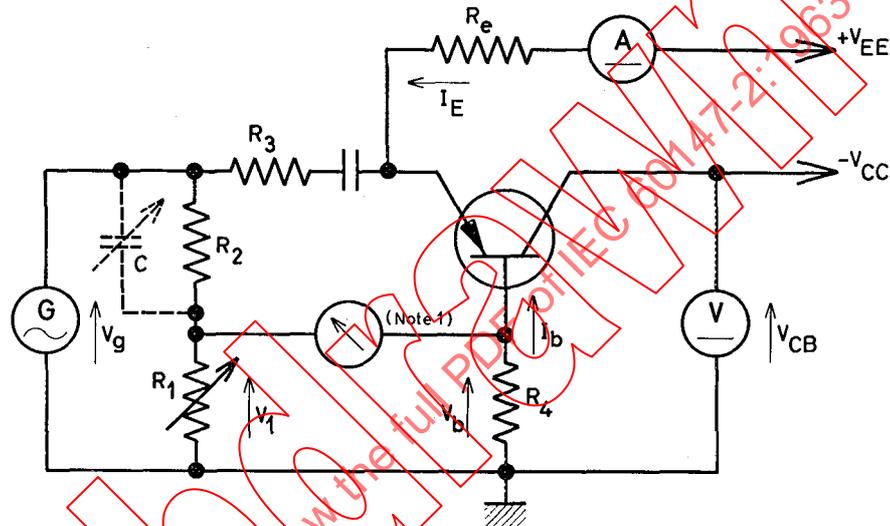


FIG. 7d

Note 1. — Détecteur de zéro

$$I_e \simeq \frac{V_g}{R_3} \text{ puisque } R_3 \gg h_{11b}.$$

$$I_b = \frac{I_e}{-h_{21e}} = \frac{I_e}{1+h_{21e}} \simeq \frac{V_g}{R_3} \cdot \frac{1}{1+h_{21e}}$$

$$V_b = R_4 \cdot I_b \simeq \frac{R_4 V_g}{R_3} \cdot \frac{1}{1+h_{21e}}$$

$$V_1 = \frac{V_g R_2}{R_1 + R_2} \quad V_1 \simeq \frac{V_g R_2}{R_1} \text{ puisque } R_1 \gg R_2$$

$$\text{à l'équilibre } V_b = V_1 \text{ et } \frac{R_4 V_g}{R_3} \cdot \frac{1}{1+h_{21e}} \simeq \frac{V_g R_2}{R_1}$$

$$h_{21e} + 1 \simeq \frac{R_1 R_4}{R_2 R_3}$$

R_b should be large to yield voltages of measurable magnitude, but must be small relative to $1/h_{22}$. R_g and R_e should be large relative to h_{11b} and R_b .

The voltages V_g and V_b are measured by means of electronic voltmeters, then,

$$h_{21e} + 1 = \frac{V_g R_b}{V_b R_g}$$

If V_g is maintained at a constant value, and with fixed values of resistances R_g and R_b , the voltmeter V_b can be calibrated directly in terms of $h_{21e} + 1$.

The bridge circuit of Figure 7d is capable of greater accuracy of measurement, R_e must be large relative to h_{11e} ; R_2 must be large compared to R_1 , and R_4 must be small.

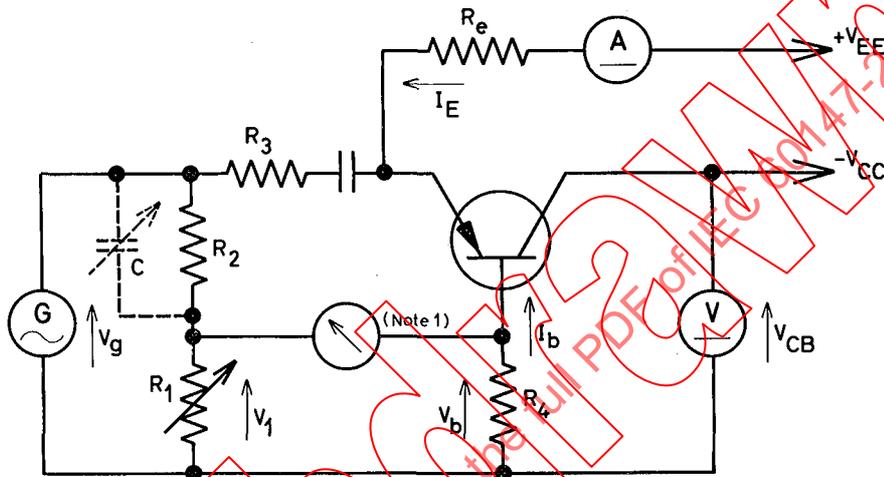


FIG. 7d

Note 1. — Null detector

$$I_e \simeq \frac{V_g}{R_3} \text{ since } R_3 \gg h_{11b}.$$

$$I_b = \frac{I_e}{-h_{21e}} = \frac{I_e}{1 + h_{21e}} \simeq \frac{V_g}{R_3} \cdot \frac{1}{1 + h_{21e}}$$

$$V_b = R_4 \cdot I_b \simeq \frac{R_4 V_g}{R_3} \cdot \frac{1}{1 + h_{21e}}$$

$$V_1 = \frac{V_g R_2}{R_1 + R_2} \quad V_1 \simeq \frac{V_g R_2}{R_1} \text{ since } R_1 \gg R_2$$

• at balance $V_b = V_1$ then $\frac{R_4 V_g}{R_3} \cdot \frac{1}{1 + h_{21e}} \simeq \frac{V_g R_2}{R_1}$

$$h_{21e} + 1 \simeq \frac{R_1 R_4}{R_2 R_3}$$

La capacité variable C peut être incorporée pour compenser les effets réactifs et ainsi parfaire l'équilibre du pont.

9.3 h_{12} : Valeur du rapport de transfert inverse de la tension, entrée en circuit ouvert, pour de petits signaux

9.3.1 Montage émetteur commun: h_{12e}

Le circuit de la figure 8a correspond à une méthode à lecture directe appropriée aux mesures en production.

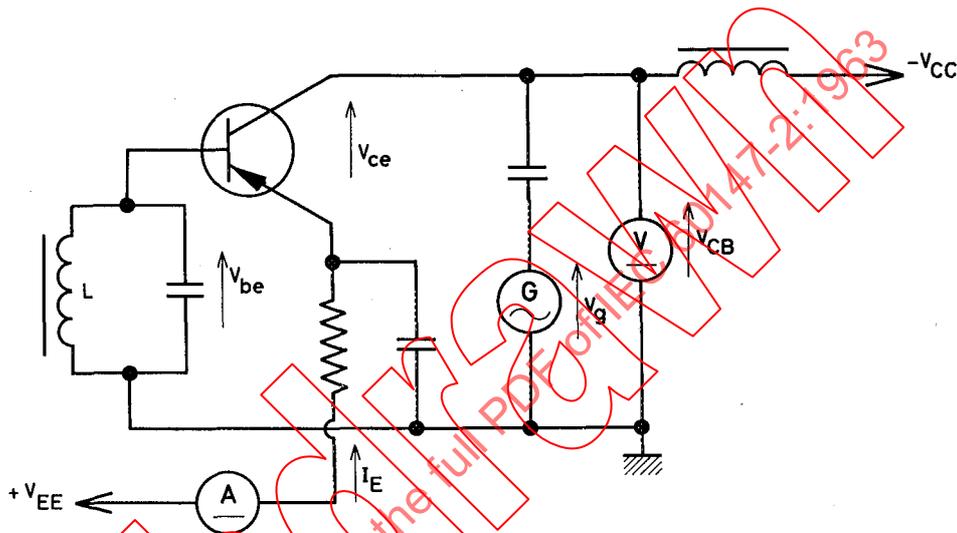


FIG. 8a

L'inductance L devra avoir une réactance grande par rapport à h_{11e} et devra être accordée pour la fréquence de mesure.

$$h_{12e} = \frac{V_{be}}{V_{ce}}$$

V_{be} et V_{ce} sont mesurées sur des voltmètres électroniques. Si V_{ce} est maintenue à une valeur constante, l'appareil de mesure donnant V_{be} peut être directement gradué en valeurs de h_{12e} .

Il est préférable de mesurer h_{12e} plutôt que de le calculer à partir des paramètres en montage base commune si une certaine précision est nécessaire, puisque la méthode de calcul conduit à déterminer une différence entre deux quantités pratiquement égales. Cependant, les circuits de mesure en montage base commune sont décrits à titre complémentaire.

9.3.2 Montage base commune: h_{12b}

Le circuit de la figure 8b correspond à une méthode à lecture directe sans réglage, qui est donc appropriée aux mesures en production.

The variable capacitor C may be included to balance out reactive effects and thereby improve the balance of the bridge.

9.3 h_{12} : Small-signal value of the open-circuit reverse voltage transfer-ratio

9.3.1 Common-emitter: h_{12e}

The circuit of Figure 8a is a direct-reading method and is suitable as a production method.

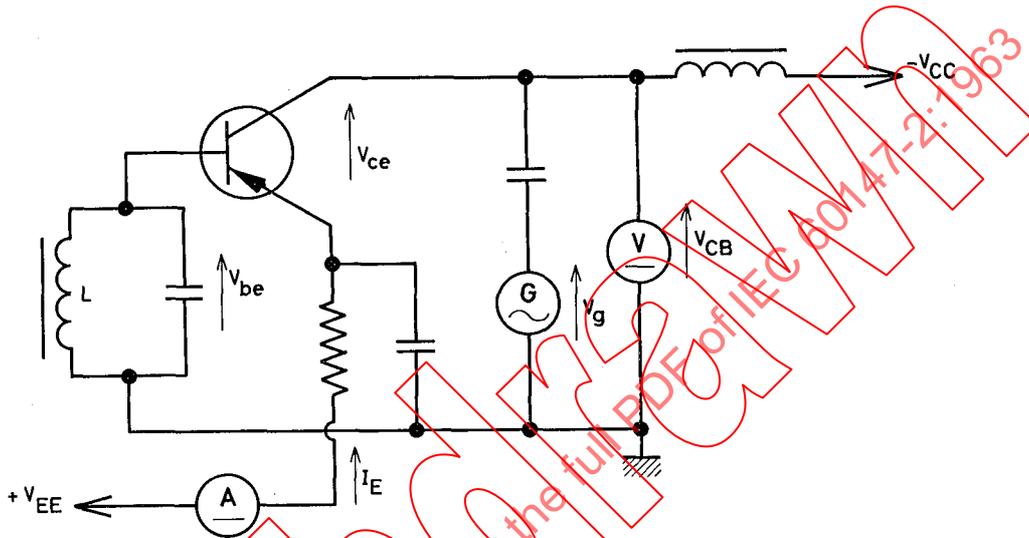


FIG. 8a

L must have a reactance large compared with h_{11e} and should be resonated at the frequency of measurement.

$$h_{12e} = \frac{V_{be}}{V_{ce}}$$

V_{be} and V_{ce} are measured on electronic voltmeters. If V_{ce} is maintained at a constant value, the meter indicating V_{be} can be calibrated directly in terms of h_{12e} .

It is preferable to measure h_{12e} than to calculate it from common-base parameters if reasonable accuracy is required, since the calculation involves finding the difference between two nearly equal quantities. However, the common-base measurement is described for completeness.

9.3.2 Common-base: h_{12b}

The circuit of Figure 8b is a direct reading method without adjustment, and is therefore suitable as a production method.

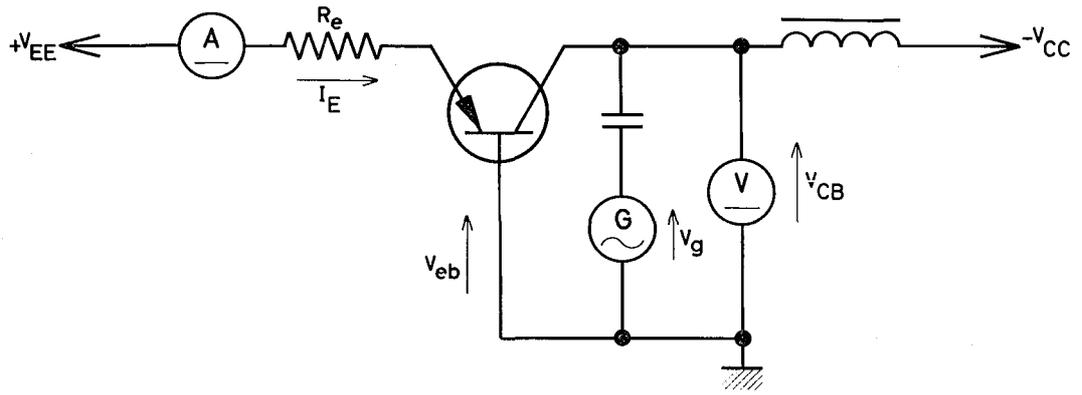


FIG. 8b

La résistance R_e devra être grande par rapport à h_{11b} .

$$h_{12b} = \frac{V_{eb}}{V_g}$$

V_{eb} et V_g sont mesurées sur des voltmètres électroniques. Si V_g est maintenue à une valeur constante, l'appareil de mesure indiquant V_{eb} peut être gradué directement en valeurs de h_{12b} .

Le circuit de pont de la figure 8c peut fournir une plus grande précision de mesure. La résistance R_e devra être grande par rapport à h_{11b} .

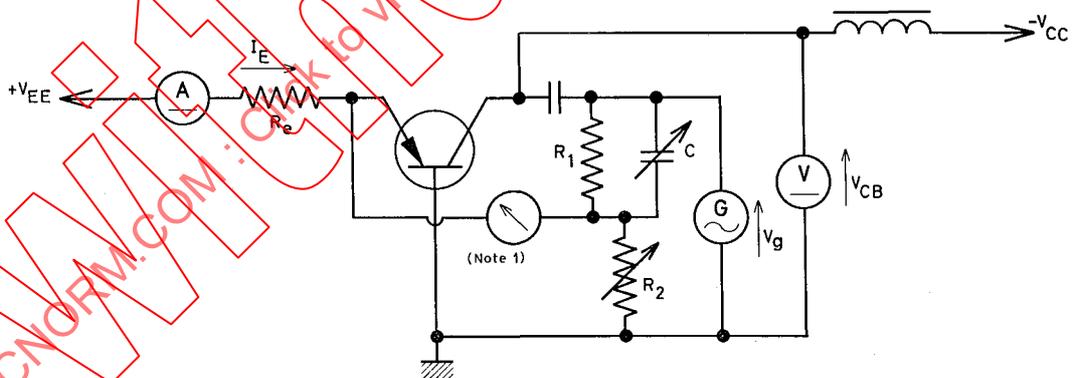


FIG. 8c

Note 1. — Détecteur de zéro

La capacité C équilibre les capacités parasites et la réaction résultant de la capacité du collecteur.

$$h_{12b} = \frac{R_2}{R_1} \quad \text{puisque } R_2 \ll R_1$$

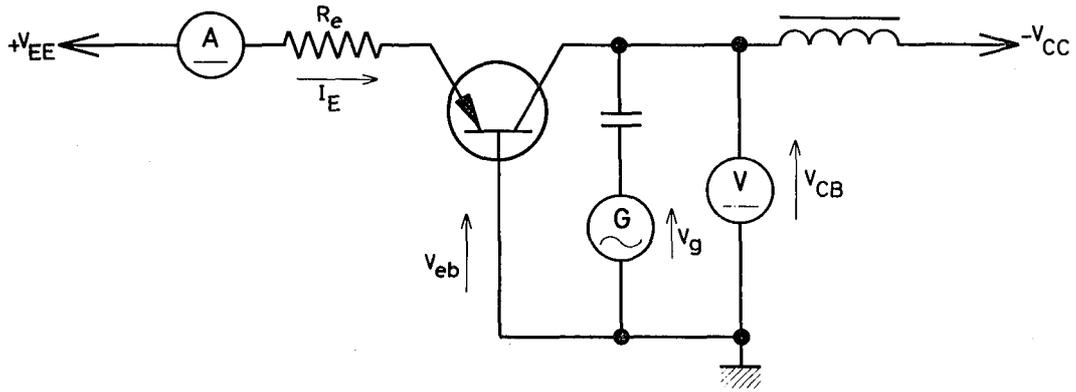


FIG. 8b

R_e must be large relative to h_{11b} .

$$h_{12b} = \frac{V_{eb}}{V_g}$$

V_{eb} and V_g are measured on electronic voltmeters. If V_g is maintained at a constant value, the meter indicating V_{eb} can be calibrated directly in terms of h_{12b} .

The bridge circuit of Figure 8c is capable of greater accuracy of measurement. R_e must be large relative to h_{11b} .

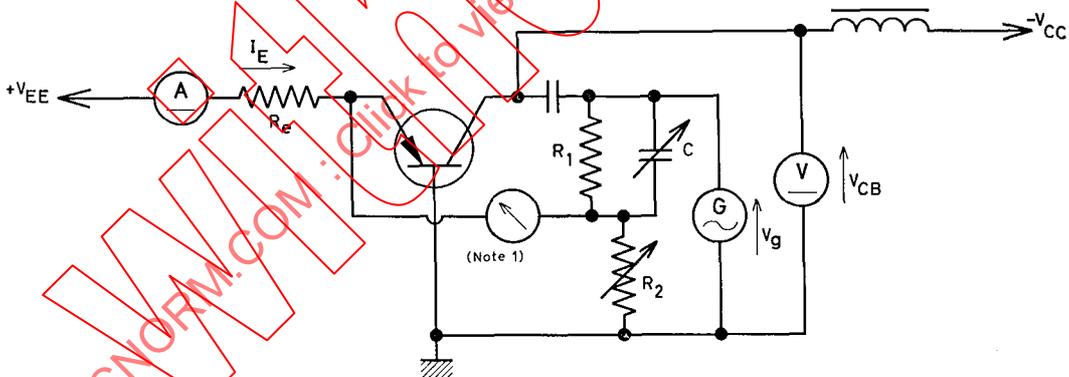


FIG. 8c

Note 1. — Null detector

The capacitor C balances the stray capacitances and the feedback resulting from the collector capacitance.

$$h_{12b} = \frac{R_2}{R_1} \quad \text{since } R_2 \ll R_1$$

9.4 h_{22} : Admittance de sortie, entrée en circuit ouvert, pour de petits signaux

9.4.1 Montage émetteur commun: h_{22e}

Le circuit de la figure 9a correspond à une méthode à lecture directe appropriée aux mesures en production.

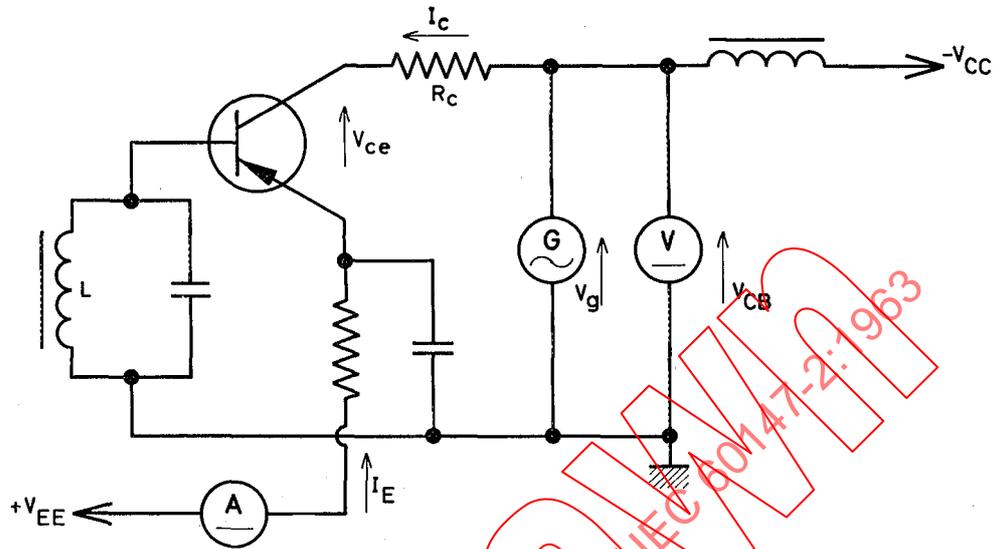


FIG. 9a

L'inductance L devra avoir une réactance grande par rapport à h_{11e} et être accordée à la fréquence de mesure.

V_{ce} et V_g sont mesurées au moyen de voltmètres électroniques. L'impédance du voltmètre électronique utilisé pour mesurer V_{ce} devra être grande par rapport à $1/h_{22e}$.

$$h_{22e} = \frac{I_c}{V_{ce}} \quad I_c = \frac{V_g - V_{ce}}{R_c}$$

$$h_{22e} = \frac{V_g - V_{ce}}{V_{ce} R_c}$$

Si V_g est maintenue à une valeur constante, l'appareil de mesure indiquant V_{ce} peut être directement gradué en valeurs de h_{22e} .

9.4.2 Montage base commune: h_{22b}

Le circuit de la figure 9b correspond à une méthode à lecture directe sans réglage, qui est par conséquent appropriée aux mesures en production.

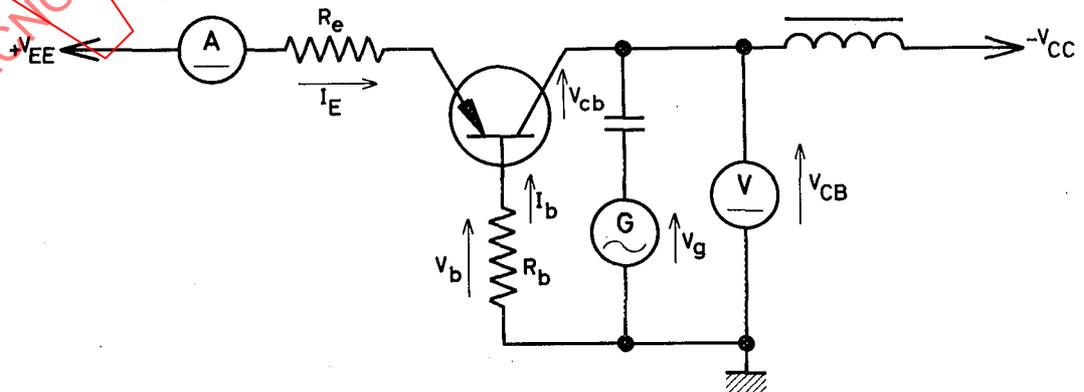


FIG. 9b

9.4 h_{22} : Small-signal open-circuit output-admittance

9.4.1 Common-emitter: h_{22e}

The circuit of Figure 9a is a direct-reading method and is suitable as a production method.

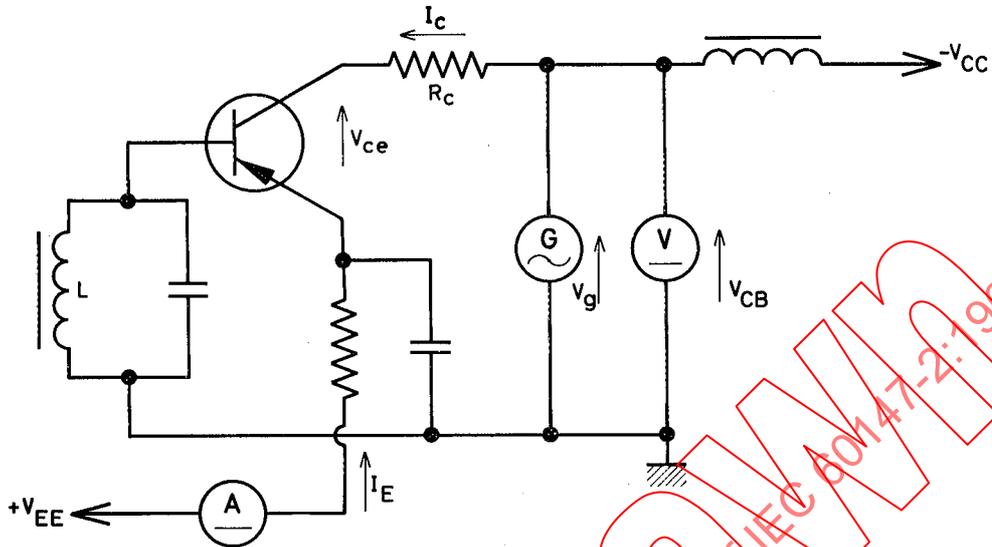


FIG. 9a

L must have a reactance large compared with h_{11e} and should be resonated at the frequency of measurement.

V_{ce} and V_g are measured by means of electronic voltmeters. The impedance of the electronic voltmeter used to measure V_{ce} must be large compared with $1/h_{22e}$.

$$h_{22e} = \frac{I_c}{V_{ce}} \quad I_c = \frac{V_g - V_{ce}}{R_c}$$

$$h_{22e} = \frac{V_g - V_{ce}}{V_{ce} R_c}$$

If V_g is maintained at a constant value, the meter indicating V_{ce} can be calibrated directly in terms of h_{22e} .

9.4.2 Common-base: h_{22b}

The circuit of Figure 9b is a direct-reading method without adjustment, and therefore is suitable as a production method.

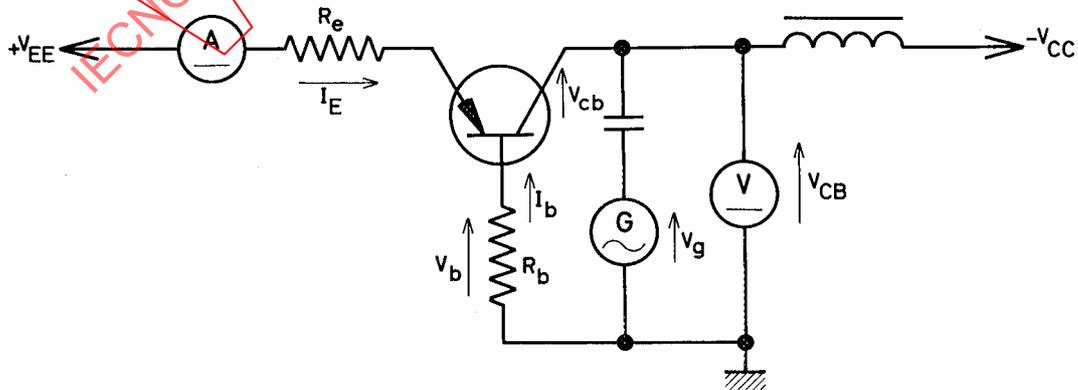


FIG. 9b

La résistance R_e devra être grande par rapport à z_{11b} .

$$h_{22b} = \frac{I_c}{V_{cb}} \quad I_c \simeq I_B \text{ puisque l'émetteur est en circuit ouvert,}$$

$$\text{d'où} \quad h_{22b} \simeq \frac{I_b}{V_{cb}} \quad I_b = \frac{V_b}{R_b} \quad V_{cb} = V_g - V_b$$

$$h_{22b} \simeq \frac{V_b}{R_b (V_g - V_b)}$$

Si R_b est petite par rapport à $\frac{1}{h_{22b}}$, $V_g \gg V_b$,

$$\text{alors} \quad h_{22b} \simeq \frac{V_b}{V_g \cdot R_b}$$

V_b et V_g sont mesurées sur des voltmètres électroniques. Si V_g est maintenue à une valeur constante, l'appareil de mesure donnant V_b peut être gradué directement en valeurs de h_{22b} .

Le circuit de pont de la figure 9c peut donner une plus grande précision de mesure.

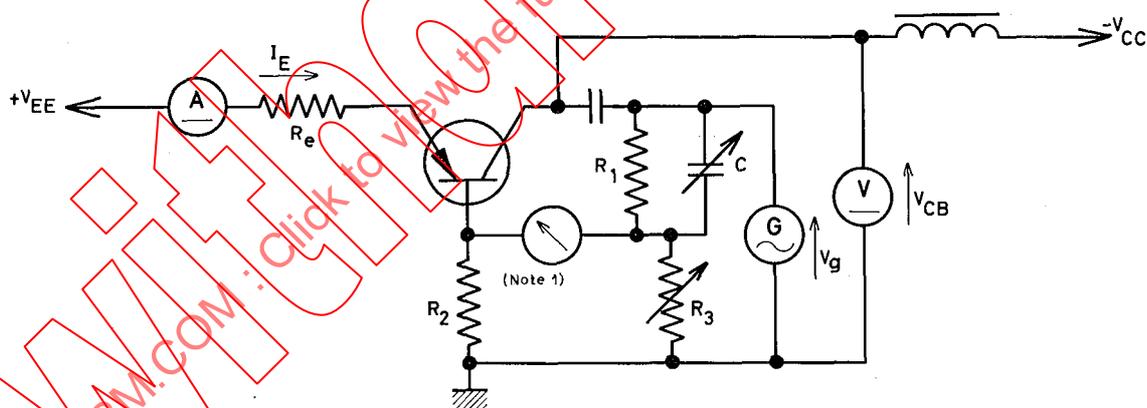


FIG. 9c

Note 1. — Détecteur de zéro

La résistance R_e devra être grande par rapport à z_{11b} et la résistance R_2 devra être choisie telle que $R_2 \ll h_{21e} R_e$.

La capacité C équilibre les capacités parasites et la capacité collecteur-base et, elle permet d'obtenir avec précision le zéro d'équilibrage.

$$\text{A l'équilibre} \quad h_{22b} = \frac{R_3}{R_1 R_2}$$