

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60747-7

Première édition
First edition
1988-11

**Dispositifs à semiconducteurs –
Dispositifs discrets**

**Septième partie:
Transistors bipolaires**

**Semiconductor devices –
Discrete devices**

**Part 7:
Bipolar transistors**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60747-7: 1988

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity 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 relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60747-7

Première édition
First edition
1988-11

**Dispositifs à semiconducteurs –
Dispositifs discrets**

**Septième partie:
Transistors bipolaires**

**Semiconductor devices –
Discrete devices**

**Part 7:
Bipolar transistors**

© IEC 1988 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX XE
PRICE CODE

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Page
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
INDEX DES RÉFÉRENCES CROISÉES	8
Articles	
CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS	
1. Note d'introduction	10
2. But	10
3. Symboles littéraux	10
CHAPITRE II: TERMINOLOGIE ET SYMBOLES LITTÉRAUX	
1. Types de transistors	12
2. Termes généraux	12
3. Montages de circuit	14
4. Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques	16
5. Paramètres s	24
6. Symboles littéraux	34
6.1 Symboles littéraux pour les courants, les tensions et les puissances	34
6.2 Symboles littéraux pour les paramètres électriques	34
6.3 Symboles littéraux pour les autres grandeurs	34
6.4 Liste de symboles littéraux	36
CHAPITRE III: VALEURS LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES	
SECTION UN — TRANSISTORS POUR SIGNAUX DE FAIBLE PUISSANCE (à l'exclusion des applications en commutation)	
1. Généralités	54
2. Valeurs limites	54
3. Caractéristiques	56
4. Données d'application (à l'étude)	64
SECTION DEUX — TRANSISTORS DE PUISSANCE (à l'exclusion des applications en commutation et en haute fréquence)	
1. Généralités	66
2. Valeurs limites	66
3. Caractéristiques	68
4. Données d'application (à l'étude)	70
SECTION TROIS — TRANSISTORS DE PUISSANCE HAUTE FRÉQUENCE POUR APPLICATIONS EN AMPLIFICATEURS ET EN OSCILLATEURS	
1. Type	70
2. Matériau semiconducteur	70
3. Polarité	70
4. Encombrement	70
5. Valeurs limites (système des limites absolues) dans la gamme des températures de fonctionnement, sauf indication contraire	72
6. Caractéristiques	74
7. Informations supplémentaires	78
8. Information en fonction de l'environnement et/ou de l'endurance (à l'étude)	78

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
CROSS REFERENCE INDEX	9

Clause

CHAPTER I: GENERAL

1. Introductory note	11
2. Purpose	11
3. Letter symbols	11

CHAPTER II: TERMINOLOGY AND LETTER SYMBOLS

1. Types of transistors	13
2. General terms	13
3. Circuit configurations	15
4. Terms related to ratings and characteristics	17
5. s-parameters	25
6. Letter symbols	35
6.1 Letter symbols for currents, voltages and powers	35
6.2 Letter symbols for electrical parameters	35
6.3 Letter symbols for other quantities	35
6.4 List of letter symbols	37

CHAPTER III: ESSENTIAL RATINGS AND CHARACTERISTICS

SECTION ONE — LOW-POWER SIGNAL TRANSISTORS
(excluding switching applications)

1. General	55
2. Ratings (limiting values)	55
3. Characteristics	57
4. Application data (under consideration)	65

SECTION TWO — POWER TRANSISTORS
(excluding switching and high frequency applications)

1. General	67
2. Ratings (limiting values)	67
3. Characteristics	69
4. Application data (under consideration)	71

SECTION THREE — HIGH-FREQUENCY POWER TRANSISTORS FOR
AMPLIFIER AND OSCILLATOR APPLICATIONS

1. Type	71
2. Semiconductor material	71
3. Polarity	71
4. Outline	71
5. Limiting values (absolute maximum system), over the operating temperature range unless otherwise stated	73
6. Characteristics	75
7. Supplementary information	79
8. Environmental and/or endurance test information (under consideration)	79

Articles	SECTION QUATRE — TRANSISTORS DE COMMUTATION	Pages
1. Généralités		78
2. Valeurs limites		80
3. Caractéristiques		82
4. Données d'applications (à l'étude)		86

CHAPITRE IV: MÉTHODES DE MESURE GÉNÉRALES ET DE RÉFÉRENCE

SECTION UN — MÉTHODES DE MESURE GÉNÉRALES

1. Généralités	88
2. Courants résiduels collecteur-base (I_{CBO}) et émetteur-base (I_{EBO}) (méthode en courant continu)	88
3. Courants résiduels collecteur-émetteur (méthode en courant continu) (I_{CEO} , I_{CER} , I_{CEX} , I_{CES})	88
4. Tension de saturation collecteur-émetteur (V_{CEsat})	90
5. Tension de saturation base-émetteur (V_{BEsat})	94
6. Tension base-émetteur (méthode en courant continu) (V_{BE})	96
7. Tension de maintien collecteur-émetteur ($V_{CEO(sus)}$, $V_{CER(sus)}$)	98
8. Capacités	102
8.1 Capacité de sortie en montage base commune (C_{22b} ou C_{ob})	102
8.2 Capacité collecteur-base (C_{cb})	106
9. Paramètres hybrides (petits et forts signaux)	108
10. Valeurs limites des tensions et caractéristiques mesurables limitant les tensions d'utilisation ($V_{(BR)CBO}$, $V_{(BR)EBO}$, $I_{S/B}$)	122
11. Résistance thermique (R_{th})	128
12. Temps de commutation (t_d , t_r , t_{on} , t_s , t_f , t_{off})	150
13. Paramètres haute fréquence (f_T , C_{22b} , $Re(h_{11e})$, y_{oe} , s_{11})	154
14. Bruit (F)	186

SECTION DEUX — MÉTHODES DE MESURE DE RÉFÉRENCE

1. Généralités	200
2. Courant résiduel collecteur-base (courant inverse) (I_{CBO})	204
3. Courant résiduel émetteur-base (courant inverse) (I_{EBO})	206
4. Tension de saturation collecteur-émetteur (V_{CEsat})	206
5. Tension de saturation base-émetteur (V_{BEsat})	212
6. Tension directe base-émetteur (V_{BE})	214
7. Valeur statique du rapport de transfert direct du courant en montage émetteur commun (h_{21E})	216
8. Rapport de transfert direct du courant en petits signaux et en montage émetteur commun en basse fréquence (h_{21E})	220
9. Paramètres de commutation (à l'étude)	222

CHAPITRE V: RÉCEPTION ET FIABILITÉ

SECTION UN — ESSAIS D'ENDURANCE ÉLECTRIQUES

1. Exigences générales	224
2. Exigences spécifiques	224
2.1 Liste des essais d'endurance	224
2.2 Conditions pour les essais d'endurance	224
2.3 Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de réception	224
2.4 Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de fiabilité (à l'étude) ..	224
2.5 Procédure à suivre dans le cas d'une erreur d'essai	224
TABEAU I — Caractéristiques définissant la défaillance pour réception après les essais d'endurance	226
TABEAU II — Conditions pour les essais d'endurance	228

Clause	SECTION FOUR — SWITCHING TRANSISTORS	Page
1. General		79
2. Ratings (limiting values)		81
3. Characteristics		83
4. Application data (under consideration)		87

CHAPTER IV: GENERAL AND REFERENCE MEASURING METHODS

SECTION ONE — GENERAL MEASURING METHODS

1. General	89
2. Collector-base (I_{CBO}) and emitter-base (I_{EBO}) cut-off currents (d.c. method)	89
3. Collector-emitter cut-off currents (d.c. method) (I_{CEO} , I_{CER} , I_{CEX} , I_{CES})	89
4. Collector-emitter saturation voltage (V_{CEsat})	91
5. Base-emitter saturation voltage (V_{BEsat})	95
6. Base-emitter voltage (d.c. method) (V_{BE})	97
7. Collector-emitter sustaining voltage ($V_{CEO(sus)}$, $V_{CER(sus)}$)	99
8. Capacitances	103
8.1 Common-base output capacitance (C_{22b} or C_{ob})	103
8.2 Collector-base capacitance (C_{cb})	107
9. Hybrid parameters (small-signal and large-signal)	109
10. Voltage ratings and measurable characteristics limiting the working voltages ($V_{(BR)CBO}$, $V_{(BR)EBO}$, $I_{S/B}$)	123
11. Thermal resistance (R_{th})	129
12. Switching times (t_d , t_r , t_{on} , t_s , t_f , t_{off})	151
13. High-frequency parameters (f_T , C_{22b} , $Re(h_{11e})$, y_{oe} , S_{11})	155
14. Noise (F)	187

SECTION TWO — REFERENCE MEASURING METHODS

1. General	201
2. Collector-base cut-off current (reverse current) (I_{CBO})	205
3. Emitter-base cut-off current (reverse current) (I_{EBO})	207
4. Collector-emitter saturation voltage (V_{CEsat})	207
5. Base-emitter saturation voltage (V_{BEsat})	213
6. Base-emitter forward voltage (V_{BE})	215
7. Static value of common-emitter forward current transfer ratio (h_{21E})	217
8. Small-signal common-emitter forward current transfer ratio at low frequencies (h_{21E})	221
9. Switching parameters (under consideration)	223

CHAPTER V: ACCEPTANCE AND RELIABILITY

SECTION ONE — ELECTRICAL ENDURANCE TESTS

1. General requirements	225
2. Specific requirements	225
2.1 List of endurance tests	225
2.2 Conditions for endurance tests	225
2.3 Failure-defining characteristics and failure criteria for acceptance tests (under consideration)	225
2.4 Failure-defining characteristics and failure criteria for reliability tests	225
2.5 Procedure in case of a testing error	225

TABLE I — Failure-defining characteristics for acceptance after endurance tests	227
---	-----

TABLE II — Conditions for the endurance tests	229
---	-----

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS DISCRETS ET CIRCUITS
INTÉGRÉS À SEMICONDUCTEURS****Septième partie: Transistors bipolaires**

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 normes internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la CEI 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 normes de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent.

PRÉFACE

La présente norme a été préparée par le Comité d'Etudes n° 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

La Publication 747-7 de la CEI constitue la septième partie d'une norme générale sur les dispositifs à semiconducteurs, la Publication 747 de la CEI. En plus des normes générales de la Publication 747-1, les normes données dans la présente publication complètent les normes sur les transistors bipolaires.

Le Comité d'Etudes n° 47, réuni à Londres en septembre 1982, a approuvé le remaniement des Publications 147 et 148 de la CEI qui consiste en une nouvelle articulation en fonction des semiconducteurs traités. Toutes les parties constituantes ayant déjà été approuvées par des votes suivant la Règle des Six Mois ou la Procédure des Deux Mois, il n'a pas été jugé nécessaire d'organiser un nouveau scrutin.

Les informations relatives aux circuits intégrés figurant dans les Publications 147 et 148 de la CEI sont incorporées dans les Publications 747-1 et 748 de la CEI.

Les informations relatives aux essais mécaniques et climatiques sont incorporées dans la Publication 749 de la CEI.

Cette norme sera tenue à jour en révisant et en élargissant son texte parallèlement à la poursuite des travaux du Comité d'Etudes n° 47 pour tenir compte des progrès effectués dans le domaine des dispositifs à semiconducteurs.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DISCRETE DEVICES
AND INTEGRATED CIRCUITS****Part 7: Bipolar 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 standards for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC standards as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No.47: Semiconductor devices.

IEC Publication 747-7 constitutes Part 7 of IEC Publication 747, a general standard on semiconductor devices. In addition to the general standards of Publication 747-1, the standards given in the present publication complete the standards on bipolar transistors.

The meeting of Technical Committee No.47, held in London in September 1982, approved the re-organization of Publications 147 and 148 into the present device-oriented arrangement. Since all the constituent parts had been previously approved by votes under the Six Months' Rule or Two Months' Procedure, a new vote was not deemed necessary.

Material concerning integrated circuits found in IEC Publications 147 and 148 is included in IEC Publication 747-1 and 748.

Material concerning mechanical and climatic test methods is included in IEC Publication 749.

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

INDEX DES RÉFÉRENCES CROISÉES

Nouveau paragraphe	Ancien paragraphe	Document ou publication	Nouveau paragraphe	Ancien paragraphe	Document ou publication
<i>Chapitre II</i>			<i>Chapitre IV</i>		
1 à 3	1 à 3	147-0, II	Section un		
4.1	4.1	147-0, II	1	1	147-2M, II
4.2	B, 4.2	(CO)981	2.1	2	147-2M, II
4.3 à 4.13	4.3 à 4.13	147-0, II	2.2	3	147-2M, II
4.14 à 4.19	4.17 à 4.22	147-0, II	3	17	147-2M, II
4.20	4.23	147-0F, II	4 à 6	4 à 6	147-2M, II
5.1	5.1	147-0C, II	7	1.1	47(CO)888
5.2.1 à 5.2.4	5.2.1 à 5.2.4	147-0C et 147-0F, II	8.1, 8.2	8.1, 8.2	147-2M, II
5.2.5	5.2.5	147-0F, II	8.3	16	147-2M, II
5.3	5.3	147-0C, II	9	9	147-2, II
6.1, 6.2	1, 2	148, II	9.1 à 9.4	1 à 4	47(CO)887
6.3	—	—	9.5	9.5	147-2, II
6.4, 6.4.1 à 6.4.9	3, 3.1 à 3.9	148, 148A et 148B, II	9.6	2.1	47(CO)810
<i>Chapitre III</i>			10.1	11.1	147-2C, II
Section un			10.2	1.1	47(CO)888
1.1 à 1.2	1.1 à 1.2	147-1, II, un	10.3	1.2	47(CO)888
1.3	—	—	11.1, 11.2	12.1, 12.2	147-2C, II
2 à 3.11.2	2 à 3.11.2	147-1, II, un	11.3.1	(1)	47(CO)886
3.12	3.12	147-1J, II, un	11.3.2 à 11.3.4	Annexes I à III	47(CO)886
4	4	147-1, II, un	12	2.1	47(CO)756
Section deux			13.1	14.1	147-2C, II
1	—	—	13.2	14.2	147-2M, II
2 à 4	2 à 4	147-1, II, deux	13.3, 13.4	14.3, 14.4	147-2C, II
Section trois			13.5	14.6	147-2C, II
1 à 8	1 à 8	47(CO)753	13.6	14.7	147-2M, II
Section quatre			14	15	147-2, II
1.1 à 1.2	1.1 à 1.2	147-1J, II, trois	Section deux		
1.3	—	—	1 à 4.1	1 à 4.1	147-3, II
2 à 3.1	2 à 3.1	147-1J, II, trois	4.2	4.2	147-3A, II
3.2.1	3.2.1	47(CO)808	5, 6	5, 6	147-3, II
3.2.2 à 4	3.2.2 à 4	147-1J, II, trois	7.1	7.1	147-3A, II
			8	8	147-3A, II
			9 (à l'étude)	9	147-3, II (à l'étude)

CROSS REFERENCE INDEX

New clause number	Old clause number	Document or Publication	New clause number	Old clause number	Document or Publication
<i>Chapter II</i>			<i>Chapter IV</i>		
1 to 3	1 to 3	147-0, II	Section One		
4.1	4.1	147-0, II	1	1	147-2M, II
4.2	B, 4.2	(CO)981	2.1	2	147-2M, II
4.3 to 4.13	4.3 to 4.13	147-0, II	2.2	3	147-2M, II
4.14 to 4.19	4.17 to 4.22	147-0, II	3	17	147-2M, II
4.20	4.23	147-0F, II	4 to 6	4 to 6	147-2M, II
5.1	5.1	147-0C, II	7	1.1	47(CO)888
5.2.1 to 5.2.4	5.2.1 to 5.2.4	147-0C and 147-0F, II	8.1, 8.2	8.1, 8.2	147-2M, II
5.2.5	5.2.5	147-0F, II	8.3	16	147-2M, II
5.3	5.3	147-0C, II	9	9	147-2, II
6.1, 6.2	1, 2	148, II	9.1 to 9.4	1 to 4	47(CO)887
6.3	—	—	9.5	9.5	147-2, II
6.4, 6.4.1 to 6.4.9	3, 3.1 to 3.9	148, 148A and 148B, II	9.6	2.1	47(CO)810
<i>Chapter III</i>			10.1	11.1	147-2C, II
Section One			10.2	1.1	47(CO)888
1.1 to 1.2	1.1 to 1.2	147-1, II, One	10.3	1.2	47(CO)888
1.3	—	—	11.1, 11.2	12.1, 12.2	147-2C, II
2 to 3.11.2	2 to 3.11.2	147-1, II, One	11.3.1	(1)	47(CO)886
3.12	3.12	147-1J, II, One	11.3.2 to 11.3.4	Appendices I to III	47(CO)886
4	4	147-1, II, One	12	2.1	47(CO)756
Section Two			13.1	14.1	147-2C, II
1	—	—	13.2	14.2	147-2M, II
2 to 4	2 to 4	147-1, II, Two	13.3, 13.4	14.3, 14.4	147-2C, II
Section Three			13.5	14.6	147-2C, II
1 to 8	1 to 8	47(CO)753	13.6	14.7	147-2M, II
Section Four			14	15	147-2, II
1.1 to 1.2	1.1 to 1.2	147-1J, II, Three	Section Two		
1.3	—	—	1 to 4.1	1 to 4.1	147-3, II
2 to 3.1	2 to 3.1	147-1J, II, Three	4.2	4.2	147-3A, II
3.2.1	3.2.1	47(CO)808	5, 6	5, 6	147-3, II
3.2.2 to 4	3.2.2 to 4	147-1J, II, Three	7.1	7.1	147-3A, II
			8	8	147-3A, II
			9 (under con- sideration)	9	147-3, II (under con- sideration)

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS

1. Note d'introduction

La présente publication doit être utilisée avec la Publication 747-1 qui donne les informations de base sur:

- la terminologie;
- les symboles littéraux;
- les valeurs limites et caractéristiques essentielles;
- les méthodes de mesure;
- la réception et la fiabilité.

L'ordre des différents chapitres dans la présente publication est conforme à la Publication 747-1, chapitre III, paragraphe 2.1.

2. But

La présente publication donne les normes pour les sous-catégories suivantes des transistors bipolaires:

- transistors pour signaux de faible puissance (à l'exclusion des applications en commutation);
- transistors de puissance (à l'exclusion des applications en commutation et en haute fréquence);
- transistors de puissance haute fréquence pour applications en amplificateurs et en oscillateurs;
- transistors de commutation.

3. Symboles littéraux

S'ils existent, les symboles littéraux ont été ajoutés aux termes dans les titres. Quand plusieurs formes distinctives d'un symbole littéral existent, la forme la plus souvent utilisée est donnée.

CHAPTER I: GENERAL

1. Introductory note

As a rule, it will be necessary to use Publication 747-1 together with the present publication. In 747-1 the user will find all basic information on:

- terminology;
- letter symbols;
- essential ratings and characteristics;
- measuring methods;
- acceptance and reliability.

The sequence of the different chapters in the present publication is in accordance with Publication 747-1, Chapter III, Sub-clause 2.1.

2. Purpose

The present publication gives standards for the following subcategories of bipolar transistors:

- low power signal transistors (excluding switching applications);
- power transistors (excluding switching and high-frequency applications);
- high frequency power transistors for amplifier and oscillator applications;
- switching transistors.

3. Letter symbols

Mostly, existing letter symbols are added to the terms in titles. When several distinct forms exist, the most commonly used form is given.

CHAPITRE II: TERMINOLOGIE ET SYMBOLES LITTÉRAUX

1. Types de transistor

1.1 *Transistor à jonctions*

Transistor possédant une région de base et deux jonctions ou plus.

Note. — Le fonctionnement d'un transistor à jonctions dépend de l'injection de porteurs minoritaires dans la région de base.

1.2 *Transistor bidirectionnel*

Transistor qui a sensiblement les mêmes caractéristiques électriques lorsque les bornes normalement désignées comme émetteur et collecteur sont interchangées.

Note. — Les transistors bidirectionnels sont souvent appelés transistors symétriques. Ce terme est, cependant, déconseillé car il peut donner la fausse idée d'un transistor idéalement symétrique.

1.3 *Transistor tétrade*

Transistor à quatre électrodes, généralement transistor conventionnel à jonctions, ayant deux électrodes de base séparées et deux bornes de base.

1.4 *Transistor unipolaire*

Transistor qui utilise des porteurs de charge d'une seule polarité.

2. Termes généraux

2.1 *Borne de base*

Point de connexion spécifié, accessible extérieurement, qui est relié à la région de base.

2.2 *Borne du collecteur*

Point de connexion spécifié, accessible extérieurement, qui est relié à la région du collecteur.

2.3 *Borne de l'émetteur*

Point de connexion spécifié, accessible extérieurement, qui est relié à la région de l'émetteur.

2.4 *Région de collecteur*

Région située entre la jonction collecteur et l'électrode de collecteur d'un transistor.

2.5 *Région d'émetteur*

Région située entre la jonction émetteur et l'électrode d'émetteur d'un transistor.

2.6 *Région de base*

Région située entre les jonctions émetteur et collecteur d'un transistor.

CHAPTER II: TERMINOLOGY AND LETTER SYMBOLS

1. Types of transistor

1.1 *Junction transistor*

Transistor having a base region and two or more junctions.

Note. — The operation of a junction transistor depends upon the injection of minority carriers into the base region.

1.2 *Bi-directional transistor*

A transistor which has substantially the same electrical characteristics when the terminals normally designated as emitter and collector are interchanged.

Note. — Bi-directional transistors are sometimes called symmetrical transistors. This term, however, is deprecated as it might give the incorrect impression of an ideally symmetrical transistor.

1.3 *Tetrode transistor*

A four-electrode transistor, usually a conventional junction transistor having two separate base electrodes and two base terminals.

1.4 *Unipolar transistor*

A transistor which utilizes charge carriers of only one polarity.

2. General terms

2.1 *Base terminal*

The specified externally available point of connection to the base region.

2.2 *Collector terminal*

The specified externally available point of connection to the collector region.

2.3 *Emitter terminal*

The specified externally available point of connection to the emitter region.

2.4 *Collector region*

A region between the collector junction and the collector electrode of a transistor.

2.5 *Emitter region*

A region between the emitter junction and the emitter electrode of a transistor.

2.6 *Base region*

A region between the emitter and collector junctions of a transistor.

2.7 *Jonction collecteur*

Jonction entre les régions de base et de collecteur normalement polarisée dans le sens inverse, et que les porteurs de charge provenant d'une région où ils sont minoritaires traversent pour arriver dans une région où ils sont majoritaires.

2.8 *Jonction émetteur*

Jonction entre les régions de base et d'émetteur normalement polarisée dans le sens direct, et que les porteurs de charge provenant d'une région où ils sont majoritaires traversent pour arriver dans une région où ils sont minoritaires.

3. Montages de circuit

3.1 *Base commune*

Montage de circuit dans lequel la borne de base est commune au circuit d'entrée et au circuit de sortie et dans lequel la borne d'entrée est celle de l'émetteur et la borne de sortie, celle du collecteur.

3.2 *Base commune inverse*

Montage de circuit dans lequel la borne de base est commune au circuit d'entrée et au circuit de sortie et dans lequel la borne d'entrée est celle du collecteur et la borne de sortie, celle de l'émetteur.

3.3 *Collecteur commun*

Montage de circuit dans lequel la borne du collecteur est commune au circuit d'entrée et au circuit de sortie et dans lequel la borne d'entrée est celle de la base et la borne de sortie, celle de l'émetteur.

3.4 *Collecteur commun inverse*

Montage de circuit dans lequel la borne du collecteur est commune au circuit d'entrée et au circuit de sortie et dans lequel la borne d'entrée est celle de l'émetteur et la borne de sortie, celle de la base.

3.5 *Émetteur commun*

Montage de circuit dans lequel la borne de l'émetteur est commune au circuit d'entrée et au circuit de sortie et dans lequel la borne d'entrée est celle de la base et la borne de sortie, celle du collecteur.

3.6 *Émetteur commun inverse*

Montage de circuit dans lequel la borne de l'émetteur est commune au circuit d'entrée et au circuit de sortie et dans lequel la borne d'entrée est celle du collecteur et la borne de sortie, celle de la base.

2.7 *Collector junction*

A junction between the base and collector regions normally biased in the reverse direction, and through which the charge carriers flow from a region in which they are minority carriers to one in which they are majority carriers.

2.8 *Emitter junction*

A junction between the base and emitter regions normally biased in the forward direction, and through which the charge carriers flow from a region in which they are majority carriers to one in which they are minority carriers.

3. **Circuit configurations**

3.1 *Common base*

Circuit configuration in which the base terminal is common to the input circuit and to the output circuit and in which the input terminal is the emitter terminal and the output terminal is the collector terminal.

3.2 *Inverse common base*

Circuit configuration in which the base terminal is common to the input circuit and to the output circuit and in which the input terminal is the collector terminal and the output terminal is the emitter terminal.

3.3 *Common collector*

Circuit configuration in which the collector terminal is common to the input circuit and to the output circuit and in which the input terminal is the base terminal and the output terminal is the emitter terminal.

3.4 *Inverse common collector*

Circuit configuration in which the collector terminal is common to the input circuit and to the output circuit and in which the input terminal is the emitter terminal and the output terminal is the base terminal.

3.5 *Common emitter*

Circuit configuration in which the emitter terminal is common to the input circuit and to the output circuit and in which the input terminal is the base terminal and the output terminal is the collector terminal.

3.6 *Inverse common emitter*

Circuit configuration in which the emitter terminal is common to the input circuit and to the output circuit and in which the input terminal is the collector terminal and the output terminal is the base terminal.

4. Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques

4.1 Tension de pénétration

Valeur de la tension collecteur-base au-delà de laquelle la tension émetteur-base en circuit ouvert augmente presque linéairement lorsque la tension collecteur-base augmente.

Notes 1. — A cette tension, la couche diélectrique du collecteur s'étend à travers la base jusqu'à la couche diélectrique de l'émetteur.

2. — «Reach-through voltage» est un terme également utilisé aux Etats-Unis d'Amérique.

4.2 Tensions de saturation

4.2.1 Tension de saturation collecteur-émetteur

Tension entre les électrodes de collecteur et d'émetteur dans des conditions de courant de base ou de tension base-émetteur au-delà desquelles le courant collecteur demeure pratiquement constant quand le courant ou la tension de base augmente.

Note. — C'est la tension entre les électrodes de collecteur et d'émetteur quand les jonctions base-émetteur et base-collecteur sont toutes deux polarisées en direct.

4.2.2 Tension de saturation base-émetteur

Tension entre les électrodes de base et d'émetteur dans des conditions de courant de base ou de tension base-émetteur au-delà desquelles le courant collecteur demeure pratiquement constant quand le courant ou la tension de base augmente.

Note. — C'est la tension entre les électrodes de base et d'émetteur quand les jonctions base-émetteur et base-collecteur sont toutes deux polarisées en direct.

4.3 Courant résiduel

Courant inverse de la jonction collecteur-base (ou émetteur-base) quand l'émetteur (ou le collecteur) est en circuit ouvert, la tension inverse étant spécifiée.

4.4 Résistance série du collecteur

Résistance entre la borne du collecteur et le point interne inaccessible du collecteur dans un circuit équivalent.

4.5 Résistance série de l'émetteur

Résistance entre la borne de l'émetteur et le point interne inaccessible de l'émetteur dans un circuit équivalent.

4.6 Résistance de saturation

Résistance entre les bornes du collecteur et de l'émetteur dans des conditions spécifiées de courant de base et de courant collecteur lorsque ce dernier est limité par le circuit extérieur.

Note. — La résistance de saturation peut être déterminée soit comme le rapport entre la tension totale et le courant total, soit comme le rapport entre la tension différentielle et le courant différentiel; la méthode de détermination doit être indiquée.

4.7 Résistance extrinsèque de base

Résistance entre la borne de la base et le point interne inaccessible de la base dans un circuit équivalent.

4. Terms related to ratings and characteristics

4.1 *Punch-through voltage*

The value of the collector-base voltage above which the open-circuit emitter-base voltage increases almost linearly with increasing collector-base voltage.

Notes 1. — At this voltage, the collector depletion layer extends through the base to the emitter depletion layer.

2. — “Reach-through voltage” is a term also used in the U.S.A.

4.2 *Saturation voltages*

4.2.1 *Collector-emitter saturation voltage*

The voltage between the collector and emitter electrodes under conditions of base current or base-emitter voltage beyond which the collector current remains essentially constant as the base current or voltage is increased.

Note. — This is the voltage between the collector and emitter electrodes when both the base-emitter and base-collector junctions are forward biased.

4.2.2 *Base-emitter saturation voltage*

The voltage between the base and emitter electrodes under conditions of base current or base-emitter voltage beyond which the collector current remains essentially constant as the base current or voltage is increased.

Note. — This is the voltage between the base and emitter electrodes when both the base-emitter and base-collector junctions are forward biased.

4.3 *Cut-off current (reverse current)*

Reverse current of the base-collector junction (or base-emitter junction) when the emitter (or the collector) is open-circuited, the reverse voltage being specified.

4.4 *Collector series resistance*

The resistance between the collector terminal and the internal inaccessible collector point in an equivalent circuit.

4.5 *Emitter series resistance*

The resistance between the emitter terminal and the internal inaccessible emitter point in an equivalent circuit.

4.6 *Saturation resistance*

The resistance between collector and emitter terminals under specified conditions of base current and collector current when the collector current is limited by the external circuit.

Note. — The saturation resistance may be determined either as the ratio of total voltage to total current or as the ratio of differential voltage to differential current; the method of determination has to be specified.

4.7 *Extrinsic base resistance*

The resistance between the base terminal and the internal inaccessible base point in an equivalent circuit.

4.8 Capacité de transition de l'émetteur

La portion de la capacité d'une jonction émetteur-base qui est associée à sa couche diélectrique.

Note. — La capacité de transition de l'émetteur est fonction de la différence totale de potentiel dans la couche diélectrique.

4.9 Capacité de transition du collecteur

La portion de la capacité d'une jonction collecteur-base qui est associée à sa couche diélectrique.

Note. — La capacité de transition du collecteur est fonction de la différence totale de potentiel dans la couche diélectrique.

4.10 Retard à la croissance (d'un transistor de commutation)

Temps écoulé entre l'application aux bornes d'entrée, d'une impulsion qui commute le transistor d'un état non conducteur à un état conducteur et l'apparition aux bornes de sortie, de l'impulsion due aux porteurs de charge.

Note. — Ce temps est habituellement mesuré entre les points correspondant à 10% de l'amplitude de l'impulsion appliquée et à 10% de l'amplitude de l'impulsion à la sortie (voir figure 1, page 20).

4.11 Temps de croissance (d'un transistor de commutation)

Temps écoulé entre les instants où la grandeur de l'impulsion aux bornes de sortie atteint, respectivement, des limites inférieure et supérieure spécifiées quand le transistor est commuté de son état non conducteur à son état conducteur.

Note. — Les limites inférieure et supérieure sont habituellement 10% et 90%, respectivement, de l'amplitude de l'impulsion à la sortie (voir figure 1).

4.12 Retard à la décroissance (d'un transistor de commutation)

Temps écoulé entre le début de la décroissance de l'impulsion appliquée aux bornes d'entrée et le début de la décroissance de l'impulsion engendrée par les porteurs de charge aux bornes de sortie.

Note. — Ce temps est habituellement mesuré entre les valeurs à 90% des amplitudes des deux impulsions (voir figure 1).

4.13 Temps de décroissance (d'un transistor de commutation)

Temps écoulé entre les instants où la grandeur de l'impulsion aux bornes de sortie atteint, respectivement, des limites supérieure et inférieure spécifiées quand le transistor commute de son état conducteur à son état non conducteur.

Note. — Les limites supérieure et inférieure sont habituellement 90% et 10%, respectivement, de l'amplitude de l'impulsion à la sortie (voir figure 1).

4.14 Fréquence maximale d'oscillation

Fréquence maximale à laquelle on peut faire osciller un transistor dans des conditions spécifiées.

Note. — Cette fréquence se rapproche de celle à laquelle le gain en puissance disponible maximal a diminué jusqu'à l'unité.

4.8 *Emitter depletion layer capacitance*

The part of the capacitance across an emitter-base junction that is associated with its depletion layer.

Note. — The emitter depletion layer capacitance is a function of the total potential difference across the depletion layer.

4.9 *Collector depletion layer capacitance*

The part of the capacitance across a collector-base junction that is associated with its depletion layer.

Note. — The collector depletion layer capacitance is a function of the total potential difference across the depletion layer.

4.10 *Delay time (of a switching transistor)*

The time interval between the application at the input terminals of a pulse which is switching the transistor from a non-conducting to a conducting state, and the appearance at the output terminals of the pulse induced by the charge carriers.

Note. — The time is usually measured between points corresponding to 10% of the amplitude of the applied pulse and of the output pulse, respectively (see Figure 1, page 21).

4.11 *Rise time (of a switching transistor)*

The time interval between the instants at which the magnitude of the pulse at the output terminals reaches specified lower and upper limits, respectively, when the transistor is being switched from its non-conducting to its conducting state.

Note. — The lower and upper limits are usually 10% and 90%, respectively, of the amplitude of the output pulse (see Figure 1).

4.12 *Carrier storage time (of a switching transistor)*

The time interval between the beginning of the fall of the pulse applied to the input terminals and the beginning of the fall of the pulse generated by charge carriers at the output terminals.

Note. — The time is generally measured between the 90% values of the two pulse amplitudes (see Figure 1).

4.13 *Fall time (of a switching transistor)*

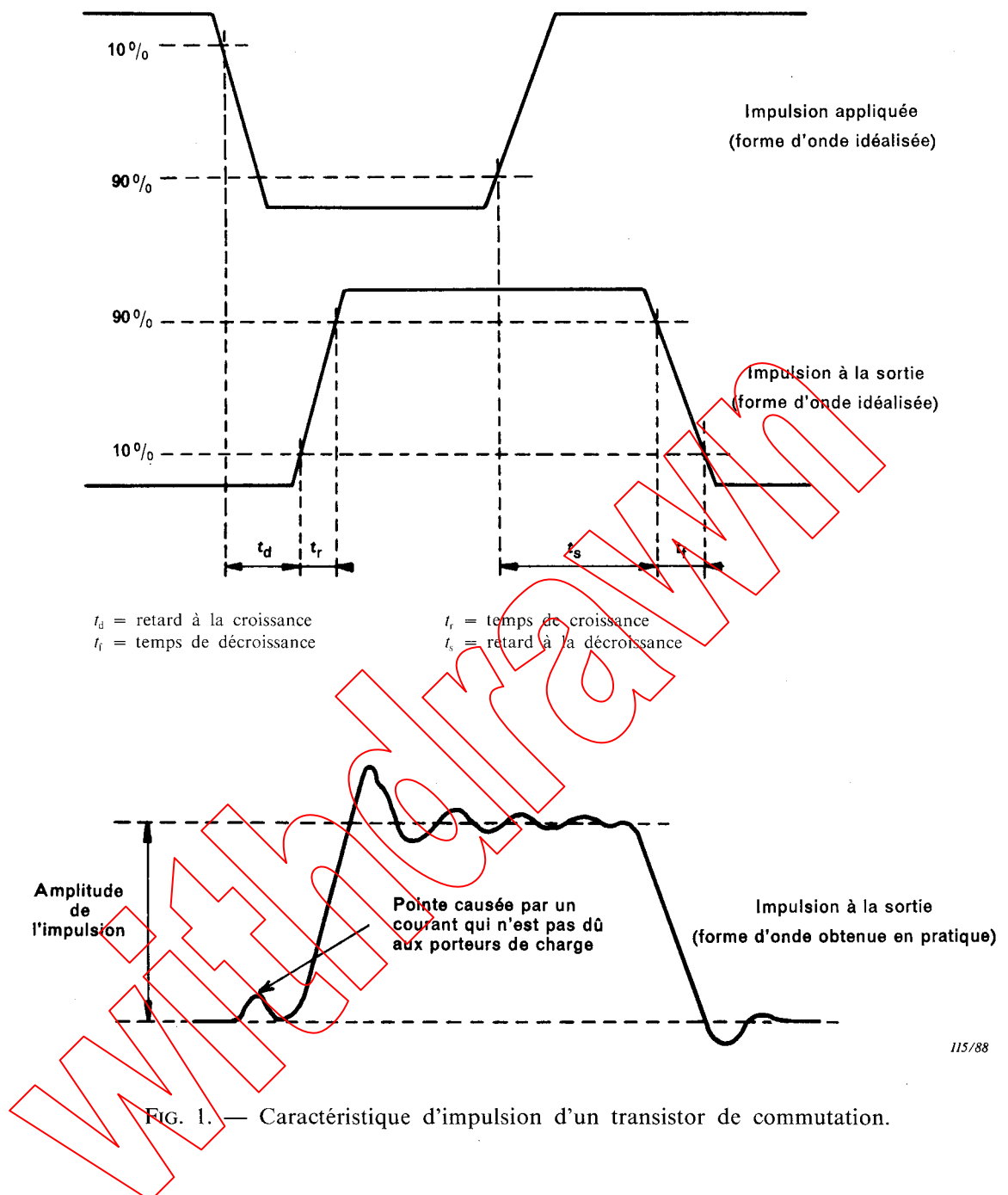
The time interval between the instants at which the magnitude of the pulse at the output terminals reaches specified upper and lower limits, respectively, when the transistor is being switched from its conducting to its non-conducting state.

Note. — The upper and lower limits are usually 90% and 10%, respectively, of the amplitude of the output pulse (see Figure 1).

4.14 *Maximum frequency of oscillation*

The maximum frequency at which a transistor can be made to oscillate under specified conditions.

Note. — This approximates to the frequency at which the maximum available power gain has decreased to unity.



4.15 Fréquence de transition (f_T)

Produit du module du rapport de transfert direct du courant, sortie en court-circuit, pour de petits signaux, en montage émetteur commun $|h_{21e}|$ par la fréquence de mesure, cette fréquence étant choisie de telle façon que $|h_{21e}|$ décroisse sensiblement à raison de 6 dB par octave.

4.16 Fréquence du rapport de transfert unité du courant (f_1)

Fréquence à laquelle le module du rapport de transfert direct du courant, sortie en court-circuit, pour de petits signaux, en montage émetteur commun $|h_{21e}|$ est égal à l'unité.

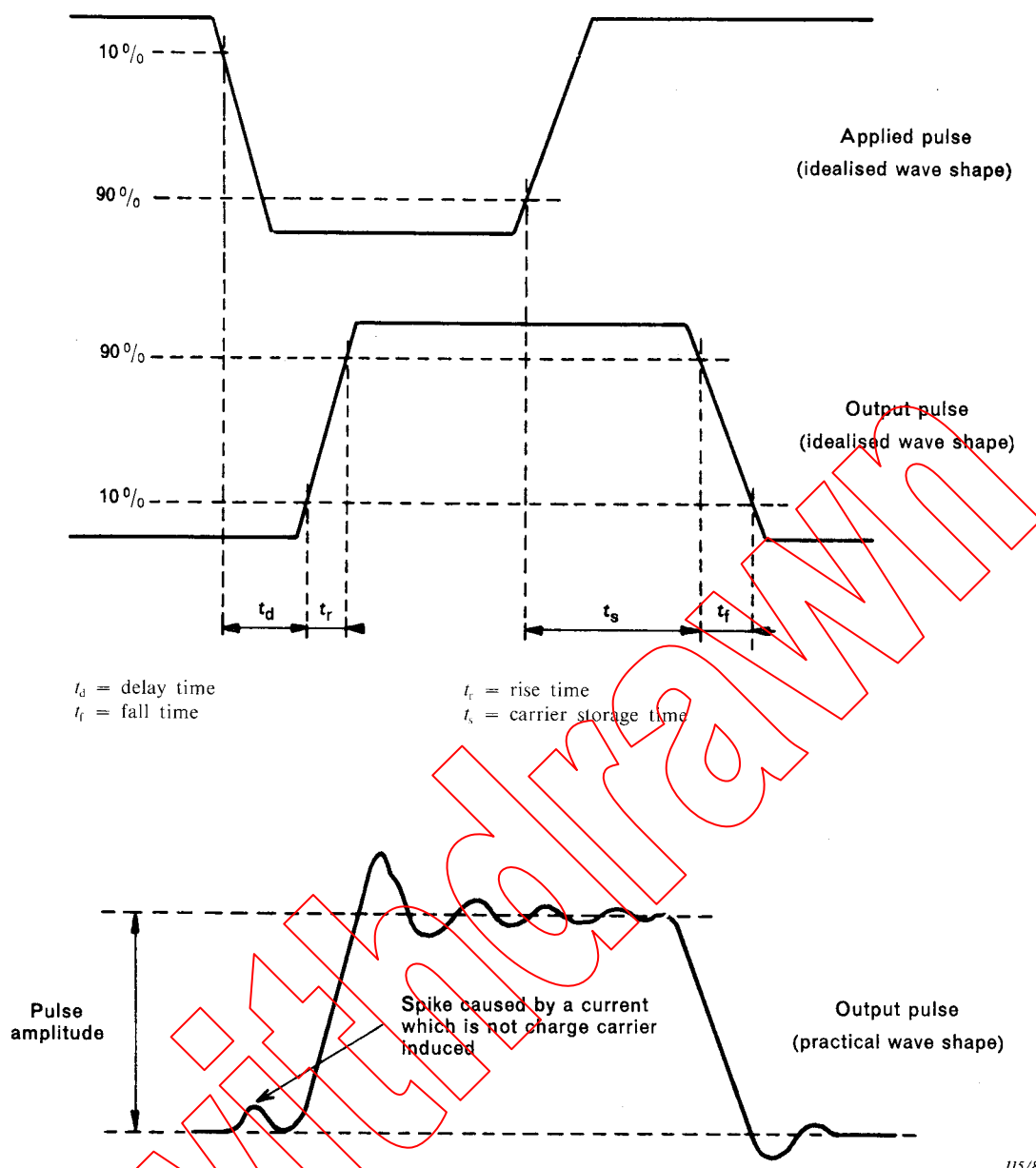


FIG. 1. — Switching transistor pulse characteristic.

4.15 Transition frequency (f_T)

The product of the modulus of the common-emitter small-signal short-circuit forward current transfer ratio $|h_{21e}|$ and the frequency of measurement, this frequency being so chosen that $|h_{21e}|$ is decreasing at a slope of approximately 6 dB per octave.

4.16 Frequency of unity current transfer ratio (f_1)

The frequency at which the modulus of the common-emitter small-signal short-circuit forward current transfer ratio $|h_{21e}|$ has decreased to unity.

4.17 Rapport de transfert du courant; facteur d'amplification en courant

4.17.1 Rapport de transfert direct du courant, sortie en court-circuit, pour de petits signaux

Rapport du courant alternatif de sortie et de la petite variation amortie du courant sinusoïdal d'entrée qui le produit, pour de petits signaux, la sortie étant court-circuitée pour le courant alternatif.

4.17.2 Valeur statique du rapport de transfert direct du courant

Rapport du courant de sortie continu (permanent) au courant d'entrée continu (permanent), la tension de sortie étant maintenue constante.

4.17.3 Rapport de transfert intrinsèque direct du courant (pour de grands signaux)

Différence entre le courant continu (permanent) de collecteur et le courant résiduel collecteur-base, divisée par la somme du courant continu (permanent) de base et du courant résiduel collecteur-base à une valeur constante spécifiée de la tension collecteur-émetteur.

4.18 Rapport de transfert inverse de la tension, entrée en circuit ouvert, pour de petits signaux

Rapport de la tension alternative apparaissant entre les bornes d'entrée quand elles sont en circuit ouvert, en courant alternatif, à la tension alternative appliquée aux bornes de sortie, pour de petits signaux.

4.19 Rapport des courants transitoires en régime de saturation (d'un transistor de commutation)

Quotient du courant collecteur brusquement demandé à un transistor par le courant de base minimal nécessaire pour maintenir le transistor en régime de saturation.

4.20 Tension d'Early (tension d'extrapolation) V_{EY} (pour la conception des circuits assistée par ordinateur)

Sur le graphique du courant collecteur en fonction de la tension collecteur-émetteur, avec le courant de base comme paramètre, tension correspondant au point où la droite qui extrapole la caractéristique de sortie coupe l'axe des tensions.

Note. — La tension d'Early est pratiquement indépendante de la valeur choisie pour le courant de base (voir figure 2).

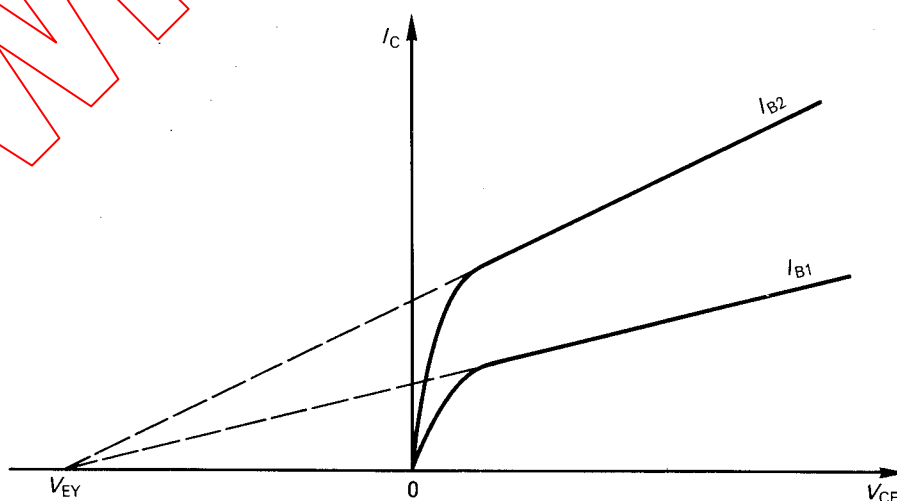


FIG. 2. — Tension d'Early.

407/82

4.17 Current transfer ratio; current amplification factor

4.17.1 Small-signal short-circuit forward current transfer ratio

The ratio between the alternating output current and the small sinusoidal input current producing it under small-signal conditions, the output being short-circuited to a.c.

4.17.2 Static value of the forward current transfer ratio

The ratio between the continuous (direct) output and the continuous (direct) input current, the output voltage being held constant.

4.17.3 Inherent (large-signal) forward current transfer ratio

The difference between the continuous (direct) collector current and the collector-base cut-off current divided by the sum of the continuous (direct) base current and the collector-base cut-off current at a specified constant value of the collector-emitter voltage.

4.18 Small-signal open-circuit reverse voltage transfer ratio

The ratio of the alternating voltage appearing at the input terminals, when they are a.c. open-circuited, to the alternating voltage applied to the output terminals, under small-signal conditions.

4.19 Transient current ratio in saturation (of a switching transistor)

The quotient of the collector current suddenly demanded from a transistor and the minimum base current necessary to hold it in saturation.

4.20 Early voltage V_{EY} (for computer-aided circuit design)

The voltage corresponding to the point derived from the graph of collector current versus collector-to-emitter voltage, with the base current as a parameter, where the output characteristic extrapolates back to the voltage axis.

Note. — The “Early voltage” is approximately independent of the actual value of the base current (see Figure 2).

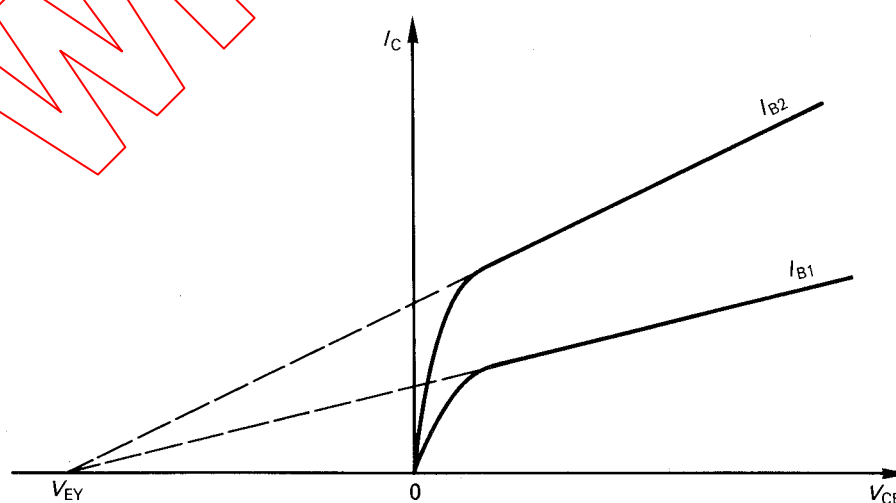


FIG. 2. — Early voltage.

407/82

5. Paramètres s

5.1 Introduction générale

Les paramètres s sont définis dans les deux équations suivantes:

$$\left. \begin{aligned} b_1 &= s_{11} a_1 + s_{12} a_2 \\ b_2 &= s_{21} a_1 + s_{22} a_2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

où a_1 et a_2 représentent les ondes incidentes, b_1 et b_2 les ondes réfléchies, ayant toutes la même dimension (Watt)^{1/2}.

On peut les utiliser pour les réseaux ayant en général une entrée et une sortie, y compris dans le cas spécial des réseaux ayant deux paires de bornes. Dans ce dernier cas, a_i et b_i sont définis de la façon suivante:

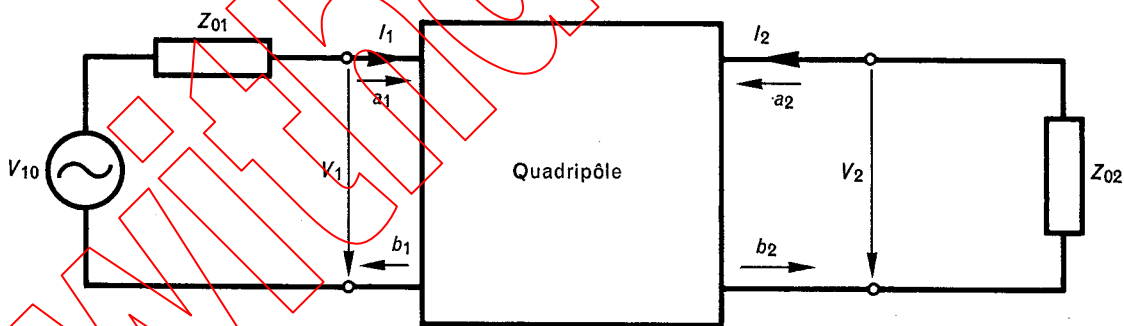
$$\left. \begin{aligned} a_i &= \frac{V_i + Z_{0i} I_i}{2\sqrt{|R_{0i}|}} \\ b_i &= \frac{V_i - Z_{0i}^* I_i}{2\sqrt{|R_{0i}|}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

où: $i = 1$ ou 2 et $R_{0i} \neq 0$

et: $Z_{0i} = R_{0i} + jX_{0i}$

$Z_{0i}^* = R_{0i} - jX_{0i}$

(voir figure 3 ci-dessous)



0059/73

FIGURE 3

Z_{01} et Z_{02} sont les impédances de référence, respectivement à l'entrée et à la sortie.

En général, ce sont des quantités complexes.

Dans l'utilisation des paramètres s pour une spécification des transistors en VHF et en UHF, $Z_{01} = Z_{02} = R_0$ (qui, dans la plupart des cas, est égale à 50 Ω).

On peut alors écrire les équations (1) de la façon suivante:

$$\left. \begin{aligned} V_1 - R_0 I_1 &= s_{11} (V_1 + R_0 I_1) + s_{12} (V_2 + R_0 I_2) \\ V_2 - R_0 I_2 &= s_{21} (V_1 + R_0 I_1) + s_{22} (V_2 + R_0 I_2) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

5. *s*-parameters

5.1 General introduction

The *s*-parameters are defined by the following two equations:

$$\left. \begin{aligned} b_1 &= s_{11} a_1 + s_{12} a_2 \\ b_2 &= s_{21} a_1 + s_{22} a_2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

where a_1 and a_2 are the incident wave quantities, b_1 and b_2 the reflected wave quantities, all having the dimension (Watt)^{1/2}.

They can be used for general two-port networks, including the special case of a four-pole network. In this latter case, a_i and b_i are defined as:

$$\left. \begin{aligned} a_i &= \frac{V_i + Z_{0i} I_i}{2\sqrt{|R_{0i}|}} \\ b_i &= \frac{V_i - Z_{0i}^* I_i}{2\sqrt{|R_{0i}|}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

where: $i = 1$ or 2 and $R_{0i} \neq 0$

and: $Z_{0i} = R_{0i} + jX_{0i}$

$Z_{0i}^* = R_{0i} - jX_{0i}$

(see Figure 3 below)

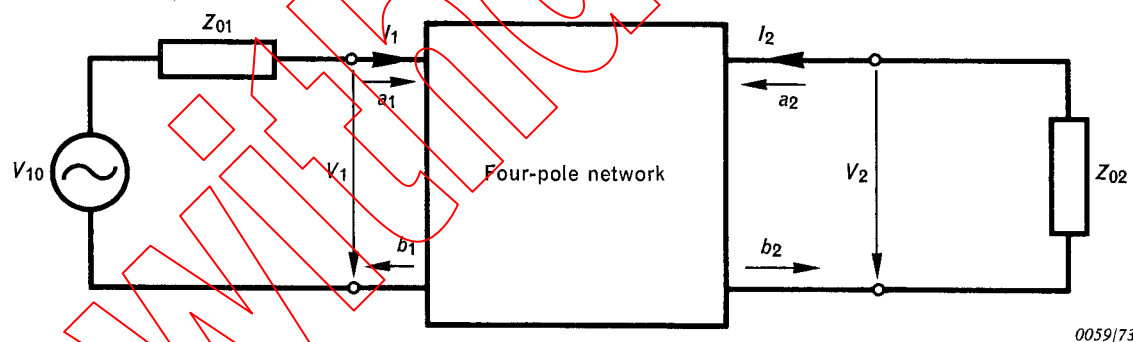


FIGURE 3

Z_{01} and Z_{02} are reference impedances at the input and output, respectively.

In the general case, they are complex quantities.

For the use of *s*-parameters for the specification of transistors mainly at VHF and UHF, $Z_{01} = Z_{02} = R_0$ (which in most cases will equal 50 Ω).

The equations (1) can then be written in the following form:

$$\left. \begin{aligned} V_1 - R_0 I_1 &= s_{11} (V_1 + R_0 I_1) + s_{12} (V_2 + R_0 I_2) \\ V_2 - R_0 I_2 &= s_{21} (V_1 + R_0 I_1) + s_{22} (V_2 + R_0 I_2) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

On peut alors utiliser les équations (1) et (3) pour montrer la signification des différents paramètres s :

$$s_{11} = \left(\frac{b_1}{a_1} \right) \text{ avec } a_2 = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{rapport de la valeur complexe de l'onde réfléchie à l'entrée à} \\ \text{celle de l'onde incidente à l'entrée, la résistance placée à la} \\ \text{sortie et la résistance de source ayant chacune la valeur } R_0 \end{array} \right.$$

$$= \left(\frac{V_1 - R_0 I_1}{V_1 + R_0 I_1} \right) \text{ avec } (V_2 = -R_0 I_2) = \left(\frac{Z_1 - R_0}{Z_1 + R_0} \right) \text{ avec } \left(-\frac{V_2}{I_2} = R_0 \right)$$

= coefficient de réflexion dû à la non-adaptation de l'impédance d'entrée à la résistance R_0 , la sortie étant terminée par R_0 .

De façon analogue:

$$s_{22} = \text{rapport de la valeur complexe de l'onde réfléchie à la sortie à celle de l'onde incidente à la sortie, la résistance placée à l'entrée et la résistance de source ayant chacune la valeur } R_0$$

= coefficient de réflexion dû à la non-adaptation de l'impédance de sortie à la résistance R_0 , l'entrée étant terminée par R_0 .

De plus:

$$s_{21} = \left(\frac{b_2}{a_1} \right) \text{ avec } a_2 = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{rapport de la valeur complexe de l'onde transmise à la sortie} \\ \text{à celle de l'onde incidente à l'entrée, la résistance placée à la} \\ \text{sortie et la résistance de source ayant chacune la valeur } R_0 \end{array} \right.$$

$$= \left(\frac{V_2 - R_0 I_2}{V_1 + R_0 I_1} \right) \text{ avec } (V_2 = -R_0 I_2) = \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \text{ avec } \left(-\frac{V_2}{I_2} = R_0 \right)$$

= rapport de la tension de sortie V_2 à la moitié de la tension de source en circuit ouvert V_{10} , les résistances de source et de charge ayant chacune la valeur R_0 .

De façon analogue:

$$s_{12} = \text{rapport de la valeur complexe de l'onde transmise à l'entrée à celle de l'onde incidente à la sortie, la résistance placée à l'entrée et la résistance de source ayant chacune la valeur } R_0$$

= rapport de la tension d'entrée V_1 à la moitié de la tension de source en circuit ouvert V_{20} , les résistances de source et de charge ayant chacune la valeur R_0 .

5.2 Définitions

Les définitions suivantes sont données pour le cas général. Pour les transistors, des valeurs différentes de ces paramètres peuvent être obtenues suivant le montage et pour des conditions d'utilisation en petits ou en grands signaux.

5.2.1 Coefficient de réflexion d'entrée (s_{11})

Rapport de la valeur complexe de l'onde réfléchie à l'entrée à celle de l'onde incidente à l'entrée, en petits signaux, la résistance placée à la sortie et la résistance de source ayant chacune la valeur R_0 .

Note. — Il est équivalent au coefficient de réflexion dû à la non-adaptation de l'impédance d'entrée Z_1 du transistor par rapport à la résistance de source R_0 , la sortie étant terminée par R_0 .

Both equations (1) and (3) can now be used to show the meaning of the s -parameters:

$$s_{11} = \left(\frac{b_1}{a_1} \right) \text{ with } a_2 = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{ratio of the complex value of the reflected wave at the input to} \\ \text{that of the incident wave at the input, the output terminating} \\ \text{resistance and the source resistance each having the value } R_0 \end{array} \right.$$

$$= \left(\frac{V_1 - R_0 I_1}{V_1 + R_0 I_1} \right) \text{ with } (V_2 = -R_0 I_2) = \left(\frac{Z_1 - R_0}{Z_1 + R_0} \right) \text{ with } \left(-\frac{V_2}{I_2} = R_0 \right)$$

= reflection factor of the input impedance referred to R_0 , the output being terminated by R_0 .

Analogously:

s_{22} = ratio of the complex value of the reflected wave at the output to that of the incident wave at the output, the input terminating resistance and the source resistance each having the value R_0

= reflection factor of the output impedance referred to R_0 , the input being terminated by R_0 .

In addition:

$$s_{21} = \left(\frac{b_2}{a_1} \right) \text{ with } a_2 = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{ratio of the complex value of the transmitted wave at the output} \\ \text{to that of the incident wave at the input, both the output termin-} \\ \text{ating resistance and the source resistance having the value } R_0 \end{array} \right.$$

$$= \left(\frac{V_2 - R_0 I_2}{V_1 + R_0 I_1} \right) \text{ with } (V_2 = -R_0 I_2) = \left(\frac{V_2}{1/2 V_{10}} \right) \text{ with } \left(-\frac{V_2}{I_2} = R_0 \right)$$

= ratio of the output voltage V_2 to half the open-circuit source voltage V_{10} with source and load resistances each having the value R_0 .

Analogously:

s_{12} = ratio of the complex value of the transmitted wave at the input to that of the incident wave at the output, the input terminating resistance and the source resistance each having the value R_0

= ratio of the input voltage V_1 to half the open-circuit source voltage V_{20} , with source and load resistances each having the value R_0 .

5.2 Definitions

The following definitions are given for the general case. For transistors, different values of these parameters may be obtained according to the configuration used, and for small and large-signal conditions.

5.2.1 Input reflection coefficient (s_{11})

The ratio of the complex value of the reflected wave at the input to that of the incident wave at the input, under small signal conditions, the output terminating resistance and the source resistance each having the value R_0 .

Note. — This is equivalent to the reflection factor of the input impedance Z_1 of the transistor with respect to the source resistance R_0 , the output being terminated by R_0 .

5.2.2 Coefficient de réflexion de sortie (s_{22})

Rapport de la valeur complexe de l'onde réfléchie à la sortie à celle de l'onde incidente à la sortie, en petits signaux, la résistance placée à l'entrée et la résistance de source ayant chacune la valeur R_0 .

Note. — Il est équivalent au coefficient de réflexion dû à la non-adaptation de l'impédance de sortie Z_2 du transistor par rapport à une résistance R_0 , l'entrée étant terminée par R_0 .

5.2.3 Coefficient de transmission direct (s_{21})

Rapport de la valeur complexe de l'onde transmise à la sortie à celle de l'onde incidente à l'entrée, en petits signaux, la résistance placée à la sortie et la résistance de source ayant chacune la valeur R_0 .

Note. — Il est équivalent au rapport de la valeur complexe de la tension de sortie à celle de la moitié de la tension de la source en circuit ouvert lorsque le transistor est terminé à la sortie par une résistance R_0 et alimenté à l'entrée par une source de résistance R_0 .

5.2.4 Coefficient de transmission inverse (s_{12})

Rapport de la valeur complexe de l'onde transmise à l'entrée et de celle de l'onde incidente à la sortie, en petits signaux, la résistance placée à l'entrée et la résistance de source ayant chacune la valeur R_0 .

Note. — Il est équivalent au rapport de la valeur complexe de la tension d'entrée à celle de la moitié de la tension de source en circuit ouvert, lorsque le transistor est terminé à l'entrée par une résistance R_0 et alimenté à la sortie par une source de résistance R_0 .

Note générale

La résistance R_0 doit être la même pour les quatre paramètres s , et a en général pour valeur 50 ohms.

Les définitions ci-dessus, qui impliquent que les résistances de source et de charge soient ohmiques, peuvent ne pas bien s'appliquer à certaines catégories de transistors (par exemple aux transistors à effet de champ MOS).

5.2.5 Fréquence pour laquelle le coefficient de transmission direct est égal à l'unité (f_s, f_{1s})

Fréquence pour laquelle le module du coefficient de transmission direct s_{21} est égal à l'unité.

5.3 Applications des paramètres s

On peut utiliser les paramètres s définis au paragraphe 5.2 par exemple de la façon suivante:

5.3.1 Relations des paramètres s avec les autres paramètres (y, z, h)

Il y a équivalence entre les matrices suivantes:

$$\begin{aligned}
 (y) &= \frac{1}{R_0(1 + s_{11} + s_{22} + \det s)} \begin{bmatrix} (1 - s_{11} + s_{22} - \det s) & -2s_{12} \\ -2s_{21} & (1 + s_{11} - s_{22} - \det s) \end{bmatrix} \\
 (z) &= \frac{R_0}{1 - s_{11} - s_{22} + \det s} \begin{bmatrix} (1 + s_{11} - s_{22} - \det s) & 2s_{12} \\ 2s_{21} & (1 - s_{11} + s_{22} - \det s) \end{bmatrix} \\
 (h) &= \frac{1}{1 - s_{11} + s_{22} - \det s} \begin{bmatrix} (1 + s_{11} + s_{22} + \det s) R_0 & 2s_{12} \\ -2s_{21} & \frac{1}{R_0} (1 - s_{11} - s_{22} + \det s) \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

5.2.2 Output reflection coefficient (s_{22})

The ratio of the complex value of the reflected wave at the output to that of the incident wave at the output, under small signal conditions, the input terminating resistance and the source resistance each having the value R_0 .

Note. — This is equivalent to the reflection factor of the output impedance Z_2 of the transistor with respect to a resistance R_0 , the input being terminated by R_0 .

5.2.3 Forward transmission coefficient (s_{21})

The ratio of the complex value of the transmitted wave at the output to that of the incident wave at the input, under small signal conditions, the output terminating resistance and the source resistance each having the value R_0 .

Note. — This is equivalent to the ratio of the complex value of the output voltage to that of half the open-circuit source voltage when the transistor is terminated at the output by a resistance R_0 and fed at the input from a source having a resistance R_0 .

5.2.4 Reverse transmission coefficient (s_{12})

The ratio of the complex value of the transmitted wave at the input to that of the incident wave at the output, under small signal conditions, the input terminating resistance and the source resistance each having the value R_0 .

Note. — This is equivalent to the ratio of the complex value of the input voltage to that of half the open-circuit source voltage when the transistor is terminated at the input by a resistance R_0 and fed at the output from a source having a resistance R_0 .

General note

The resistance R_0 shall be the same for all four s -parameters and usually will have the value 50 ohms.

The above definitions, which infer ohmic source and terminating resistances, may not be practical for some classes of transistors (e.g. MOS field-effect transistors).

5.2.5 Frequency of unity forward transmission coefficient (f_s, f_{1s})

The frequency at which the modulus of the forward transmission coefficient s_{21} has decreased to unity.

5.3 Application of the s -parameters

The s -parameters as defined in Sub-clause 5.2 can be used, e.g. as follows:

5.3.1 Relation of s -parameters with other parameters (y, z, h)

The following matrix equivalences hold:

$$\begin{aligned}
 (y) &= \frac{1}{R_0(1 + s_{11} + s_{22} + \det s)} \begin{bmatrix} (1 - s_{11} + s_{22} - \det s) & -2s_{12} \\ -2s_{21} & (1 + s_{11} - s_{22} - \det s) \end{bmatrix} \\
 (z) &= \frac{R_0}{1 - s_{11} - s_{22} + \det s} \begin{bmatrix} (1 + s_{11} - s_{22} - \det s) & 2s_{12} \\ 2s_{21} & (1 - s_{11} + s_{22} - \det s) \end{bmatrix} \\
 (h) &= \frac{1}{1 - s_{11} + s_{22} - \det s} \begin{bmatrix} (1 + s_{11} + s_{22} + \det s) R_0 & 2s_{12} \\ -2s_{21} & \frac{1}{R_0} (1 - s_{11} - s_{22} + \det s) \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$\det y = \frac{1}{R_0^2} \frac{1 - s_{11} - s_{22} + \det s}{1 + s_{11} + s_{22} + \det s}$$

$$\det z = R_0^2 \frac{1 + s_{11} + s_{22} + \det s}{1 - s_{11} - s_{22} + \det s}$$

$$\det h = \frac{1 + s_{11} - s_{22} - \det s}{1 - s_{11} + s_{22} - \det s}$$

5.3.2 Conversion des paramètres s en autres paramètres (y , z , h)

On trouve ci-dessous les équivalences suivantes:

$$y_{11} = \left[\frac{s_{12} s_{21} + (1 - s_{11})(1 + s_{22})}{(1 + s_{11})(1 + s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] \frac{1}{R_0}$$

$$y_{12} = \left[\frac{-2s_{12}}{(1 + s_{11})(1 + s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] \frac{1}{R_0}$$

$$y_{21} = \left[\frac{-2s_{21}}{(1 + s_{11})(1 + s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] \frac{1}{R_0}$$

$$y_{22} = \left[\frac{s_{12} s_{21} + (1 + s_{11})(1 - s_{22})}{(1 + s_{11})(1 + s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] \frac{1}{R_0}$$

$$h_{11} = \left[\frac{(1 + s_{11})(1 + s_{22}) - s_{12} s_{21}}{s_{12} s_{21} + (1 - s_{11})(1 + s_{22})} \right] R_0$$

$$h_{12} = \frac{2s_{12}}{s_{12} s_{21} + (1 - s_{11})(1 + s_{22})}$$

$$h_{21} = \frac{-2s_{21}}{s_{12} s_{21} + (1 - s_{11})(1 + s_{22})}$$

$$h_{22} = \left[\frac{(1 - s_{11})(1 - s_{22}) - s_{12} s_{21}}{s_{12} s_{21} + (1 - s_{11})(1 + s_{22})} \right] \frac{1}{R_0}$$

$$z_{11} = \left[\frac{(1 + s_{11})(1 - s_{22}) + s_{12} s_{21}}{(1 - s_{11})(1 - s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] R_0$$

$$z_{12} = \left[\frac{2s_{12}}{(1 - s_{11})(1 - s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] R_0$$

$$z_{21} = \left[\frac{2s_{21}}{(1 - s_{11})(1 - s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] R_0$$

$$z_{22} = \left[\frac{(1 + s_{22})(1 - s_{11}) + s_{12} s_{21}}{(1 - s_{11})(1 - s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] R_0$$

$$\det y = \frac{1}{R_0^2} \frac{1 - s_{11} - s_{22} + \det s}{1 + s_{11} + s_{22} + \det s}$$

$$\det z = R_0^2 \frac{1 + s_{11} + s_{22} + \det s}{1 - s_{11} - s_{22} + \det s}$$

$$\det h = \frac{1 + s_{11} - s_{22} - \det s}{1 - s_{11} + s_{22} - \det s}$$

5.3.2 Conversion of *s*-parameters to other parameters (*y*, *z*, *h*)

The following equivalences hold:

$$y_{11} = \left[\frac{s_{12} s_{21} + (1 - s_{11})(1 + s_{22})}{(1 + s_{11})(1 + s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] \frac{1}{R_0}$$

$$y_{12} = \left[\frac{-2s_{12}}{(1 + s_{11})(1 + s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] \frac{1}{R_0}$$

$$y_{21} = \left[\frac{-2s_{21}}{(1 + s_{11})(1 + s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] \frac{1}{R_0}$$

$$y_{22} = \left[\frac{s_{12} s_{21} + (1 + s_{11})(1 - s_{22})}{(1 + s_{11})(1 + s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] \frac{1}{R_0}$$

$$h_{11} = \left[\frac{(1 + s_{11})(1 + s_{22}) - s_{12} s_{21}}{s_{12} s_{21} + (1 - s_{11})(1 + s_{22})} \right] R_0$$

$$h_{12} = \frac{2s_{12}}{s_{12} s_{21} + (1 - s_{11})(1 + s_{22})}$$

$$h_{21} = \frac{-2s_{21}}{s_{12} s_{21} + (1 - s_{11})(1 + s_{22})}$$

$$h_{22} = \left[\frac{(1 - s_{11})(1 - s_{22}) - s_{12} s_{21}}{s_{12} s_{21} + (1 - s_{11})(1 + s_{22})} \right] \frac{1}{R_0}$$

$$z_{11} = \left[\frac{(1 + s_{11})(1 - s_{22}) + s_{12} s_{21}}{(1 - s_{11})(1 - s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] R_0$$

$$z_{12} = \left[\frac{2s_{12}}{(1 - s_{11})(1 - s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] R_0$$

$$z_{21} = \left[\frac{2s_{21}}{(1 - s_{11})(1 - s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] R_0$$

$$z_{22} = \left[\frac{(1 + s_{22})(1 - s_{11}) + s_{12} s_{21}}{(1 - s_{11})(1 - s_{22}) - s_{12} s_{21}} \right] R_0$$

5.3.3 Utilisation des paramètres s pour la détermination directe des caractéristiques des amplificateurs à transistors

r_1 = coefficient de réflexion à l'entrée, pour une résistance R_0 , dans le cas d'une impédance de charge Z_L définie par le coefficient de réflexion de la charge r_L

$$= s_{11} + \frac{r_L s_{12} s_{21}}{1 - r_L s_{22}}$$

$$r_1 = \frac{Z_1 - R_0}{Z_1 + R_0}$$

$$r_L = \frac{Z_L - R_0}{Z_L + R_0}$$

r_2 = coefficient de réflexion en sortie, pour une résistance R_0 , dans le cas d'une impédance de source Z_G définie par le coefficient de réflexion de la source r_G

$$= s_{22} + \frac{r_G s_{12} s_{21}}{1 - r_G s_{11}}$$

$$r_2 = \frac{Z_2 - R_0}{Z_2 + R_0}$$

$$r_G = \frac{Z_G - R_0}{Z_G + R_0}$$

$$A_1 = \text{amplification en courant} = \frac{-I_2}{I_1} = \frac{s_{21}(1 - r_1)}{(1 - s_{11}) - r_L(s_{22} - \det s)}$$

$$A_v = \text{amplification en tension} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{s_{21}(1 + r_L)}{(1 + s_{11}) - r_L(s_{22} + \det s)}$$

$$G_p = \text{gain en puissance} = \frac{P_2}{P_1} = |A_v|^2 \cdot \frac{1 - |r_L|^2}{1 - |r_1|^2} = |s_{21}|^2 \frac{1 - |r_L|^2}{|1 - r_L s_{22}|^2 - |s_{11} - r_L \det s|^2}$$

$$G_c = \text{gain composite} = |s_{21}|^2 \cdot \frac{(1 - |r_G|^2)(1 - |r_L|^2)}{[(1 - r_G s_{11})(1 - r_L s_{22}) - r_G r_L s_{12} s_{21}]^2}$$

Conditions de stabilité inconditionnelle:

$$\frac{1 - |s_{11}|^2 - |s_{22}|^2 + |\det s|^2}{2|s_{12} s_{21}|} > 1$$

$$1 - |s_{11}|^2 - |s_{12} s_{21}| > 0$$

$$1 - |s_{22}|^2 - |s_{12} s_{21}| > 0$$

5.3.3 Use of *s*-parameters for the direct computation of transistor amplifier characteristics

r_1 = input reflection factor referred to R_0 , for a load impedance Z_L defined by the load reflection factor r_L

$$= s_{11} + \frac{r_L s_{12} s_{21}}{1 - r_L s_{22}}$$

$$r_1 = \frac{Z_1 - R_0}{Z_1 + R_0}$$

$$r_L = \frac{Z_L - R_0}{Z_L + R_0}$$

r_2 = output reflection factor referred to R_0 , for a source impedance Z_G defined by the source reflection factor r_G

$$= s_{22} + \frac{r_G s_{12} s_{21}}{1 - r_G s_{11}}$$

$$r_2 = \frac{Z_2 - R_0}{Z_2 + R_0}$$

$$r_G = \frac{Z_G - R_0}{Z_G + R_0}$$

$$A_i = \text{current amplification} = \frac{-I_2}{I_1} = \frac{s_{21} (1 - r_L)}{(1 - s_{11}) - r_L (s_{22} - \det s)}$$

$$A_v = \text{voltage amplification} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{s_{21} (1 + r_L)}{(1 + s_{11}) - r_L (s_{22} + \det s)}$$

$$G_p = \text{power gain} = \frac{P_2}{P_1} = \left| A_i \right|^2 \cdot \frac{1 - |r_L|^2}{1 - |r_1|^2} = \left| s_{21} \right|^2 \frac{1 - |r_L|^2}{|1 - r_L s_{22}|^2 - |s_{11} - r_L \det s|^2}$$

$$G_T = \text{transducer gain} = \left| s_{21} \right|^2 \frac{(1 - |r_G|^2) (1 - |r_L|^2)}{[(1 - r_G s_{11}) (1 - r_L s_{22}) - r_G r_L s_{12} s_{21}]^2}$$

Conditions for unconditional stability:

$$\frac{1 - |s_{11}|^2 - |s_{22}|^2 + |\det s|^2}{2 |s_{12} s_{21}|} > 1$$

$$1 - |s_{11}|^2 - |s_{12} s_{21}| > 0$$

$$1 - |s_{22}|^2 - |s_{12} s_{21}| > 0$$

6. Symboles littéraux

6.1 Symboles littéraux pour les courants, les tensions et les puissances

6.1.1 Généralités

L'article 2 de la Publication 747-1, chapitre V s'applique.

6.1.2 Indices additionnels

En supplément à la liste des indices généraux donnés dans la Publication 747-1, chapitre V, paragraphe 2.2.1, les indices spéciaux suivants sont recommandés pour le domaine des transistors bipolaires:

B, b	= borne de base
C, c	= borne de collecteur
E, e	= borne d'émetteur
fl	= flottant
pt	= pénétration (perçage)
R (non en tant que premier indice)	= résistance spécifiée
sat	= saturation
X	= circuit spécifié.

6.2 Symboles littéraux pour les paramètres électriques

6.2.1 Généralités

L'article 3 de la Publication 747-1, chapitre V s'applique.

6.2.2 Indices additionnels

En supplément à la liste des indices généraux donnés dans la Publication 747-1, chapitre V, paragraphe 3.3.1, les indices spéciaux suivants sont recommandés pour le domaine des transistors bipolaires:

B, b	= base; montage base commune
C, c	= collecteur; montage collecteur commun
E, e	= émetteur; montage émetteur commun
L	= grands signaux
sat	= saturation
S, s	= accumulation, stockage
T	= transition.

6.3 Symboles littéraux pour les autres grandeurs

6.3.1 Généralités

L'article 4 de la Publication 747-1, chapitre V s'applique.

6. Letter symbols

6.1 Letter symbols for currents, voltages and powers

6.1.1 General

Clause 2 of Publication 747-1, Chapter V applies.

6.1.2 Additional subscripts

In addition to the list of recommended general subscripts given in Publication 747-1, Chapter V, Sub-clause 2.2.1, the following special subscripts are recommended for the field of bipolar transistors:

B, b	= base terminal
C, c	= collector terminal
E, e	= emitter terminal
fl	= floating
pt	= punch-through (penetration, reach through)
R (not as a first subscript)	= specified resistance
sat	= saturation
X	= specified circuit.

6.2 Letter symbols for electrical parameters

6.2.1 General

Clause 3 of Publication 747-1, Chapter V applies.

6.2.2 Additional subscripts

In addition to the list of recommended general subscripts given in Publication 747-1, Chapter V, Sub-clause 3.3.1, the following special subscripts are recommended for the field of bipolar transistors:

B, b	= base; common-base configuration
C, c	= collector; common-collector configuration
E, e	= emitter; common-emitter configuration
L	= large signal
sat	= saturation
S, s	= storage
T	= transition.

6.3 Letter symbols for other quantities

6.3.1 General

Publication 747-1, Chapter V, Clause 4 applies.

6.4 Liste de symboles littéraux

Les symboles contenus dans la liste suivante sont recommandés pour être utilisés dans le domaine des transistors bipolaires; ils ont été établis en accord avec les règles générales.

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
6.4.1 Tensions		
Tension continue collecteur-base	V_{CB}	
Tension continue collecteur-émetteur	V_{CE}	
Tension continue émetteur-base	V_{EB}	
Tension continue base-émetteur	V_{BE}	
Tension continue collecteur-base avec $I_E = 0$ I_C spécifié	V_{CBO}	
Tension continue émetteur-base avec $I_C = 0$ I_E spécifié	V_{EBO}	
Tension continue collecteur-émetteur avec $I_B = 0$ I_C spécifié	V_{CEO}	
Tension continue collecteur-émetteur avec $R_{BE} = R$ I_C spécifié	V_{CER}	
Tension continue collecteur-émetteur avec $V_{BE} = 0$ I_C spécifié	V_{CES}	
Tension continue collecteur-émetteur avec $V_{BE} = X$ spécifié (jonction émetteur-base polarisée en inverse) I_C spécifié	V_{CEX}	
Tensions de claquage (circuit ouvert)	$V_{(BR)...O}$	L'abréviation BV est d'un usage courant pour ces grandeurs
Tension de claquage collecteur-base avec $I_E = 0$ I_C spécifié	$V_{(BR)CBO}$	
Tension de claquage émetteur-base avec $I_C = 0$ I_E spécifié	$V_{(BR)EBO}$	
Tension de claquage collecteur-émetteur avec $I_B = 0$ I_C spécifié	$V_{(BR)CEO}$	
Tensions de claquage (circuit spécifié)		L'abréviation BV est d'un usage courant pour ces grandeurs
Tension de claquage collecteur-émetteur avec $R_{BE} = R$ I_C spécifié	$V_{(BR)CER}$	
Tension de claquage collecteur-émetteur avec $V_{BE} = X$ spécifié I_C spécifié	$V_{(BR)CEX}$	
Tension de claquage (court-circuit)	$V_{(BR)...S}$	L'abréviation BV est d'un usage courant pour cette grandeur
Tension de claquage collecteur-émetteur avec $V_{BE} = 0$ I_C spécifié	$V_{(BR)CES}$	
Tension flottante émetteur-base avec $I_E = 0$ V_{CB} spécifiée	V_{EBI}	
Tension de pénétration (tension de perçage)	V_{PI}	

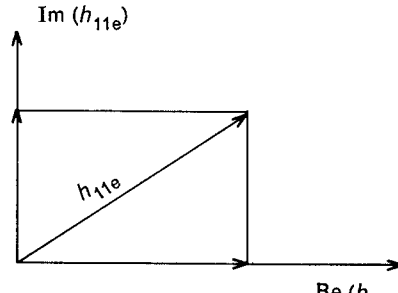
6.4 List of letter symbols

The symbols contained in the following list are recommended for use in the field of bipolar transistors; they have been compiled in accordance with the general rules.

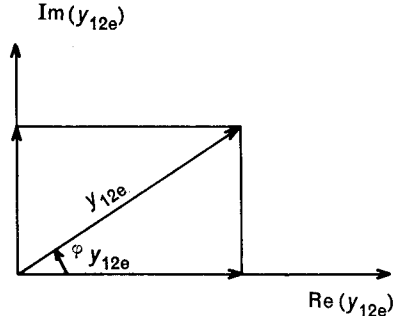
Name and designation	Letter symbol	Remarks
6.4.1 Voltages		
Collector-base (d.c.) voltage	V_{CB}	
Collector-emitter (d.c.) voltage	V_{CE}	
Emitter-base (d.c.) voltage	V_{EB}	
Base-emitter (d.c.) voltage	V_{BE}	
Collector-base (d.c.) voltage with $I_E = 0$ I_C specified	V_{CBO}	
Emitter-base (d.c.) voltage with $I_C = 0$ I_E specified	V_{EBO}	
Collector-emitter (d.c.) voltage with $I_B = 0$ I_C specified	V_{CEO}	
Collector-emitter (d.c.) voltage with $R_{BE} = R$ I_C specified	V_{CER}	
Collector-emitter (d.c.) voltage with $V_{BE} = 0$ I_C specified	V_{CES}	
Collector-emitter (d.c.) voltage with $V_{BE} = X$ specified (reverse biased emitter-base junction) I_C specified	V_{CEX}	
Breakdown voltages (open-circuit) Breakdown voltage, collector-base with $I_E = 0$ I_C specified Breakdown voltage, emitter-base with $I_C = 0$ I_E specified Breakdown voltage, collector-emitter with $I_B = 0$ I_C specified	$V_{(BR)...O}$ $V_{(BR)CBO}$ $V_{(BR)EBO}$ $V_{(BR)CEO}$	The abbreviation BV is in common use for these quantities
Breakdown voltages (specified circuit) Breakdown voltage, collector-emitter with $R_{BE} = R$ I_C specified Breakdown voltage, collector-emitter with $V_{BE} = X$ specified I_C specified	$V_{(BR)CER}$ $V_{(BR)CEX}$	The abbreviation BV is in common use for these quantities
Breakdown voltage (short-circuit) Breakdown voltage, collector-emitter with $V_{BE} = 0$ I_C specified	$V_{(BR)...S}$ $V_{(BR)CES}$	The abbreviation BV is in common use for this quantity
Floating voltage, emitter-base with $I_E = 0$ V_{CB} specified	$V_{EB\Omega}$	
Punch-through (penetration) voltage	V_{pt}	

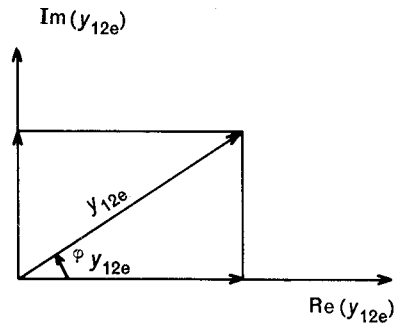
Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
6.4.1 (suite)		
Tension de saturation collecteur-émetteur avec I_B spécifié I_C spécifié	V_{CEsat}	
Tension de saturation base-émetteur avec I_B spécifié I_C spécifié	V_{BEsat}	
6.4.2 Courants		
Courant continu de base	I_B	
Courant continu de collecteur	I_C	
Courant continu d'émetteur	I_E	
Courant résiduel du collecteur avec $I_E = 0$ V_{CB} spécifiée	I_{CBO}	
Courant résiduel du collecteur avec $I_B = 0$ V_{CE} spécifiée	I_{CEO}	
Courant résiduel de l'émetteur avec $I_C = 0$ V_{EB} spécifiée	I_{EBO}	
Courant résiduel du collecteur avec $R_{BE} = R$ V_{CE} spécifiée	I_{CER}	
Courant résiduel du collecteur avec $V_{BE} = 0$ V_{CE} spécifiée	I_{CES}	
Courant résiduel du collecteur avec $V_{BE} = X$ V_{CE} spécifiée	I_{CEX}	
Courant résiduel de la base avec $V_{BE} = X$ V_{CE} spécifiée	I_{BEX}	
6.4.3 Puissances		
Puissance dissipée au collecteur avec T_{amb} ou T_{case} spécifiée	P_C	
Puissance totale d'entrée (continue ou moyenne) de toutes les électrodes avec T_{amb} ou T_{case} spécifiée	P_{tot}	
6.4.4 Paramètres électriques		
6.4.4.1 Paramètres statiques (spécifiés pour des conditions de polarisation)		
Valeur statique du rapport de transfert direct du courant (en montage émetteur commun)	h_{21E} ou h_{FE}	$h_{21E} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_E}{I_B} - 1$ avec $V_{CE} = \text{constante}$
Valeur statique de la résistance d'entrée (en montage émetteur commun)	h_{11E} ou h_{iE}	$h_{11E} = \frac{V_{BE}}{I_B}$ avec $V_{CE} = \text{constante}$
Rapport de transfert intrinsèque direct du courant (pour de grands signaux)	h_{21EL} ou h_{FEL}	$h_{21EL} = \frac{I_C - I_{CBO}}{I_B + I_{CBO}}$ avec $V_{CE} = \text{constante}$
6.4.4.2 Paramètres pour signaux de faible puissance (spécifiés pour des conditions de polarisation et de fréquence)		
Valeur de l'impédance d'entrée, sortie en court-circuit pour de petits signaux:		
– en montage émetteur commun	h_{11e} ou h_{ie}	$h_{11e} = \frac{V_{be}}{I_b}$ avec $V_{ce} = \text{constante}$
– en montage base commune	h_{11b} ou h_{ib}	$h_{11b} = \frac{V_{eb}}{I_e}$ avec $V_{cb} = \text{constante}$

Name and designation	Letter symbol	Remarks
6.4.1 (continued)		
Saturation voltage, collector-emitter with I_B specified I_C specified	V_{CEsat}	
Saturation voltage, base-emitter with I_B specified I_C specified	V_{BEsat}	
6.4.2 Currents		
Base (d.c.) current	I_B	
Collector (d.c.) current	I_C	
Emitter (d.c.) current	I_E	
Collector cut-off current with $I_E = 0$ V_{CB} specified	I_{CBO}	
Collector cut-off current with $I_B = 0$ V_{CE} specified	I_{CEO}	
Emitter cut-off current with $I_C = 0$ V_{EB} specified	I_{EBO}	
Collector cut-off current with $R_{BE} = R$ V_{CE} specified	I_{CER}	
Collector cut-off current with $V_{BE} = 0$ V_{CE} specified	I_{CES}	
Collector cut-off current with $V_{BE} = X$ V_{CE} specified	I_{CEX}	
Base cut-off current with $V_{BE} = X$ V_{CE} specified	I_{BEX}	
6.4.3 Powers		
Collector power dissipation with T_{amb} or T_{case} specified	P_C	
Total input power (d.c. or average) to all electrodes with T_{amb} or T_{case} specified	P_{tot}	—
6.4.4 Electrical parameters		
6.4.4.1 Static parameters (specified for bias conditions)		
Static value of the forward current transfer ratio (in common-emitter configuration)	h_{21E} or h_{FE}	$h_{21E} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_E}{I_B} - 1$ with $V_{CE} = \text{constant}$
Static value of the input resistance (in common-emitter configuration)	h_{11E} or h_{iE}	$h_{11E} = \frac{V_{BE}}{I_B}$ with $V_{CE} = \text{constant}$
Inherent (large-signal) forward current transfer ratio	h_{21EL} or h_{FEL}	$h_{21EL} = \frac{I_C - I_{CBO}}{I_B + I_{CBO}}$ with $V_{CE} = \text{constant}$
6.4.4.2 Small-signal parameters (specified for bias and frequency conditions)		
Small-signal value of the short-circuit input impedance:		
– in common-emitter configuration	h_{11e} or h_{ie}	$h_{11e} = \frac{V_{be}}{I_b}$ with $V_{ce} = \text{constant}$
– in common-base configuration	h_{11b} or h_{ib}	$h_{11b} = \frac{V_{eb}}{I_e}$ with $V_{cb} = \text{constant}$

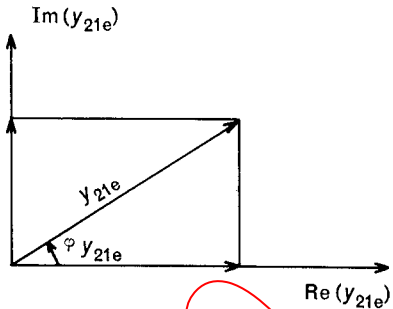
Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
6.4.4.2 (suite)		
Valeur du rapport de transfert inverse de la tension, entrée en circuit ouvert, pour de petits signaux:		
– en montage émetteur commun	h_{12e} ou h_{re}	$h_{12e} = \frac{V_{oe}}{V_{ce}}$ avec $I_b = \text{constante}$
– en montage base commune	h_{12b} ou h_{rb}	$h_{12b} = \frac{V_{eb}}{V_{cb}}$ avec $I_e = \text{constante}$
Valeur du rapport de transfert direct du courant, sortie en court-circuit, pour de petits signaux:		
– en montage émetteur commun	h_{21e} ou h_{te}	$h_{21e} = \frac{I_c}{I_b}$ avec $V_{ce} = \text{constante}$
– en montage base commune	h_{21b} ou h_{tb}	$h_{21b} = \frac{I_c}{I_e}$ avec $V_{cb} = \text{constante}$
Valeur de l'admittance de sortie, entrée en circuit ouvert, pour de petits signaux:		
– en montage émetteur commun	h_{22e} ou h_{oe}	$h_{22e} = \frac{I_c}{V_{ce}}$ avec $I_b = \text{constante}$
– en montage base commune	h_{22b} ou h_{ob}	$h_{22b} = \frac{I_c}{V_{cb}}$ avec $I_e = \text{constante}$
Partie réelle de l'impédance d'entrée, sortie en court-circuit, pour de petits signaux:		$h_{11e} = \text{Re}(h_{11e}) + \text{Im}(h_{11e})$ $h_{11b} = \text{Re}(h_{11b}) + \text{Im}(h_{11b})$ 
– en montage émetteur commun	$\text{Re}(h_{11e})$	
– en montage base commune	$\text{Re}(h_{11b})$	
Partie imaginaire de l'impédance d'entrée, sortie en court-circuit, pour de petits signaux:		
– en montage émetteur commun	$\text{Im}(h_{11e})$	
– en montage base commune	$\text{Im}(h_{11b})$	
Capacité d'entrée, sortie en court-circuit, pour le courant alternatif:		
– en montage émetteur commun	C_{11es} ou C_{ies}	$h_{11e} \approx \text{Re}(h_{11e}) + \frac{1}{j\omega C_{11es}}$
– en montage base commune	C_{11bs} ou C_{ibs}	$h_{11b} \approx \text{Re}(h_{11b}) + \frac{1}{j\omega C_{11bs}}$
Capacité d'entrée, sortie en circuit ouvert, pour le courant alternatif:		
– en montage émetteur commun	C_{11eo} ou C_{ieo}	
– en montage base commune	C_{11bo} ou C_{ibo}	
Capacité de sortie, entrée en circuit ouvert, pour le courant alternatif:		
– en montage émetteur commun	C_{22eo} ou C_{oeo}	$h_{22e} = \text{Re}(h_{22e}) + j\omega C_{22eo}$
– en montage base commune	C_{22bo} ou C_{obo}	$h_{22b} = \text{Re}(h_{22b}) + j\omega C_{22bo}$

Name and designation	Letter symbol	Remarks
6.4.4.2 (continued)		
Small-signal value of the open-circuit reverse voltage transfer ratio:		
– in common-emitter configuration	h_{12e} or h_{re}	$h_{12e} = \frac{V_{be}}{V_{ce}}$ with $I_b = \text{constant}$
– in common-base configuration	h_{12b} or h_{rb}	$h_{12b} = \frac{V_{eb}}{V_{cb}}$ with $I_e = \text{constant}$
Small-signal value of the short-circuit forward current transfer ratio:		
– in common-emitter configuration	h_{21e} or h_{fe}	$h_{21e} = \frac{I_c}{I_b}$ with $V_{ce} = \text{constant}$
– in common-base configuration	h_{21b} or h_{fb}	$h_{21b} = \frac{I_c}{I_e}$ with $V_{cb} = \text{constant}$
Small-signal value of the open-circuit output admittance:		
– in common-emitter configuration	h_{22e} or h_{oe}	$h_{22e} = \frac{I_c}{V_{ce}}$ with $I_b = \text{constant}$
– in common-base configuration	h_{22b} or h_{ob}	$h_{22b} = \frac{I_c}{V_{cb}}$ with $I_e = \text{constant}$
Real part of the small-signal value of the short-circuit input impedance:		$h_{11e} = \text{Re}(h_{11e}) + \text{Im}(h_{11e})$ $h_{11b} = \text{Re}(h_{11b}) + \text{Im}(h_{11b})$
– in common-emitter configuration	$\text{Re}(h_{11e})$	
– in common-base configuration	$\text{Re}(h_{11b})$	
Imaginary part of the small-signal value of the short-circuit input impedance:		
– in common-emitter configuration	$\text{Im}(h_{11e})$	
– in common-base configuration	$\text{Im}(h_{11b})$	
Input capacitance, output short-circuited to a.c.:		
– in common-emitter configuration	C_{11es} or C_{ies}	$h_{11e} \approx \text{Re}(h_{11e}) + \frac{1}{j\omega C_{11es}}$
– in common-base configuration	C_{11bs} or C_{ibs}	$h_{11b} \approx \text{Re}(h_{11b}) + \frac{1}{j\omega C_{11bs}}$
Input capacitance, output open-circuited to a.c.:		
– in common-emitter configuration	C_{11eo} or C_{ieo}	
– in common-base configuration	C_{11bo} or C_{ibo}	
Output capacitance, input open-circuited to a.c.:		
– in common-emitter configuration	C_{22eo} or C_{oeo}	$h_{22e} = \text{Re}(h_{22e}) + j\omega C_{22eo}$
– in common-base configuration	C_{22bo} or C_{obo}	$h_{22b} = \text{Re}(h_{22b}) + j\omega C_{22bo}$

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
6.4.4.2 (suite)		
Capacité de sortie, entrée en court-circuit, pour le courant alternatif: – en montage émetteur commun – en montage base commune	C_{22es} ou C_{oes} C_{22bs} ou C_{obs}	$y_{22e} = \text{Re}(y_{22e}) + j\omega C_{22es}$ $y_{22b} = \text{Re}(y_{22b}) + j\omega C_{22bs}$
Capacité de transfert inverse, entrée en court-circuit, pour le courant alternatif: – en montage émetteur commun – en montage base commune	C_{12es} ou C_{res} C_{12bs} ou C_{rbs}	
Capacité collecteur-base des transistors à sorties de dispositifs isolées, avec un conducteur de blindage séparé	C_{ocb}	
Valeur de l'admittance d'entrée, sortie en court-circuit, pour de petits signaux: – en montage émetteur commun – en montage base commune	y_{11e} ou y_{1e} y_{11b} ou y_{1b}	$y_{11e} = \frac{I_b}{V_{be}}$ avec $V_{ce} = \text{constante}$ et $y_{11e} = \frac{1}{h_{11e}}$ $y_{11b} = \frac{I_c}{V_{cb}}$ avec $V_{cb} = \text{constante}$ et $y_{11b} = \frac{1}{h_{11b}}$
Valeur de l'admittance de transfert inverse, entrée en court-circuit, pour de petits signaux: – en montage émetteur commun – en montage base commune	y_{12e} ou y_{1e} y_{12b} ou y_{1b}	$y_{12e} = \frac{I_b}{V_{ce}}$ avec $V_{be} = \text{constante}$ $y_{12b} = \frac{I_c}{V_{cb}}$ avec $V_{cb} = \text{constante}$
Valeur de l'admittance de transfert direct, sortie en court-circuit, pour de petits signaux: – en montage émetteur commun – en montage base commune	y_{21e} ou y_{1e} y_{21b} ou y_{1b}	$y_{21e} = \frac{I_c}{V_{be}}$ avec $V_{ce} = \text{constante}$ $y_{21b} = \frac{I_c}{V_{cb}}$ avec $V_{cb} = \text{constante}$
Valeur de l'admittance de sortie, entrée en court-circuit, pour de petits signaux: – en montage émetteur commun – en montage base commune	y_{22e} ou y_{oe} y_{22b} ou y_{ob}	$y_{22e} = \frac{I_c}{V_{ce}}$ avec $V_{be} = \text{constante}$ $y_{22b} = \frac{I_c}{V_{cb}}$ avec $V_{cb} = \text{constante}$
Module de l'admittance de transfert inverse, entrée en court-circuit: – en montage émetteur commun – en montage base commune	$ y_{12e} $ ou $ y_{1e} $ $ y_{12b} $ ou $ y_{1b} $	
Phase de l'admittance de transfert inverse, entrée en court-circuit: – en montage émetteur commun – en montage base commune	φ_{y12e} ou φ_{y1e} φ_{y12b} ou φ_{y1b}	

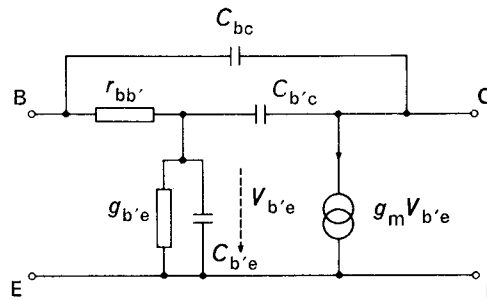
Name and designation	Letter symbol	Remarks
6.4.4.2 (continued)		
Output capacitance, input short-circuited to a.c.: – in common-emitter configuration – in common-base configuration	C_{22es} or C_{oes} C_{22bs} or C_{obs}	$y_{22e} = \text{Re}(y_{22e}) + j\omega C_{22es}$ $y_{22b} = \text{Re}(y_{22b}) + j\omega C_{22bs}$
Reverse transfer capacitance, input short-circuited to a.c.: – in common-emitter configuration – in common-base configuration	C_{12es} or C_{res} C_{12bs} or C_{rbs}	
Collector-base capacitance for transistors with isolated device terminals and a separate screen lead	C_{ocb}	
Small-signal value of the short-circuit input admittance: – in common-emitter configuration – in common-base configuration	y_{11e} or y_{ie} y_{11b} or y_{ib}	$y_{11e} = \frac{I_b}{V_{be}}$ with $V_{ce} = \text{constant}$ and $y_{11e} = \frac{1}{h_{11e}}$ $y_{11b} = \frac{I_c}{V_{cb}}$ with $V_{cb} = \text{constant}$ and $y_{11b} = \frac{1}{h_{11b}}$
Small-signal value of the short-circuit reverse transfer admittance: – in common-emitter configuration – in common-base configuration	y_{12e} or y_{re} y_{12b} or y_{rb}	$y_{12e} = \frac{I_b}{V_{ce}}$ with $V_{be} = \text{constant}$ $y_{12b} = \frac{I_c}{V_{cb}}$ with $V_{cb} = \text{constant}$
Small-signal value of the short-circuit forward transfer admittance: – in common-emitter configuration – in common-base configuration	y_{21e} or y_{fe} y_{21b} or y_{fb}	$y_{21e} = \frac{I_c}{V_{be}}$ with $V_{ce} = \text{constant}$ $y_{21b} = \frac{I_c}{V_{cb}}$ with $V_{cb} = \text{constant}$
Small-signal value of the short-circuit output admittance: – in common-emitter configuration – in common-base configuration	y_{22e} or y_{oe} y_{22b} or y_{ob}	$y_{22e} = \frac{I_c}{V_{ce}}$ with $V_{be} = \text{constant}$ $y_{22b} = \frac{I_c}{V_{cb}}$ with $V_{cb} = \text{constant}$
Modulus of the short-circuit reverse transfer admittance: – in common-emitter configuration – in common-base configuration	$ y_{12e} $ or $ y_{re} $ $ y_{12b} $ or $ y_{rb} $	
Phase of the short-circuit reverse transfer admittance: – in common-emitter configuration – in common-base configuration	φ_{y12e} or φ_{yre} φ_{y12b} or φ_{yrb}	

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
6.4.4.2 (suite)		
Module de l'admittance de transfert direct, sortie en court-circuit: – en montage émetteur commun – en montage base commune	$ y_{21e} $ ou $ y_{fe} $ $ y_{21b} $ ou $ y_{fb} $	
Phase de l'admittance de transfert direct, sortie en court-circuit: – en montage émetteur commun – en montage base commune	$\varphi_{y_{21e}}$ ou $\varphi_{y_{fe}}$ $\varphi_{y_{21b}}$ ou $\varphi_{y_{fb}}$	
Coefficient de réflexion d'entrée: – en montage émetteur commun – en montage source commune – en montage base commune – en montage grille commune – en montage collecteur commun – en montage drain commun	s_{11e} ou s_{1e} s_{11s} ou s_{1s} s_{11b} ou s_{1b} s_{11g} ou s_{1g} s_{11c} ou s_{1c} s_{11d} ou s_{1d}	
Coefficient de réflexion de sortie: – en montage émetteur commun – en montage source commune – en montage base commune – en montage grille commune – en montage collecteur commun – en montage drain commun	s_{22e} ou s_{2e} s_{22s} ou s_{2s} s_{22b} ou s_{2b} s_{22g} ou s_{2g} s_{22c} ou s_{2c} s_{22d} ou s_{2d}	
Coefficient de transmission direct: – en montage émetteur commun – en montage source commune – en montage base commune – en montage grille commune – en montage collecteur commun – en montage drain commun	s_{21e} ou s_{2e} s_{21s} ou s_{2s} s_{21b} ou s_{2b} s_{21g} ou s_{2g} s_{21c} ou s_{2c} s_{21d} ou s_{2d}	
Coefficient de transmission inverse: – en montage émetteur commun – en montage source commune – en montage base commune – en montage grille commune – en montage collecteur commun – en montage drain commun	s_{12e} ou s_{1e} s_{12s} ou s_{1s} s_{12b} ou s_{1b} s_{12g} ou s_{1g} s_{12c} ou s_{1c} s_{12d} ou s_{1d}	

Name and designation	Letter symbol	Remarks
6.4.4.2 (continued)		
Modulus of the short-circuit forward transfer admittance: – in common-emitter configuration – in common-base configuration	$ y_{21e} $ or $ y_{ie} $ $ y_{21b} $ or $ y_{ib} $	
Phase of the short-circuit forward transfer admittance: – in common-emitter configuration – in common-base configuration	φ_{y21e} or φ_{yfe} φ_{y21b} or φ_{yfb}	
Input reflection coefficient: – in common-emitter configuration – in common-source configuration – in common-base configuration – in common-gate configuration – in common-collector configuration – in common-drain configuration	s_{11e} or s_{ie} s_{11s} or s_{is} s_{11b} or s_{ib} s_{11g} or s_{ig} s_{11c} or s_{ic} s_{11d} or s_{id}	
Output reflection coefficient: – in common-emitter configuration – in common-source configuration – in common-base configuration – in common-gate configuration – in common-collector configuration – in common-drain configuration	s_{22e} or s_{oe} s_{22s} or s_{os} s_{22b} or s_{ob} s_{22g} or s_{og} s_{22c} or s_{oc} s_{22d} or s_{od}	
Forward transmission coefficient: – in common-emitter configuration – in common-source configuration – in common-base configuration – in common-gate configuration – in common-collector configuration – in common-drain configuration	s_{21e} or s_{fe} s_{21s} or s_{fs} s_{21b} or s_{fb} s_{21g} or s_{fg} s_{21c} or s_{fc} s_{21d} or s_{fd}	
Reverse transmission coefficient: – in common-emitter configuration – in common-source configuration – in common-base configuration – in common-gate configuration – in common-collector configuration – in common-drain configuration	s_{12e} or s_{re} s_{12s} or s_{rs} s_{12b} or s_{rb} s_{12g} or s_{rg} s_{12c} or s_{rc} s_{12d} or s_{rd}	

6.4.4.3 Paramètres du circuit équivalent hybride en π modifié

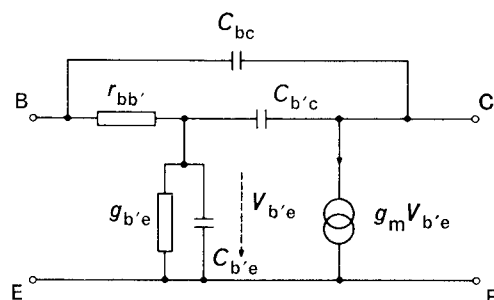
Note. — Ce circuit équivalent constitue seulement une approximation du premier ordre, valable pour la plupart des transistors dans un certain domaine de fréquences.



Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
Résistance intrinsèque de base	$r_{bb'}$	
Conductance base intrinsèque-émetteur	$g_{b'e}$	
Capacité base intrinsèque-émetteur	$C_{b'e}$	
Capacité base intrinsèque-collecteur	$C_{b'c}$	
Transconductance intrinsèque	g_m	
Capacité base-collecteur	C_{bc}	
6.4.5 Paramètres de fréquence		
Fréquence de coupure:		
– en montage émetteur commun	f_{h21e} ou f_{hfe}	
– en montage base commune	f_{h21b} ou f_{hfb}	
– en montage collecteur commun	f_{h21c} ou f_{hfc}	
Fréquence du rapport de transfert unité du courant (fréquence unité)	f_l	$f_l = f$ pour $ h_{21c} = 1$
Fréquence de transition	f_T	$f_T = f \times h_{21e} $ (h_{21e} est mesuré dans une région de décroissance avec une pente de 6 dB/octave)
Fréquence maximale d'oscillation	f_{max}	
Fréquence pour laquelle le coefficient de transmission direct est égal à l'unité:		
– en montage émetteur commun	f_{se}, f_{ise}	$f_{se} = f$ pour $ s_{21e} = 1$
– en montage source commune	f_{ss}, f_{iss}	$f_{ss} = f$ pour $ s_{21s} = 1$
– en montage base commune	f_{sb}, f_{isb}	$f_{sb} = f$ pour $ s_{21b} = 1$
– en montage grille commune	f_{sg}, f_{isg}	$f_{sg} = f$ pour $ s_{21g} = 1$
– en montage collecteur commun	f_{sc}, f_{isc}	$f_{sc} = f$ pour $ s_{21c} = 1$
– en montage drain commun	f_{sd}, f_{isd}	$f_{sd} = f$ pour $ s_{21d} = 1$

6.4.4.3 Modified hybrid π equivalent circuit parameters

Note. — This equivalent circuit is only a first order approximation, valid for most transistors over a certain frequency range.



Name and designation	Letter symbol	Remarks
Base intrinsic resistance	$r_{bb'}$	
Intrinsic base-emitter conductance	$g_{b'e}$	
Intrinsic base-emitter capacitance	$C_{b'e}$	
Intrinsic base-collector capacitance	$C_{b'c}$	
Intrinsic transconductance	g_m	
Base-collector capacitance	C_{bc}	
6.4.5 Frequency parameters		
Cut-off frequency:		
– in common-emitter configuration	$f_{h_{21e}}$ or $f_{h_{fe}}$	
– in common-base configuration	$f_{h_{21b}}$ or $f_{h_{fb}}$	
– in common-collector configuration	$f_{h_{21c}}$ or $f_{h_{fc}}$	
Frequency of unity current transfer ratio	f_i	$f_i = f$ for $ h_{21e} = 1$
Transition frequency	f_T	$f_T = f \times h_{21e} $ (h_{21e} is measured in a region where the roll-off is 6 dB/octave)
Maximum frequency of oscillation	f_{max}	
Frequency of unity forward transmission coefficient:		
– in common-emitter configuration	f_{se}, f_{lse}	$f_{se} = f$ for $ s_{21e} = 1$
– in common-source configuration	f_{ss}, f_{lss}	$f_{ss} = f$ for $ s_{21s} = 1$
– in common-base configuration	f_{sb}, f_{lsb}	$f_{sb} = f$ for $ s_{21b} = 1$
– in common-gate configuration	f_{sg}, f_{lsg}	$f_{sg} = f$ for $ s_{21g} = 1$
– in common-collector configuration	f_{sc}, f_{lsc}	$f_{sc} = f$ for $ s_{21c} = 1$
– in common-drain configuration	f_{sd}, f_{lsd}	$f_{sd} = f$ for $ s_{21d} = 1$

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
6.4.6 Paramètres de commutation		
Durée moyenne d'une impulsion	t_w	
Durée d'une impulsion	t_p	
Facteur d'utilisation	D, δ	Facteur d'utilisation = $\frac{t}{T}$
Retard à la croissance	t_d	Impulsion d'entrée
Temps de croissance	t_r	
Retard à la décroissance	t_s	Impulsion de sortie
Temps de décroissance	t_f	