



PRODETERMINATOR
Analyseur de
Semiconducteurs Kit
AS4002

Manuel d'utilisation

Copyright MW Instruments (C) 2004

<http://www.mwinstruments.com>

PRODETERMINATOR, manuel d'utilisation, V1.0

Introduction

L'analyseur de semiconducteurs PRODETERMINATOR est un instrument très utile qui peut identifier facilement et de façon fiable un grand nombre de semiconducteurs.

Caractéristiques

◆ Reconnaissance automatique des composants suivants:

- ⇒ Transistors bipolaires
- ⇒ Transistors Darlington
- ⇒ Transistors MOSFET à enrichissement
- ⇒ Transistors FET à jonction
- ⇒ Triacs
- ⇒ Thyristors
- ⇒ Diodes
- ⇒ Transistors unijonction
- ⇒ Composants défectueux en court-circuit

◆ Paramètres mesurés et autres particularités

- ⇒ Reconnaissance automatique du brochage pour tous les composants ci-dessus
- ⇒ Mesure du gain en courant pour les transistors bipolaires
- ⇒ Affichage du courant de collecteur ou de drain
- ⇒ Mesure de V_{BE} et de I_B
- ⇒ Reconnaissance des résistances shunt Base-Emetteur
- ⇒ Reconnaissance des diodes de protection Collecteur-Emetteur
- ⇒ Mesure du courant de fuite de collecteur I_{CEO}
- ⇒ Reconnaissance automatique du type de semi-conducteur (Ge/Si)
- ⇒ Mesure de la tension de seuil des MOSFET
- ⇒ Mesure de la tension de seuil, de I_{DSS} et de $R_{DS(on)}$ pour les JFET
- ⇒ Mesure de la tension et du courant direct pour des diodes
- ⇒ Mesure du courant de fuite des diodes
- ⇒ Mesure des paramètres R_{BB} et η pour les transistors unijonction
- ⇒ Mesure de la résistance de court-circuit des composants défectueux

Analyse du composant

L'analyseur de semiconducteurs PRODETERMINATOR est destiné à l'analyse de semiconducteurs hors circuit et non alimentés. Ceci est nécessaire afin d'éviter les erreurs de détection et des mesures de paramètres erronés. Les composants à trois bornes peuvent être connectés de manière quelconque sur les bornes de test. Les diodes doivent être connectées entre les bornes gauche et droite.

Lorsque l'instrument est mis sous tension, l'afficheur indique la version du logiciel durant deux secondes environ puis l'analyse démarre.



M3 Semiconductor
Analyzer Rev. 3.0

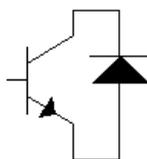
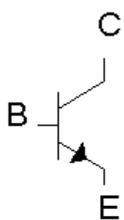
Si aucun composant n'est présent sur les bornes de test ou si le composant ne figure pas parmi les semiconducteurs autorisés, le message suivant sera affiché:



No component
--*

Lorsqu'un composant est reconnu, la première ligne indique le type de composant ainsi que des paramètres éventuels. La deuxième ligne indique le brochage du composant et pour certains d'autres paramètres. Pour la plupart des composants l'instrument affichera plusieurs écrans successifs espacés de quatre secondes environ. L'analyse est réalisée en temps réel, il suffit pour cela de connecter le composant inconnu sur les bornes de test et le PRODETERMINATOR indiquera le résultat de l'analyse en moins d'une seconde. Le rétroéclairage de l'instrument est activé lorsqu'un composant est reconnu puis se désactive si le composant est retiré ou après une période d'inactivation de 30 secondes, ceci afin d'économiser l'énergie de la pile.

Transistors bipolaires



Un transistor bipolaire (BJT) est un composant semiconducteur utilisé généralement pour l'amplification ou la commutation. Physiquement un transistor bipolaire amplifie un courant, mais il peut être utilisé dans des circuits destinés à amplifier une tension ou une puissance. Il y a deux grandes familles de transistors bipolaires, les NPN et les PNP. Le rapport du courant de collecteur par rapport au courant de base est appelé gain en courant (H_{FE}), qui est de l'ordre de 100 pour la plupart des BJT. Les transistors bipolaires peuvent être fabriqués appareillés, avec un bien meilleur appareillage que les transistors FET, ce qui les rend très utiles pour les circuits analogiques de précision. Ils sont ainsi utilisés dans les amplificateurs opérationnels ou les amplificateurs à composants discrets, dans lesquels une paire de transistors appareillés est utilisée pour réaliser un miroir de courant. Pour terminer on rencontre parfois dans certains transistors hautes fréquences ou de puissance une diode entre le collecteur et l'émetteur qui sera identifié par l'analyseur.

Le PRODETERMINATOR peut détecter automatiquement deux types de semiconducteurs: Germanium ou Silicium. Le premier type n'est quasiment plus utilisé actuellement. Il peut aussi reconnaître une éventuelle diode interne, symbolisée par le pictogramme , ainsi qu'une éventuelle résistance shunt Base-Emetteur. Tous les paramètres sont affichés par trois différents écrans. Le premier concerne le paramètre H_{FE} (gain en courant) du transistor. Le PRODETERMINATOR peut mesurer le gain en courant dans la gamme 5-999. L'instrument peut aussi détecter des transistors Darlington. Dans ce cas l'analyseur affiche les mêmes paramètres que pour les transistors bipolaires à l'exception du gain en courant. La valeur du gain en courant est dépendante de la polarisation du transistor. Le gain est généralement optimum pour une certaine valeur de courant de collecteur et décroît légèrement en-deça et au-delà de cette valeur. Le courant de collecteur n'est pas fixe mais dépend de la valeur effective du gain. Celui-ci sera affiché et se situera dans la fourchette 1,5mA-12mA.

La valeur H_{FE} affichée peut être différente de celle existant réellement dans le circuit réel avec des valeurs de tension de collecteur et de courant de collecteur différents. La valeur affichée est néanmoins utile à des fins de comparaison ou de recherche de défauts. La mesure du gain pour les transistors de puissance peut ne pas être précise. Dans ce dernier cas le symbole étoile « * » sera affichée derrière la valeur du gain. Ceci est aussi valable pour les transistors possédant une résistance shunt Base-Emetteur.

Cet exemple montre le premier écran pour un transistor Silicium NPN avec une diode de protection.




Cet exemple montre l'affichage lorsqu'un transistor au Germanium de type PNP est détecté par le PRODETERMINATOR

Cet écran est affiché lorsqu'un transistor Darlington est détecté. Dans ce cas le gain en courant n'est pas affiché. Le courant de collecteur présent lors de la mesure est ici de 3,25mA. Le rapport de ce courant avec le courant de base ne donnera pas une valeur correcte. Néanmoins le gain réel sera toujours supérieur à la valeur calculée par le PRODETERMINATOR.




Cet écran montre la mesure imprécise du gain pour un transistor de type ESM113. Ce transistor possède une diode de protection et une résistance shunt

comme l'atteste les symboles « RS » et . Le gain réel du transistor sera supérieur à 31.

☞ Veuillez noter que le PRODETERMINATOR indique que le transistor inconnu est un semiconducteur de type Germanium si la tension Base-Emetteur est comprise entre 0,1V et 0,4V. Si cette tension se trouve entre 0.4V et 1V le semiconducteur sera reconnu comme étant du type Silicium. Entre 1V et 2V le PRODETERMINATOR reconnaîtra le transistor comme étant un Darlington.

Le deuxième écran donne les valeurs de la tension Base-Emetteur V_{BE} ainsi que courant de base I_B du point de polarisation utilisé lors de la mesure du gain.



NPN Si $V_{BE}=0.69V$
-M- C-B-E 24.4 μA

Le troisième et dernier écran affiche le courant de fuite de collecteur I_{CEO} . Ce courant est mesuré lorsque la base est reliée à l'émetteur du transistor via une résistance de 100k Ω . Le courant circulant dans cette résistance est faible par rapport au courant de base. La valeur de I_{CEO} ainsi déterminée est proche du courant de fuite théorique normalement mesuré avec la base ouverte. On peut déterminer la valeur du courant de fuite de base I_{CBO} en divisant la valeur donnée par l'analyseur par le gain en courant du transistor. La mesure du courant de fuite est effectuée sur deux gammes. La première s'étend de 0,1 μA à 25 μA avec une résolution de 100nA. La deuxième gamme est utilisée pour les courants de fuite se situant entre 25 μA et 500 μA avec une résolution de 1 μA . L'exemple ci-contre montre le résultat pour un ancien transistor au Germanium AC130. On rencontrera un courant de fuite de plusieurs microampères pour ce type de transistors, les transistors de puissance au Germanium pouvant donner un courant de fuite beaucoup plus important. Un transistor au silicium ne devrait pas donner de courant de fuite important.



NPN Ge $I_o= 5.5\mu A$
E-B-C

☞ Veuillez noter que le l'analyseur ne peut identifier les transistors bipolaires dont le courant de fuite dépasse la valeur de 500 μA .

Semi-conducteurs défectueux

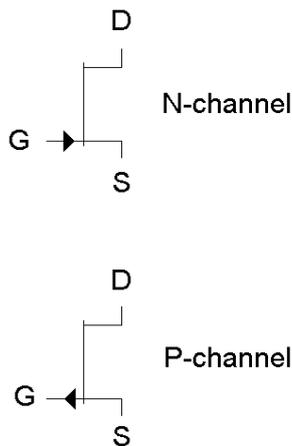
Un transistor défectueux aura souvent une ou deux jonctions en court-circuit. L'analyseur reconnaît les broches concernées et affiche la résistance de court-circuit mesurée.



SHORT R_{SH} 4 Ω
*-X-X

☞ Veuillez noter que le PRODETERMINATOR détermine un court-circuit si la résistance mesurée entre deux bornes est inférieure à 50Ω. La résistance est mesurée en faisant circuler le courant dans les deux sens. La valeur de la résistance ne doit pas être influencée par la troisième borne. Le courant de test utilisé pour la mesure de la résistance est de l'ordre de 12mA.

Transistors à effet de champ à jonction (JFETS)



Avec une tension grille-source nulle un courant de drain est présent lorsqu'une tension est appliquée entre le drain et la source. Ce courant symbolisé par le symbole I_{DSS} est appelé courant de saturation. Le courant de drain est modulé en appliquant une tension entre la grille et la source. Les transistors canal N nécessitent une tension grille-source négative, plus celle-ci est négative plus le courant de drain diminue. Lorsque la tension grille-source devient inférieure à la tension de seuil du transistor V_{TO} le courant de drain devient nul. Les transistors à canal P ont un fonctionnement similaire mis à part que leurs tensions de seuil sont positives.

Lorsque la tension drain-source est faible, le transistor se comporte comme une résistance variable dont la valeur dépend de la tension grille-source. Une valeur particulière est obtenue lorsque la tension grille-source est nulle : c'est la résistance R_{DSON} .

A l'inverse des MOSFET les JFET n'ont pas de couche isolante sur la grille. Lorsque le transistor est normalement polarisé il y a un très faible courant de grille, mais un courant important peut circuler dans la grille si la jonction est polarisée dans le sens direct.

Contrairement aux autres testeurs de semiconducteurs, le PRODETERMINATOR utilise une méthode originale permettant la détermination des paramètres V_{TO} , I_{DSS} et R_{DSON} .

La structure interne des JFETs est essentiellement symétrique par rapport à la grille, ce qui signifie que le drain et la source ne sont pas distinguables par l'analyseur. Cependant l'analyseur affichera la position du drain et de la source conformément à la configuration utilisée lors de la mesure des paramètres. La permutation du drain et de la source du transistor ne changera pas le brochage affiché, mais les paramètres seront recalculés en tenant compte de cette nouvelle configuration. Ainsi il devient possible de vérifier la symétrie du transistor en comparant les valeurs pour les deux configurations. Les trois paramètres sont affichés successivement toutes les quatre secondes environ.

Mesure de la tension de seuil

La tension de seuil est négative pour les transistors canal N et positive pour les transistors canal P. La valeur maximum de mesure est de $\pm 20V$, la valeur minimum de $\pm 0,5V$. La résolution est de 10mV pour les valeurs jusqu'à $\pm 9,99V$ et de 100mV au-dessus.

L'exemple ci-contre montre le résultat pour un JFET canal N.



Mesure du courant de saturation

Le courant de saturation peut être déterminé sur une échelle allant de 0.5mA à 99,9mA. La résolution est de 10 μ A pour les courants jusqu'à 10mA et 100 μ A au-delà. Les transistors possédant un faible courant I_{DSS} (inférieur à 2mA) l'analyseur affichera la valeur 0.00mA.

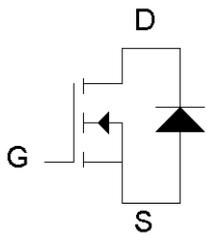


Détermination de la résistance RDSON

Le PRODETERMINATOR peut évaluer la résistance R_{DSON} entre 0 et 999 Ω avec une résolution de 1 Ω . Les transistors à faibles I_{DSS} (<2mA) donneront une valeur instable ou « --- ».



Transistors MOSFETs à enrichissement



Le signe MOSFET signifie Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor. Comme les JFET, ils sont disponibles sous deux types différents : canal N et les canal P. La plupart des MOSFETs sont du type à enrichissement, c'est-à-dire que la tension grille-source est toujours positive pour le canal N. L'autre type (relativement rare) est le transistor MOSFET à déplétion. Ce dernier ne sera pas reconnu par le PRODETERMINATOR.

Les MOSFETs ont une grille isolée qui introduit un très faible courant de grille, aussi bien pour les tensions positives que pour les tensions négatives. Une caractéristique importante des MOSFETs est la tension de seuil à partir de laquelle il y a conduction du transistor. En dessous de cette valeur le transistor est bloqué et il n'y a pas de courant circulant entre le drain et la source. Les MOSFETs à enrichissement comportent une diode parasite entre le drain et la source.

L'analyseur détecte la conduction du canal drain-source lorsque le courant de drain a atteint la valeur de 2mA environ.

L'afficheur donne les informations sur le type de MOSFET détecté, la tension de seuil et le brochage du transistor. A l'instar des transistors bipolaires le courant de test est affiché sur la seconde ligne.

Dans cet exemple l'analyseur affiche les paramètres pour un transistor canal N de type BUZ11A.

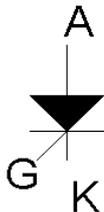
```
NMOS  VTO  3.27V
      G-D-S  2.25mA
```

Ici l'analyseur donne les résultats pour un MOSFET canal P IRF9520.

```
PMOS  VTO -2.97V
      G-D-S  1.78mA
```

☞ Le courant de grille maximal est fixé à 1µA. De manière à obtenir un résultat fiable l'instrument doit être utilisé dans un environnement sec, l'humidité pouvant créer des courants parasites à la surface du circuit imprimé qui peuvent entraîner une mauvaise détection des MOSFETs

Thyristors (SCR) et Triacs



Les Thyristors sont des organes de commutation qui ne demandent pas de courant de contrôle lorsqu'ils sont amorcés. Lorsqu'une faible impulsion de courant est appliquée sur la gâchette, le SCR conduit uniquement dans le sens direct, comme n'importe quelle diode. Lorsque l'impulsion a disparue le transistor est toujours conducteur, pourvu qu'un courant minimum (appelé courant de maintien) soit maintenu.

Les thyristors sensibles (Silicon Controlled Rectifiers-SCRs) et les Triacs peuvent être aisément identifiés par le PRODETERMINATOR. Le fonctionnement d'un Triac est très proche de celui d'un thyristor mais malgré tout l'analyseur est en mesure de distinguer les deux types de composants.

Ci-contre l'affichage de l'analyseur pour un thyristor TS420.

```
SCR
  A-K-G
```

```
TRI AC
  Â - G - Ã
```

Affichage de l'analyseur pour un triac MAC97A8.

☞ Le courant de test utilisé par le PRODETERMINATOR est faible (<12mA) afin d'éliminer tout risque de destruction du composant à tester. Certains thyristors et triacs ne peuvent pas fonctionner avec de tels courants et partant ne seront pas reconnus par l'analyseur.

Diodes

La diode (ou tout autre type de jonction de semiconducteur) doit être connectée entre les bornes gauche et droite de l'analyseur. L'analyseur affiche trois écrans successifs espacés de quatre secondes environ.

Le premier affichage donne la tension directe et le courant direct avec une résistance de limitation d'environ 400Ω , qui donne un courant maximum d'environ 12mA pour une jonction théoriques qui aurait une tension directe nulle. L'exemple ci-dessous donne le premier écran pour une diode LED.



DIODE V_{D1} 1.88 V
K-M-A 7.5mA

L'écran suivant donne les mêmes informations mais avec une résistance de limitation de $5,9k\Omega$, qui génère un courant maximal de $800\mu A$. La même LED connectée à l'instrument donne des valeurs de tension et de courants directs plus faibles.



DIODE V_{D2} 1.64 V
K-M-A 0.57mA

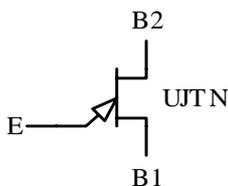
Le dernier écran donne le résultat de la mesure du courant de fuite ainsi que la tension inverse associée. Une jonction au Silicium fonctionnelle ne devrait pas apporter de courant de fuite notable. Les jonctions de Germanium donneront en général un faible courant de fuite. L'exemple ci-dessous donne le résultat pour une jonction base émetteur d'un ancien transistor de type OC140. Certains composants spéciaux comme les photodiodes peuvent être testés par ce dispositif. Le courant de fuite maximal mesurable est de $25\mu A$ avec une résolution de $100nA$. Au-dessus de cette valeur l'analyseur affichera « --- » en lieu et place du courant de fuite.



DIODE I_R 0.2 μA
K-M-A 4.99 V

☞ Afin d'obtenir des résultats fiables l'instrument doit être gardé dans un environnement sec, l'humidité pouvant être la cause de courants parasites nuisants à la bonne mesure du courant inverse des diodes.

Transistor unijonction



Le transistor unijonction (UJT) est plus un thyristor qu'un transistor. Il possède une seule jonction et a été parfois référencé comme une double diode à double base. Le transistor unijonction est bloqué tant qu'une tension de seuil, V_P , n'est pas atteinte. A ce moment l'émetteur entre en conduction, provoquant une impulsion positive sur la base B_1 et une impulsion négative sur la base B_2 . La tension de seuil V_P dépend de la tension entre les deux bases et du rapport de résistances intrinsèque η . Lorsque la tension d'émetteur est inférieure à la tension de seuil le canal B_1 - B_2 se comporte comme une résistance nommée R_{BB} , généralement comprise entre $5k\Omega$ et $10k\Omega$.

L'analyseur ne reconnaît pas les transistors unijonctions dont les valeurs de R_{BB} sont inférieures à 100Ω ou supérieures à $20k\Omega$. L'analyseur détermine le brochage et mesure les deux paramètres. La mesure du paramètre η demande quelques secondes de stabilisation. Le PRODETERMINATOR ne permet pas la détection des transistors unijonction programmables.

```
UJT  RBB = 5.0kΩ  
B2-B1-E  η = 0.57
```

Calibration

Le but de la calibration est de mesurer les valeurs des résistances internes des commutateurs analogiques. La mesure de ces résistances est réalisée par un procédé automatique. Lorsque l'analyseur non calibré est mis sous tension le message suivant est affiché:

```
Cal Error
```

Dans ce cas l'analyseur utilise des valeurs par défaut pour les calculs internes. Les mesures peuvent être imprécises et certains composants peuvent ne pas être reconnus. Le mode calibration est activé en réalisant un court-circuit au niveau du cavalier ST1, et en reliant ensemble les trois bornes de test. L'analyseur doit ensuite être mis sous tension et l'écran suivant doit apparaître:



Cal
Remove jumper W1

Le court-circuit du cavalier interne doit être ôté tout en laissant les bornes de test reliées ensemble. L'analyseur réalise la mesure de trois résistances et affiche leurs valeurs. Ces dernières devraient se situer aux alentours de 130Ω. L'analyseur est maintenant prêt à l'emploi.

Option OP1 : Analyseur d'Optocoupleurs

L'extension OP1 permet la détection des optocoupleurs classiques ainsi que la mesure de leur CTR (Current Transfer Ratio). Le module doit être connecté à l'analyseur avant la mise sous tension de celui-ci. Par ailleurs afin que le module externe puisse être reconnu par l'analyseur, aucun composant ne doit être présent sur le module ou sur l'analyseur. Lorsque l'analyseur est mis sous tension, l'écran suivant apparaît:



OP1 Optocoupler
Tester Detected

Si aucun optocoupleur n'est présent ou en présence d'un optocoupleur défectueux l'analyseur affiche l'écran suivant:



No optocoupler

La présence d'un optocoupleur valide provoque l'apparition de l'écran suivant:



CTR=544 %
V=1.09V I=1.69mA

La première ligne donne la valeur du CTR. Cette donnée exprimée en % correspond au rapport entre le courant de collecteur du transistor de sortie et le courant de la LED d'entrée de l'optocoupleur. La gamme de mesure s'étend de 1% à 600%. Le courant maximal de sortie est de 10mA.

La deuxième ligne donne la valeur du courant d'entrée ainsi que la tension directe de la diode.

Spécifications techniques

Température de référence: 25°C

Paramètre	Minimum	Typique	Maximum	Note
Peak test current across unknown	-12mA		12mA	1
Peak test voltage across unknown	-5.1V		5.1V	1
Measurable transistor gain H_{FE}	5		999	
Transistor H_{FE} accuracy	±2% ±2			
Transistor V_{BE} accuracy	±2% ±20mV			
V_{BE} for Germanium identification	0.1V		0.5V	
V_{BE} for Silicon identification	0.5V		1.0V	
V_{BE} for Darlington identification	1.0V		2.0V	
Transistor collector-emitter test current	0.25mA		12mA	
Transistor collector-emitter test current		2.0mA		2
Acceptable collector leakage		0.9mA		3
Base-emitter shunt resistor threshold	50kΩ			
MOSFET gate threshold range	0.1V		4.9V	
MOSFET gate threshold accuracy		±2% ±20mV		
MOSFET drain-source test current		2mA		4
MOSFET maximum gate current		1μA		
JFET R_{DSON} range	1Ω		999Ω	
JFET R_{DSON} accuracy	±5% ±10Ω			
JFET I_{DSS} range	0.2mA		100mA	
JFET I_{DSS} accuracy		±5% ±0.1mA		5
JFET V_{TO} range	-20V		20V	
Thyristor/Triac gate test current		10mA		
Thyristor/Triac load test current		10mA		
Diode limiting resistor #1		400Ω		
Diode limiting resistor #2		10kΩ		
Diode forward voltage accuracy		±2% ±20mV		
Diode leakage current range	0.0μA		25.0μA	6
UJT R_{BB} range	100Ω		20kΩ	

UJT R_{BB} accuracy		$\pm 3\%$ $\pm 100\Omega$		
UJT η range	15%		85%	
UJT η accuracy		$\pm 2\%$		7
Battery type	9V-LR622			
Battery voltage range	7.5V	9V	15V	
Inactivity backlight shutdown		30 secs		
Operating temperature range	0°C		50°C	

1. Between any pairs of test clips.
2. $H_{FE} = 100$, Silicon transistor
3. Collector-emitter voltage of 4.0V
4. Actual test current depending of threshold voltage: $I_D = (5 - V_{TO})/1.1k\Omega$
5. Typical accuracy.
6. Reverse voltage is 5V if $I_R = 0\mu A$, 2.5V if $I_R = 25.0\mu A$
7. $V_{BB} = 5.0V$