



PC-Transistortester TT 7001 Teil 1

Der Transistortester TT 7001 ermöglicht es, im Zusammenwirken mit einem PC die charakteristischen Kennlinien von Transistoren, FETs, Dioden, Z-Dioden, Triacs und Thyristoren aufzunehmen und zu protokollieren. Der TT 7001 ist als externes Gerät ausgeführt, das an eine serielle Standard-Schnittstelle eines PCs angeschlossen wird. Die Bedienung erfolgt über eine komfortable Software, die unter Windows 3.1x/95 arbeitet und die die Aufnahme, Speicherung, Druckausgabe sowie den Vergleich von Kennlinien ermöglicht.

Allgemeines

Im praktischen Umgang mit Halbleiterbauelementen ist es oft erforderlich, die Daten der eingesetzten Bauelemente genau zu kennen, um etwa in analogen Schaltungen durch ausgesuchte Halbleiter genaue Parameter einstellen zu können.

Die heute in fast jedem Multimeter integrierten Halbleiter-Testfunktionen erlauben jedoch nur die überschlägige Messung einzelner Parameter von Transistoren und Dioden. Für genaue Messungen ist ein spezielles Testgerät erforderlich.

Mit dem hier vorgestellten Halbleitertester TT 7001 ist eine umfassende Prüfung der Funktion und eine genaue Beurteilung der Parameter aller gängigen Halbleiterbauelemente möglich.

Doch damit nicht genug, es kann z. B. auch die Kennlinie eines vorgegebenen Transistors (Referenztransistor) aufgenommen werden, um diese anschließend mit den Kennlinien der Ersatztypen zu vergleichen, um Bauelementepaarungen und ganze Reihen von Halbleitern mit annähernd gleichen Daten schnell und einfach zu ermitteln.

Die Handhabung dieses innovativen Testsystems ist durch die zugehörige komfortable Bedien- und Auswertesoftware besonders übersichtlich und anwenderfreundlich.

Grundlagen

Bevor wir zur Bedienung und grundsätzlichen Funktionsweise des PC-Transistortesters TT 7001 kommen, wollen wir

uns zunächst mit einigen wichtigen Grundlagen der zu testenden Bauelemente befassen.

Die Software des Testsystems teilt die Halbleiter in neun Gruppen ein, die sich durch die im folgenden beschriebenen Prüfverfahren unterscheiden.

Transistor

Mit der Bezeichnung „Transistor“ ist üblicherweise ein Bipolar-Transistor gemeint. Wesentliches Merkmal dieses Transistortyps ist das stromverstärkende Verhalten. Der in die Basis hineinfließende Strom I_B wird verstärkt und führt zum Fließen eines Kollektorstroms I_C . Der Verstärkungsfaktor ist dabei bei unterschiedlichen Spannungen und Strömen nicht linear und wird durch eine Kennlinie beschrieben.

Die Bipolar-Transistoren sind als NPN- oder PNP-Transistor erhältlich, die sich in der Polarität unterscheiden. Der prinzipielle Anschluß eines NPN-Transistors ist in Abbildung 1 dargestellt.

Über den Widerstand R_B fließt ein konstanter Strom in die Basis des Transistors, der verstärkt wird und einen Kollektorstrom zur Folge hat, der durch den Lastwiderstand R_C fließt. Basis- und Kollektorstrom fließen zusammen über den Emittor des Transistors ab.

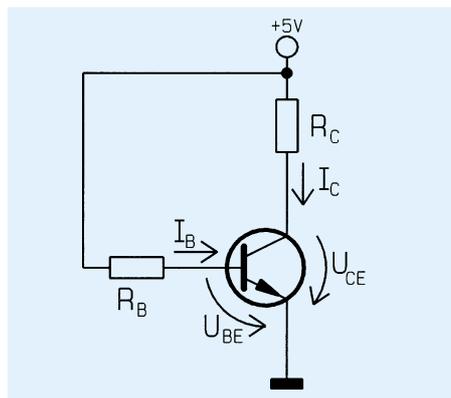


Bild 1: Anschlußschema eines NPN-Bipolar-Transistors

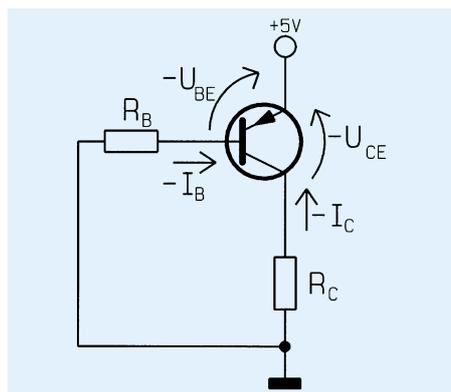


Bild 2: Anschlußschema eines PNP-Bipolar-Transistors

Die Funktion eines PNP-Transistors ist weitgehend identisch, wobei die Strom- und Spannungsrichtungen entgegengesetzt sind (Abbildung 2).

Um eine Kennlinie aufzunehmen, gibt man einen konstanten Basisstrom vor und erhöht anschließend die Kollektor-Emitter-Spannung in kleinen Stufen, von 0 V beginnend. Die dabei fließenden Kollektor-Ströme werden gemessen und in die Kennlinie eingetragen.

Ist die maximale vorgegebene Kollektor-Emitter-Spannung oder der maximal vorgegebene Kollektorstrom erreicht, so erfolgt ein Zurückschalten der Kollektor-Emitter-Spannung auf 0 V.

Danach wird der Basisstrom um eine Stufe erhöht und die Messung wiederholt.

Eine so entstandene Kurvenschar, auch Kennlinienfeld genannt, besteht dabei aus maximal 10 einzelnen Kurven, die zusammen in ein Diagramm eingetragen sind.

Abbildung 3 zeigt als Beispiel das typische Kennlinienfeld eines NPN-Transistors.

Feldeffekt-Transistoren

Feldeffekttransistoren (auch als FETs bezeichnet) sind aktive Halbleiter, die im Gegensatz zum Bipolar-Transistor mit einem elektrischen Feld leistungslos angesteuert werden. Man unterscheidet grundsätzlich sechs verschiedene Typen von Feldeffekttransistoren, deren Schaltsymbole in Abbildung 4 zusammengefaßt sind.

Das Gate (G) ist die Steuerelektrode, mit der sich der Widerstand zwischen Drain (D) und Source (S) steuern läßt. Analog zum Bipolar-Transistor wird zwischen n-Kanal- und p-Kanal-FETs unterschieden, deren prinzipieller Anschluß in den Abbildungen 5 und 6 dargestellt ist. Auch hier unterscheiden sich die beiden Typen durch die unterschiedliche Polarität der Ströme und Spannungen. Zusätzlich differenziert

FET					
Sperrschicht		Mosfet			
n-Kanal	p-Kanal	Depletion Mosfet		Enhancement Mosfet	
n-Kanal	p-Kanal	n-Kanal	p-Kanal	n-Kanal	p-Kanal
selbstleitende Fets			selbstsperrende Fets		

Bild 4: Übersicht der 6 Feldeffekt-Transistor-Grundtypen

man zwischen selbstleitenden und selbstsperrenden Typen, die sich durch die Art der Gate-Ansteuerung unterscheiden.

Einen FET, bei dem bei einer Steuer-spannung von $U_{GS} = 0$ V der größte Drain-

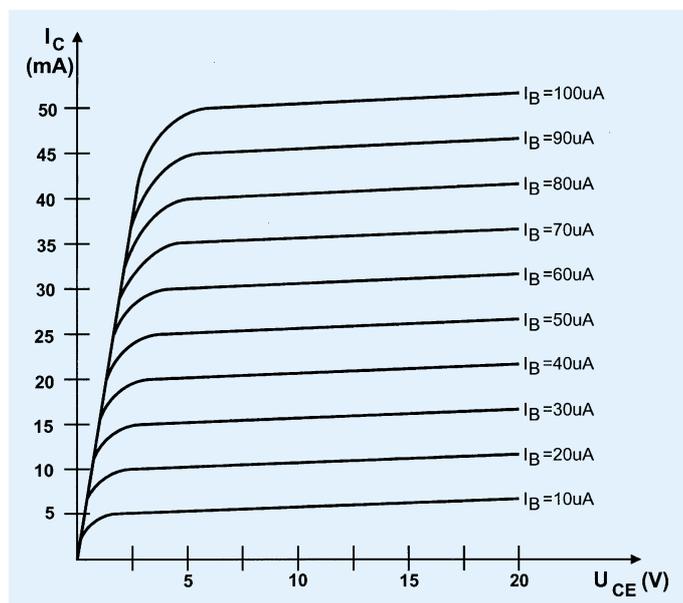


Bild 3: Kennlinienfeld eines NPN-Transistors

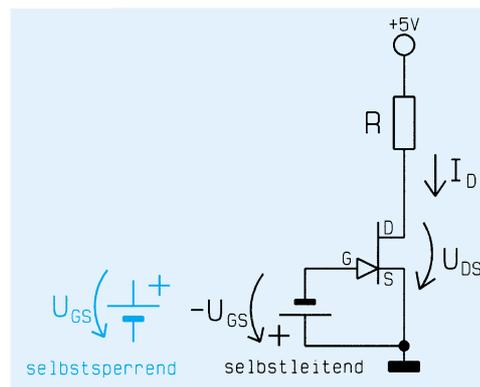


Bild 5: N-Kanal-FET-Anschlußschema

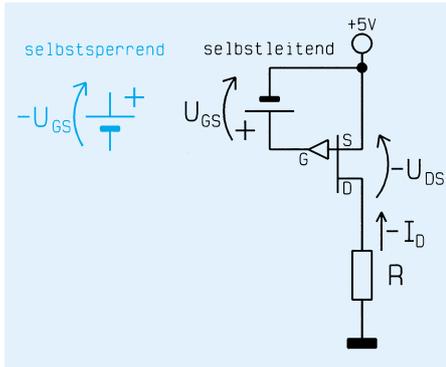


Bild 6: P-Kanal-FET-Anschlußschema

strom fließt, bezeichnet man als selbstleitend. Durch Anlegen einer negativen Steuerspannung wird der Drain-Source-Widerstand vergrößert, so daß der Drainstrom abnimmt. Ein selbstsperrender FET hingegen sperrt bei einer Steuerspannung von $U_{GS} = 0V$ und beginnt zu leiten, wenn die Steuerspannung einen bestimmten positiven Wert überschreitet.

Als Beispiel ist in Abbildung 7 das Kennlinienfeld eines selbstsperrenden n-Kanal-Power-MOSFET dargestellt.

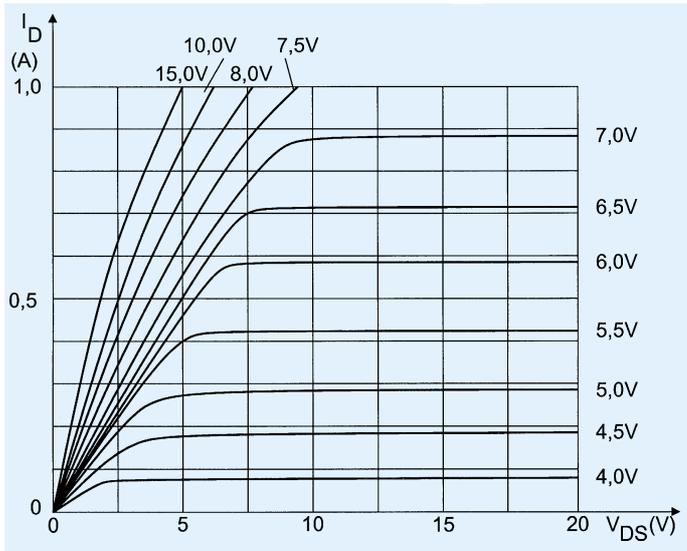


Bild 7: Kennlinienfeld eines n-Kanal-Power-Mosfets

Zweipol

Unter einem Zweipol versteht man ein Bauteil, das zwei Anschlüsse aufweist und sich durch eine I/U-Kennlinie beschreiben läßt. Das prinzipielle Anschlußschema eines Zweipols ist in Abbildung 8 dargestellt. Zur Aufnahme der Kennlinie wird die Spannung, von 0 V beginnend, stufenweise erhöht und der gemessene Strom in die Kennlinie aufgenommen. So kann man z. B. Dioden auf ihre Funktion überprüfen.

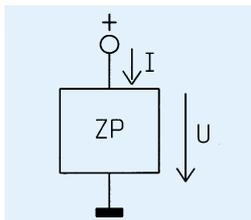


Bild 8: Zweipol-Anschlußschema

Thyristor

Das prinzipielle Anschlußschema eines Thyristors ist in Abbildung 9 gezeigt. Im Ruhezustand ist die Anoden-Katoden-Strecke gesperrt, und durch den Lastwiderstand R fließt kein Strom. Sobald nun in das Gate ein Strom hineinfließt, der einen bestimmten Wert (Zündstrom genannt) überschreitet, zündet der Thyristor, und die Anoden-Katoden-Strecke wird leitend. Dieser Zustand bleibt solange erhalten, bis kein Zündstrom mehr fließt und der Anoden-Katoden-Strom unterhalb des Haltestromes absinkt.

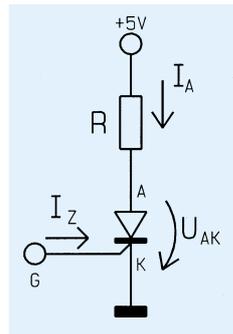


Bild 9: Anschlußschema eines Thyristors

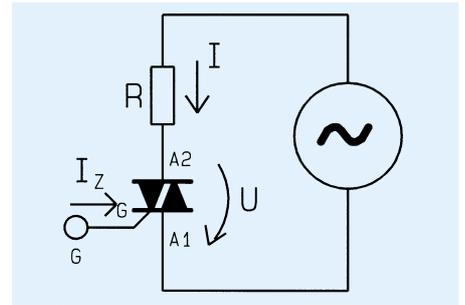


Bild 10: Anschlußschema eines Triacs

Triac

Bei einem Triac handelt es sich im Prinzip um zwei antiparallel geschaltete Thyristoren, allerdings mit nur einem Steuereingang. Das Anschlußschema ist in Abbildung 10 dargestellt. Der Triac kann wie der Thyristor mit einem positiven Zündstrom gezündet werden. Im Unterschied zum Thyristor ist das Zünden aber auch mit einem negativen Zündstrom möglich und ebenso ein Betreiben des Triacs mit negativer Spannung.

Der Triac eignet sich somit zum Schalten von Wechselströmen und löst in der praktischen Anwendung auch überwiegend diese Aufgabe. Das Testverfahren gestaltet sich ähnlich wie beim Thyristor, es unterscheidet sich nur dadurch, daß der positive und der negative Zündstrom ermittelt und für beide Fälle die Durchlaßkennlinie aufgenommen wird.

Bedienung

Die Bedienung des TT 7001 ist durch die übersichtlich und logisch aufgebaute Softwaresteuerung besonders einfach.

Das Programm bietet eine umfangreiche Hilfe-Funktion, in der alle Menüpunkte des Programms ausführlich erläutert sind. Ebenfalls sind Informationen zum Anschluß an den PC und Hinweise zur Fehler-suche enthalten.

Alle Funktionen des Programms können über die Menüzeile mit den Menüpunkten „Messung“, „Vergleichstyp“, „Optionen“ und „Hilfe“ ausgewählt werden. Zusätzlich sind direkt unter der Menüzeile acht Buttons angeordnet, die das sofortige Ausführen der am häufigsten verwendeten Aktionen ermöglichen.

Kennlinienaufnahme

Um eine Kennlinie eines neuen Bauteiles aufzunehmen, ist zuerst der linke Button mit dem Transistor-Symbol anzuklicken.

Daraufhin erscheint ein Fenster, das in Abbildung 11 dargestellt ist und zur Auswahl des Bauteiltyps dient. Es stehen insgesamt neun verschiedene Typen zur Auswahl, von denen der gewünschte mit dem Mauszeiger auszuwählen ist.

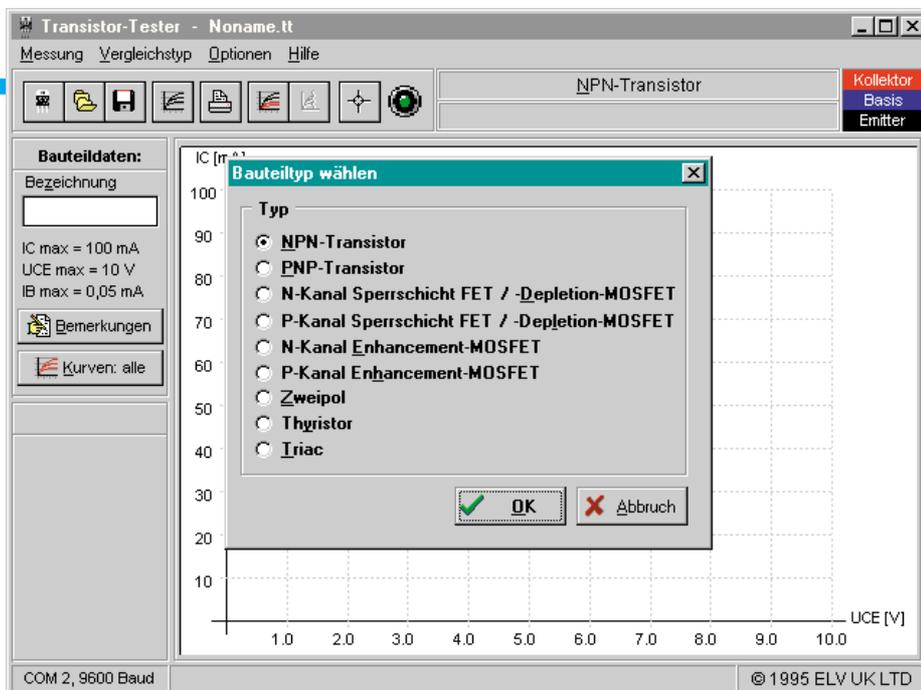


Bild 11: Windows-Fenster zur Auswahl des Bauteiltyps

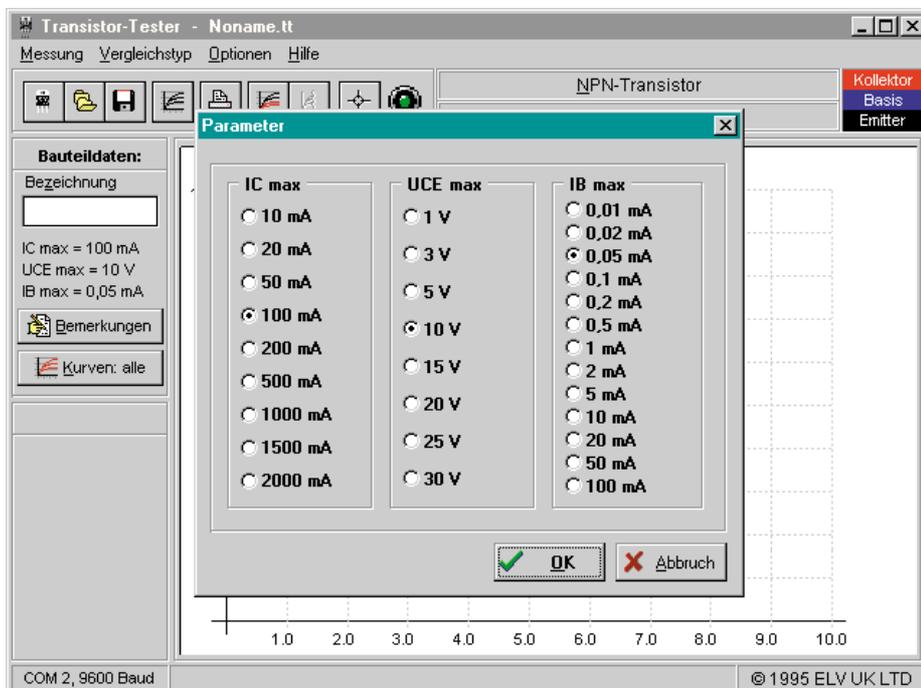


Bild 12: Auswahlfenster zur Einstellung der Testparameter

Die Eingabe wird mit dem OK-Button bestätigt, und es erscheint das nächste Fenster, das in Abbildung 12 dargestellt ist und zur Einstellung der Test-Parameter dient. Die Parameter sind in festen Stufen vorgegeben und mit dem Mauszeiger auswählbar.

Um Zerstörungen von Bauteilen auszuschließen, ist zu beachten, daß es nicht zu einer Überschreitung der maximalen Daten des Prüflings kommt. Beim Bauteiletest mit hohen Strömen ist auf ausreichende Kühlung zu achten. Da die hohen Ströme nur kurzzeitig auftreten, kommt es üblicherweise bei der Aufnahme einer Kennlinie zu keiner übermäßigen Erwärmung, so daß der Einsatz eines Kühlkörpers meist entbehrlich ist.

Anders sieht es bei Wiederholungsmes-

sungen an ein und demselben Prüfling aus. Hier empfiehlt es sich, zwischen den Messungen eine Pause einzulegen, damit sich der Prüfling wieder abkühlen kann.

Die Auswahl der Test-Parameter ist durch Anklicken des OK-Buttons zu beenden, und es erscheint wieder das Hauptfenster, in dem oberhalb des Kennlinienfeldes der ausgewählte Bauteiltyp erscheint.

Die ausgewählten Test-Parameter erscheinen ebenfalls auf der linken Bildschirmhälfte, und das Koordinatenfeld ist mit den entsprechenden Werten beschriftet.

Rechts oben auf dem Bildschirm ist die Zuordnung der drei Testbuchsen zu den Anschlüssen des Prüflings dargestellt. Die Verbindung mit dem Prüfling muß über kurze isolierte Leitungen erfolgen, wobei

unbedingt Kurzschlüsse zwischen den Anschlußklemmen zu vermeiden sind.

Meßablauf

Nun kann die Messung gestartet werden, indem der vierte Button von links betätigt wird.

Die Busy-LED des TT 7001 leuchtet, auf und parallel zur Messung erscheinen die aufgenommenen Kennlinien auf dem Bildschirm.

Da bei vielen Halbleitern die Daten zum Teil erheblichen Schwankungen unterliegen, kann es sein, daß bei der ersten Kennlinienaufnahme die Skalierung des Koordinatenkreuzes noch nicht optimal ist und entweder die Kennlinien so stark ansteigen, daß diese den Darstellungsbereich verlassen oder sich die Kurven im unteren Teil des Koordinatenfeldes überlagern.

Hier empfiehlt es sich dann, die Meß-Parameter zu verändern und den Test zu wiederholen. Dazu ist erneut der linke Button zu betätigen und das erste Auswahlfenster mit OK zu bestätigen. Daraufhin erscheint wieder das Fenster mit den Test-Parametern, das die aktuellen Einstellungen anzeigt.

Bei zu stark ansteigenden Kennlinien ist dies entweder auf einen zu hohen Basisstrom zurückzuführen oder aber der Maßstab des Kollektorstromes ist zu klein eingestellt.

Liegen die Kennlinien im unteren Teil des Koordinatensystems, so ist der Basisstrom zu erhöhen oder falls dies aufgrund der Grenzdaten des angeschlossenen Bauteils nicht möglich ist, der Maßstab des Kollektorstromes zu verringern.

Im Anschluß an die Änderung der Einstellungen wird das Auswahlfenster mit dem OK-Button verlassen und erneut der Testablauf gestartet. Evtl. muß die Parametereinstellung nochmals wiederholt werden, um die aufgenommenen Kennlinien optimal darzustellen.

Sollen sich einzelne Kennlinien überschneiden, bietet die Software die Möglichkeit, einzelne Kurven auszublenden, indem der Button „Kurven“ auf der linken Bildschirmseite betätigt wird. Hier können alle Kurven einzeln aktiviert oder deaktiviert werden.

Als Beispiel ist in Abbildung 13 das Kennlinienfeld eines NPN-Bipolar-Transistors dargestellt.

Zeichnung, Bemerkungen eintragen

Entspricht die Kennlinie den Vorstellungen, so kann man im Feld „Bezeichnung“ die Typbezeichnung des Bauteils eintragen. Für zusätzliche Bemerkungen steht mit dem Button „Bemerkungen“ ein weiteres Eingabefeld zur Verfügung. Um das Meßergebnis zu speichern, ist der zweite Button von links zu betätigen.

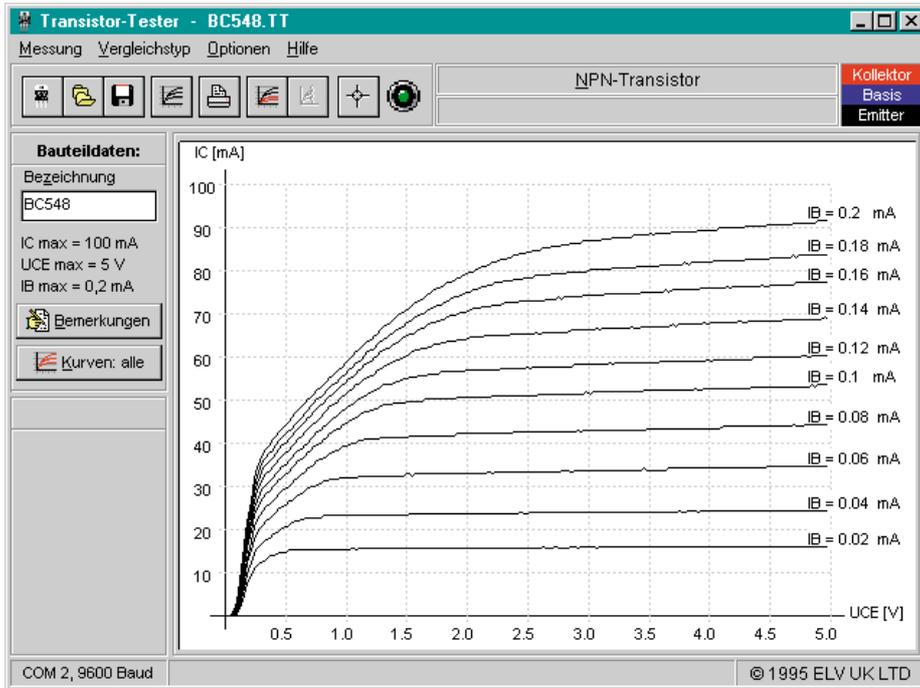


Bild 13: Kennlinienfeld eines NPN-Bipolar-Transistors

Druckerausgabe

Das Kennlinienfeld kann mit dem Drucker durch Anwählen des Drucker-Buttons (5. von links) ausgegeben werden. Es erscheint ein Auswahlfeld, in dem man angeben kann, ob die Bemerkungen mit zum Ausdruck gelangen sollen. Bei der Druckerausgabe werden nur die Kurvenscharen ausgegeben, die auch auf dem Bildschirm dargestellt (aktiviert) sind.

Fadenkreuz-Funktion

Um Werte aus der Kennlinie abzulesen, steht eine Fadenkreuz-Funktion zur Verfügung, die durch Betätigen des rechten Buttons zu aktivieren ist. Befindet sich der Mauszeiger dann im Kennlinienfeld, wechselt er seine Form. Er erscheint als Fadenkreuz, dessen Koordinaten in Form von Strom und Spannung unter dem Kennlinienfeld dargestellt ist. Das Abschalten der Funktion erfolgt durch nochmaliges Betätigen des rechten Buttons.

Wiederholungstest

Will man ein Bauteil erneut testen, dessen Daten bereits abgespeichert sind, so sind die Bauteildaten durch Betätigen des

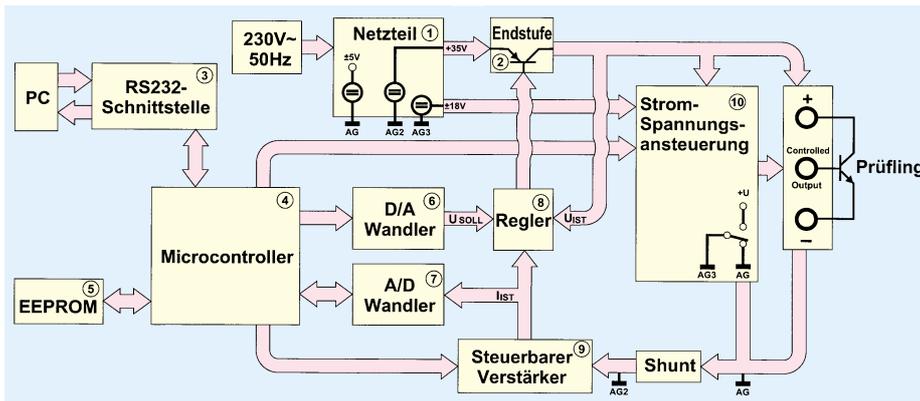
zweiten Buttons von links wieder aufrufbar. Es erscheint dann die vorher aufgenommene Kennlinie, die dann nach dem Start eines Tests durch die neue Kennlinie überschrieben wird.

Kennlinienvergleich

Als Option kann man Kennlinien miteinander vergleichen, indem durch den dritten Button von rechts ein gespeicherter Typ geladen wird. Dessen Kennlinie ist rot dargestellt und die Testparameter sind auf der linken unteren Ecke des Bildschirms angezeigt. Wird nun ein Testablauf gestartet, so erfolgt ein zusätzliches Eintragen der aufgenommenen Kurvenschar in das Kennlinienfeld.

Zu beachten ist hierbei, daß ein Vergleich nur möglich ist, wenn die Testparameter des gespeicherten Vergleichstyps mit den eingestellten Parametern übereinstimmen (gleicher Maßstab des Koordinatenkreuzes).

Bild 14: Blockschaltbild des TT 7001



Funktion

Anhand des in Abbildung 14 dargestellten Blockschaltbildes soll zunächst die Funktionsweise des Transistortesters TT 7001 betrachtet werden. Die Spannungsversorgung erfolgt direkt aus dem 230V-Wechselspannungsnetz.

Das Netzteil erzeugt eine galvanisch getrennte 35V-Gleichspannung bei einem Laststrom von 2,4 A, der zur Belastung des Prüflings dient.

Eine symmetrische 18V-Versorgungsspannung, die ebenfalls galvanisch getrennt ist, dient zur Versorgung der Strom- und Spannungsansteuerung (Block 10). Die letzte Spannungsversorgung mit ± 5 V dient zur Speisung der Analogstufen und des Digitalteils.

Zentraler Bestandteil der Schaltung ist der Mikrocontroller, der im Block 4 dargestellt ist.

Dieser übernimmt über eine RS232-Schnittstelle (Block 3) die Kommunikation mit dem Rechner und steuert die Hardware des TT 7001. Das EEPROM (Block 5) dient zur Zwischenspeicherung von Meßdaten und zum Ablegen der Abgleichwerte.

Der Sollwert der Prüfspannung wird vom Controller in den DA-Wandler (Block 6) geschrieben, dessen Ausgangsspannung auf den Regler (Block 8) geschaltet ist. Dieser vergleicht nun die Soll- und Istspannung und regelt entsprechend die Endstufe (Block 2).

Der Strom durch den Prüfling fließt über einen Shuntwiderstand, an dem eine Spannung abfällt, die proportional zum fließenden Strom ist.

Über einen einstellbaren Verstärker, der im Block 9 dargestellt ist, erreicht die Meßspannung den AD-Wandler (Block 7), der wiederum mit dem Mikrocontroller verbunden ist.

Die Meßspannung gelangt ebenfalls auf den Regler, der bei Überschreitung des zulässigen Gesamtstroms die Ausgangsspannung sofort abschaltet, um eine Beschädigung des Prüflings zu verhindern.

Transistoren, Triacs und Thyristoren benötigen zur Ansteuerung einen Strom. Dagegen erfolgt die Steuerung von FETs über eine Spannung, die im Block 10 generiert wird. Die Ansteuerung muß positive und negative Spannungen erzeugen können, deren Bezugspunkt auf dem Plus- oder Minus-Anschluß des Prüflings liegen muß.

Damit ist die Beschreibung der Funktionsweise des PC-Transistortesters TT 7001 abgeschlossen. Im nächsten Teil wenden wir uns der Schaltungsbeschreibung dieses interessanten Halbleiter-Testsystems zu.

