



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Aenderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

1562 97

Int.Cl.³

3(51) G 01 R 31/02

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 R/ 2268 30 0

(22) 06.01.81

(44) 11.08.82

(71) siehe (72)

(72) MUELLER, HANS-DIETER, DR.; DD;

(73) siehe (72)

(74) VEB FERNMELDEWERK ARNSTADT, ABT. ETP, PATENTSTELLE, 5210 ARNSTADT, BIERWEG 6

(54) KOPPELFELD FUER PRUEFEINRICHTUNGEN

(57) Die Erfindung betrifft ein Koppelfeld fuer Pruefeinrichtungen zum wahlweisen Anschalten eines Meßobjektes, insbesondere zur Verdrahtungspruefung von Kabelbaeumen und Verdrahtungsnetzwerken. Ziel der Erfindung ist die Verkuerzung der Pruefzeit, insbesondere von umfangreichen Pruefobjekten und die Verbesserung und Erweiterung der Pruefaussage zur wesentlichen Erhoehung der Qualitaetsaussage. Dabei ist es Aufgabe der Erfindung, eine wahlfreie Anschaltung des Pruefobjektes und eine Schlußmessung mit Umschaltung von Gruppenpruefung auf Einzelpruefung zu gestatten. Es sind bei der Durchgangs- und Schlußpruefung die Groeßen hoch- und niederohmiger Widerstaende, der Durchlaß- und Sperrwiderstaende von Diodenstrecken und des Durchgangswiderstandes der Sollverbindung zu erfassen. Durch die Gestaltung des Koppelfeldes ist der Aufwand der Steuereinheit zu verringern. Erfindungsgemaeß zeichnet sich das aus unipolaren Transistoren aufgebaute Koppelfeld durch einen hierarchischen Aufbau von zu Untergruppen zusammengefaßter Meßpunkte aus, die durch uebergeordnete mehrfache Gruppen, Hauptgruppen...erfaßt werden. Jeder hierarchischen Gruppe sind mehrfach parallelgeschaltete Steuerleitungen der Steuerschaltung zugeordnet. -Figur-

226830 -1-

Anmelder: Dr. Müller, Hans-Dieter

Titel der Erfindung

Koppelfeld für Prüfeinrichtungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Koppelfeld für Prüfeinrichtungen zum wahlweisen Anschalten eines Meßobjektes, insbesondere zur Verdrahtungsprüfung von Kabelbäumen und Verdrahtungsnetzwerken.

Die Prüfung von Verdrahtungseinheiten verlangt Meßstellenumschalter, welche es gestatten, jeden Punkt der zu prüfenden Verdrahtungseinheit wahlfrei mit einer Meßspannungsquelle oder einer Auswerteschaltung für den Meßstrom zu verbinden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die Ansteuerleitungen der Koppelpunkte des Meßstellenumschalters sind im allgemeinen matrixförmig verdrahtet, um den Ansteueraufwand gering zu halten (DD-PS 67 179; DE-OS 2 228 254). Um die Forderung der Schlußprüfung (jeder Punkt wird gegen jeden geprüft) zu realisieren, sind bei derartigen Meßstellenumschaltern eine Vielzahl von Ansteuerungen und Messungen erforderlich, die bei größeren Verdrahtungseinheiten zu unökonomischen Prüfzeiten führen.

Die Koppelpunkte dieser Einrichtungen werden mittels Relais, Transistoren oder Standardlogikbausteinen realisiert (Funk-

technik 23 (1968) 6, S. 205-206; Elektronik 22 (1973) 1 S. 15-18; sozialistische Rationalisierung 4 (1975) 12 S. 362-367).

Dabei treten bei Koppellementen, die mittels Transistoren oder Logikbausteinen realisiert werden, Einschränkungen hinsichtlich der Meßgrenzen für Widerstandswerte innerhalb der Verdrahtungseinheit aufgrund der Sättigungsspannungen und der erforderlichen Ansteuerströme, die ebenfalls durch das zu prüfende Leitungselement fließen (DD-WP 120 302, Elektronik 25 (1976) 8 S. 43-46; DD-WP 113 964; Hasler Mitteilung 35 (1976) 1 S. 1 und S. 9), auf.

Andere Prüfeinrichtungen verwenden in den Koppellementen Speicherschaltungen, die das Vorhandensein nicht erlaubter Verbindungen registrieren (DD-PS 67 179; DD-PS 113 964) und deren Speicherinhalte über matrixförmig verdrahtete Abtastpunkte abgefragt und der Auswertung zugeführt werden.

Der Aufwand für derartige Koppelleinrichtungen ist sehr hoch, da in jedem Koppelpunkt eine Speicherschaltung realisiert werden muß.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Verkürzung der Prüfzeit, insbesondere von umfangreichen Prüfobjekten und die Verbesserung und Erweiterung der Prüfaussage zur wesentlichen Erhöhung der Qualitätsaussage der geprüften Meßobjekte.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Dabei ist es Aufgabe der Erfindung, eine wahlfreie Anschaltung der Anschlüsse des Meßobjektes an das Prüfgerät und bei der Schlußprüfung einer Leitung gegen alle Leitungen eine Umschaltung gruppenmäßig zusammengefaßter Leitungen auf Einzelmessung bei auftretendem Schluß zu gestatten. Es ist weiterhin

bei der Durchgangs- und Schlußprüfung die Größe hoch- und niederohmiger Widerstände, des Durchlaß- und Sperrwiderstandes von Diodenstrecken und des Durchgangswiderstandes der Sollverbindung zu erfassen. Das Koppelfeld der Prüfeinrichtung ist dabei dermaßen aufzubauen, daß der Aufwand für die Steuereinheit wesentlich verringert wird.

Erfindungsgemäß ist einmal die an Erdpotential angeschlossene Meßschaltung in der Hauptgruppe mit den Sourcen der unipolaren Transistoren und zum anderen der an Erdpotential angeschlossene Generator in der Hauptgruppe mit den Sourcen der unipolaren Transistoren verbunden. Dabei sind die Gates der unipolaren Transistoren über zugehörige Steuerleitungen der Hauptgruppen an der Steuereinheit angeschlossen. An jedem Drain der unipolaren Transistoren sind eine der Zahl der Steuerleitungen der Gruppen entsprechende Anzahl zu Gruppen zusammengefaßter unipolarer Transistoren mit ihren Sourcen nachgeschaltet. Die Gates der unipolaren Transistoren jeder Gruppe sind reihenfolgegemaß parallelgeschaltet und über die Steuerleitungen der Gruppen mit der Steuereinheit verbunden. An jedem Drain der unipolaren Transistoren sind wiederum eine der Zahl der Steuerleitungen der Untergruppen entsprechende Anzahl zu Untergruppen zusammengefaßter unipolarer Transistoren mit den Sourcen nachgeschaltet. Die Gates der unipolaren Transistoren jeder Untergruppe sind reihenfolgegemaß parallelgeschaltet und über die Steuerleitungen der Untergruppen mit der Steuereinheit verbunden. An den Zusammenschaltungspunkten der Drains der zugehörigen unipolaren Transistoren befinden sich die Meßpunkte zum wahlfreien Anschalten der Anschlüsse der Meßobjekte. Als Koppellemente lassen sich auch bipolare Transistoren und/oder Relais einsetzen. Das Koppelfeld zeichnet sich durch einen hierarchischen Aufbau von zu Untergruppen zusammengefaßter Meßpunkte aus, die durch übergeordnete mehrfache Gruppen, Hauptgruppen...erfaßt sind, wobei jeder hierarchischen Gruppe Steuerleitungen zugeordnet sind, an die jeweils die Untergruppen, Gruppen, Hauptgruppen...jeder hierarchischen Gruppe reihenfolgegemaß parallelgeschaltet sind.

Diese mehrfache Parallelschaltung verringert erheblich den Decoder- und Treiberaufwand für die Ansteuerung in der Steuereinheit. Dieser gewählte Aufbau des Koppelfeldes gestattet ein einfaches Ansteuern der Meßpunkte eines Meßobjektes, aber auch

das mehrfache Anschalten weiterer beliebiger Meßpunkte, z. B. einer Untergruppe, wobei die Auswahl der Meßpunkte durch Aktivierung der entsprechenden Steuerleitungen in den verschiedenen Untergruppen, Gruppen, Hauptgruppen... der hierarchischen Ordnung von der Steuereinheit aus erfolgt. Das führt zu einer erheblichen Verkürzung der Prüfzeiten.

Da das Koppelfeld aus unipolaren Transistoren aufgebaut ist, die mittels einer Steuerspannung gesteuert werden, fließt durch das Meßobjekt kein Steuerstrom. Das ermöglicht auch die Messung hochohmiger Widerstände. Weiterhin ist durch den geringen Durchlaßwiderstand der Drain-Source-Strecke die Messung niederohmiger Meßobjekte durchführbar. Da die Anschaltung der Meßobjekte in einer Art Brückenschaltung erfolgt, bestehen für jedes Meßobjekt zwei wählbare Prüfwege.

Das ermöglicht in einfacher Weise das Messen der Sperr- und Durchlaßwiderstände von Diodenstrecken. Als Reststrom, der das Meßergebnis beeinflusst, wird durch den gewählten Aufbau des Koppelfeldes nur die Summe der weiteren unipolaren Transistoren der höchsten Gruppe der hierarchischen Ordnung wirksam. Da neben der Schlußmessung eine Angabe des gemessenen Widerstandswertes erfolgt, ergibt sich eine verbesserte und erweiterte Prüfaussage, was zu einer wesentlichen Erhöhung der Qualitätsaussage der geprüften Meßobjekte führt.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung ist das Koppelfeld für Prüfeinrichtungen mit Steuereinheit sowie Generator und Meßschaltung dargestellt.

Das Koppelfeld wird von einer Anzahl Steuerleitungen StL aus der Steuereinheit St angesteuert, wobei von einem Generator Ge eine Sendespannung U an das an die Meßpunkte Mp angeschaltete Meßobjekt Mo angelegt und die resultierende Meßspannung Ux von der Meßschaltung M erfaßt wird.

Jeweils an den Sourcen S;S' einer Reihenschaltung zweier unipolarer Transistoren T111;T'111...T1kl;T'1kl liegt ein Meßpunkt Mp111...Mpikl zum Anschließen der Meßobjekte Mo1...x mit seinen Anschlüssen. Die Meßobjekte Mo1...x können mit ihren Anschlüssen wahlweise an die Meßpunkte Mp111...Mpikl angeschlossen werden. Es werden jeweils mehrere Meßpunkte Mp111...111;...Mp1kl;...Mpikl zu Untergruppen UGr11...ik;UGr'11...ik zusammengefaßt. Es entspricht dabei die Anzahl der Steuerleitungen StL-UGr1...1;StL-UGr'1...1 zur Ansteuerung der Gate G;G' der unipolaren Transistoren T111...111;T'111...111 der Anzahl der Meßpunkte Mp111...Mp111 der ersten Untergruppe UGr11;UGr'11. Die folgenden Untergruppen UGr21...ik;UGr'21...ik sind zur Ansteuerung mittels der Steuerleitungen der Untergruppen StL-UGr1...1;StL-UGr'1...1 jeweils reihenfolgegemäß parallelgeschaltet.

Im weiteren hierarchischen Aufbau des Koppelfeldes sind die zusammengefaßten Drains D;D' der unipolaren Transistoren T111...111;...T1kl;T'111...111;...T'1kl der Untergruppen UGr11...1k;UGr'11...1k an die Sourcen S;S' der zugehörigen unipolaren Transistoren T11...T1k;T'11...T'1k einer Gruppe Gr1;Gr'1 geführt. Die Gate G;G' der unipolaren Transistoren T11...1k;T'11...1k sind an die Steuerleitungen StL-Gr1...k;StL-Gr'1...k geführt. In gleicher Weise sind weitere Untergruppen UGr1k;UGr'1k zu Gruppen Gri;Gr'i zusammengefaßt und mit den Steuerleitungen der Gruppen StL-Gr1...k;StL-Gr'1...k verbunden. In der folgenden hierarchischen Ebene des Koppelfeldes sind die zusammengefaßten Drains D;D' der unipolaren Transistoren T11...1k der Gruppe Gr1;Gr'1 an die Sourcen S;S' der unipolaren Transistoren T1;T'1 der Hauptgruppen HGr;HGr' geführt. Dabei sind weitere Gruppen Gri;Gr'i an zugehörige unipolare Transistoren

T_i;T'_i in der Hauptgruppe HGr;HGr' angeschlossen, wobei den Gates G;G' der unipolaren Transistoren T₁..._i;T'₁..._i je eine Steuerleitung der Hauptgruppe StL-HGr₁..._i;StL-HGr'₁..._i zugeordnet ist. Die Drains D der Transistoren T₁..._i sind mit dem Eingang der Meßschaltung M und die Drains D' der Transistoren T'₁..._i sind mit dem Ausgang des Generators Ge verbunden.

Der Aufbau des Koppelfeldes erfolgt dabei mit unipolaren Transistoren T₁..._i;T'₁..._i;T₁₁..._{ik};T'₁₁..._{ik};T₁₁₁..._{ikl};T'₁₁₁..._{ikl}, die mittels einer Steuerspannung gesteuert werden. Das bedingt, daß durch das Meßobjekt Mo kein Steuerstrom fließt und die Messung des Wertes hochohmiger Widerstände ermöglicht ist. Da der Durchlaßwiderstand der unipolaren Transistoren niederohmig ist, lassen sich auch die Widerstandswerte niederohmiger Meßobjekte Mo₁..._x erfassen. Ist, wie in dem Ausführungsbeispiel dargestellt, das an den Meßpunkten Mp₁₁₁; Mp₁₂₁ angeschlossene Meßobjekt Mo₁ zu prüfen, so müssen aus der Steuereinheit St die zutreffenden Steuerleitungen StL ausgewählt und aktiviert werden, um den Meßweg durchzuschalten. In diesem Fall betrifft es die Steuerleitungen der Hauptgruppe StL-HGr'₁, der Gruppe StL-Gr'₂ und der Untergruppe StL-UGr'₁ sowie der Untergruppe UGr₁, der Gruppe StL-Gr₁ und der Hauptgruppe StL-HGr₁.

Es ergibt sich dabei der Meßweg 1:

Erdpotential $\div$; Generator Ge; unipolarer Transistor T'₁; unipolarer Transistor T'₁₂; unipolarer Transistor T'₁₂₁; Meßpunkt Mp₁₂₁; Meßobjekt Mo₁; Meßpunkt Mp₁₁₁; unipolarer Transistor T₁₁₁; unipolarer Transistor T₁₁; unipolarer Transistor T₁; Meßschaltung M; Erdpotential $\div$.

Sollte das Meßobjekt Mo₁ z. B. eine Diodenstrecke darstellen und wäre im vorliegenden Meßvorgang der Durchlaßwiderstand gemessen worden, ist ohne Umschaltung des Meßobjektes Mo₁ nur durch eine entsprechende Auswahl und Aktivierung der Steuerleitungen StL der Sperrwiderstand meßbar. Das betrifft dann die Steuerleitungen der Hauptgruppe StL-HGr'₁, der Gruppe StL-Gr'₁ und der Untergruppe StL-UGr'₁ sowie der Untergruppe StL-UGr₁, der Gruppe StL-Gr₂ und der Hauptgruppe StL-HGr₁, wobei sich der folgende Meßweg 2 ergibt:

Erdpotential $\pm$; Generator Ge; unipolarer Transistor T'1; unipolarer Transistor T'11; unipolarer Transistor T'111; Meßpunkt Mp111; Meßobjekt Mo1; Meßpunkt Mp121; unipolarer Transistor T121; unipolarer Transistor T12; unipolarer Transistor T1; Meßschaltung M; Erdpotential $\pm$.

Als Reststrom, der das Meßergebnis beeinflußt, wird nur die Summe der Restströme der weiteren in der Hauptgruppe HGr zusammengefaßten unipolaren Transistoren T(i-1) wirksam, der aufgrund seiner kleinen Werte im wesentlichen vernachlässigbar ist.

Bei der Schlußprüfung eines Meßpunktes gegen alle anderen Meßpunkte ergibt sich eine Verringerung der Prüfzeit, indem gleichzeitig alle Steuerleitungen der Untergruppen StL-UGr11...ik aktiviert werden und durch weitere aufeinanderfolgende Aktivierung der Steuerleitungen der Gruppen StL-Gr1...StL-Grk in Verbindung mit den Steuerleitungen der Hauptgruppen StL-HGr1...i die gruppenweise Abfrage erfolgt, ob ein betreffender Punkt des Meßobjektes Mox Schluß zu einem Meßpunkt Mp111...111...Mp1kl...Mpikl der einzelnen Untergruppen UGr11...UGrik aufweist. Hierbei verringert sich die Zahl der Messungen um den Faktor $1/l$, wobei l die Anzahl der Meßpunkte pro Untergruppe UGrik darstellt. Tritt in einer Untergruppe ein Schluß auf, so ist ein zeitlich aufeinanderfolgendes Ansteuern der einzelnen Meßpunkte Mpikl der Untergruppe UGrik zur Ermittlung der genauen Schlußposition erforderlich.

Weist das Prüfobjekt nur eine geringe Anzahl von Schlüssen auf, läßt sich die Prüfzeit weiter verkürzen, indem gleichzeitig alle Steuerleitungen der Gruppen StL-Gr1...k und der Hauptgruppen StL-HGr1...i oder jeweils mehrere in Gruppen zusammengefaßte Steuerleitungen aktiviert werden.

Die Meßzeit T einer Schleife ergibt sich aus der Meßzeit für die Durchgangsprüfung und die Schlußprüfung

$$T = (m - 1)t + \left[\frac{n}{l}t + m(1 - 1)t \right] . \quad (1)$$

Dabei stellen m = Anzahl der Meßpunkte pro Schleife; t = Dauer einer Messung; n = Gesamtzahl der Meßpunkte und l = Anzahl der Meßpunkte pro Untergruppe dar.

Das Minimum der Meßzeit T einer Schleife ergibt sich zu

$$l = \frac{n}{m} \cdot \quad (2)$$

Die Gesamtmeßzeit T_G beträgt dabei

$$T_G = T \frac{n}{m} \cdot \quad (3)$$

Für den Grenzwert $l = 1$ folgt aus der Formel (1) die Meßzeit T' für den bisherigen Aufbau von Koppelfeldern zu

$$T' = (m - 1)t + nt. \quad (4)$$

Aus dem Verhältnis der Meßzeiten

$$T' = \frac{(m - 1)t + nt}{(m - 1)t + \frac{n}{l}t + m(1 - 1)t} = \frac{m + n - 1}{\frac{n}{l} + ml - 1} \quad (5)$$

ergibt sich folgende Näherung für Prüfobjekte mit einer größeren Anzahl von Meßpunkten zu

$$\frac{T'}{T} = \frac{n}{\frac{n}{l} + ml} \cdot \quad (6)$$

Für ein Berechnungsbeispiel mit den Werten $n = 2000$ und $m = 4$ folgt aus der Gleichung (2) ein Optimum für $l = 22$. Dabei bedingt eine geringe Abweichung von der optimalen Zahl l der Meßpunkte $Mp111...111$ pro Untergruppe $UGr11; UGr'11$ noch keine erheblichen Abweichungen vom Wert der optimalen Meßzeit. Aus der Gleichung (5) folgt, daß sich die Meßzeit durch diesen Aufbau des Koppelfeldes bei untergruppenweiser Abfrage der Meßpunkte $Mp111...111...Mp1kl...Mpikl$ auf Schluß im Gegensatz zu den herkömmlichen Koppelfeldern bei diesem Berechnungsbeispiel um das 11fache verkürzt. Eine weitere Verkürzung der Meßzeit für Prüfobjekte mit geringer Fehlerrate ergibt sich durch das jeweilige Zusammenfassen mehrerer $UGrik; UGr'ik$ zur Abfrage.

Da durch den Aufbau des Koppelfeldes in der Meßschaltung M der Wert des gemessenen Widerstandes bei jedem Meßschritt erfaßt wird, ist bei einer Fehleranzeige eine verbesserte und erwei-

terte Prüfaussage verbunden, die eine schnellere Fehlererkennung und -behebung zur Folge hat.

Es ist jedoch nach dem gleichen Funktionsprinzip möglich, statt der unipolaren Transistoren kostengünstigere bipolare Transistoren einzusetzen. Hierbei ergeben sich jedoch aufgrund der Ansteuerströme und Durchgangswiderstände der Emitter-Kollektor-Strecken eingeschränkte Meßaussagen. Ebenfalls können mechanische Schaltelemente, z. B. Relais, verwendet werden, die zwar dem idealen Schalter entsprechen, jedoch steigt die Meßzeit erheblich an. Bei Beachtung dieser Eigenschaften der Koppellemente kann unter Berücksichtigung des Meßobjektes ein Koppel-feld auch aus einer Kombination von unipolaren und bipolaren Transistoren sowie Relais bestehen.

Erfindungsanspruch

1. Koppelfeld für Prüfeinrichtungen zum wahlweisen Anschalten eines Meßobjektes, insbesondere zur Verdrahtungsprüfung von Kabelbäumen und Verdrahtungsnetzwerken, wobei die Anschaltung der zwischen Generator und Meßschaltung angeordneten Meßobjekte über Koppelleinheiten von der Steuerschaltung aus erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß einmal die an Erdpotential ($\perp$) angeschlossene Meßschaltung (M) in der Hauptgruppe (HGr) mit den Sourcen (S) der unipolaren Transistoren (T1...i) und zum anderen der an Erdpotential ($\perp$) angeschlossene Generator (Ge) in der Hauptgruppe (HGr') mit den Sourcen (S') der unipolaren Transistoren (T'1...i) verbunden ist, wobei die Gates (G;G') der unipolaren Transistoren (T1...i;T'1...i) über zugehörige Steuerleitungen der Hauptgruppen (StL-HGr1...i;StL-HGr'1...i) an der Steuereinheit (St) angeschlossen sind und daß an jedem Drain (D;D') der unipolaren Transistoren (T1...i;T'1...i) eine der Zahl der Steuerleitungen der Gruppen (StL-Gr1...k;StL-Gr'1...k) entsprechende Anzahl zu Gruppen (Gr1...i;Gr'1...i) zusammengefaßter unipolarer Transistoren (T11...1k...ik;T'11...1k...ik) mit ihren Sourcen (S;S') nachgeschaltet sind, wobei die Gates (G;G') der unipolaren Transistoren (T11...1k...ik;T'11...1k...ik) jeder Gruppe (Gr1...i;Gr'1...i) reihenfolgegemäß parallelgeschaltet und über die Steuerleitungen der Gruppen (StL-Gr1...k;StL-Gr'1...k) mit der Steuereinheit (St) verbunden sind und daß an jedem Drain (D;D') der unipolaren Transistoren (T11...1k...ik;T'11...1k...ik) wiederum eine der Zahl der Steuerleitungen der Untergruppen (StL-UGr1...l;StL-UGr'1...l) entsprechende Anzahl zu Untergruppen (UGr11...ik) zusammengefaßter unipolarer Transistoren (T111...11l...ikl;T'111...11l...ikl) mit den Sourcen (S;S') nachgeschaltet sind, wobei die Gates (G;G') der unipolaren Transistoren (T111...11l...ikl;T'111...11l...ikl) jeder Untergruppe (UGr11...ik;UGr'11...ik) reihenfolgegemäß parallelgeschaltet und über die Steuerleitungen der Untergruppen (StL-UGr1...l;StL-UGr'1...l) mit der Steuereinheit (St) verbunden sind und daß an den Zusammenschaltungspunkten der Drains (D;D') der zuge-

hörigen unipolaren Transistoren ($T_{111}; T'_{111} \dots T_{ikl}; T'_{ikl}$) sich die Meßpunkte ($Mp_{111} \dots i_{kl}$) zum wahlfreien Anschalten der Anschlüsse der Meßobjekte ($Mo_1 \dots x$) befinden.

2. Koppelfeld für Prüfeinrichtungen nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Koppелеlemente ($T_{1 \dots i}; T'_{1 \dots i}; T_{11 \dots ik}; T'_{11 \dots ik}; T_{111 \dots i_{kl}}; T'_{111 \dots i_{kl}}$) auch bipolare Transistoren und/oder Relais eingesetzt sind.

- Hierzu 2 Blatt Zeichnung -



