

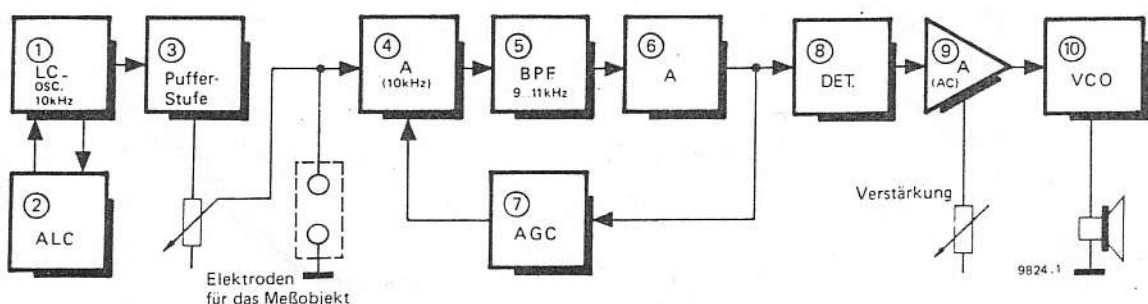
Impedanz- änderungsdetektor

Zur Anzeige kleiner Widerstandsänderungen in hochohmigen Kreisen reicht ein einfaches Ohmmeter nicht aus. Hier kann das Meßergebnis durch Störspannungen verfälscht werden, die sowohl vom Meßobjekt selbst als auch von anderen Störquellen stammen können. Fehler dieser Art lassen sich jedoch weitestgehend vermeiden, wenn als Meßspannung eine Wechselspannung geeigneter Frequenz (z.B. 10 kHz) und ein selektives Filter verwendet wird. Eine derartige Meßanordnung zeigt nicht nur Änderungen des reellen Widerstandes, sondern auch Impedanzänderungen an.

Der Detektor kann zu Untersuchungen am Körper von Mensch, Tier und an Pflanzen eingesetzt werden, wenn Impedanzänderungen infolge von Reizen der verschiedensten Art beobachtet werden sollen.

Zuerst ein Blick auf die herkömmliche Methode, den Wert eines unbekanntem Widerstands zu bestimmen: Die in einem Vielfachmeßgerät eingebaute Batterie ist Ursache dafür, daß nach Einschalten des Widerstandsbereichs ein geringer Strom durch das Meßobjekt (unbekannter Widerstand) fließt. Dieser Strom ist dem Wert des gemessenen Widerstandes proportional, er verursacht den Zeigerausschlag des Meßwerks. Es ist leicht einzusehen, daß insbesondere bei Messungen hochohmiger Widerstände mit empfindlichen Geräten leicht äußere Störeinflüsse wie statische Aufladungen, induzierte Spannungen usw. zu einem falschen Meßergebnis führen können. Selbst wenn das gesamte System gegen äußere Einflüsse abgeschirmt wird, können sich immer noch Änderungen der internen Gleichspannungsquelle, z.B. infolge Alterung oder wechselnder Belastung, nachteilig auf das Meßergebnis auswirken. Zwar läßt sich dies durch Anwendung meßtechnischer Kunstgriffe (z.B. Verwendung eines Kreuzspul-instruments) vermeiden, alle Probleme sind damit jedoch noch nicht gelöst. Bild 1 zeigt blockschematisch die Methode, die dem hier angewandten Meßverfahren zugrunde liegt. Ein LC-Oszillator (Block 1) erzeugt eine frequenz- und amplitudenkonstante 10 kHz-Wechselspannung. Die Frequenzstabilität wird durch die Wahl eines geeigneten Oszillatortypes, die Amplitudenkonstanz durch eine ALC (Automatic Level Control; Block 2) erreicht. Um die ALC zu entlasten, folgt eine zusätzliche Pufferstufe (Block 3) mit hohem Innenwiderstand. Die zwischen den Meßelektroden liegende Impedanz und der Innenwiderstand der Pufferstufe bilden zusammen einen Spannungsteiler, allerdings nicht nur für das 10 kHz-Signal, sondern auch für eventuelle Störspannungen. Da nur die herabgeteilte 10 kHz-Spannung ein Maß für die gemessene Impedanz ist, durchläuft das von Block 4 vorverstärkte Signal ein selektives Bandfilter (Block 5). Die Filterdämpfung wird durch die nachfolgende Verstärkerstufe (Block 6) kompensiert. Wenn der Absolutwert der zu messenden Impedanz angezeigt

1



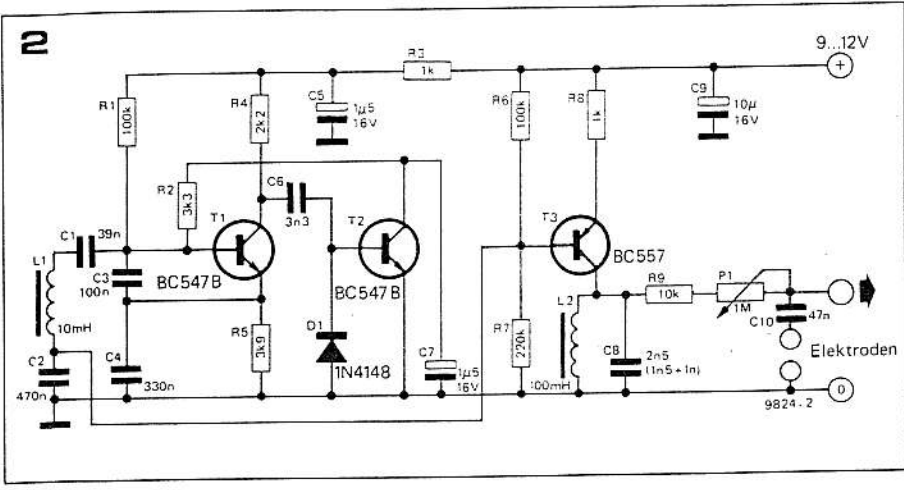
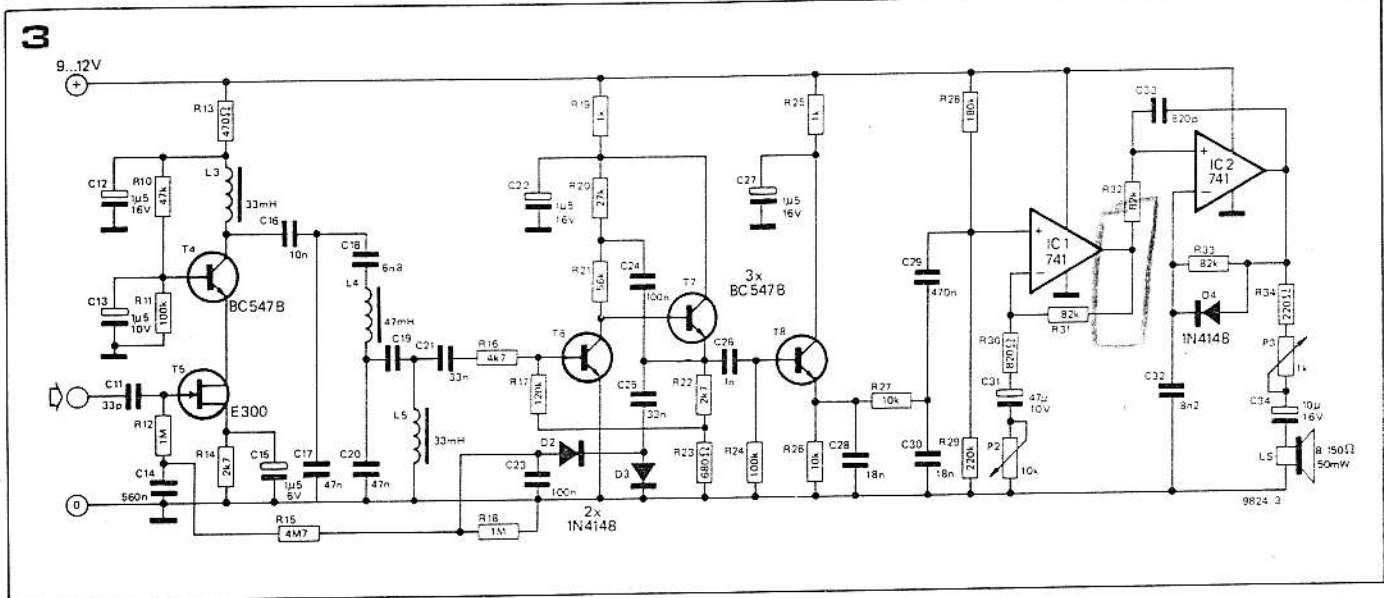


Bild 1. Blockschema des Impedanzänderungsdetektors.

Bild 2. Schaltung des "Senders"; er erzeugt ein amplituden- und frequenzkonstantes 10 kHz-Signal.

Bild 3. Im "Empfänger" wird das 10 kHz-Signal verstärkt und von Störspannungen befreit. Eine verzögert einsetzende Verstärkungsregelung (AGC) sorgt dafür, daß nur Impedanzänderungen als Tonhöhen-schwankungen angezeigt werden.



werden soll, fehlt jetzt nur noch eine geeignete Detektorschaltung (Block 8); ihre Ausgangsgleichspannung ist der Impedanz des Meßobjekts proportional. Die Schaltung wurde jedoch so ausgelegt, daß Impedanzänderungen akustisch angezeigt werden. Aus diesem Grund folgt auf den Detektor eine Stufe, deren Spannungsverstärkung einstellbar ist (Block 9), und schließlich ein spannungsgesteuerter Oszillator (VCO; Block 10). Die Frequenz des aus dem Lautsprecher vernehmbaren Tons ändert sich im Rhythmus der Impedanzänderungen des Meßobjekts. Die automatische Verstärkungsregelung (AGC; Block 7) hat die Aufgabe, die Amplitude des 10 kHz-Signals konstant zu halten, wenn sich die Impedanz des Meßobjekts nicht ändert. Sie bestimmt die Ruheeinstellung des VCO und damit die Tonhöhe im Ruhezustand. Die Frequenz wurde mit Rücksicht auf die Empfindlichkeit des menschlichen Ohrs so gewählt, daß bereits geringfügige Tonhöhen-schwankungen auffallen. Die AGC reagiert relativ träge, auch langsame Impedanzänderungen werden daher noch zu Gehör gebracht. Wenn zum Beispiel die Impedanz des Meßobjekts ansteigt, dann nimmt auch die Spannung am Ausgang des Detektors (Block 8) zu; die Folge ist eine Änderung der Tonhöhe. Bleibt die Impedanz auf einem bestimmten Wert stehen, so wird

die Amplitude des am Detektoreingang liegenden Signals von der AGC langsam auf ihren ursprünglichen Wert zurück-geregelt. Die Tonhöhe des Lautsprecher-signals ist dann die gleiche wie vor der Impedanzänderung.

Die Schaltung

Bild 2 zeigt die Schaltung des Teils, den man als "Sender" bezeichnen kann. Hierzu gehören der LC-Oszillator, die ALC und die Pufferstufe. Der LC-Oszillator ist mit Transistor T1 aufgebaut; frequenzbestimmend ist der aus L1, C1 und C2 bestehende Serien-resonanzkreis. Die Rückkopplung erfolgt vom Emitter über den kapazitiven Spannungsteiler C3/C4 zur Basis von T1. Eine derartige Oszillator-schaltung zeichnet sich durch hohe Frequenzkonstanz aus. Um auch die Amplitude konstant zu halten, wurde die mit T2 aufgebaute ALC-Schaltung hinzugefügt. Bei einem Anstieg der Amplitude am Kollektor von T1 wird T2 stärker durchgesteuert, so daß die Spannung an der Basis von T1 sinkt. Infolgedessen nimmt auch die Oszillatoramplitude wieder ab; eventuelle Schwankungen werden auf diese Weise kompensiert. Das Ausgangs-signal wird an Kondensator C2 abgenommen. Wegen des hohen Güte-faktors des LC-Serienkreises ist die

Spannung an C2 höher als am gesamten Kreis.

Um den Oszillator so wenig wie möglich zu belasten und die Rückwirkungen gering zu halten, folgt die mit T3 aufgebaute Pufferstufe. Sie besitzt sowohl einen hohen Eingangs- als auch Ausgangswiderstand. Der hohe Ausgangswiderstand ist erforderlich, weil die Impedanz des Meßobjekts, das mit dem Ausgangswiderstand einen Spannungsteiler bildet, selbst sehr hoch ist. Der Teilfaktor kann mit Poti P1 eingestellt werden.

Im Kollektorkreis von T3 liegt ein LC-Parallelresonanzkreis (L2/C8) mit einer Resonanzfrequenz von 10 kHz. Der Kreis wirkt bei dieser Frequenz als hochohmiger Kollektorwiderstand, so daß die Spannungsverstärkung bei dieser Frequenz maximal ist. Eventuelle Signalanteile abweichender Frequenz werden ausgesiebt.

In Bild 3 ist die Schaltung des "Empfängers" angegeben. Sie besitzt eine hohe Eingangsimpedanz, die das Meßobjekt nur wenig belastet. Das vom Spannungsteiler kommende 10 kHz-Signal wird zuerst vorverstärkt und gelangt dann zum selektiven LC-Filter. Das Filter besteht aus den Kapazitäten C16 ... C21 und den Induktivitäten L3 ... L5. Da das Bandfilter mit einer definierten Impedanz abgeschlossen werden muß,

folgt auf das Filter eine Verstärkerstufe mit "virtueller Masse" (T6/T7). Widerstand R16 bestimmt die Abschlußimpedanz. Zwischen dieser Verstärkerstufe und der Eingangsstufe liegt die aus R12, R15, R18, C14, C23, D2 und D3 bestehende Regelschleife der automatischen Verstärkungsregelung (AGC). Wenn die Amplitude des Spannungsteiler-Signals ansteigt, nimmt auch die Signalamplitude am Emitter von T7 zu. Die beiden Dioden D2 und D3 erzeugen eine negative Richtspannung; diese wird über das RC-Glied R15/C14 dem Gate von Transistor T5 zugeführt, so daß die Verstärkung der Eingangsstufe (T4/T5) sinkt. Da das RC-Glied stark verzögernd wirkt, werden auch relativ langsame Impedanzänderungen von der AGC noch nicht ausgeregelt. Das 10 kHz-Signal gelangt nun zu der mit T8 aufgebauten Detektorschaltung, deren Ausgang wechsellspannungsmäßig mit dem Eingang des Spannungsverstärkers IC1 gekoppelt ist. Wegen der Wechsellspannungskopplung reagiert der Spannungsverstärker ausschließlich auf Änderungen der vom Detektor (T8) erzeugten Gleichspannung und damit nur auf Impedanzänderungen des Meßobjekts. Die verstärkten Spannungsänderungen steuern einen VCO (IC2); er setzt die Impedanzänderungen in Tonhöhen-schwankungen um. Mit Poti P2 kann die Empfindlichkeit des VCO, mit P3 die Lautstärke eingestellt werden.

Schlußbemerkung

Aus der vorangegangenen Beschreibung wird deutlich, daß Impedanz und Widerstand zwar miteinander verwandte, jedoch nicht identische Größen sind. Der Titel "Impedanzänderungsdetektor" wurde deshalb gewählt, weil nicht sichergestellt werden kann, daß die eventuell vorhandene Induktivität oder Kapazität des Meßobjekts konstant bleibt. Wenn ausschließlich Änderungen des realen (ohmschen) Widerstands angezeigt werden sollen, dann darf der imaginäre (induktive, kapazitive) Anteil der Impedanz nicht mitgemessen werden. Dieser Anteil kann aufgrund der Phasenverschiebung zwischen Ein- und Ausgangssignal des Spannungsteilers bestimmt und (elektronisch) in Abzug gebracht werden.

In eigener Sache

Die Redaktion weist darauf hin, daß sich die Bearbeitung der Leserpost wegen der Tätigkeit auf der Hannover-Messe verzögern kann. Wir bitten alle betroffenen Leser um Verständnis.



Erfahrungen mit, Berichtigungen von und Nachträge zu Elektor-Publikationen

Infrarot-Stereo-Sender Heft 76, S. 4-20

Der Endtransistor T8 wurde fälschlicherweise als BD 139 bezeichnet. Richtig ist an dieser Stelle der zum BD 139 komplementäre PNP-Typ BD 140. Außerdem ist beim Aufbau zu beachten, daß der Endtransistor BD 140 isoliert auf einem Kühlblech montiert, und dieses wiederum über einen 100 nF Kondensator auf Masse geschaltet wird. Entfällt die Isolierscheibe, darf der Kondensator höchstens einen Wert von 10 nF haben.

Infrarotsender – für große Räume

Der in Heft 76, S. 4-20 beschriebene Infrarot-Stereo-Sender kann, durch Verwendung von weiteren Endstufen, auch für größere Räume genutzt werden. Die abgebildete Endstufe ist ebenso, wie der in Heft 76 beschriebene Infrarot-Stereo-Sender- und Kopfhörer, als Fertigerät von der Firma Sennheiser zu beziehen.

Zusatzendstufe und Senderendstufe sind schaltungstechnisch fast identisch. Zur besseren Anpassung ist lediglich eine Vorstufe mit dem Transistor BC 547 B hinzugekommen.

Die Zusatzendstufe läßt sich einfach an Punkt B der Senderschaltung anschließen. Dieser Punkt B ist so niederohmig, daß ohne Bedenken mehrere Endstufen angeschlossen werden können.

Dabei ist nur eines wichtig: die Zeilen sind über kapazitätsarmes (Koax)-Kabel mit dem Sender zu verbinden, wobei für kurze Entfernungen (einige Meter) auch einfaches abgeschirmtes Kabel, wie man es für NF-Verbindungen verwendet, ausreicht.

Ein zusätzlicher Vorteil ergibt sich bei Verwendung von Stereo-NF-Kabel, weil eine abgeschirmte Ader als Signalleitung und die andere als Speiseleitung verwendet werden kann.

Ist nämlich das Netzteil des Stereo-Senders entsprechend stark ausgelegt, braucht man kein separates Netzteil für die Endstufe.

Der Leser hat nun die Möglichkeit, sehr große Zimmer oder auch mehrere Räume mit Infrarotlicht zu versorgen. Hier sind keine Grenzen gesetzt. Andererseits kann es auch sinnvoll sein, nur eine bestimmte Zimmerecke "auszuleuchten".

An dieser Stelle sollen nur Anregungen gegeben werden, weil letztlich die Anordnung der Zeilen von der Architektur des Zimmers abhängt.

