

Der FET 3 mißt Frequenzen im Bereich von 10 kHz bis 350 MHz und eignet sich besonders gut als Anzeigegerät für Funkempfänger und Peilgeräte verschiedenster Art. Er dient dabei sowohl zur genauen Bestimmung einer unbekanntenen Frequenz – etwa bei der Funküberwachung – als auch zur quartzgenau treffsicheren Einstellung einer gewünschten Empfangsfrequenz (bei manchen Empfängertypen auch weit über 350 MHz hinaus). Das Meßergebnis kann mit einem Drucker festgehalten oder fernübertragen werden, etwa zur Gleichlaufsteuerung von Tochterempfängern.

FET 3, ein Frequenzzähler für HF/VHF-Funkempfänger und -Peilgeräte



Bild 1
Empfangs-
frequenzzähler
FET 3 für 10 kHz
bis 350 MHz.
Foto 16 976

Eigenschaften

Der Empfangsfrequenzzähler FET 3 zeichnet sich aus durch hohe Eingangsempfindlichkeit, große Anzeigekonstanz, automatische Anpassung an die Eingangsspannung, Unempfindlichkeit gegenüber einem Klirrfaktor der Meßspannung und durch einfache Handhabung. Er dient zur direkten Messung oder genauen Einstellung einer Frequenz zwischen 10 kHz und 350 MHz. Die Empfangsfrequenz (z. B. eines Funk- oder Peilgerätes) wird durch Messung der Oszillatorfrequenz des Empfängers bestimmt, wobei kleine austauschbare Steckkarten im Frequenzzähler beliebige Zwischenfrequenzen festlegen. Die Oszillatorfrequenz darf dabei oberhalb oder unterhalb der Empfangsfrequenz liegen. Auch Frequenzmessungen ohne Berücksichtigung einer Zwischenfrequenz sind möglich.

Weiterhin kann der FET 3 Frequenzen über 350 MHz richtig anzeigen, und zwar bei solchen Empfängern, die nicht die Oszillatorfrequenz selbst zur Mischung verwenden, sondern deren eineinhalbfachen, doppelten, dreifachen, vierfachen oder sechsfachen Wert. Zu diesen Geräten gehören beispielsweise der VHF-Empfänger EU 89 von Rohde & Schwarz sowie der

E 149 und der UK 638/180 von Telefunken. Ihre Empfangsfrequenz und die ähnlich konzipierter Empfänger läßt sich mit üblichen voreinstellbaren Zählern nicht umrechnungsfrei anzeigen, da diese nur addieren können, während der FET 3 zusätzlich die erforderliche Multiplikation durchführt.

Die Verwendung der Oszillatorfrequenz zum Bestimmen der Empfangsfrequenz hat den Vorzug, daß das Ergebnis auch dann einwandfrei geliefert wird, wenn die Antennenspannung dem Fading ausgesetzt oder überhaupt nicht vorhanden ist.

Der FET 3 erfüllt also für den Empfänger die Aufgabe einer Präzisionskala (Bild 1).

Das Gerät ist für die wahlweise **Anschtung** an fünf verschiedene Empfängertypen programmierbar. Umgeschaltet wird jeweils durch Drücken einer der in einer Zeile auf der Frontplatte angeordneten Tasten.

Dabei ist nur der Kurzwellenempfänger EK 07 von Rohde & Schwarz fest vorprogrammiert; der FET 3 berücksichtigt selbsttätig durch einen Frequenzdiskriminator die bereichsabhängige Umschaltung der Zwischenfrequenzen des EK 07. Die vier übrigen Empfängertypen können frei gewählt werden (**auch**

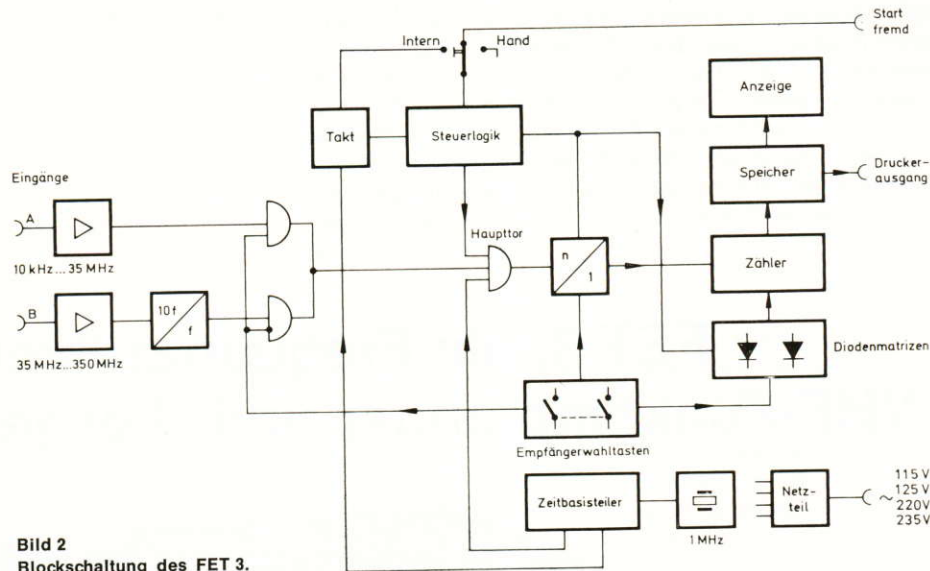


Bild 2
Blockschaltung des FET 3.

Fremdfabrikate). Eine einmal vorgenommene Programmierung läßt sich ohne großen Aufwand ändern.

Um gleichzeitig je einen Empfänger im HF- und VHF-Bereich anschließen zu können, hat der FET 3 zwei voneinander unabhängige **Eingänge** A und B. Eingang A reicht von 10 kHz bis 35 MHz (50 MHz bei Eingangsspannungen > 25 mV) und hat einen Eingangswiderstand von etwa $1\text{ M}\Omega$. Eingang B umfaßt den Bereich 30 bis 350 MHz, sein Eingangswiderstand beträgt $50\ \Omega$. Die Meßauflösung ist im Bereich A 100 Hz, im Bereich B 1 kHz. In beiden Bereichen beträgt die minimale Eingangsspannung weniger als $10\text{ mV}_{\text{eff}}$, so daß sich auch Empfänger ohne eigentlichen Oszillatorausgang anschließen lassen, deren Oszillatorspannung dann über eine auf die Oszillatorröhre gesetzte Haube oder auf ähnliche Weise ausgekoppelt werden muß. Da die hierbei erhaltenen Spannungen oft so sehr verzerrt sind, daß mehrere Nulldurchgänge bei jeder Periode auftreten, enthält der Verstärker, der dem Eingang A zugeordnet ist, eine besondere Schaltung zur Unterdrückung der nicht erwünschten Oberschwingungen. Zusätzlich wird die Spannung automatisch so geregelt, daß der dem Verstärker nachgeschaltete Schmitt-Trigger auf geringe Störungen nicht anspricht, wenn genügend Eingangsspannung vorhanden ist. Diese Einrichtung hat auch der Verstärker von Eingang B.

Der FET 3 läßt sich auf drei Arten starten: intern, extern oder von Hand. Die Umschaltung geschieht mit einem Kellog-Schalter auf der Frontplatte. Bei internem **Start** führt das Gerät automatisch etwa sechs – in Verbindung mit bestimmten Empfängertypen vier – Messungen pro Sekunde durch. Diese Betriebsart dient allgemein zum Abstimmen. Bei externem Start löst man jede gewünschte Messung einzeln durch einen positiven Impuls von 3 bis 15 V aus. Die Impulsdauer sollte dabei $10\ \mu\text{s}$ nicht unterschreiten; nach oben ist keine Grenze gesetzt. Für den Start von Hand arbeitet der Kellog-Schalter als Taste: Jede Betätigung leitet eine Messung ein.

Ein **Druckeranschluß** an der Rückwanne des Gerätes erlaubt es, den Meßwert festzuhalten und die Schreibarbeiten für Protokolle durch eine eventuell im Drucker eingebaute Zeituhr zu verringern. Der Zähler gibt das Ergebnis dabei in binär-dekadischer Form (6 Dekaden, 8-4-2-1-Code) aus. Der Druckbefehl erfolgt nach jeder extern oder von Hand ausgelösten Messung (durch einen Spannungssprung von $+10\text{ V}$ nach 0 V). Bei internem Start wird nur das Ergebnis der letzten Messung gedruckt, um ein ständiges Arbeiten des Druckers während des Abstimmvorgangs zu vermeiden. Der Druckbefehl wird ausgelöst, wenn der Kellog-Schalter von „Start intern“ auf „Start extern“ umgelegt und die gerade laufende Messung beendet ist. Als direkt anzuschließender Drucker eignet sich der D 4-N (Kienzle), für den ein passendes Anschlußkabel lieferbar ist. Der Digitalausgang dient außerdem zur Gleichlaufsteuerung digital steuerbarer Empfänger mit einem von Hand durchstimmbaren Suchempfänger. Diese Betriebsart spart Zeit und erhöht die Sicherheit beim Peilen kurzzeitig arbeitender Sender. Für die Verwendung des HF-Empfängers EK 56 von Rohde & Schwarz als Suchempfänger ist eine Sonderausführung des FET 3 mit erweitertem Frequenzbereich A vorgesehen.

Zur direkten optischen **Anzeige** der anliegenden Frequenz beziehungsweise der Empfangsfrequenz dienen sechs Kaltkathoden-Ziffernanzeigeröhren (Nixies), die über Speicher und Decodierer (8-4-2-1 auf „1 aus 10“) gesteuert werden. Der Speicher (vier Flip-Flops für jede Dekade) hat die Aufgabe, das zuletzt ermittelte Ergebnis auch dann noch festzuhalten, wenn die Zähldekaden bereits wieder neu zählen. Dadurch springt die Anzeige immer nur von Ergebnis zu Ergebnis und der Messende wird nicht durch den Meßvorgang (Nullstellen, Voreinstellen und Zählen) gestört.

Das menschliche Auge arbeitet so träge, daß mehr als etwa sechs Messungen pro Sekunde beim Abstimmen eines Empfängers sinnlos sind und die wech-

senden Ergebnisse nur als unangenehmes und ermüdendes Flimmern empfunden würden. Besonders wichtig ist, daß bei abgestimmtem Empfänger die letzte Stelle nicht trotz Anzeigespeicher ständig flackert. Deshalb hat der FET 3 intern eine höhere Auflösung, die er jedoch nicht anzeigt.

Arbeitsweise

Anhand der Blockschaltung sei die Arbeitsweise des Frequenzzählers kurz erläutert (Bild 2). Die Signalspannungen bis 35 MHz erreichen das Haupttor über einen Breitbandverstärker und die von 30 bis 350 MHz über einen Verstärker mit nachfolgendem 10:1-Frequenzteiler. Welcher der beiden voneinander unabhängigen Eingänge benutzt wird, legt der Tastenschalter zur Empfängerwahl fest.

Der Breitbandverstärker weist die erwähnte Besonderheit auf, stark verzerrte Oszillatorspannungen so weit zu entzerren, daß der nachfolgende Schmitt-Trigger (im Schaltbild nicht eingezeichnet) nur auf die Grundschiwingung anspricht. Zu diesem Zweck regelt sich die Grenzfrequenz eines in weiten Bereichen veränderbaren Tiefpasses selbsttätig so, daß die Grundschiwingung nur schwach gedämpft wird, die Oberschwingungen jedoch stark unterdrückt werden. Die Bilder 3 und 4 zeigen den Aufbau und die Wirkungsweise der Schaltung.

Der 1-MHz-Oszillator (s. Bild 2) bestimmt über den Zeitbasisteiler die Öffnungszeit des Haupttores und damit die Genauigkeit des Gerätes. Dem Tor folgt ein umschaltbarer Frequenzteiler mit zwei Aufgaben: Er bewirkt die erwähnte sonst trotz Anzeigespeicher nicht erreichbare Anzeigeruhe der letzten Ziffer und ermöglicht die umrechnungsfrei richtige Bewertung von Oszillatorfrequenzen, die erst nach Vervielfachung im Empfänger zur Mischstufe gelangen. Das Umschalten dieses Teilers wird von den Tastenschaltern zur Empfängerwahl elektronisch ausgelöst.

Auf den Vorteiler folgt der eigentliche Zähler, der sich über maximal sechs Diodenmatrizen (kleine Steckkarten) beliebig voreinstellen läßt. Das nach der Mes-

sung im Zähler stehende Ergebnis wird in den Anzeigespeicher übertragen, der auch den Drucker steuert. Für den präzisen Ablauf der Messung sorgt eine Steuerlogik, die ihren Arbeitstakt aus dem Zeitbasisteiler erhält.

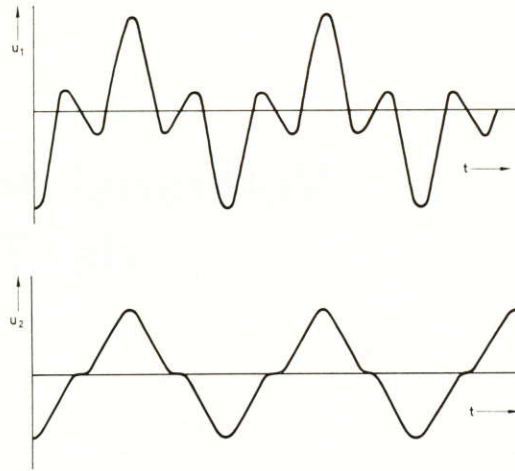


Bild 4 Spannungsverlauf einer verzerrten Schwingung vor (oben) und nach dem Tiefpaß (unten).

Aufbau

Elektrischer und mechanischer Aufbau des FET 3 sind so gehalten, daß einerseits nur geringe Störstrahlung auftritt und andererseits alle Bauelemente der Wartung gut zugänglich sind. So befindet sich beispielsweise die gesamte Regelschaltung des Netzteils einschließlich der Leistungstransistoren auf einem Klappchassis. Lüfter, Vorverstärker, 10:1-Frequenzteiler und Zählplatte lassen sich getrennt herausnehmen; die Logikplatte ist in eingebautem Zustand während des Betriebs von beiden Seiten zugänglich. Die weitgehende Verwendung integrierter Schaltkreise ermöglichte geringe äußere Abmessungen.

B. Fritze

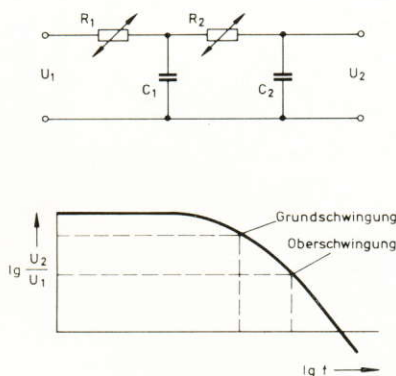


Bild 3 Schaltung zur Unterdrückung nicht gewünschter Oberschwingungen. Oben: prinzipieller Aufbau, unten: Frequenzgang. U_1 Eingangsspannung (nach Verstärkung), U_2 Ausgangsspannung.

Kurzdaten des Frequenzzählers FET 3

Frequenzbereich	10 kHz ... 350 MHz Bereich A: 10 kHz ... 35 (50) MHz Bereich B: 30 MHz ... 350 MHz
Empfindlichkeit	A: $10 \text{ mV}_{\text{eff}} \dots 10 \text{ V}_{\text{eff}}$ (über 35 MHz $25 \text{ mV}_{\text{eff}} \dots 10 \text{ V}_{\text{eff}}$) B: $10 \text{ mV}_{\text{eff}} \dots 1 \text{ V}_{\text{eff}}$
Zählumfang; Meßfolge	6 Dekaden; 6 (4) Messungen/s
Meßstart	von Hand, extern, intern
Fehlergrenzen des Quarzoszillators	$< 10^{-6}$ nach 5 min $< 5 \cdot 10^{-10}/^\circ\text{C}$ $< 3 \cdot 10^{-9}/\text{Tag}$ nach einem Monat Alterung
Temperaturbereich	0 ... 70 °C
Breite × Höhe × Tiefe	240 × 98 × 440 mm