

Technische Daten

1. FM-Multiplex-Signal

Trägerfrequenz

97...103 MHz, einstellbar
(Werkseinstellung 100 MHz)

Trägerfrequenz-Stabilität

0,02%

Ausgangsspannung

300 mV

Ausgangsimpedanz

60 Ohm

Modulationsfrequenz

20 Hz...150 kHz \pm 0,5 dB

Klirrfaktor

< 0,25% für \pm 75 kHz Hub

Brumm- und Rauschabstand

> 50 dB bezogen auf \pm 75 kHz Hub

2. Multiplex-Signal (FCC-Norm)

Frequenzbereich

20 Hz...20 kHz \pm 0,5 dB
(75- μ s-Preemphasis \pm 1 dB zuschaltbar)

Ausgangsspannung

0...6 V_{ss}

Ausgangsimpedanz

300 Ohm

Klirrfaktor

< 0,25% bei max. Ausgangsspannung

Brumm- und Rauschabstand

> 55 dB bei max. Ausgangsspannung

3. Pilotträger

Frequenz

19 kHz \pm 2 Hz, quarzstabilisiert

Ausgangsspannung

0...250 mV, regelbar

1,5 V, fest über getrennten Ausgang

Ausgangsimpedanz

300 Ohm

4. Tongenerator

Frequenzen

1 kHz \pm 5% und 8 kHz \pm 5%,
umschaltbar

Ausgangsspannung

2,5 V_{eff}

(an Rückwand-Buchse entnehmbar)

Ausgangsimpedanz

5 kOhm

Klirrfaktor

< 0,3%

5. Fremdmodulation

Je ein Eingang für linken und rechten Kanal:

Eingangsspannung

1,25 V_{eff} für max. Ausgangsspannung

Eingangsimpedanz

200 kOhm

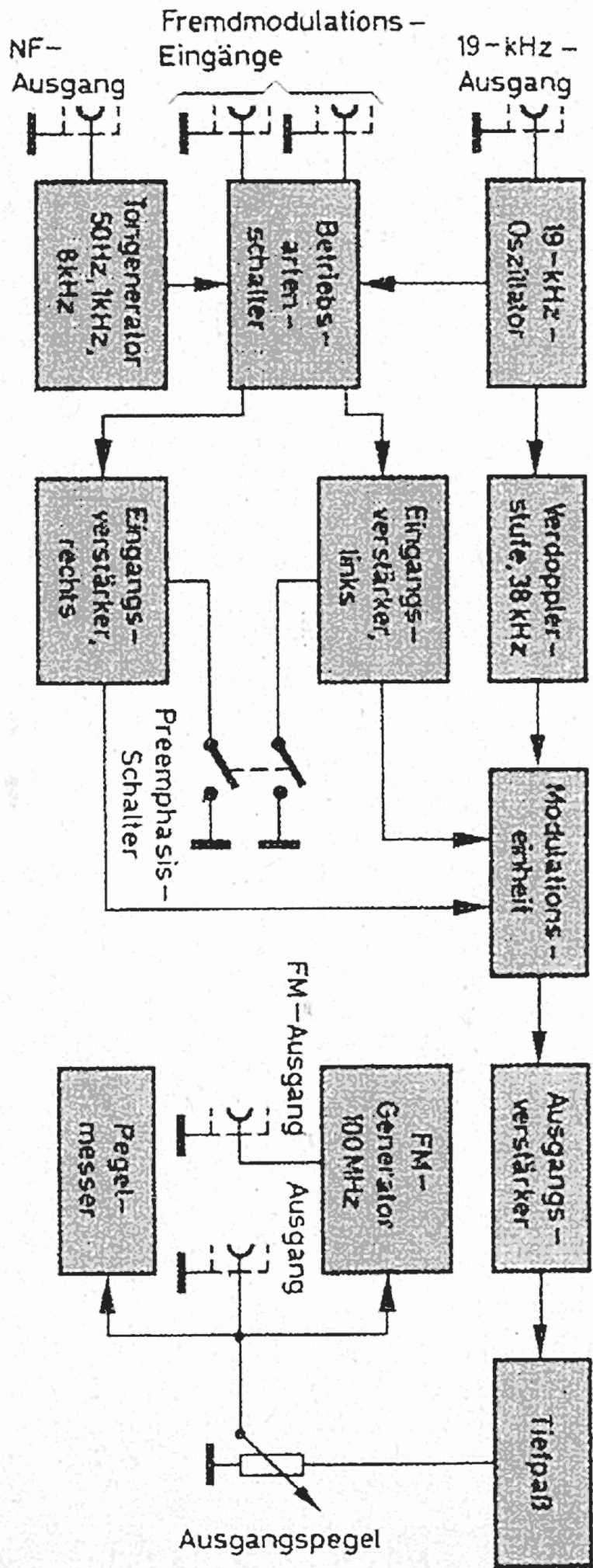
Eingang für SCA-Signal (Rückwand-Buchse):

Eingangsspannung

0,5 V_{eff} für 10% Modulation

Eingangsimpedanz

100 kOhm



Der Stereo-Generator »300«

Technische Daten

1. FM-Multiplex-Signal

Trägerfrequenz
97...103 MHz, einstellbar
(Werkseinstellung 100 MHz)

Trägerfrequenz-Stabilität
0,02%

Ausgangsspannung
300 mV

Ausgangsimpedanz
60 Ohm

Modulationsfrequenz
20 Hz...150 kHz \pm 0,5 dB

Klirrfaktor
< 0,25% für \pm 75 kHz Hub

Brumm- und Rauschabstand
> 50 dB bezogen auf \pm 75 kHz Hub

2. Multiplex-Signal (FCC-Norm)

Frequenzbereich
20 Hz...20 kHz \pm 0,5 dB
(75- μ s-Preemphasis \pm 1 dB zuschaltbar)

Ausgangsspannung
0...6 V_{ss}

Ausgangsimpedanz
300 Ohm

Klirrfaktor
< 0,25% bei max. Ausgangsspannung

Brumm- und Rauschabstand
> 55 dB bei max. Ausgangsspannung

3. Pilotträger

Frequenz
19 kHz \pm 2 Hz, quarzstabilisiert

Ausgangsspannung
0...250 mV, regelbar
1,5 V, fest über getrennten Ausgang

Ausgangsimpedanz
300 Ohm

4. Tongenerator

Frequenzen
1 kHz \pm 5% und 8 kHz \pm 5%,
umschaltbar

Ausgangsspannung
2,5 V_{eff}
(an Rückwand-Buchse entnehmbar)

Ausgangsimpedanz
5 kOhm

Klirrfaktor
< 0,3%

5. Fremdmodulation

Je ein Eingang für linken und rechten Kanal:

Eingangsspannung
1,25 V_{eff} für max. Ausgangsspannung

Eingangsimpedanz
200 kOhm

Eingang für SCA-Signal (Rückwand-Buchse):

Eingangsspannung
0,5 V_{eff} für 10% Modulation

Eingangsimpedanz
100 kOhm

linken und rechten Kanal zu den Ausgangsverstärkern mit linearer oder auf 75 μ s Preemphasis umschaltbarer Frequenzkurve. Die Ausgänge dieser Verstärker sind mit der Modulationseinheit verbunden, wo das NF-Signal mit dem 19-kHz-Pilotträger und, falls gewünscht, mit einem frequenzmodulierten SCA-Signal zum Multiplex-Signal zusammengesetzt wird. Über einen Ausgangsverstärker, einen Tiefpaß und den Pegelregler gelangt das zusammengesetzte Signal an die Ausgangsbuchse.

Das Gerät enthält außerdem einen HF-Oszillator mit einer im Bereich 97 bis 103 MHz einstellbaren Frequenz, der mit dem Multiplex-Signal frequenzmoduliert wird und die Entnahme eines HF-Signals erlaubt, wie es von den nach der FCC-Norm modulierten UKW-Sendern ausgestrahlt wird.

Ein Pegelmessgerät vervollständigt den Generator und dient zur Messung der Amplituden von Multiplex-Signal und Pilotträger sowie zur Kontrolle des Frequenzhubs.

Die meisten Stufen des Generators sind in konventioneller Schaltungstechnik aufgebaut. Lediglich der Modulationsteil weist Besonderheiten auf. Für die bisher bei Multiplex-Generatoren verwendeten Doppelseitenband-Modulatoren werden Filter benötigt, die zu unvermeidbaren Phasendrehungen im Übertragungsbereich führen. Diese müssen im Summenkanal genau nachgebildet werden, um eine befriedigende Übersprechdämpfung zwischen den Stereo-Kanälen zu erreichen. In derartigen Schaltungen sind daher sehr aufwendige Filter und Phasenschieber-Netzwerke erforderlich.

Bei dem hier beschriebenen Gerät wurde im Modulationsteil ein Zeit-Multiplex-Verfahren angewendet, das, von einigen leicht korrigierbaren Ausnahmen abgesehen, das gleiche Signal liefert wie eine Matrix-Schaltung der bisher üblichen Art.

Das in den verschiedenen Stufen eines herkömmlichen Doppelseitenband-Modulators mit unterdrücktem Träger auftretende Signal ist in den Oszillogrammen des Bildes 3 dargestellt. Dabei ist der linke Stereo-Kanal mit einer Sinusspannung angesteuert, während der rechte Kanal kein Signal enthält.

Das Oszillogramm nach Bild 3c legt die Anwendung einer Schaltermethode nahe, die im Bild 4 dargestellt ist. Der Schalter wird mit einer Frequenz von 38 kHz periodisch umgeschaltet und liefert an seinem Ausgang ein Signal, das dem nach Bild 3c sehr ähnlich ist. Das Oszillogramm in Bild 5 läßt erkennen, daß die Schaltermethode einen im Vergleich zu Bild 3c höheren Oberwellengehalt ergibt. Es läßt

In absehbarer Zeit ist auch in Deutschland mit dem Beginn von stereophonen Rundfunksendungen nach dem FCC-Verfahren¹⁾ zu rechnen. Entwicklungslabors und Reparaturwerkstätten müssen daher über geeignete Meßgeräte für die neue Technik verfügen.

In den USA wird seit einiger Zeit von der Fisher Radio Corp. der Multiplex-Generator Modell „300“²⁾ serienmäßig gefertigt. Das im folgenden beschriebene Gerät liefert ein nach der FCC-Norm frequenzmoduliertes HF-Signal im Bereich 97...103 MHz und ist für Entwicklung und Service gleichermaßen geeignet.

Bild 1 zeigt das Frequenzspektrum des modulierten HF-Trägers beim FCC-Verfahren. Der Hauptkanal (50 Hz ... 15 kHz) enthält das kompatible Summensignal L + R des linken und rechten Kanals, während das Differenzsignal L - R im sogenannten Stereo-Unterkanal (23 ... 53 kHz) enthalten ist. Dabei wird ein 38-kHz-Träger mit der Differenz-Information amplitudenmoduliert, und die Trägerfrequenz wird unterdrückt.

Der zur Synchronisation erforderliche 19-kHz-Pilotträger bildet mit Haupt- und

Unterkanal das Multiplex-Signal, mit dem der Sender frequenzmoduliert wird.

Außerdem kann das SCA-Signal³⁾ zugelegt werden, das die gleichzeitige Übertragung eines unabhängigen zweiten Programms mit verminderter Qualität (background-Musik) gestattet. Ein 67-kHz-Träger wird hierfür mit geringem Hub frequenzmoduliert, so daß ein weiterer Kanal (60 ... 74 kHz) entsteht.

Das im Bild 2 wiedergegebene Blockschaltbild zeigt den grundsätzlichen Aufbau des Multiplex-Generators. Der quarzgesteuerte 19-kHz-Oszillator erzeugt neben dem Pilotträger nach dem Durchlaufen einer Frequenzverdoppler-Stufe auch den 38-kHz-Träger für den Modulationsteil. Der Tongenerator liefert eine sinusförmige Spannung mit einer wählbaren Frequenz von 1 kHz oder 8 kHz. Außerdem kann ein 50-Hz-Signal, das aus der Netzspannung abgeleitet wird, entnommen werden.

Der Betriebsartenschalter gestattet es, die verschiedenen Tonfrequenzen oder ein am Fremdmodulations-Eingang liegendes Signal zu wählen. Von hier aus gelangt die NF über getrennte Pegelregler für den

1) Janus, G.: Die amerikanische FCC-Stereo-Norm. Funk-Techn. Bd. 16 (1961) Nr. 16, S. 554-555

2) Vertrieb in Deutschland: Klein + Hummel, Stuttgart

3) SCA = Subsidiary Communications Authorization, in Deutschland zur Zeit nicht vorgesehen

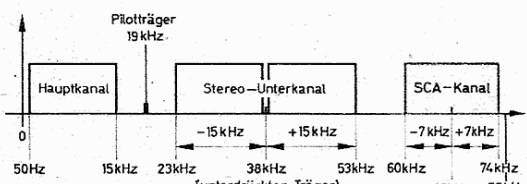
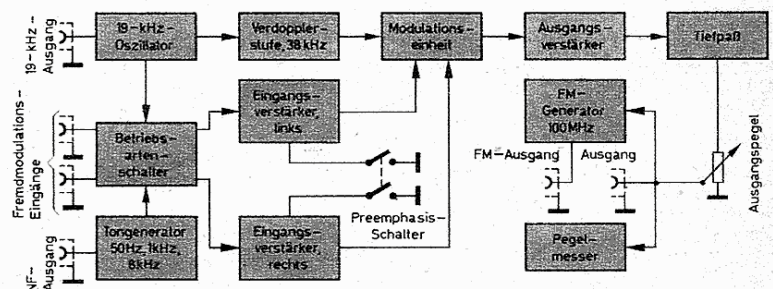


Bild 1. Frequenzverteilung des Stereo-Multiplex-Signals

Bild 2. Blockschaltbild des Multiplex-Generators



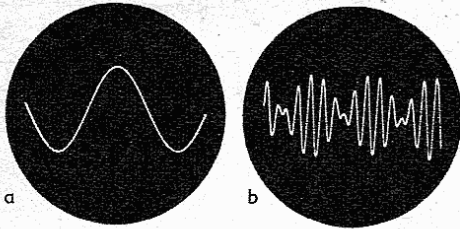


Bild 3. a) Linkes Eingangssignal (gleichzeitig Summensignal $L + R$ für $R = 0$); b) amplitudenmoduliertes Differenzsignal $L - R$ bei unterdrücktem Träger; c) Multiplex-Signal ohne Pilotträger bei einem Eingangssignal nach Bild 3a

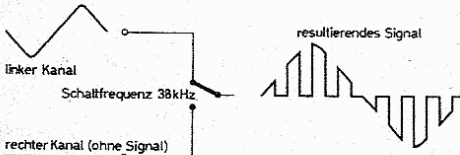


Bild 4. „38-kHz-Schalter“ und resultierendes Signal

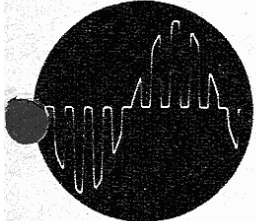
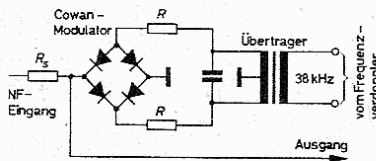


Bild 5. Signal nach Bild 3a am Ausgang des Diodennetzwerkes

Bild 6. Diodenschalter (Cowan-Modulator)



sich mathematisch nachweisen, daß nur ungeradzahlige Oberwellen auftreten. Die erste im Signal enthaltene Oberwelle (114 kHz) hat daher einen so großen Abstand von der Grundfrequenz, daß ein sehr einfaches Tiefpaßfilter zum Aussieben der höheren Harmonischen genügt. Hinter dem Tiefpaß erhält man ein Signal, das dem nach Bild 3c genau entspricht.

Die Schalterfunktion übernimmt ein aus Siliziumdioden aufgebauter gesteuerter Zweipol in Graetzschaltung (Cowan-Modulator). Aus praktischen Gründen werden zwei Signalquellen für den rechten und linken Kanal mit zwei derartigen Diodenschaltern abwechselnd gegen Masse kurzgeschlossen. Bild 6 zeigt diese Anordnung für einen Kanal.

Bild 7 gibt das Blockschaltbild der Modulationseinheit wieder. Die von den Diodenschaltern (S_1, S_2) kommenden Signale werden über je einen als Pufferstufe und

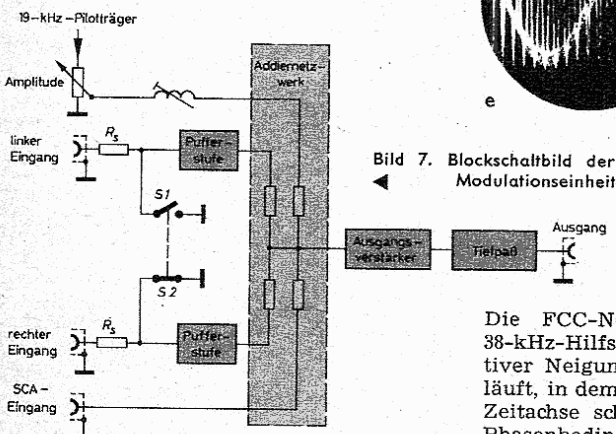


Bild 7. Blockschaltbild der Modulationseinheit

Impedanzwandler wirkenden Katodenverstärker dem aus Widerständen aufgebauten Addieretzwerk zugeführt. Hier werden auch der 19-kHz-Pilotträger und gegebenenfalls das SCA-Signal eingespeist. Das zusammengesetzte Signal wird verstärkt, und die durch den Schaltvorgang entstandenen Oberwellen werden im Tiefpaß entfernt. An der Ausgangsbuchse kann das vollständige Stereo-Multiplex-Signal entnommen werden.

Die Oszillogramme nach Bild 8 zeigen das Multiplex-Signal bei verschiedenen Eingangssignalen in den Stereo-Kanälen vor und nach dem Hinzufügen des Pilotträgers beziehungsweise des SCA-Signals. Die Bilder 8a bis 8c lassen eine wichtige Eigenschaft des Multiplex-Signals, den sogenannten Durchschieß-Effekt, erkennen. Der Spitzenwert der Signalamplitude bleibt konstant, wenn der 1-kHz-Information des rechten Kanals (Bild 8a) eine 50-Hz-Spannung im linken Kanal hinzugefügt wird (Bilder 8b und 8c). Bewirkt wird das durch die Diodenschalter, die eines der beiden Signale abwechselnd kurzschließen, so daß zu keinem Zeitpunkt beide Signale gleichzeitig den Modulationsteil durchlaufen. Aus diesem Grunde kann der FM-Sender sowohl mit der Information des linken wie des rechten Kanals voll moduliert werden, ohne daß der maximal zulässige Modulationsgrad jemals überschritten wird. Dieser Effekt bewirkt die ausgezeichnete Kompatibilität des Stereo-Verfahrens. Es ist nur 1 dB Verschlechterung im Signal-Rauschverhältnis gegenüber normalen Mono-Rundfunksendungen zu erwarten.

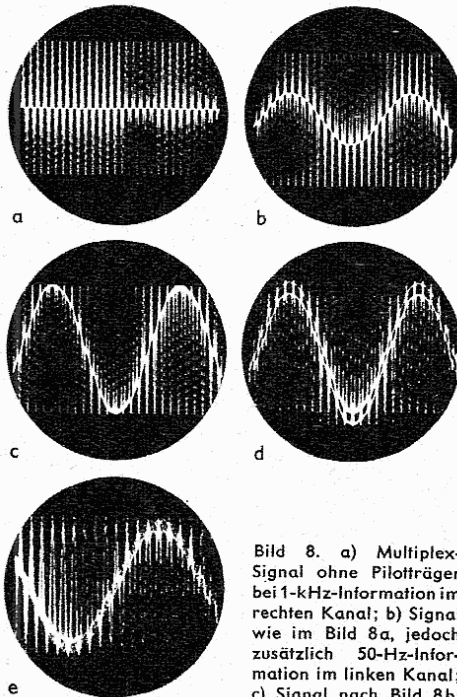


Bild 8. a) Multiplex-Signal ohne Pilotträger bei 1-kHz-Information im rechten Kanal; b) Signal wie im Bild 8a, jedoch zusätzlich 50-Hz-Information im linken Kanal; c) Signal nach Bild 8b, jedoch gleiche Amplitude in beiden Kanälen; d) Signal wie in Bild 8c mit Pilotträger; e) Signal wie im Bild 8d mit zusätzlichem SCA-Signal

Die FCC-Norm schreibt vor, daß der 38-kHz-Hilfssträger die Zeitachse mit positiver Neigung zu jedem Zeitpunkt durchläuft, in dem auch die Pilotschwingung die Zeitachse schneidet. Die Kontrolle dieser Phasenbedingung erfordert eine Null-

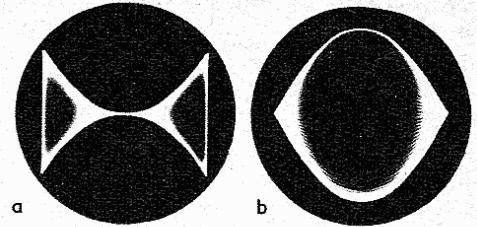


Bild 9. a) Linkes Eingangssignal, richtige Phasenlage des Pilotträgers; b) rechtes Eingangssignal, richtige Phasenlage des Pilotträgers

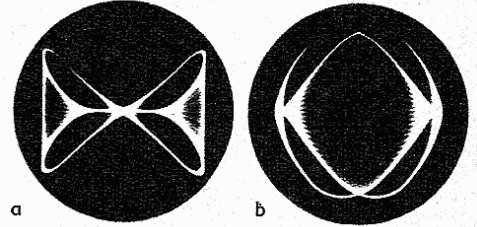


Bild 10. a) Linkes Eingangssignal, falsche Phasenlage des Pilotträgers; b) rechtes Eingangssignal, falsche Phasenlage des Pilotträgers

Methode, und es ist schwierig, zwischen dem linken und rechten Stereo-Signal zu unterscheiden.

Diese Schwierigkeit wird bei dem hier beschriebenen Gerät dadurch umgangen, daß an einer besonderen Buchse eine 19-kHz-Spannung entnommen werden kann, die gegen den Pilotträger im Multiplex-Signal um 45° phasenverschoben ist. Wenn man diese Spannung zur Horizontalablenkung eines Oszillografen benutzt und dem Vertikalverstärker das Stereo-Multiplex-Signal (ohne den normalerweise darin enthaltenen Pilotträger) zuführt, erhält man bei richtiger Phasenlage Oszillogramme nach Bild 9. Bei falscher Phasenlage ergeben sich dagegen Oszillogramme, wie sie Bild 10 darstellt.

Bild 11 zeigt die vollständige Schaltung des Multiplex-Generators. Der quarzstabilisierte Oszillator ($Rö 1$) erzeugt den Pilotträger. Die Frequenz wird vom Werk durch „Ziehen“ des Quarzes mit $C 2$ auf $19 \text{ kHz} \pm 0,5 \text{ Hz}$ abgeglichen. Das im Anodenkreis mit einem Bandfilter ausgekoppelte Signal gelangt zur Frequenzverdoppler-Stufe ($Rö 2$). Außerdem wird am kapazitiven Spannungsteiler $C 12, C 13$ die mit $L 1$ in ihrer Phasenlage einstellbare Pilotträger-Spannung abgegriffen. Für die oszillografische Kontrolle steht diese Spannung um 45° phasenverschoben am 19-kHz-Ausgang zur Verfügung. Im Anodenkreis von $Rö 2$ ist ebenfalls ein Bandfilter angeordnet, um die 19-kHz-Komponente von der Schaltspannung fernzuhalten.

Der Tongenerator ($Rö 8$) liefert das NF-Signal mit einer Frequenz von wahlweise 1 kHz oder 8 kHz. Mit $R 4$ oder $R 10$ kann die jeweilige Amplitude eingestellt werden, und die Glühlampe $La 1$ dient der Amplituden-Stabilisierung. Ein mit $R 20$ einstellbares 50-Hz-Signal wird aus der Netzspannung im Netzteil gewonnen. Diese Tonfrequenz-Spannungen oder über die Fremdmodulations-Eingänge zugeführte Signale können mit dem kombinierten Betriebsartenschalter $S 1$ ausgewählt werden und gelangen zu den getrennten Kanal-Pegelreglern $R 34$ und $R 41$. Mit den frequenzlinearen Eingangsverstärkern ($Rö 9, Rö 10$) werden die Informationen für den linken und rechten Stereo-Kanal auf den erforderlichen Pegel angehoben. Die 75- μs -Preemphasis kann man durch Zuschalten ($S 4$) von $C 35$ und $C 36$ im Gegenkopplungszweig einstellen.

Von dem als Katodenverstärker (niedriger Quellwiderstand) geschalteten zweiten

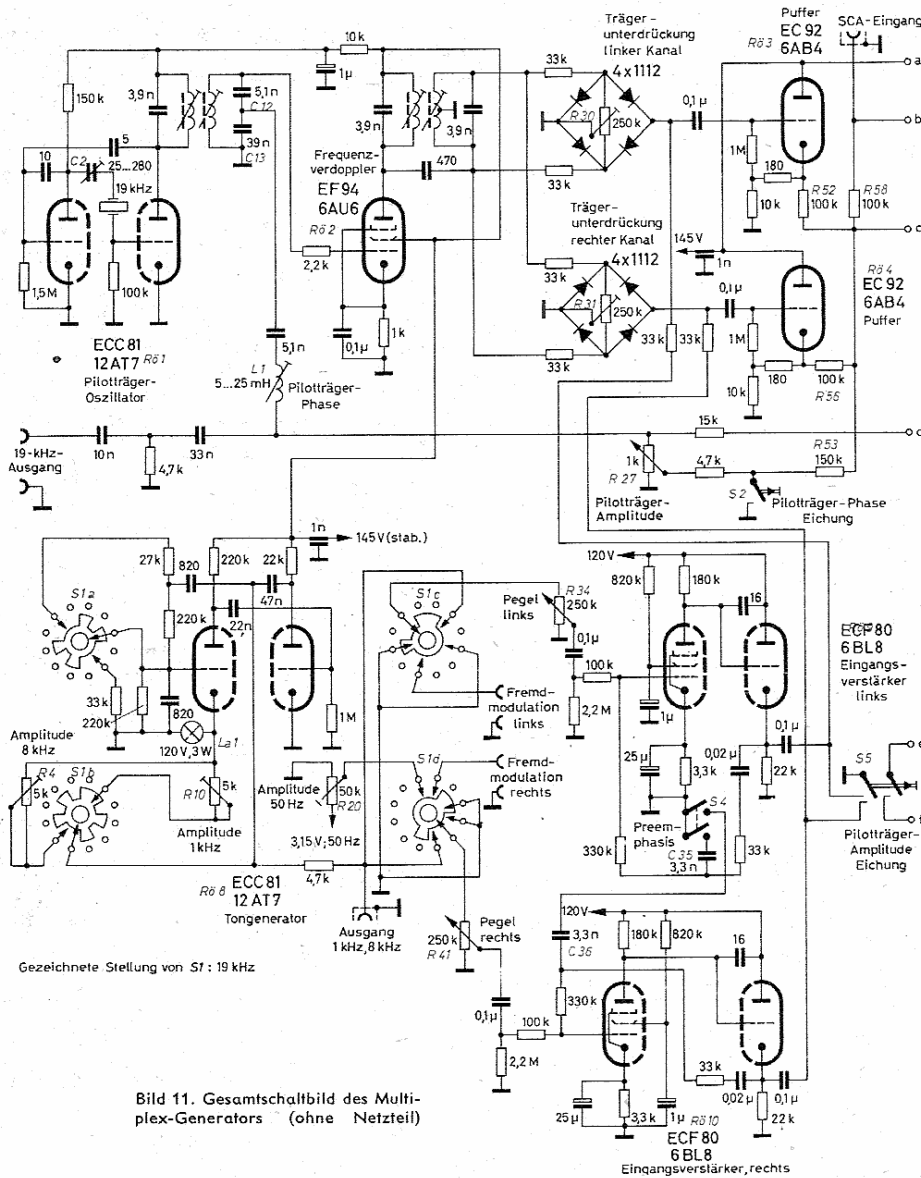


Bild 11. Gesamtschaltbild des Multiplex-Generators (ohne Netzteil)

Röhrensystem der Eingangsverstärker gelangen die Signale zu den Cowan-Modulatoren. Hier werden die Informationen des linken und rechten Kanals mittels der 38-kHz-Schaltspannung umgetastet. Mit den Symmetrieregler R 30 und R 31 läßt sich die maximale Trägerunterdrückung einstellen.

Über die Pufferstufen (Rö 3, Rö 4) erreicht die Spannung das Addiernetzwerk (R 52, R 53, R 56, R 58), wo sie mit dem Pilotträger und gegebenenfalls mit dem SCA-Signal zum Multiplex-Signal zusammengesetzt wird. Es folgt der Ausgangsverstärker (Rö 5), an den sich das Tiefpaßfilter (C 48, C 50, L 2, L 3, L 4) anschließt, dessen Phasenlinearität sich mit R 73 justieren läßt. Mit dem Regler R 83 kann man den Pegel des am Ausgang entnehmbaren Multiplex-Signals einstellen.

Der HF-Oszillator (Rö 7) wird mittels der kapazitiv wirkenden Reaktanzstufe (Rö 6) mit dem Multiplex-Signal frequenzmoduliert. Der temperaturkompensierte Schwingkreis (C 67, C 75, L 8) ist mit der Induktivität auf eine Festfrequenz im Bereich 97 ... 103 MHz einstellbar. Zum Vorjustieren des Modulationshubs dient R 87. Die Impedanz des unsymmetrischen HF-Ausgangs ist 60 Ohm.

Zur Messung der Amplituden von Multiplex-Signal und Pilotträger ist ein Pegel-

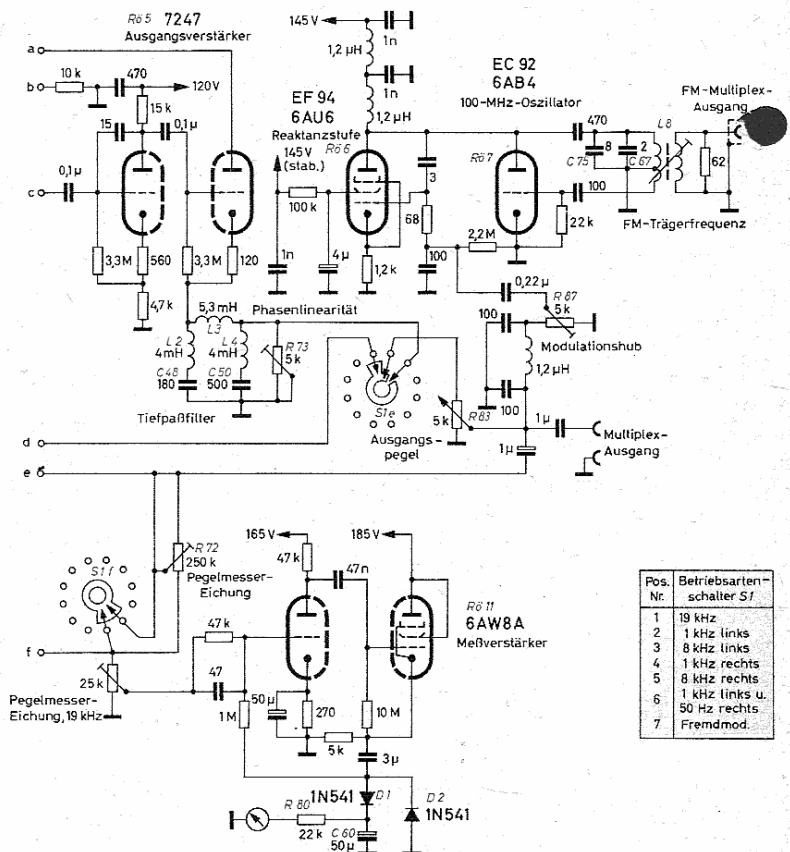
meßteil vorhanden, mit dem auch die Kontrolle des Modulationshubs vorgenommen wird. Die exakte Bewertung des komplexen Signals erfordert wegen der sehr unterschiedlichen Kurvenformen eine Spitzenspannungsmessung. Hierzu ist ein RC-gekoppelter Meßverstärker (Rö 11) eingebaut, der eine Gleichrichterschaltung (D1, D2) mit hoher Entladezeitkonstante (C 60, R 80) speist. Die zweite Stufe des Verstärkers ist wiederum als Katodenverstärker ausgeführt, der wegen seiner niedrigen Ausgangsimpedanz für die schnelle Aufladung von C 60 auf den Spitzenwert des Signals sorgt.

Soll am Multiplex-Ausgang ausschließlich das 19-kHz-Signal entnommen werden (mit S1 wählbar), so erhöht sich die Empfindlichkeit des Pegelmessers durch Kurzschließen von R 72 um den Faktor 10. Dies ist im Interesse guter Ablesbarkeit notwendig, weil nach der FCC-Norm der Anteil des Pilotträgers an der Gesamtmodulation mit 8 ... 10 % festgelegt ist.

Wie oben beschrieben, ist zur oszillografischen Kontrolle der Phasenlage des Pilotträgers dessen Entfernung aus dem Multiplex-Signal erforderlich. Das erfolgt durch Betätigen der Drucktaste S2. U für die jeweilige Aussteuerung der Stereokanäle den normgerechten Pilotträger-Pegel einzustellen, wird S5 gedrückt. Dabei werden die NF-Signale und R 72 kurzgeschlossen. R 27 ist jetzt so einzustellen, daß am Pegelmessers der zuvor erreichte Ausschlag entsteht.

Der Netzteil bietet keine Besonderheiten. Gegen Spannungsschwankungen empfindliche Generatorstufen werden mit einer stabilisierten Spannung versorgt. Um die unkontrollierte Abstrahlung des HF-Signals zu verhindern, sind alle Versorgungsleitungen für den Oszillator und die Reaktanzröhre sorgfältig verdröselt.

Jedem Multiplex-Generator ist eine ausführliche Gebrauchsanleitung beigegeben, der vom Benutzer neben der Funktionsbeschreibung zahlreiche Anwendungsbeispiele entnommen werden können.



Pos. Nr.	Betriebsarten-schalter S1
1	19 kHz
2	1 kHz links
3	8 kHz links
4	1 kHz rechts
5	8 kHz rechts
6	1 kHz links u. 8 kHz rechts
7	Fremdmod.

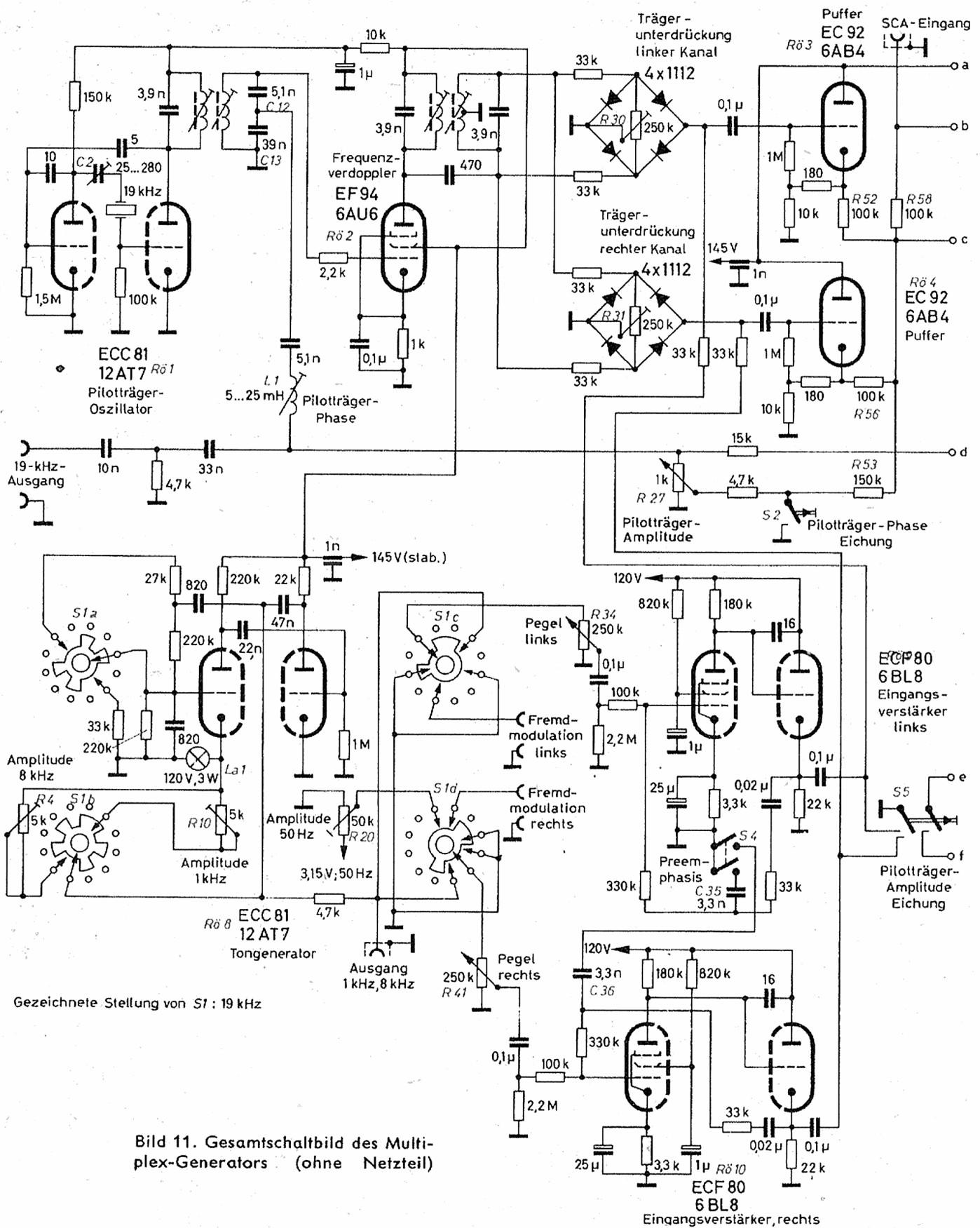
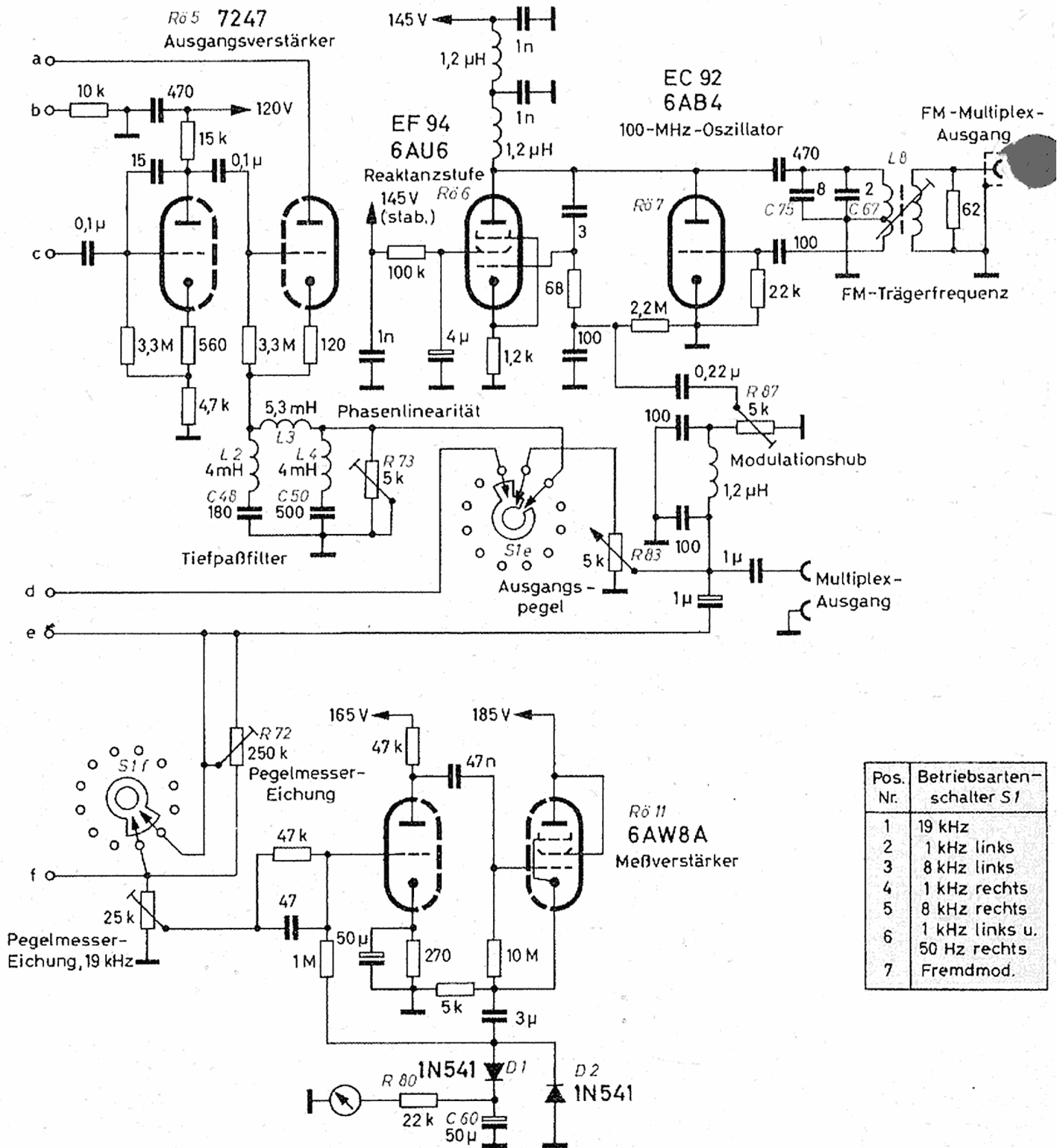


Bild 11. Gesamtschaltbild des Multiplex-Generators (ohne Netzteil)



Pos. Nr.	Betriebsarten-schalter S1
1	19 kHz
2	1 kHz links
3	8 kHz links
4	1 kHz rechts
5	8 kHz rechts
6	1 kHz links u. 50 Hz rechts
7	Fremdmod.