



# Funktionsgenerator FG 7000 Teil 1

**Der neue Funktionsgenerator FG 7000 bietet durch konsequenten Einsatz innovativer Technologie Features, die bei anderen Geräten dieser Preisklasse kaum zu finden sind. Im Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 10 MHz stehen die gängigen Kurvenverläufe Sinus, Rechteck, Dreieck, Sägezahn und Impuls zur Verfügung. Aufgrund seiner hervorragenden technischen Daten und Ausstattungsmerkmale ist der FG 7000 vielfältig einsetzbar und sollte in keinem Elektronik-Labor fehlen.**

## Allgemeines

Neben Multimeter, Netzteil, LötKolben und Oszilloskop ist der Funktionsgenerator wesentlicher Bestandteil einer Elektronik-Labor-Grundausstattung. Mit dem Funktionsgenerator lassen sich verschiedene Signale generieren, die dann zum Testen von Analog- oder Digital-schaltungen, Prüfen von Regelkreisen oder zur Ermittlung von Frequenzgängen von Verstärkern, Filtern oder Lautsprechern dienen. Ein Funktionsgenerator sollte möglichst viele verschiedene Signale bei weitem Frequenzbereich und hoher Ausgangs-amplitude generieren können.

Der neue FG 7000 wurde im Hinblick auf diese Betrachtungen entwickelt und zeichnet sich durch eine Reihe besonderer Features aus:

- Im Gegensatz zu anderen Geräten dieser Preisklasse, die oftmals eine maximale Ausgangsfrequenz von lediglich 200 kHz

aufweisen, bietet der FG 7000 die hohe maximale Ausgangsfrequenz von 10 MHz bei hervorragender Amplitudenstabilität. Diese wird durch die hohe Bandbreite der Endstufe von ca. 27 MHz erreicht, so daß die eingestellte Amplitude im gesamten Frequenzbereich stabil bleibt.

- Der FG 7000 stellt das Ausgangssignal an 2 Signalausgängen zur Verfügung. Für den Einsatz in 50Ω-Systemen ist eine BNC-Buchse vorgesehen, wobei der Quellenwiderstand 50 Ω beträgt. Oftmals wird die Einspeisung in Audiosysteme verlangt, wofür der FG 7000 zusätzlich mit einer Cinch-Buchse ausgestattet ist, an der das Signal mit einem Innenwiderstand von 600 Ω zur Verfügung steht.
- Einfache Bedienung: Die Bedienung des FG 7000 gestaltet sich sehr einfach, da sich alle Signalparameter mit nur 4 Potentiometern und 3 Schaltern bestimmen lassen.
- Einfacher und schneller Nachbau: Aufgrund des Einsatzes innovativer Bauelemente konnte der Gesamtaufwand für die

Schaltung recht gering gehalten werden. Somit ist der Nachbau innerhalb kurzer Zeit abgeschlossen und auch für Elektronik-Einsteiger geeignet.

- Hervorragendes Preis-/Leistungsverhältnis

## Technische Daten: FG 7000

Frequenzbereich:	..... 0,1 Hz - 10 MHz, 8 Bereiche
Ausgangssignale:	..... Rechteck, Sinus, Dreieck, Impuls, Sägezahn, DC
Ausgangsspannung:	..... max. 10 V <sub>ss</sub>
DC-Offset:	..... ± 10 V
Ausgangswiderstand BNC:	..... 50 Ω
Ausgangswiderstand Cinch:	..... 600 Ω
Dämpfung:	..... 0 dB, 20 dB, 40 dB
Klirrfaktor (Sinus):	..... typ. 0,75%
Anstiegszeit (Rechteck):	..... < 14 ns
Tastverhältnis:	..... 15 % - 85 %
Spannungsversorgung:	..... 230 V
Leistungsaufnahme:	..... 5,5 VA
Abmessungen:	..... 270 x 150 x 95 mm
Gewicht:	..... ca. 1 kg

## Bedienung

Wie bereits erwähnt, gestaltet sich die Bedienung des FG 7000 sehr einfach.

Mit Hilfe des Schalters „Function“ ist die Signalform zwischen Sinus, Dreieck und Rechteck wählbar. Der Symmetrieeinsteller „Symmetry“ ermöglicht bei Rechteck- und Dreieck-Signalen die Variation des Tastverhältnisses und somit die Realisierung von Kurvenverläufen wie Impuls und Sägezahn.

Mit dem Drehschalter „Range“ läßt sich der gewünschte Frequenzbereich auswählen, wobei insgesamt 8 Bereiche zur Verfügung stehen:

Bereich 1:	..... 0,1 Hz-1 Hz
Bereich 2:	..... 1 Hz-10 Hz
Bereich 3:	..... 10 Hz-100 Hz
Bereich 4:	..... 100 Hz-1 kHz
Bereich 5:	..... 1 kHz-10 kHz
Bereich 6:	..... 10 kHz-100 kHz
Bereich 7:	..... 100 kHz-1 MHz
Bereich 8:	..... 1 MHz-10 MHz

Innerhalb des ausgewählten Frequenzbereiches ist die gewünschte Ausgangsfrequenz mit dem Frequenzeinsteller und der großen Frequenzskala einstellbar.

Das Potentiometer „Amplitude“ ermöglicht die Einstellung der Signalamplitude im Bereich von 0 bis 5 V, wodurch sich Ausgangsspannungen von bis zu 10 V<sub>ss</sub> ergeben.

Um auch kleine Ausgangsamplituden problemlos und exakt einstellen zu können, verfügt der FG 7000 über 2 zuschaltbare Dämpfungsglieder, die mit 20 dB eine Abschwächung um den Faktor 10 und

mit 40 dB um den Faktor 100 erlauben.

Soll das Ausgangssignal mit einem DC-Anteil versehen werden, ist dieser mit dem Potentiometer „DC-Level“ im Bereich von -10 V bis +10 V einstellbar.

Das Ausgangssignal steht an der BNC-Buchse mit 50Ω-Innenwiderstand und an der Cinch-Buchse mit 600Ω-Innenwiderstand zur Verfügung.

## Funktion des MAX 038

Die preisgünstige Realisierung eines Funktionsgenerators mit den aufgeführten Leistungsmerkmalen wird durch den Einsatz des Funktionsgenerator-ICs MAX 038 und einer kompakten Endstufe in Form eines schnellen Operationsverstärkers möglich. Im folgenden wird die Funktionsweise des MAX 038 in Kurzform vorgestellt.

Abbildung 1 zeigt das Blockschaltbild. Zentrales Element ist der Oszillator (1), der durch Laden und Entladen des externen Kondensators C<sub>f</sub> mit konstanten Strömen eine Dreiecksspannung generiert, von der die weiteren Kurvenformen abgeleitet werden. Die Frequenz dieses Oszillators wird zum einen durch den externen Kondensator C<sub>f</sub> und zum anderen vom Stromgenerator (6) erzeugten Strom bestimmt. Der Stromgenerator besitzt die drei Steuereingänge FADJ, DADJ und I<sub>in</sub>.

Liegt FADJ auf 0 V, läßt sich die Oszillatorfrequenz durch folgende Beziehung beschreiben:

$$f = \frac{I_{in}}{C_f}$$

Eine Spannung am Anschlußpin FADJ im Bereich von ±2,4 V ruft eine Änderung

der Oszillatorfrequenz im Bereich von ±70 % hervor, was insbesondere bei einer Frequenzfeinabstimmung hilfreich ist.

Durch Beschalten des Eingangs DADJ mit einer Spannung im Bereich von ±2,3 V kann das Tastverhältnis des Ausgangssignals im Bereich von 15 % bis 85 % variiert werden.

Für die Erzeugung der entsprechenden Steuerspannungen besitzt der MAX 038 eine interne Spannungsreferenz (7) und stellt an Pin 1 eine Referenzspannung von 2,5 V zur Verfügung.

Aus dem Dreieckssignal des Oszillators formt der Funktionsblock (2) eine sinusförmige Spannung, der Komparator (3) erzeugt das Rechtecksignal.

Der Multiplexer (4) wählt das den Adreßeingängen A 0 und A 1 entsprechende Signal aus und führt es der Ausgangsstufe (5) zu. An Pin 19 steht das Ausgangssignal mit einer konstanten Amplitude von 1 V und einem Ausgangswiderstand von 0,1 Ω an.

Des weiteren stellt der MAX 038 ein Synchronsignal am Ausgang „Sync.“ zur Verfügung, das mit Hilfe des Komparators (8) gewonnen wird. Die positive Flanke des Synchronsignals ist mit dem positiven Nulldurchgang des Sinus- oder Dreiecksignals synchron. Da der Sync.-Ausgang eine schnell schaltende Ausgangsstufe besitzt, wird diese von der getrennten Betriebsspannung „DV+“ versorgt.

Ein weiteres Feature des MAX 038 ist der Phasendetektor (9), der zur Synchronisation des Ausgangssignals mit einem externen Taktsignal einsetzbar ist. Dabei wird das externe Taktsignal dem Eingang PD 1 zugeführt. PDO ist der Ausgang des Pha-

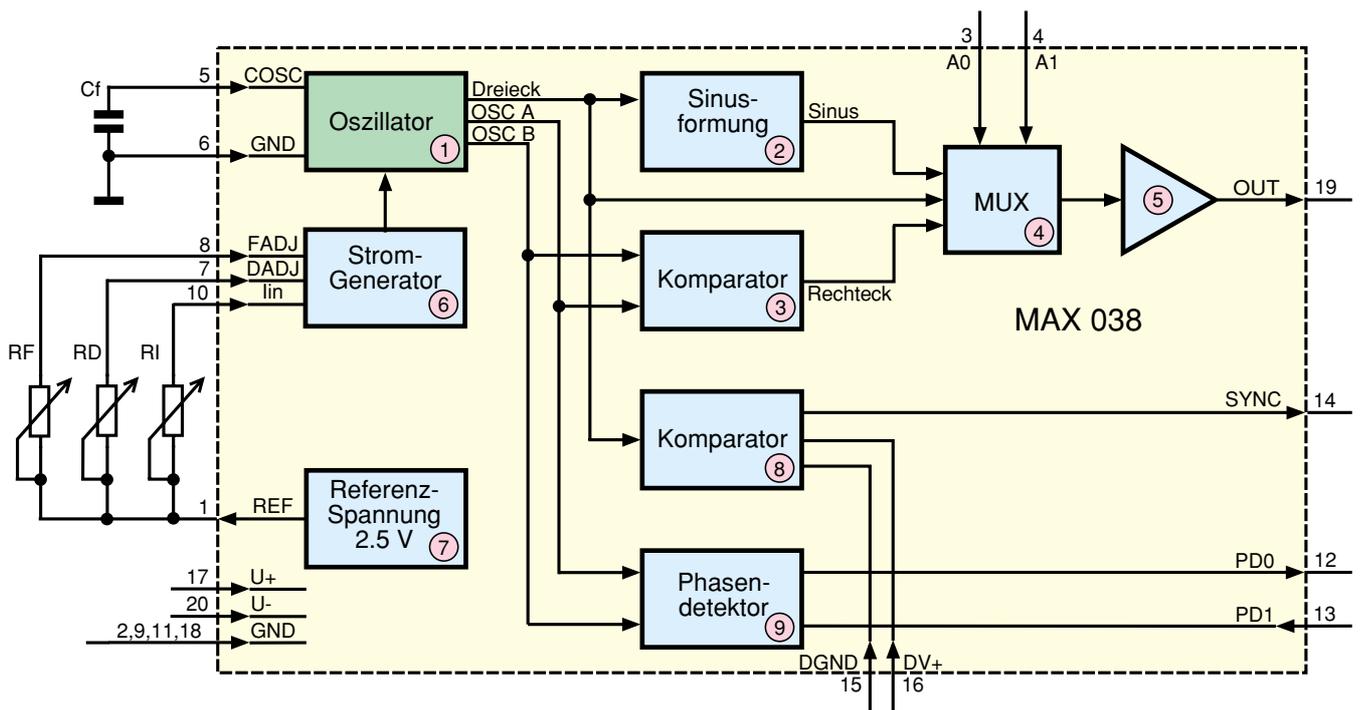
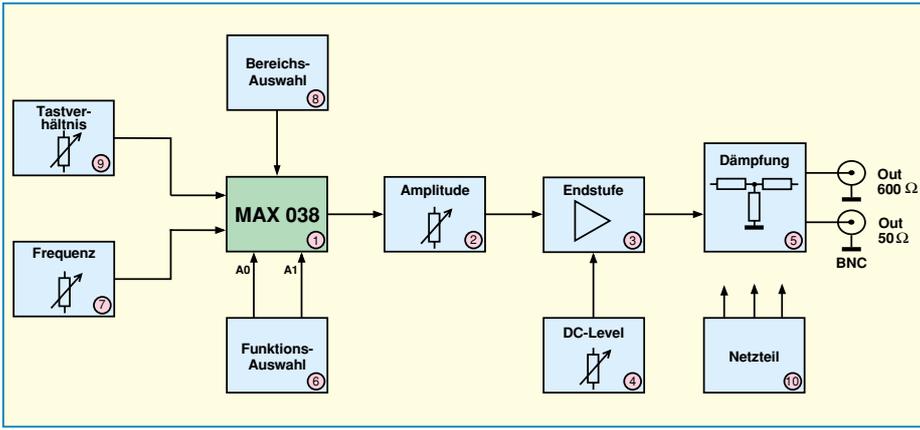


Bild 1: Blockschaltbild des MAX 038



**Bild 2: Blockschaltbild des Funktionsgenerators FG 7000**

ist das Tastverhältnis durch eine Spannung im Bereich von  $\pm 2,3$  V am Anschlußpin DADJ des MAX 038 veränderbar (9).

**Schaltung**

sendetektors, der mittels eines Schleifenfilters eine Regelspannung für eine PLL-Schaltung generieren kann.

**Grundstruktur FG 7000**

Abbildung 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau des auf der Grundlage des MAX 038 entwickelten Funktionsgenerators FG 7000. Das Ausgangssignal des MAX 038 (1) gelangt mit einer Amplitude von 1V zum Einsteller „Amplitude“ (2), mit dem sich das Signal im Bereich von 0 bis 1 V einstellen läßt. Von hier wird das Signal der Endstufe (3) zugeführt. Mit einer Verstärkung von 5 ergibt sich die maximale Ausgangsspannung des FG 7000 zu  $10 V_{SS}$ .

Mit dem Poti „DC-Level“ (4) läßt sich zum Ausgangssignal ein DC-Offset addieren. Zwei der Endstufe nachgeschaltete 20dB-Dämpfungsglieder (5) ermöglichen die Abschwächung des Ausgangssignals

um den Faktor 10 oder 100. Von dort aus wird das Signal den beiden Ausgangsbuchsen zugeführt.

Mit dem Schiebeschalter „Function“ (6) werden die Adressleitungen „A 0“ und „A 1“ codiert. Der interne Multiplexer des MAX 038 wählt die entsprechende Signalform aus, wobei folgender Zusammenhang besteht:

A0	A1	Signal
X	1	Sinus
0	0	Rechteck
1	0	Dreieck

Die Einstellung der Frequenz erfolgt über einen Drehschalter (8), der den entsprechenden Kondensator  $C_f$  mit dem MAX 038 verbindet, und ein Potentiometer, über das sich der Steuerstrom  $I_{in}$  einstellen läßt.

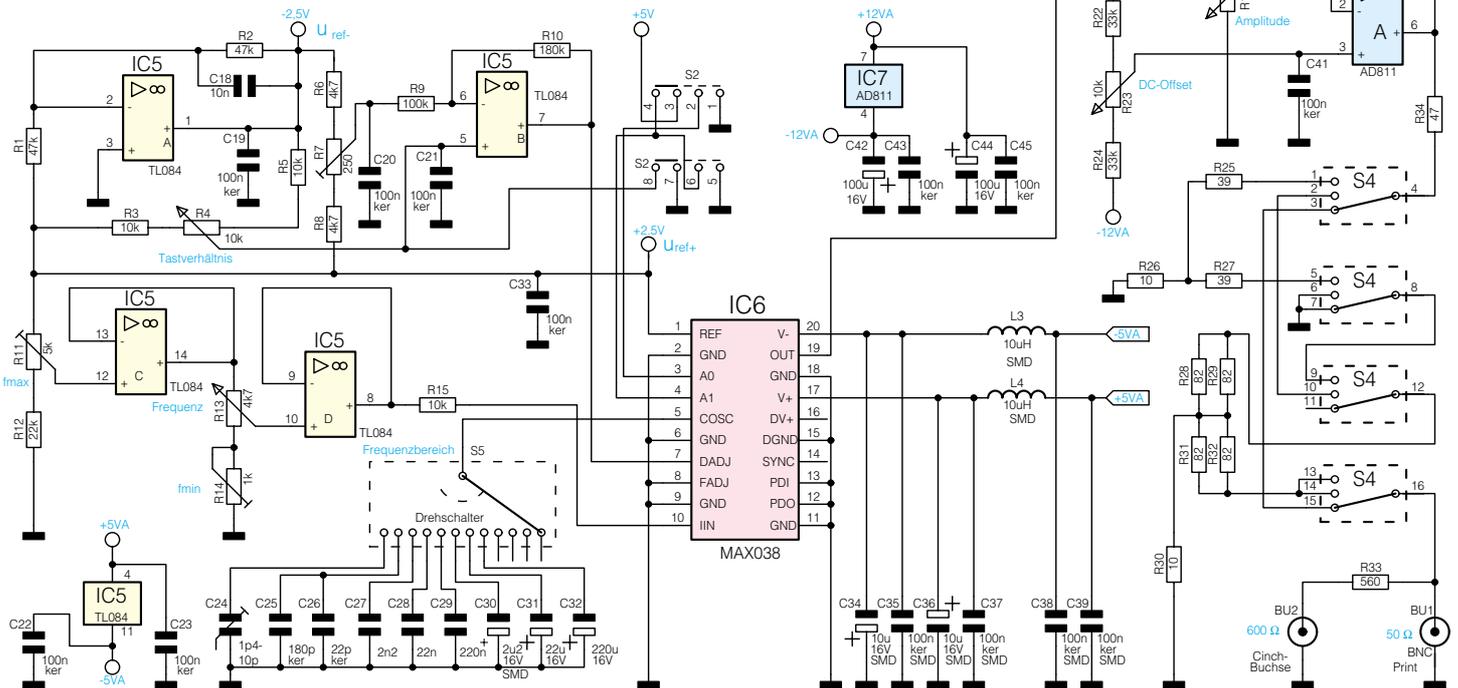
Bei Rechteck- und Dreiecksspannungen

Abbildung 3 zeigt das Schaltbild der Signalerzeugung des FG 7000, das sich auf wenige Bauelemente beschränkt. Zentrales Element ist das Funktionsgenerator-IC MAX 038, IC 6. An Pin 1 steht die bereits erwähnte 2,5V-Referenzspannung zur Verfügung, die als Basis für die zur Einstellung von Frequenz und Tastverhältnis erforderlichen Steuerspannungen dient.

Durch die Signale an den Eingängen „A 0“ und „A 1“ (Pin 3, Pin 4) wählt der interne Multiplexer des MAX 038 die entsprechende Signalform aus. Der Schiebeschalter S 2 codiert dazu die Eingänge „A 0“ und „A 1“ entsprechend der zuvor beschriebenen Tabelle. In der Stellung „Sinus“ wird das Tastverhältnis zwangsweise auf 50 % gesetzt und S 2 schließt die mit R 4 abgegriffene Spannung gegen Masse kurz.

Mittels des Drehschalters S 5 wird an Pin 5 des MAX 038 die für den jeweiligen Frequenzbereich erforderliche Kapazität (C 24 - C 32) geschaltet. Frequenzbestimmend im jeweiligen Bereich ist der Steu-

**Abbildung 3: Schaltbild der Signalerzeugung des FG 7000**



erstrom  $I_{in}$ , der in Pin 10 hineinfließt. Aufgrund der Innenschaltung des MAX 038 liegt Pin 10 auf sogenannter „virtueller Masse“, so daß der Strom  $I_{in}$  durch die über R 15 anliegende Spannung bestimmt wird. Diese Spannung wird mit Hilfe des Potentiometers R 13 abgegriffen und durch IC 5 D entkoppelt, wodurch eine lineare Frequenzskala entsteht. Damit beim Abgleich der Frequenzskala (minimale/maximale Frequenz) die beiden Einstellungen voneinander unabhängig sind, stellt man zunächst mit R 11 die maximale Spannung ein, die durch den Spannungsfolger IC 5 C gepuffert wird. Mit dem Trimmer R 14 ist dann die minimale Spannung und somit die minimale Frequenz einzustellen.

Der Operationsverstärker IC 5 A ist als invertierender Verstärker mit der Verstärkung  $V = -1$  beschaltet und generiert aus der positiven Referenzspannung +2,5 V eine negative Referenzspannung von -2,5 V.

Die beiden Spannungssteiler R 3, R 4, R 5 und R 6, R 7, R 8 sind zwischen die Referenzspannungen +2,5 V und -2,5 V geschaltet. Mit dem Poti R 4 läßt sich eine Spannung im Bereich von -0,83 V bis +0,83 V abgreifen. Die mit dem Trimmer R 7 einstellbare Spannung liegt im Bereich von -65 mV bis +65 mV. Der Operationsverstärker IC 5 B erfüllt 2 Aufgaben, die nachstehend detailliert beleuchtet werden.

1. Einstellung des Tastverhältnisses bei Dreieck- und Rechtecksignalen: Die mit dem Trimmer R 7 einstellbare Spannung liegt im Bereich von -65 mV bis +65 mV, also ungefähr auf Massepotential. Aufgrund dessen arbeitet IC 5 B für die mit dem Symmetrieeinsteller R 4 abgegriffene Spannung als nicht invertierender Verstärker. Die Verstärkung beträgt  $V = 1 + R_{10} / R_{9} = 2,8$ . Am Ausgang von IC 5 B, Pin 7, steht eine Spannung an, die mit R 4 im Bereich von -2,3 V bis +2,3 V einstellbar ist und dem MAX 038 an Pin 7 zugeführt wird. Das Tastverhältnis läßt sich somit im Bereich von 15 % bis 85 % einstellen.

2. Feineinstellung des Tastverhältnisses für den Klirrfaktorabgleich bei sinusförmigen Ausgangssignalen: Bei sinusförmigem Ausgangssignal sollte das Tastverhältnis möglichst genau 50 % betragen, da ansonsten

der Klirrfaktor des Sinussignals ansteigt. Laut Herstellerangabe liegt der Klirrfaktor bei einer Spannung von 0 V am Eingang DADJ bei max. 1,5 %. Durch Anlegen einer Spannung an DADJ im Bereich von  $\pm 100$  mV kann ein Feinabgleich erfolgen, wodurch sich der Klirrfaktor auf 0,75 % verringert. In der Stellung „Sinus“ schließt der Schalter S 2, wie bereits beschrieben, die mit R 4 abgegriffene Spannung zur Tastverhältnis-Einstellung kurz. Somit liegt der nicht invertierende Eingang von IC 5 B auf Massepotential und IC 5 B arbeitet für die mit R 7 abgegriffene Spannung als invertierender Verstärker mit der Verstärkung  $V = R_{10} / R_{9} = -1,8$ . Am Ausgang von IC 5 B, Pin 7, liegt in diesem Fall eine Spannung, die mit R 7 im Bereich von -117 mV bis +117 mV einstellbar ist und eine Feineinstellung des Klirrfaktors ermöglicht.

Der MAX 038 wird mit den Betriebsspannungen +5 V und -5 V versorgt. Da der Sync.-Ausgang in dieser Anwendung nicht benutzt wird, bleibt der digitale Versorgungsspannungspin „DV+“, Pin 16, unbeschaltet. Über die Spulen L 3 und L 4 sowie die Kondensatoren C 34 bis C 39 erfolgt eine Entkopplung der Betriebsspannungen zum Rest der Schaltung, um Störausbreitungen über die Betriebsspannungen zu vermeiden.

Das Ausgangssignal steht mit konstanter Amplitude von 1 V an Pin 19 des MAX 038 zur Verfügung und wird auf den Amplitudeneinsteller R 16 geführt.

Die Endstufe des FG 7000 ist völlig neu konzipiert und besteht im wesentlichen aus dem Hochgeschwindigkeits-Video-Operationsverstärker AD 811, der sich insbesondere durch folgende Vorteile auszeichnet:

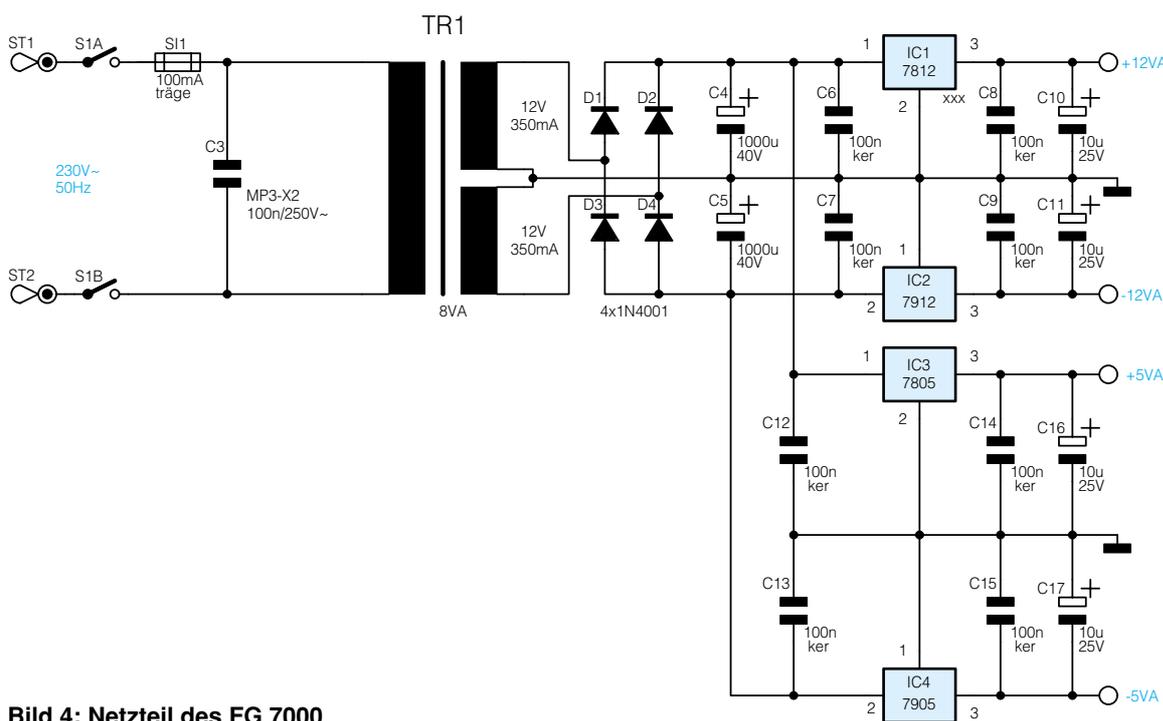
- 140MHz-Verstärkungs-Bandbreite
- 2500V/ $\mu$ s Anstiegsgeschwindigkeit (Slew Rate)
- geringe Verzerrungen
- exzellentes DC-Verhalten
- kompakte Bauform im 8poligen DIP-Gehäuse

Durch Einsatz dieses Operationsverstärkers konnte der Gesamtaufwand für die Endstufe sehr gering gehalten werden und beschränkt sich auf die Bauteile IC 7, R 17, R 18 und R 20. IC 7 arbeitet als invertierender Verstärker mit der Verstärkung  $V = -R_{20} / (R_{17} \parallel R_{18}) = -5,2$ . An Pin 3 von IC 7 wird zum Ausgangssignal der DC-Offset addiert, der über das Poti R 23 einstellbar ist. Um einen Innenwiderstand von 50  $\Omega$  zu erhalten, ist dem Ausgang Pin 6 von IC 7 der Widerstand R 34 nachgeschaltet.

Der Drehschalter S 4 schaltet die mit R 25 bis R 32 realisierten Dämpfungsglieder in den Signalweg, so daß sich Dämpfungen von 20 dB und 40 dB ergeben. An BU 1 steht das Ausgangssignal mit einem Innenwiderstand von 50  $\Omega$  und an BU 2 mit 600  $\Omega$  zur Verfügung.

Abschließend soll das Netzteil des FG 7000 betrachtet werden, welches in Abbildung 4 dargestellt ist. Die Versorgungsspannungen +5 VA, -5 VA, +12 VA, -12 VA werden mit Hilfe von TR 1 gewonnen, gleichgerichtet und über die Festspannungsregler IC 1 - IC 4 stabilisiert.

Damit ist die Schaltungsbeschreibung abgeschlossen, im zweiten und abschließenden Teil dieses Artikels widmen wir uns dem Nachbau, der Inbetriebnahme und dem Abgleich des FG 7000. **ELV**



**Bild 4: Netzteil des FG 7000**