

# Multi-Funktions-Generator

## MFG 9000 Teil 2

Die interessante Schaltungstechnik dieses innovativen Generators mit einem Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 20 MHz stellen wir im zweiten Teil dieses Artikels detailliert vor.

### Schaltung

In Tabelle 1 sind die herausragenden technischen Daten des MFG 9000 übersichtlich dargestellt. Besonders hervorzuheben sind der große Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 20 MHz sowie die Amplitudenstabilität des Ausgangssignals. Selbst bei Frequenzen von 20 MHz entsteht aufgrund der extrem schnellen Anstiegszeit der Endstufe von 12 ns (!) nur eine minimale Amplitudenabweichung.

Obwohl der Schaltungsaufwand dieses neuen Multi-Funktions-Generators angesichts der bemerkenswerten Leistungsdaten gering ist, ergibt sich jedoch eine relativ komplexe Gesamtschaltung. Zur besseren Übersicht haben wir daher die Schaltungstechnik in 7 sinnvoll zusammengehörende Teilschaltbilder aufgeteilt, mit folgenden funktionalen Schwerpunkten:

- Abbildung 3: Signalerzeugung
- Abbildung 4: Wobbelteil
- Abbildung 5: Endstufe
- Abbildung 6: Funktionsauswahl
- Abbildung 7: Digitalteil
- Abbildung 8: Vorverstärker
- Abbildung 9: Netzteil

Bei der folgenden, recht ausführlich gehaltenen Schaltungsbeschreibung konzentrieren wir uns auf die wesentlichen schaltungstechnischen Gegebenheiten und beginnen mit dem in Abbildung 3 dargestell-

ten zentralen Schaltbild, das die Signalerzeugung zeigt.

### Signalerzeugung (Abbildung 3)

Das Herz des Multi-Funktions-Generators MFG 9000 stellt das innovative Funktions-Generator-IC MAX 038 dar.

An den Anschlußpin 5 des MAX 038 wird mittels des Drehschalters S 200 A die

für den jeweiligen Frequenzbereich erforderliche Kapazität (C 302 bis C 306) geschaltet. Frequenzbestimmend in dem jeweiligen Bereich ist der Steuerstrom, der in Pin 10 hineinfließt. Pin 10 liegt aufgrund der Innenschaltung des MAX 038 auf sogenannter „virtueller Masse“, so daß der Strom  $I_{IN}$  durch die über R 310 und R 311 anliegenden Spannungen bestimmt wird.

### Technische Daten MFG 9000

#### Ausgangs-Kenndaten

Frequenzbereich: ..... 0,1 Hz - 20 MHz,  
5 Bereiche  
Ausgangssignale: ..... Sinus, Rechteck,  
Impuls, Dreieck, Sägezahn, DC  
Ausgangsspannung: ..... max. 10 V<sub>SS</sub>  
DC-Pegel: ..... ±7 V  
Ausgangswiderstand: ..... 50 Ω  
Dämpfung: ..... 0 dB, 20 dB, 40 dB  
Klirrfaktor (Sinus): ..... < 1 %  
Anstiegszeit (Rechteck): ..... <12 ns  
Amplitudenstabilität: ..... 4 % im  
gesamten Bereich  
Tastverhältnis: ..... 10 % - 90 %  
Sync-Ausgang: ..... TTL-Pegel, 50 Ω  
Anstiegszeit (Sync): ..... <5 ns

Interner Generator: ..... linear  
Wobbel-Eingang: ..... ±2 V<sup>Δ</sup> 1 : 100  
Eingangswiderstand: ..... 20 kΩ  
Wobbel-Ausgang: ..... 4 V<sub>SS</sub>  
Ausgangswiderstand: ..... 1 kΩ

#### Frequenzzähler (int./ext.)

Anzeige: ..... 4stellig, LED  
Bereich: ..... DC bis 30 MHz  
Torzeiten: je nach Bereich: 10s, 1s, 0,1s  
Genauigkeit: ..... ±1 Digit  
Empfindlichkeit: ..... 50 mV<sub>eff</sub>  
Eingangswiderstand: ..... 1 MΩ  
Eingangsspannung: ..... max. 50 V

#### Allgemeine Daten

Spannungsversorgung: ..... 230 V  
Leistungsaufnahme: ..... 13 VA  
Abmessungen: .... 350 x 210 x 110 mm  
Gewicht: ..... ca. 1,8 kg

#### Wobbel-Teil

Wobbel-Bereich: ..... 1 : 1 bis 100 : 1  
Wobbel-Frequenz: ..... 1 Hz bis 100 Hz

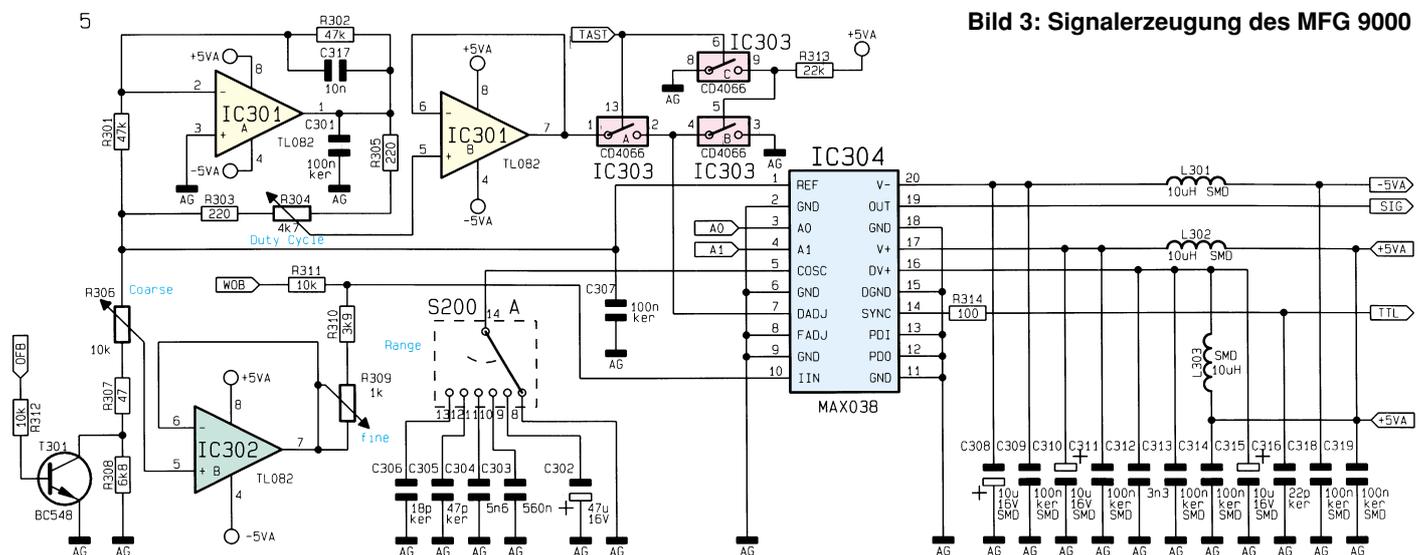


Bild 3: Signalerzeugung des MFG 9000

An Pin 1 stellt das IC eine Referenzspannung von 2,5 V zur Verfügung, woraus die zur Einstellung von Frequenz und Tastverhältnis erforderlichen Steuerspannungen gewonnen werden. Von dem aus dem Potentiometer R 306 sowie den Widerständen R 307 und R 308 bestehenden Spannungsteiler wird die Spannung zur Einstellung der Frequenz abgenommen und durch den als Spannungsfolger geschalteten Operationsverstärker IC 302 B (TL082) gepuffert. Dies entspricht der Frequenzeinstellung „grob“. Die Feineinstellung der Frequenz geschieht mittels des Potis R 309.

T 1 dient zur Begrenzung des Steuerstroms im Bereich 10 MHz bis 20 MHz und öffnet in diesem Bereich durch das Signal „OFB“. Die Einspeisung des für die Wobelfunktion benötigten sägezahnförmigen Stromes wird über R 311 vorgenommen.

Der als Inverter geschaltete OPV IC 301 A des Typs TL082 generiert aus der positiven Referenzspannung eine negative Referenzspannung von -2,5 V. Mit Hilfe des zwischen die Referenzspannungen geschalteten Spannungsteilers R 303 - R 305 sowie IC 301 B kann an Pin 7 des MAX 038 eine Spannung im Bereich von -2,3 V bis +2,3 V eingestellt werden, die das Tastverhältnis bestimmt.

Ist die Signalform „Sinus“ aktiv, so legt das Signal „Tast“ über die CMOS-Schalter IC 303 A bis C den Eingang „DADJ“ auf Massepotential, was einem Tastverhältnis von 50 % entspricht.

Das IC benötigt Betriebsspannungen von +5 V, -5 V sowie +5 V<sub>D</sub>, die über die Spulen L 301 bis L 303 entkoppelt sind.

An Pin 14 stellt der MAX 038 ein TTL-Signal zur Verfügung, das hier u.a. zur Ansteuerung des Sync-Ausganges und des Frequenzzählers dient. An Pin 19 steht das Ausgangssignal an.

### Wobbelteil (Abbildung 4)

Abbildung 4 zeigt das Schaltbild des Wobbelteils. Die Aktivierung erfolgt durch Drehen des Potentiometers „f<sub>min</sub>“ aus dem Rechtsanschlag heraus. Der mit dem Poti gekoppelte Schalter S 300 führt IC 501 die Betriebsspannung zu und gibt das Signal „WOB“ frei.

Die für das Wobbeln benötigte, sägezahnförmige Spannung erzeugt der mit

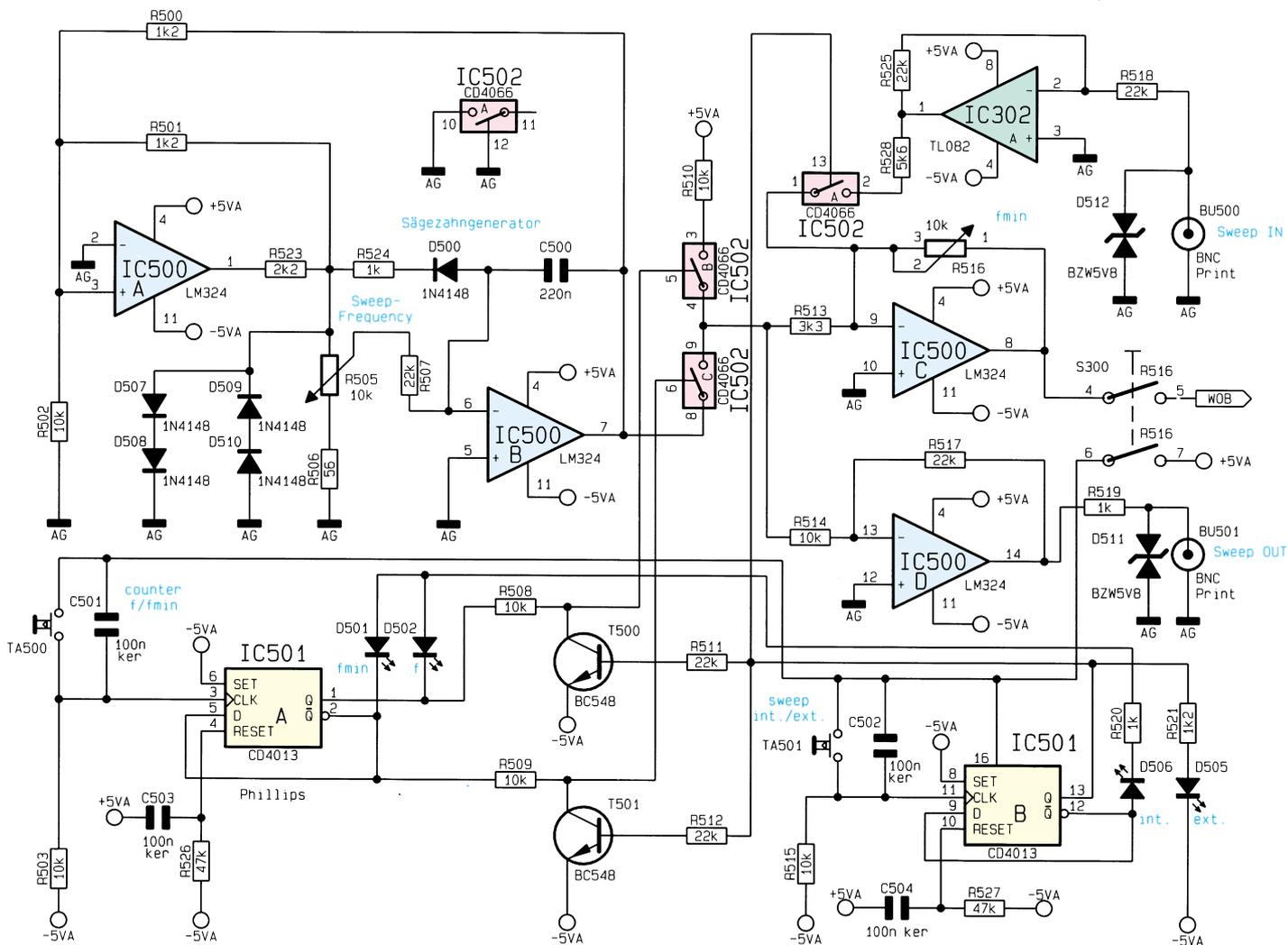
IC 500 A, B (LM 324) realisierte Sägezahn-generator. IC 500 B ist dazu als Integrierer geschaltet, wobei positive und negative Eingangsströme mit unterschiedlichen Integrationskonstanten bewertet werden.

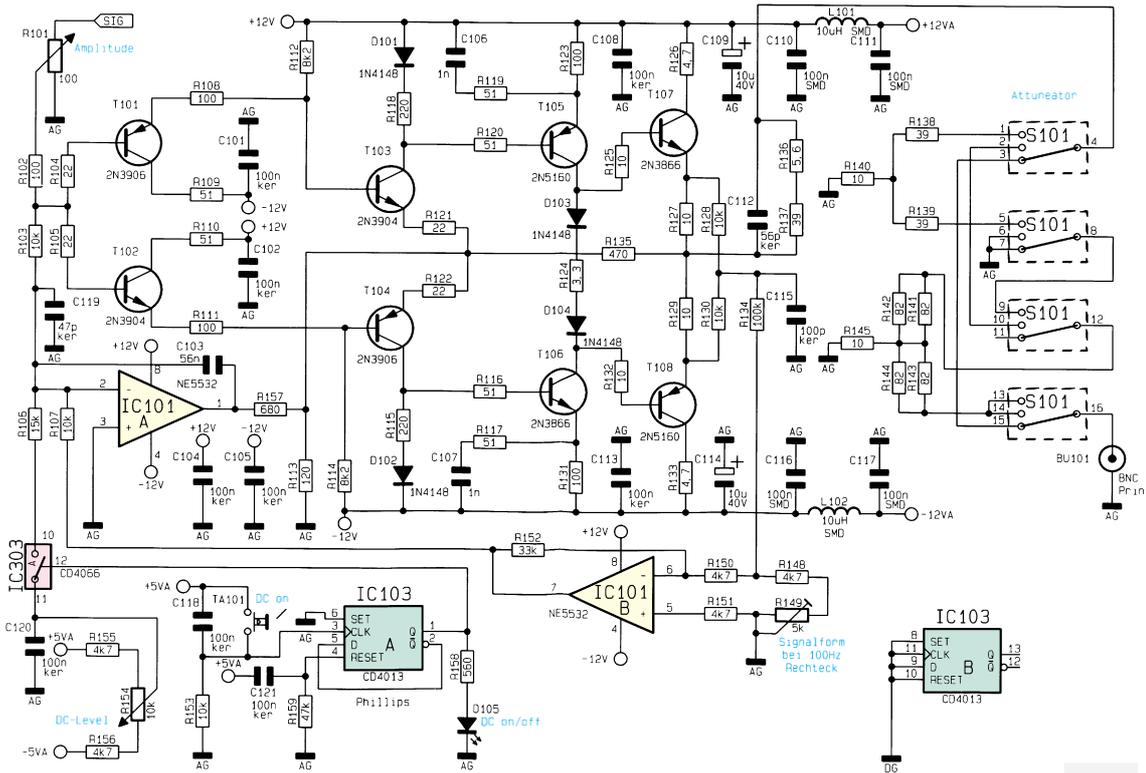
IC 500 A arbeitet als Komparator mit Hysterese. Die Umschaltspannung wird durch D 507 bis D 509 stabilisiert. So ergibt sich eine zur Nulllinie symmetrische Spannung. IC 500 D verstärkt die Sägezahnspannung, die an BU 501 für Synchronisierungszwecke zur Verfügung steht.

Welches Signal zur Wobbelung herangezogen wird, bestimmt IC 501 B des Typs CD 4013. Nach Aktivierung der Wobelfunktion sind die beiden D-Flip-Flops IC 501 A, B zurückgesetzt. Die LEDs „int.“ und „f“ leuchten. Über R 508 und R 509 sind die CMOS-Schalter IC 502 B geöffnet und IC 502 C geschlossen. Die an Pin 7 von IC 500 B anliegende Sägezahnspannung wird somit auf den mit IC 500 C, R 513 und dem Poti R 516 realisierten invertierenden Verstärker geschaltet.

Soll der Wobbelbereich eingestellt werden, so ist die Taste „Counter f/f<sub>min</sub>“ zu drücken. Dadurch kippt IC 501 A, und die LED „f<sub>min</sub>“ leuchtet. IC 502 C öffnet, IC 502 A schließt. Der jetzt durch R 510

**Bild 4:**  
Schaltbild des Wobbelteils





**Bild 5: Schaltbild der Endstufe**

liegen. Der als Inverter geschaltete Transistor T 602 erzeugt das Steuersignal „TAST“, das bei der Funktion „Sinus“ die Einstellung des Tastverhältnisses sperrt.

**Digitalteil (Abbildung 7)**

Als nächster Schaltungsteil soll der Digitalteil des MFG 9000 detailliert betrachtet werden. Abbildung 7 zeigt das Schaltbild. Zentrales Bauelement stellt das GAL ELV 9598 (IC 200) dar, das im wesentlichen die Funktionen des Digitalteils steuert.

und R 513 in den invertierenden Verstärker hineinfließende Strom ist gleich dem Strom, der beim Maximalwert der Sägezahnspannung fließt. Mit dem Poti „f<sub>min</sub>“ (R 516) ist nun die Verstärkung und damit die minimale Frequenz des Wobbelbereichs einstellbar.

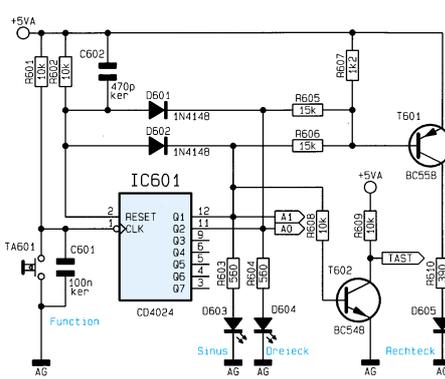
Will man für das Wobbeln ein externes Signal verwenden oder eine Frequenzmodulation durchführen, so ist der Taster „sweep int./ext.“ zu drücken. Die LED „ext.“ leuchtet auf, über die Transistoren T 500 und T 501 öffnen IC 502 B, C und IC 502 A schließt. Eine an BU 500 anliegende Spannung dient jetzt als Modulationssignal.

**Endstufe (Abbildung 5)**

In Abbildung 5 ist das Schaltbild der Endstufe dargestellt. Mit Hilfe von R 101 ist die Amplitude des Ausgangssignals einstellbar. Durch Betätigen des Tasters „DC on“ kippt IC 103 A, und der CMOS-Schalter IC 303 A des Typs CD4066 schließt. Mit dem Potentiometer R 154 ist ein DC-Pegel einstellbar, der über R 106 eingespist wird.

Der Drehschalter S 101 schaltet die mit R 138 bis R 145 realisierten Dämpfungsglieder in den Signalweg, so daß sich Dämpfungen von 20 dB und 40 dB ergeben. An BU 101 steht das Ausgangssignal mit einem Innenwiderstand von 50 Ω zur Verfügung.

Damit stabile Gleichspannungsverhältnisse entstehen, besitzt die Endstufe getrennte NF- und HF-Zweige. Da die Ver-



**Bild 6: Schaltbild der Funktionsauswahl**

stärkungen einander anzupassen sind, ist mit dem Trimmer R 149 bei einem 100Hz-Rechtecksignal die optimale Signalform einstellbar.

**Funktionsauswahl (Abbildung 6)**

Die Realisierung der Schaltung zur Funktionsauswahl ist in Abbildung 6 dargestellt. Die Signale „A 0“ und „A 1“ steuern, wie schon beschrieben, den Multiplexer im MAX 038. Dazu ist mit IC 601 (CD 4024) ein Zähler aufgebaut, der bei jedem Tastendruck des Tasters „Function“ um eine Stellung weiterzählt. Sind die Ausgänge Q 1 und Q 2 aktiv - dies entspricht dem Dezimalwert 4 - erfolgt über die Dioden D 601 und D 602 sowie R 602 und C 602 ein Reset.

Die LEDs zur Anzeige der Funktionen „Sinus“ und „Dreieck“ werden direkt angesteuert. Die LED „Rechteck“ leuchtet auf, wenn Q 1 und Q 2 auf Low-Pegel

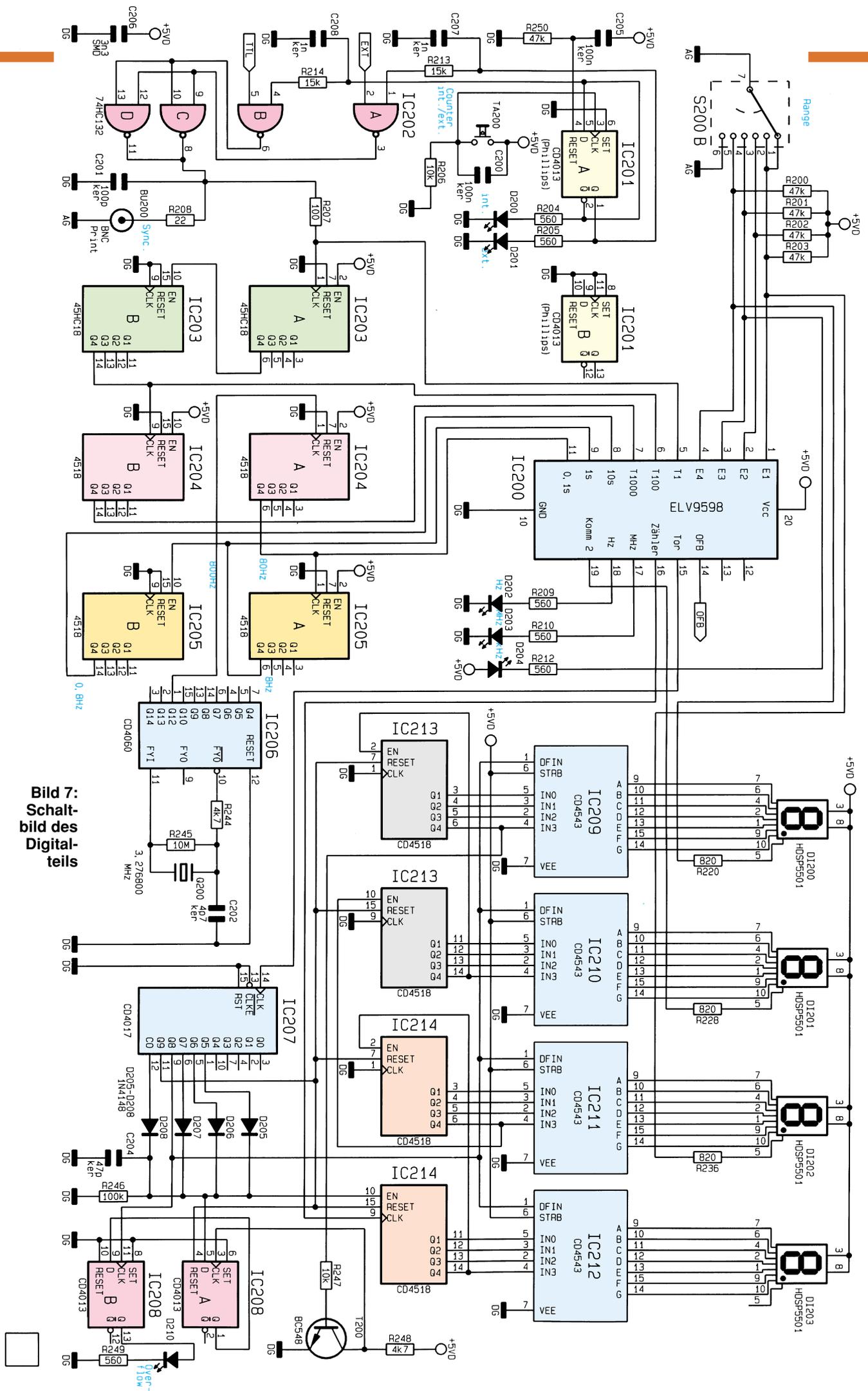
Der Drehschalter S 200 B ist mit dem Drehschalter S 200 A aus dem Signalerzeugungsteil (Abbildung 1) zusammen in einem Gehäuse untergebracht und somit mechanisch fest verkoppelt. Je nach ausgewähltem Frequenzbereich wird über diesen jeweils ein GAL-Eingang (E 1 bis E 4) auf Massepotential gelegt, oder alle Eingänge führen H-Pegel. Das GAL nimmt die dem Frequenzbereich angepaßte Steuerung von Kommata, Einheiten, Torzeit und Teilerfaktor vor.

Mit Hilfe des Tasters „Counter int./ext.“ kann das vom Frequenzzähler auszuwertende Eingangssignal gewählt werden. Dazu steuert IC 201 A (CD 4013) die Eingänge der Gatter IC 202 A, B (74HC132) entsprechend an.

Das ausgewählte Signal steht an den Pins 8 und 11 von IC 202 zur Verfügung. Über R 208 gelangt es zum Sync-Ausgang und über R 207 zu der dem Frequenzzähler vorgeschalteten Teilerkette. Diese besteht aus den Teilern IC 203 A und B sowie IC 204 B. Jeder Teiler dividiert durch 10, so daß insgesamt ein Faktor von 1000 erreicht wird.

Das GAL IC 200 nimmt das dem Frequenzbereich entsprechende Signal von der Teilerkette ab und führt dieses dem Eingang des Zählers zu. Der Zähler besteht aus den Zähler-ICs IC 213 und IC 214 des Typs CD4518 sowie IC 209 - IC 212 (CD4543). Diese vereinigen die Funktionen Zwischenspeicher, BCD-/Segment-Decoder und Anzeigentreiber.

Zur Erzeugung der Torzeit ist IC 206 (CD 4060) mit einem 3,2768MHz-Quarz beschaltet. Durch Verwendung der inter-



**Bild 7:**  
Schalt-  
bild des  
Digital-  
teils

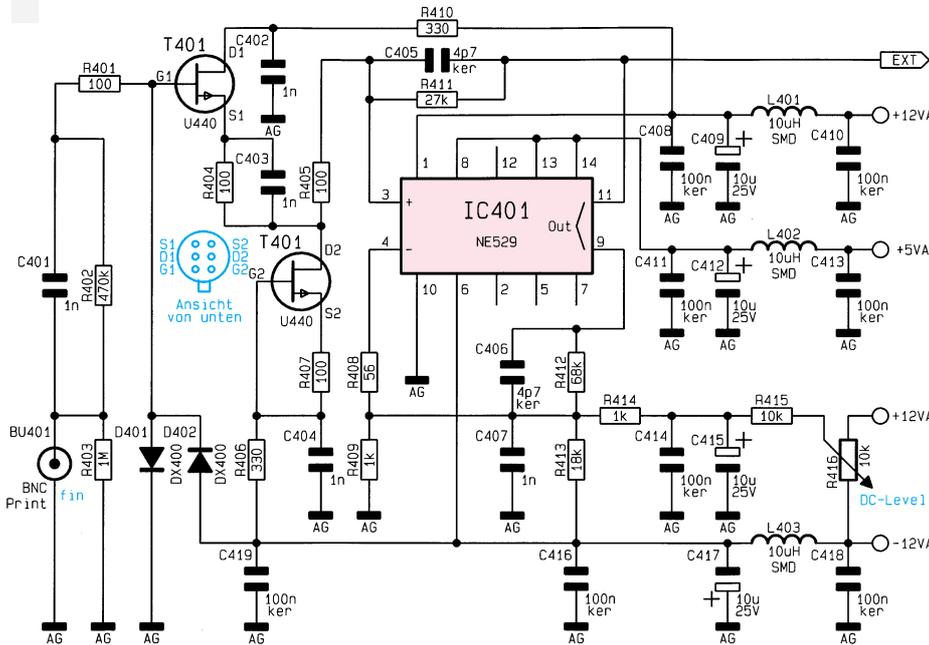
nen Teiler steht an Pin 1 eine Frequenz von 800 Hz zur Verfügung, die auf die mit IC 204 A und IC 205 A, B realisierte Teilerkette gegeben wird.

Das GAL wählt die dem Frequenzbe-

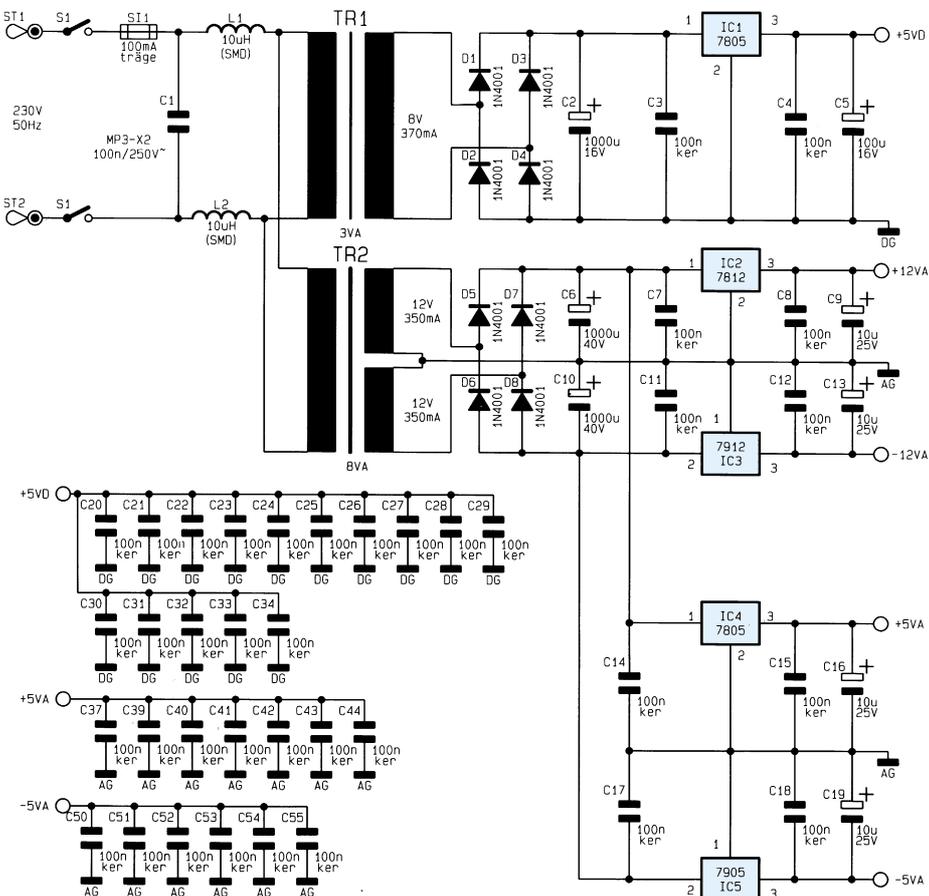
reich entsprechende Steuerfrequenz für die Torzeit zwischen 80 Hz, 8 Hz und 0,8 Hz aus. Diese wird IC 207 (CD 4017) an Pin 14 zugeführt, das die Steuerung des Frequenzzählers übernimmt. Es handelt sich um

einen dekadischen Zähler mit dekodierten Ausgängen. Über die Dioden D 205 - D 208 werden die Ausgänge für die Zählungen von 1 - 8 zusammengefaßt (= 8 Taktperioden) und bilden die Torzeit. Auf diese Weise stehen 3 Torzeiten von 0,1 s, 1 s und 10 s zur Verfügung. Während der folgenden Taktperiode nimmt Pin 9 H-Pegel an. Mit diesem Signal übernehmen die internen Zwischenspeicher von IC 209 - IC 212 die aktuellen Zählerstände von IC 213 und IC 214. Während der nächsten Taktperiode führt Pin 11 von IC 207 H-Pegel, woraufhin die Zählerbausteine IC 213 und IC 214 zurückgesetzt werden. Nach diesem Vorgang startet die nächste Frequenzmessung.

Damit beim Einsatz des MFG 9000 als Frequenzzähler für externe Signale stets der richtige Meßbereich auf einfache Weise auswählbar ist, wurde das Gerät mit einer „Overflow“-Anzeige ausgestattet. Diese ist mit IC 208 (CD 4013) und Zusatzbeschaltung realisiert. Ein Überlauf des Zählers IC 213 B wird registriert und angezeigt.



**Bild 8: Schaltbild des Frequenzzähler-Vorverstärkers für externe Signale**



**Bild 9: Netzteil des Multi-Funktions-Generators MFG 9000**

## Vorverstärker (Abbildung 8)

Abbildung 8 zeigt das Schaltbild des Frequenzzähler-Vorverstärkers für externe Signale. Das an BU 401 anliegende Eingangssignal gelangt über C 401 und R 402/R 401 zum Gate des Doppel-Fets T 401 des Typs U440. Dieser nimmt eine Impedanztransformation vor und steuert das als Komparator mit Hysterese geschaltete IC 401 (NE529) an. Die Hysterese bestimmt die Empfindlichkeit des Vorverstärkers, die bei ca. 50 mV<sub>eff</sub> liegt. Mit dem Potentiometer „DC-Level“ (R 416) kann eine optimale Anpassung an die Gleichspannungsverhältnisse des Eingangssignals vorgenommen werden.

## Netzteil (Abbildung 9)

Abschließend soll das Netzteil des MFG 9000 betrachtet werden, welches in Abbildung 9 dargestellt ist. Da schnelle Digitaltechnik und empfindliche Analogtechnik parallel im Gerät betrieben werden, stellt der Transformator TR 1 für den Digitalteil die getrennte Versorgungsspannung +5V<sub>D</sub> zur Verfügung. Somit wird eine Beeinträchtigung der Signalqualität durch eventuelle Einkopplungen aus dem Digitalteil sicher vermieden.

Die analogen Versorgungsspannungen +5 VA, -5 VA, +12 VA, -12 VA werden mit Hilfe von TR 2 gewonnen und über die Festspannungsregler IC 2 - IC 5 stabilisiert.

Damit ist die Schaltungsbeschreibung so weit abgeschlossen. Im dritten, abschließenden Teil dieses Artikels stellen wir Nachbau, Inbetriebnahme und Abgleich des MFG 9000 vor.