



Hochfrequenz-Signalgenerator HFG 9300 Teil 3

Der große Frequenzbereich und der in weitem Bereich einstellbare Ausgangspegel sind die wesentlichen Leistungsmerkmale des HFG 9300. Dieser erzeugt Sinussignale im Bereich von 10 MHz bis 300 MHz und lässt eine Variation des Ausgangspegels von 0 dBm bis -60 dBm (typ.) zu. Die Möglichkeit der Amplituden- und Frequenzmodulation stellen weitere Features eines Hochfrequenz-Signalgenerators dar, der außerdem durch sein sehr gutes Preis/Leistungsverhältnis besticht.

Allgemeines

Ein HF-Sinusgenerator ist in nahezu jedem HF-Labor zu finden. Je nach Anwendungsbereich kommen sehr unterschiedliche Ausbaustufen zum Einsatz. Am Markt gibt es von einfachen Geräten, die nur ein Sinussignal ausgeben können, über Generatoren mit Standard-Amplituden- und Frequenzmodulation, bis hin zu System-Testgeneratoren für GSM, Bluetooth etc., für jeden Anwendungsfall einen speziellen Generatortyp. In den meisten Anwendungen im Hobby- und semiprofessionellen Bereich werden neben der AM und FM allerdings keine weiteren Features benötigt, sodass im Frequenzbereich von 10 MHz bis 300 MHz der Funktionsumfang des HFG 9300 völlig ausreichend ist.

Nach der Beschreibung der Schaltungsteile des Signalweges im vorherigen Teil des Artikels folgt nun die noch ausstehen-

de Analyse der Schaltungsteile Modulationssignal-Erzeugung und -Aufbereitung, Digitalteil und Netzteil.

Schaltung

Amplitudenmodulation und Frequenzmodulation

Der Hochfrequenz-Generator HFG 9300 bietet die Möglichkeit der Amplitudenmodulation und der Frequenzmodulation über den gesamten Frequenzbereich von 10 MHz bis 300 MHz. Als Signalquellen stehen dabei das Signal vom externen Modulationseingang oder ein intern erzeugtes 1-kHz-Sinus-Signal zur Verfügung. Die Modulationssignalerzeugung und -aufbereitung ist in Abbildung 6 dargestellt.

Die Modulationsmöglichkeit mit einer internen Signalquelle erfordert einen frequenzstabilen und klirrfreien NF-Sinus-Generator. Wie in den meisten Signalge-

neratoren üblich, kommt auch hier ein 1-kHz-Sinus-Signal zur Anwendung. Für einen solchen NF-Generator bietet sich die Realisierung als RC-Oszillator an. Der im HFG 9300 verwendete RC-Oszillator weist im Rückkoppelnetzwerk eine RC-Brückenschaltung auf, die auch als Wien-Robinson-Brücke bekannt ist.

Die Brückenschaltung aus R 133, R 141, R 142, R 145, R 148, C 160, C 163 und T 12 wirkt als frequenzbestimmendes Element in diesem Oszillator. Der Operationsverstärker IC 25 A dient als aktives Element. Mit IC 25 B und Beschalung ist die Amplitudenstabilisierung realisiert.

Das Gegenkopplungsnetzwerk aus R 145, R 141, R 133 und T 12 stabilisiert die Ausgangsamplitude und sorgt für sicheres Anschwingen. Dieses Netzwerk sorgt dafür, dass die Amplitudenbedingung sowohl für das Anschwingen (Verstärkung $\gg 1$) als auch für den stationären Betrieb (Verstärkung = 1) erfüllt ist. Die

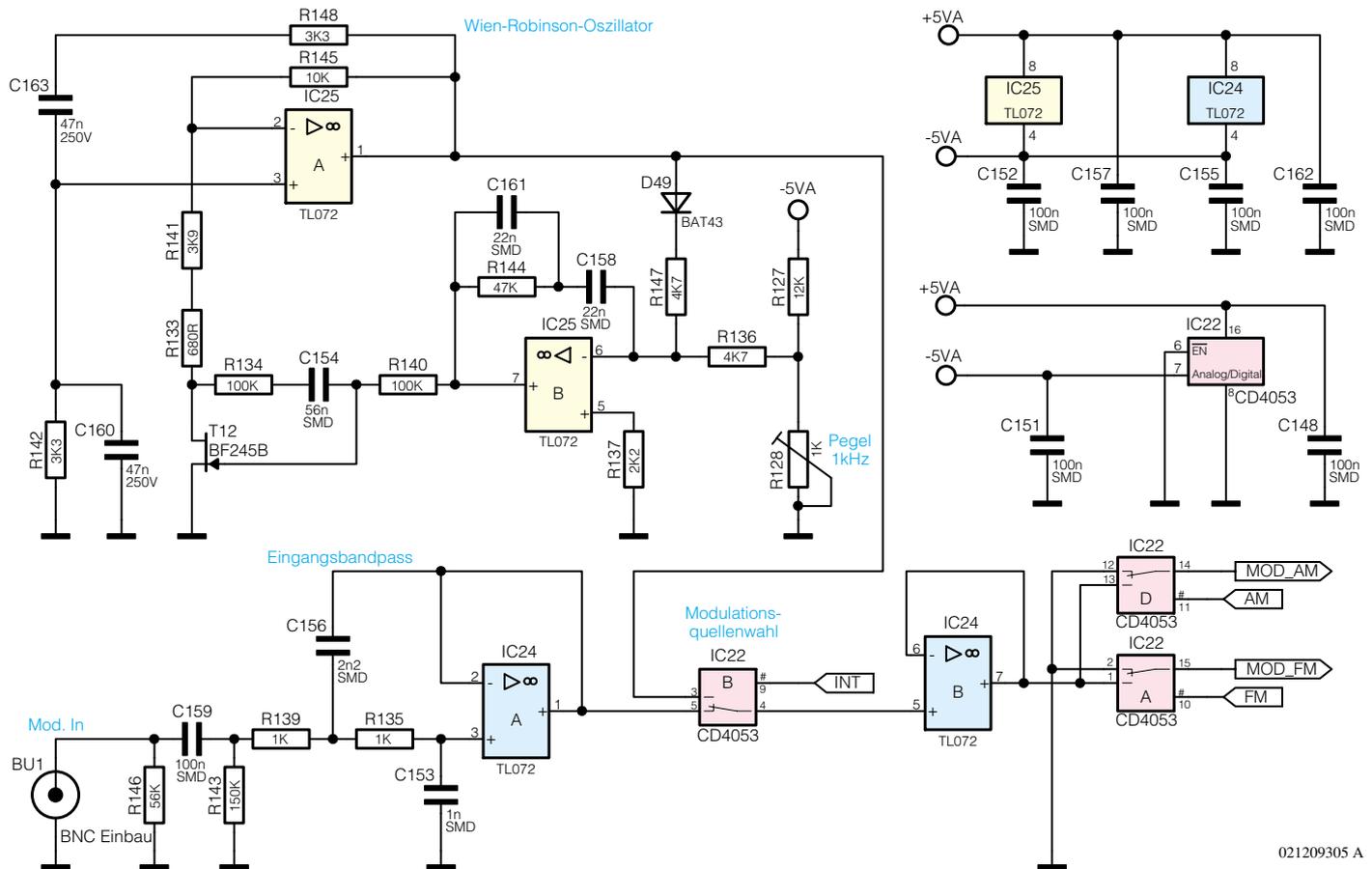


Abbildung 6: Modulationssignal-Erzeugung und -Aufbereitung

für Oszillatoren notwendige Mitkopplung wird über das Netzwerk aus R 148, C 163, R 142 und C 160 gebildet. Dieses RC-Netzwerk wirkt als selektives Filter.

Wird dieser Bandpass, wie hier gezeigt, in eine entsprechend dimensionierte Brückenschaltung eingebracht und die Ausgangsspannung in der Brückendiagonalen abgenommen, erhält man die klassische Wien-Robinson-Brücke.

Mit Hilfe des Feldeffekt-Transistors T 12 und Beschaltung lässt sich die Brückenschaltung abhängig von der Signalamplitude verstimmen. Dies ist notwendig, um sicheres Anschwingen und stabiles Dauerschwingen zu gewährleisten. Über D 49 gelangt die Information über den Signalpegel auf den als Regler beschalteten Operationsverstärker IC 25 B. An dessen invertierenden Eingang erfolgt die Differenzbildung mit der Amplituden-Sollwertvorgabe, die mittels R 128 vorgegeben wird. Die Reglerschaltung steuert über den Transistor T 12 die Verstärkung von IC 25 A und regelt somit die Signalamplitude aus. Dieser Schaltungsteil sorgt dafür, dass die Wien-Robinson-Brücke gerade so weit verstimmt ist, um den geforderten Signalpegel erzeugen zu können. Temperaturdrift, Betriebsspannungsschwankungen und andere parasitäre Effekte werden so ausgegletet.

Bei der Modulation mit einem externen Signal erfolgt dessen Einspeisung über die BNC-Buchse BU 1. Der Operationsverstärker IC 24 A sorgt in Verbindung mit seiner Beschaltung für einen definierten Frequenzgang. C 159 und R 143 bilden einen Hochpass erster Ordnung. Der Operationsverstärker bildet in Verbindung mit R 135, R 139, C 153 und C 156 einen Tiefpass zweiter Ordnung. So ergibt sich hier ein 3-dB-Frequenzgang von 10 Hz bis 100 kHz.

Die Beeinflussung des Modulationsgrades bei Amplitudenmodulation bzw. des Modulationsindex bei Frequenzmodulation kann beim HFG 9300 über die Variation des extern zugeführten Modulationssignalpegels erfolgen. Dabei sollte der Pegel des eingespeisten Signales 1 V_{SS} nicht übersteigen.

Die Auswahl zwischen interner und externer Modulationssignalquelle übernimmt der CMOS-Schalter IC 22 B, der seine Schaltinformation vom Prozessor erhält. Über den als Pufferverstärker geschalteten Operationsverstärker IC 24 B gelangt das NF-Signal dann auf die Schaltstufen IC 22 A und D, die die Frequenz- bzw. Amplitudenmodulation ein- und ausschalten. Im Ruhezustand liegen die Signalausgänge dieser CMOS-Schalter auf Massepotenti-

al. Beim Einschalten der AM bzw. FM wird dann der entsprechende Signalausgang mit dem anstehenden Modulationssignal beschaltet. Bei AM gelangt das NF-Signal so auf die Treiberstufe IC 5 (Abbildung 3 im „ELVjournal“ 6/01), bei Frequenzmodulation wird das NF-Signal in die Abstimmspannungserzeugung (Abbildung 5 im „ELVjournal“ 6/01) eingespeist. Auch hier erfolgt die Ansteuerung der CMOS-Schalter mit Hilfe des Mikrocontrollers.

Schaltsignalerzeugung

Die komfortable Bedienung über einen Mikrocontroller lässt sich nur realisieren, wenn dieser alle Schalt- und Steuerspannungen verwaltet. Um den Verdrahtungs- bzw. Layoutaufwand einzuschränken, werden alle Schaltspannungen für das Analogteil über ein serielles Schieberegister ausgegeben. Die beiden in Abbildung 7 dargestellten ICs IC 16 und IC 21 bilden ein insgesamt 16 Bit langes Schieberegister. Das entsprechende Datenwort wird über die Datenleitung „SER“ dem 1. Schieberegister zugeführt, dessen serieller Ausgang wiederum das 2. Register speist. Mit dem Taktsignal „SRCK“ erfolgt das „Einschieben“ der Daten. Die Datenausgänge der Register übernehmen erst mit einem Im-

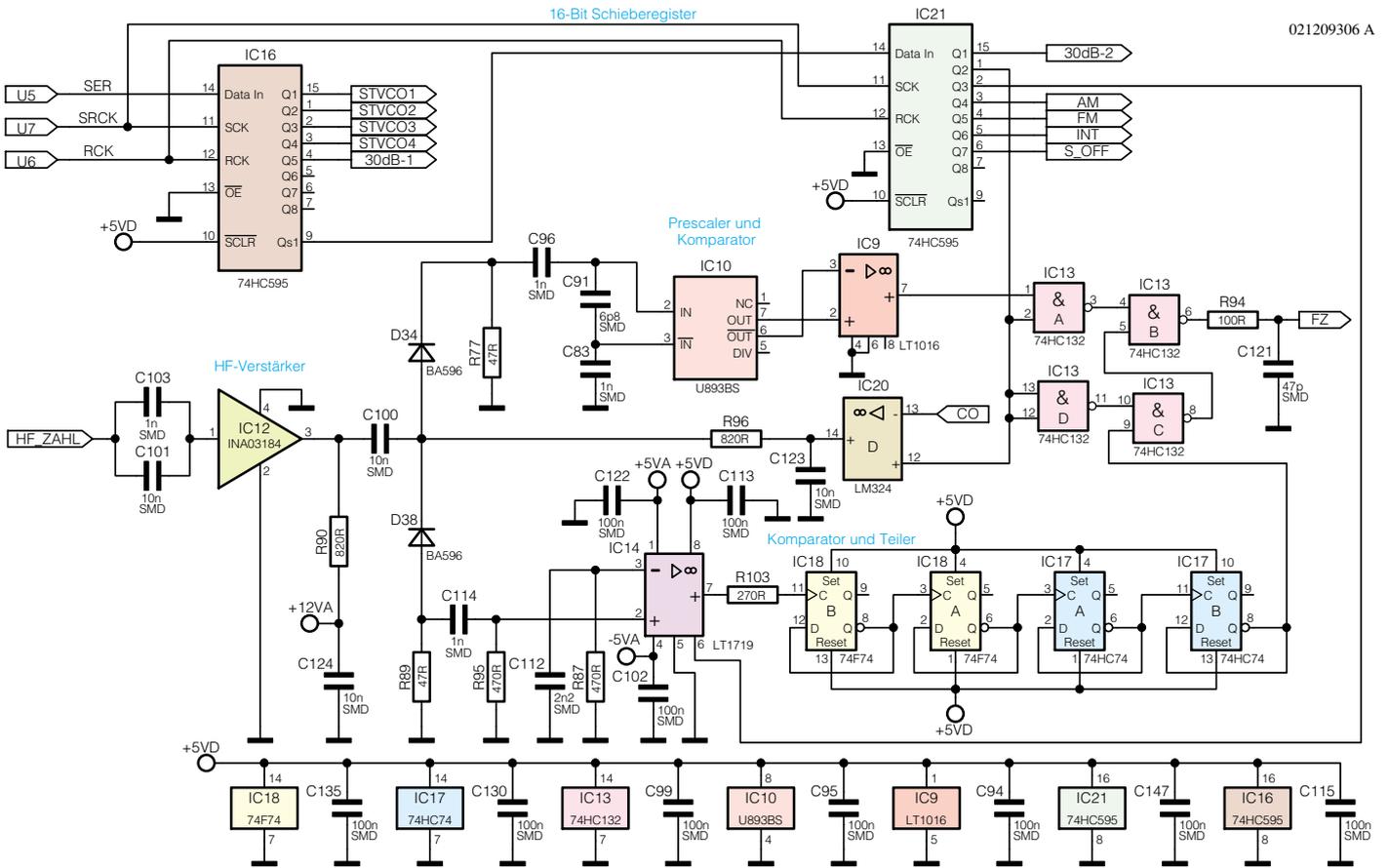


Abbildung 7: Frequenzzähler-Vorteiler und serielles Schieberegister

puls an „RCK“ die Zustände aus den Registern. Somit stehen an den Ausgängen Schaltsignale mit 0 V und 5 V Pegel zur Verfügung, um alle notwendigen Schalt- und Steuervorgänge vorzunehmen.

Digitalteil

Das Kernstück des in Abbildung 8 dargestellten Digitalteils stellt der Mikrocontroller IC 202 dar. Dieser steuert alle Funktionen des HFG 9300. Er ist für die Tastaturabfrage, die Ansteuerung der Anzeigenelemente, die Frequenzmessung und die Erzeugung aller im Gerät verwendeten Steuerspannungen verantwortlich.

Die Ansteuerung der Anzeigen, d. h. der 7-Segmentanzeigen DI 200 bis DI 203 und der LEDs D 200 bis D 204, geschieht im Multiplexbetrieb. Die Auswahl der einzelnen 7-Segmentanzeigen und der LED-Gruppe erfolgt mit den Steuerleitungen „A“ bis „E“. Die Prozessorausgänge aktivieren über die hiermit angesteuerten Transistoren T 200 bis T 204 die 7-Segmentanzeigen bzw. die LED-Gruppe. Die Ansteuerung der entsprechenden Segmente übernimmt der Anzeigentreiber IC 200, der direkt mit dem Datenbus an Prozessorport P1 verbunden ist. Der Prozessorport P2 ist für die Tastaturabfrage zuständig. Da nur 6 Tasten abgefragt werden müssen,

kann hier auf eine aufwändigere Matrixanordnung verzichtet werden. Die Tasten sind somit einzeln am Port P2 angeschlossen.

Eine weitere wesentliche Aufgabe des Prozessors ist die Messung der Ausgangsfrequenz. Da der Controller die hochfrequenten Signale nicht direkt verarbeiten kann, ist eine entsprechende Signalaufbereitung notwendig. Abbildung 7 zeigt diesen Schaltungsteil, der aus einer Signalverstärkung, zwei nach Frequenzbereich getrennten Komparatorzweigen und entsprechenden Vorteilern besteht.

Das an „HF_ZAHL“ anliegende HF-Signal erfährt mittels des HF-Verstärkers IC 12 zunächst eine Pegelanhebung. Anschließend wird das HF-Signal abhängig vom aktivierten VCO auf den zuständigen Komparatorzweig geschaltet. Sind VCO 1 oder VCO 2 aktiv, so gibt die PIN-Diode D 38 das HF-Signal auf den High-Speed-Komparator IC 14. Dieser wandelt die kleinen sinusförmige Signalspannung auf Digitalpegel. Die vier zum Frequenzteiler verschalteten D-Flip-Flop-Gatter IC 17 A und B und IC 18 A und B teilen die Eingangsfrequenz durch 16.

Sind die beiden Oszillatoren VCO 3 und VCO 4 aktiv, ist dieser Komparator nicht mehr in der Lage, die Signale direkt in TTL-Pegel zu wandeln. Daher ist es in

diesem Frequenzbereich notwendig, mit einem so genannten Prescaler (Vorteiler) die Frequenzteilung vor der Wandlung in TTL-Pegel vorzunehmen. Hierzu schaltet die PIN-Diode D 34 das HF-Signal auf den erwähnten Prescaler IC 10, der einen Teiler durch 64 beinhaltet. Der folgende Komparator IC 9 übernimmt dann die Konvertierung in TTL-Pegel. Mit IC 13 wird dann die Umschaltung zwischen den beiden Ausgängen der Vorteilerschaltungen ausgeführt. Das Schaltsignal dazu generiert der Prozessor, der mit Hilfe des Treibers IC 20 auch die Eingangssignalauswahl für diesen Schaltungsteil ausführt.

Am Ausgang Pin 6 von IC 13 steht dann ein der Signalfrequenz proportionales TTL-Signal zur Verfügung. Nach einer Filterung mittels R94 und C 121 gelangt dieses dann auf den Zählerbaustein IC 201 (Abbildung 8). Der Übertrag („RCO“) des Zählerbausteins wird über IC 203 A und B gepuffert an den Mikrocontroller weitergegeben und dort in dessen internem Zählregister aufsummiert. Am Ende eines Zählvorganges ermittelt der Prozessor aus den Zählerständen seines internen und des externen Zählers IC 201 die aktuelle Frequenz.

Netzteil

Die Spannungsversorgung des Hochfre-

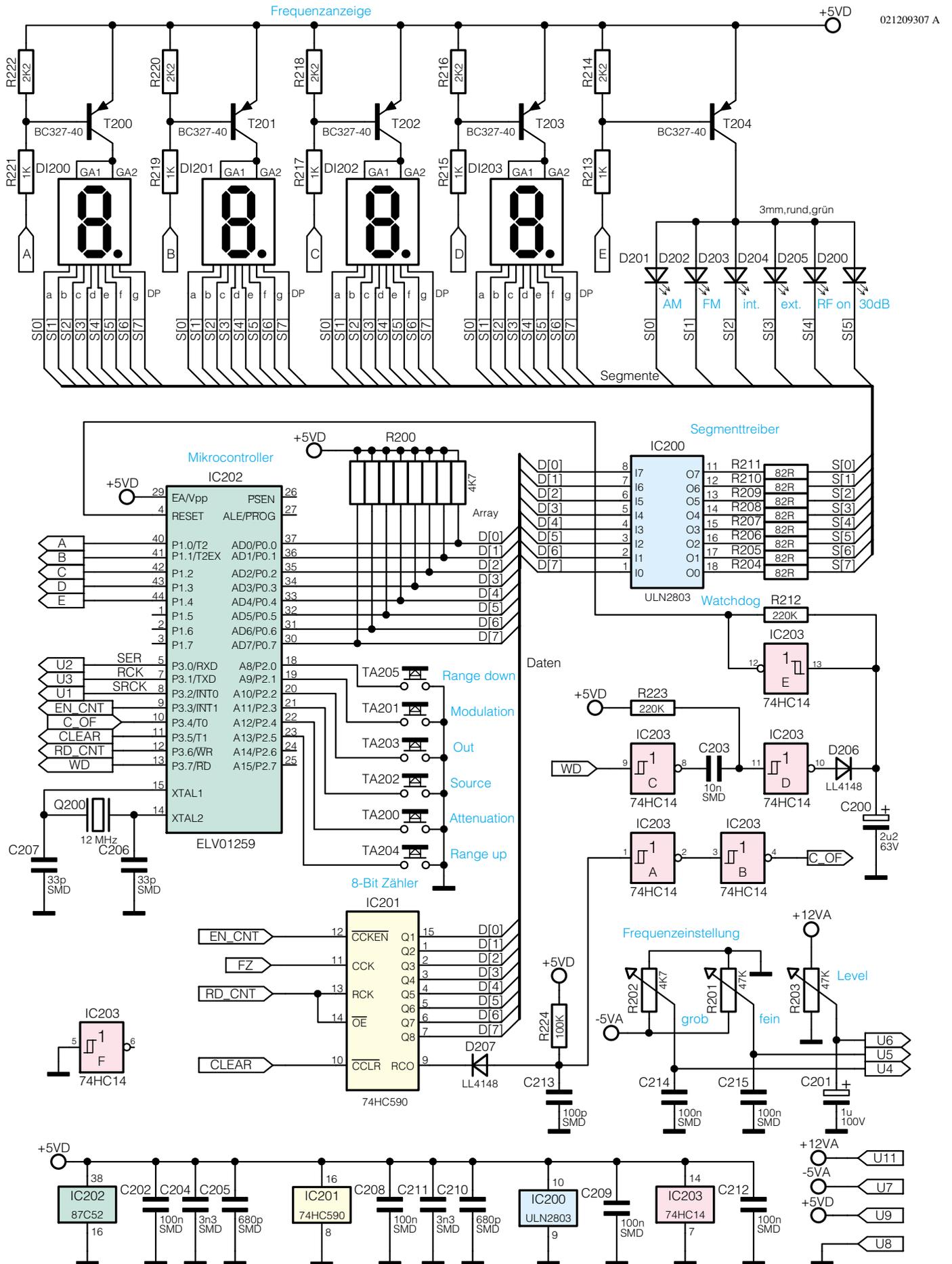
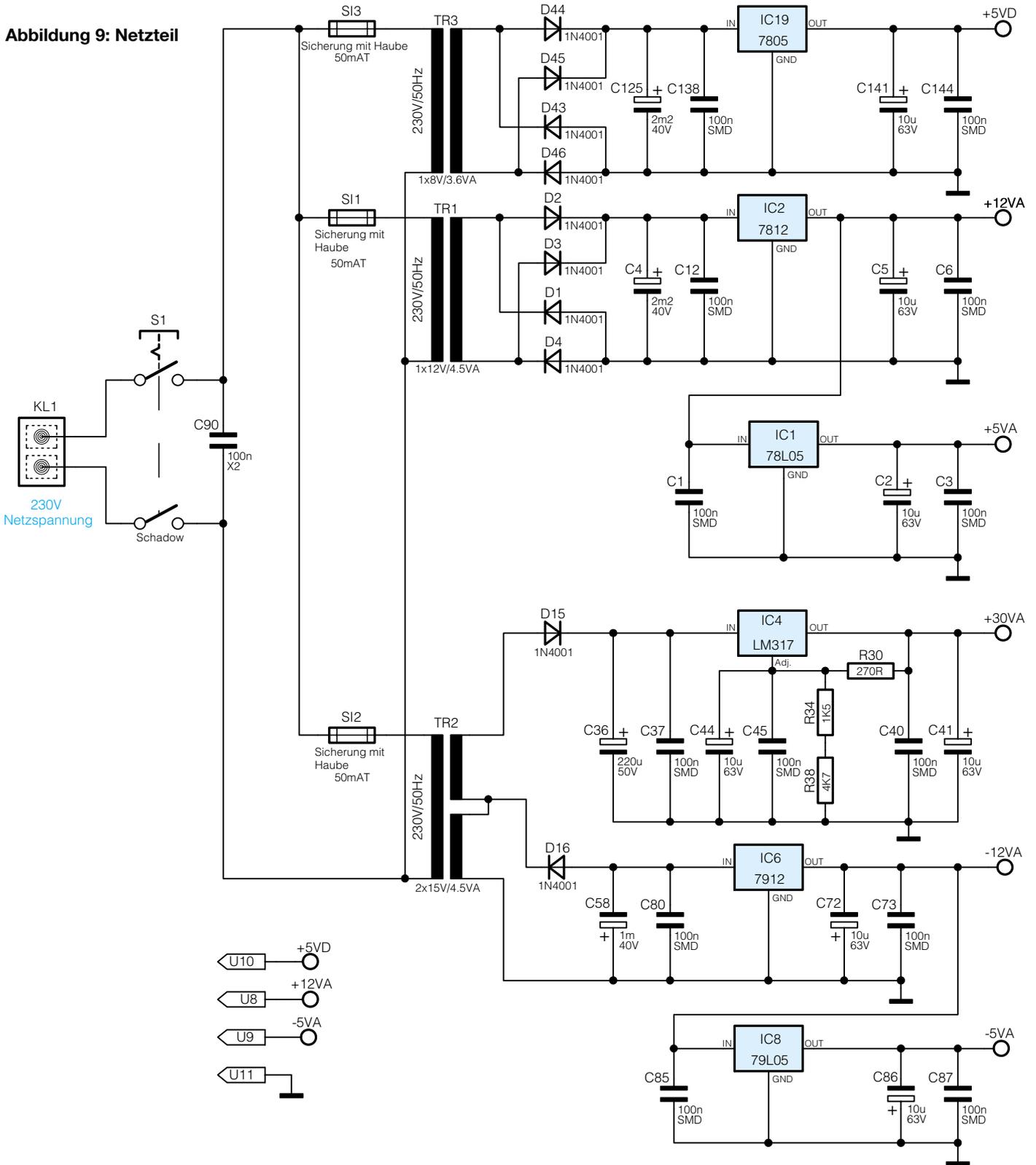


Abbildung 8: Prozessor mit Anzeige und Bedienelementen

Abbildung 9: Netzteil



021209308 A

quenz-Generators HFG 9300 übernimmt das in Abbildung 9 dargestellte Netzteil. Dabei werden folgende Betriebsspannungen benötigt: $\pm 12\text{ V}$, $\pm 5\text{ V}$ und $+30\text{ V}$ für die Analogstufen, das Digitalteil arbeitet mit $+5\text{ V}$.

Insgesamt drei Transformatoren liefern die entsprechende Energie. Aus dem Transformator TR 1 werden die beiden positiven

Betriebsspannungen $+12\text{ V}$ und $+5\text{ V}$ generiert. Die zugehörigen negativen Spannungen -12 V und -5 V werden aus einer Wicklung von Transformator TR 2 gewonnen. Die Reihenschaltung der beiden Wicklungen von TR 2 speist die Stabilisierungsschaltung für die 30-V-Spannung. Um störende Kopplungen zwischen dem Signal- und Digitalteil zu vermeiden, erfolgt

die Versorgung des Digitalteiles separat mit dem Transformator TR 3 und der folgenden Stabilisierungsschaltung um IC 19.

Somit ist die detaillierte Beschreibung der interessanten Schaltungstechnik des Hochfrequenz-Generators HFG 9300 abgeschlossen, und wir beginnen im nächsten Teil der Artikelserie mit der Beschreibung des Nachbaus. **ELV**