

1000 MHz-Hochfrequenz-Generator HFG 9000 Teil 5

Im vorliegenden Teil dieser Artikelserie schließen wir die ausführliche Schaltungsbeschreibung ab.

Digitalteil

Der in Abbildung 7 und 8 dargestellte Digitalteil übernimmt die Steuerung aller Funktionen dieses Hochfrequenz-Signalgenerators, wodurch sich die Bedienung besonders komfortabel gestaltet.

So wird z. B. auch die Abstimmspannung im HFG 9000 vom Mikrocontroller generiert. Hieraus ergibt sich eine besonders einfache und vor allem übersichtliche Bedienung des Gerätes. Innerhalb eines Frequenzbereiches, der im HF-Bereich eine Frequenzdekade umfaßt, muß zwischen den einzelnen VCOs umgeschaltet werden.

Der Controller übernimmt die Umschaltung der VCOs innerhalb des Frequenzbereichs und paßt die Abstimmspannung entsprechend an. Für die Bestimmung der Umschaltpunkte müssen die Einstellungen der Bedienelemente für die Frequenzeinstellung in den Mikrocontroller eingelesen werden.

Für die Abfrage der Potentiometer „Coarse“ und „Fine“ ist im Hochfrequenz-Generator HFG 9000 ein AD-Wandler zuständig. Aus der Position der Einsteller für „Frequenz grob“ und „Frequenz fein“ werden mit Hilfe dieses AD-Wandlers zwei digitale Werte gebildet. Aufgrund dieser Werte aktiviert der Controller den entsprechenden VCO und bildet einen digitalen Wert, der dann dem DA-Wandler zugeführt wird und die Abstimmspannung zur Frequenzeinstellung generiert.

Der eingesetzte Dual-Slope-AD-Wandler ist im Schaltbild in Abbildung 7 dargestellt. Dieser Wandler ist mit IC 517, IC 518, T 509 und deren externer Beschaltung aufgebaut.

Das IC 517 A stellt den Integrator dar, während IC 517 B als Komparator arbeitet.

Das Eingangssignal des Integrators wird über den CMOS-Multiplexer IC 518 ausgewählt. Am Eingang des Multiplexers liegen die Meßspannungen, d. h. Schleiferspannungen der Potentiometer R 569 und R 567 (Frequenz grob und fein), die Referenzspannung $U_{-3Vref} = -3V$ und zwei Vergleichsspannungen an.

Über den Inverter T 509 wird das Um-

schalten des Komparators dem Controller über das Steuersignal „ADC“ angezeigt. Die erforderliche Steuerung des Multiplexers und die Zählerfunktion übernimmt der Controller. Die Auswahl der Eingangsmessspannung erfolgt über die Steuerleitungen „AD_A“, „AD_B“ und „AD_C“.

Für die genaue und störarme Erfassung der Potentiometerspannungen ist die AD-Wandler-Schaltung auf der Frontplatte untergebracht. So werden kurze Leitungswege zu den Analogwertgebern (Potentiometer) erreicht. Nur das unkritische digitale Steuersignal „ADC“ wird über die lange Verbindung zur Digitalplatte geführt.

Um den im Controller berechneten Digitalwert für die Abstimmspannung, der aus einer vorangegangenen AD-Wandlung gewonnen wird, in eine analoge Größe umzuwandeln, wird der DA-Wandler IC 514 eingesetzt. Dieser DA-Wandler mit 14 Bit Auflösung wird vom Controller gesteuert. Er gibt an seinem Ausgang eine dem geladenen Digitalwert entsprechende Analogspannung aus. Der Ausgangsspannungsbereich des DA-Wandlers wird durch eine nachfolgende Operationsverstärker-Schaltung in den Spannungsbereich der Abstimmspannung konvertiert. Die Schaltung des DA-Wandlers mit Abstimmspannungserzeugung ist in Abbildung 7 dargestellt.

Beim IC 514 handelt es sich um den 14-Bit-DA-Wandler vom Typ AD7840. Das Prinzip dieses DA-Wandlers beruht auf der Addition gewichteter Ströme mit einem internen Summationsverstärker. Die gewichteten Ströme werden mit einem R-2R-Leiternetzwerk und CMOS-Schaltern, die entsprechend dem Digitalwert gesetzt werden, erzeugt.

Dieser DA-Wandler besitzt einen bipolaren Spannungsausgang, d. h. die Ausgangsspannung liegt im Bereich von $-3V$ bis $+3V$, das digitale Datenwort kann sowohl in serieller Form als auch im parallelen Format geladen werden. Da in dieser Anwendung keine große Geschwindigkeit für die DA-Wandlung erforderlich ist, wird der Wandler hier in seinem seriellen Lademodus betrieben. Dieser Betriebsmode ist über die Eingänge D10/JUST

und D11/FORM hardwaremäßig eingestellt.

Durch das serielle Laden des DA-Wandlers kann die Anzahl der benötigten Steuerleitungen minimiert werden. Zur Ansteuerung werden nur die vier Steuersignale „SCLK“, „SDATA“, „ \overline{WR} “ und „ \overline{LDAC} “ benötigt, die direkt vom Controller generiert werden.

Der zu wandelnde Digitalwert wird über den Eingang „SDATA“ in den Wandler geladen.

Zum Laden des Digitalwertes muß der Controller mit Low-Pegel an „ \overline{WR} “ den Dateneingang SDATA freischalten. Die Daten an diesem Eingang werden dann über ein Taktsignal an „SCLK“ in ein internes Register geladen. Mit einem Low-Impuls an „ \overline{LDAC} “ werden die Daten der DA-Wandlung zugeführt, und die analoge Ausgangsspannung an Pin 20 des DA-Wandlers wird dem Digitalwert entsprechend eingestellt.

Der nachfolgende Summationsverstärker IC 516 hat die Aufgabe, den Ausgangsspannungsbereich des DA-Wandlers von $-3V$ bis $+3V$ auf die Abstimmspannungsbereiche anzupassen und das Modulationssignal für die FM einzuspeisen.

Für den Frequenzbereich 0,1 Hz bis 10 MHz, d. h. für die Abstimmung des MAX 038, wird ein Abstimmspannungsbereich von $U_{TNF} = 0,2V$ bis $27,2V$ benötigt. Im Bereich 10 MHz bis 1 GHz werden die VCOs durch Abstimmspannungen von $U_{THF} = 1V$ bis $28V$ gesteuert. Die Umschaltung zwischen beiden Spannungsbereichen erfolgt mit T 508, der vom Controller über die Steuerleitung „NF_ON“ angesteuert wird. Über die Spannungsteilerschaltung aus R 538 bis R 543 erfolgt die Einstellung der Absolutwerte der Abstimmspannungen.

Für eine gute Frequenzstabilität ist eine stabile und rauscharme Abstimmspannung notwendig. Um dies zu gewährleisten, wird dieser Spannungsteiler aus der Referenzspannungsquelle $+10V_{ref}$ gespeist. Weiterhin wird mit IC 516 vom Typ OP 27 ein äußerst rausch- und driftarmer Operationsverstärker eingesetzt.

Für die Frequenzmodulation wird über die Leitung „MOD FM“ das Modulations-

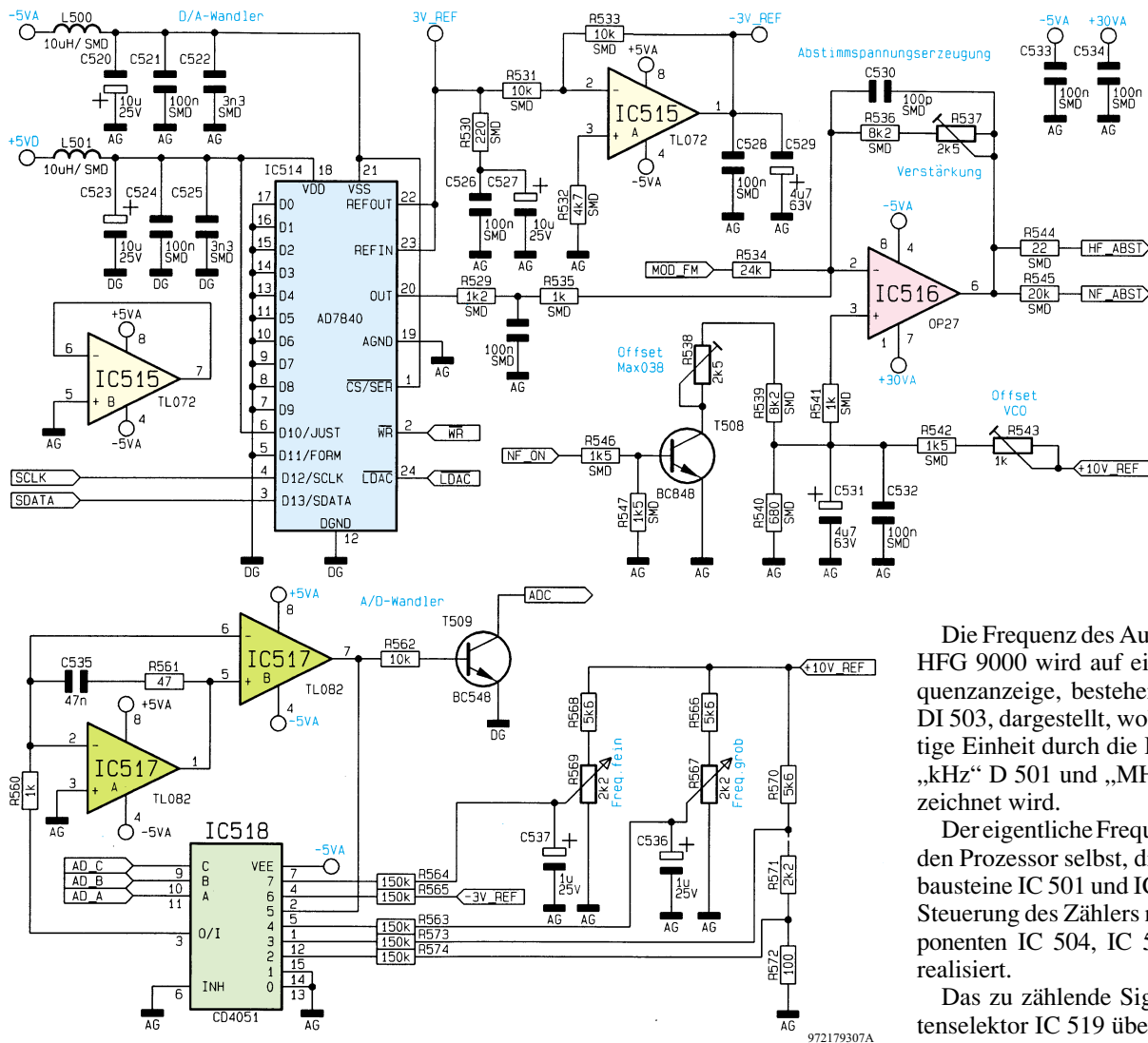


Bild 7: AD-Wandler und DA-Wandler

signal zugeführt. Bei abgeschalteter FM wird dieser Eingang durch T 302 nach Masse geschaltet.

Über R 534 wird das Modulationssignal und über R 535 die DA-Wandler-Ausgangsspannung dem Summationspunkt zugeführt. Das Ausgangssignal des Operationsverstärkers, d. h. die Abstimmspannung, wird dann über R 544 und R 545 den VCOs und dem MAX038 zugeführt.

Aus der internen Referenzspannung des DA-Wandlers, die über den Pin 22 nach außen geführt ist, wird über IC 515 A die negative Referenzspannung -3V_{ref} gewonnen.

Wenden wir uns nun dem übrigen Teil des Digitalteiles zu, der in Abbildung 8 dargestellt ist.

Das Kernstück stellt hier der Mikrocontroller IC 500 dar. Dieser steuert alle Funktionen des HFG 9000. Er ist für die Tastaturabfrage, die Ansteuerung der Anzeigeelemente, die Ansteuerung von AD-Wandler und DA-Wandler, die Frequenzmessung und die Erzeugung aller im Gerät verwendeten Steuerspannungen verantwortlich.

Die Ansteuerung der Anzeigen, d. h. der 7-Segment-Anzeigen (für die Frequenz mit DI 500 bis DI 503 und für den eingestellten Ausgangspegel mit DI 504 und DI 505) sowie der verschiedenen LEDs, geschieht im Multiplexbetrieb.

Die Auswahl der einzelnen 7-Segment-Anzeigen und LED-Gruppen wird über den BCD-zu-Dezimal-Decoder IC 509 gesteuert. Die Ausgänge „A“ bis „D“ aktivieren die Frequenz-7-Segment-Anzeigen und „E“ und „H“ die LED-Gruppen, während die Ausgänge „G“ und „F“ die Anzeigen für die Pegeldarstellung schalten. Über den Anzeigentreiber IC 508 werden die einzelnen Segmente bzw. LEDs direkt vom Controller angesteuert.

Die Bedientasten TA 500 bis TA 509 sind in einer Matrix angeordnet. Zur Abfrage der Tastatur werden die Spalten nacheinander aktiviert und dabei die Zustände an den Zeilenleitungen „Zeile1“ und „Zeile2“ abgefragt. Die Spaltenauswahl erfolgt über die gleichen Leitungen wie die Auswahl der 7-Segment-Anzeigen, d. h. über die Ausgänge „A“ und „E“ bis „H“ von IC 509.

Die Frequenz des Ausgangssignales des HFG 9000 wird auf einer 4stelligen Frequenzanzeige, bestehend aus DI 500 bis DI 503, dargestellt, wobei die jeweils gültige Einheit durch die LEDs „Hz“ D 502, „kHz“ D 501 und „MHz“ D 500 gekennzeichnet wird.

Der eigentliche Frequenzzähler ist durch den Prozessor selbst, die externen Zählerbausteine IC 501 und IC 503 sowie die zur Steuerung des Zählers notwendigen Komponenten IC 504, IC 506 und IC 507 C realisiert.

Das zu zählende Signal wird vom Datenselektor IC 519 über IC 507 C auf den Eingang des Zählerbausteines IC 503 gegeben. Gleichzeitig gelangt das Taktsignal des Prozessors „TAKT“ auf den Eingang des zweiten Zählerbausteines IC 501. Die jeweiligen Überträge beider Zähler werden an den Mikrocontroller weitergegeben und dort in dessen internen Zählregistern gezählt. Am Ende eines Zählvorganges berechnet der Prozessor aus den Zählerständen der internen und externen Zähler die aktuelle Frequenz. Die D-FF IC 504 und IC 506 dienen zur Steuerung dieses eingangssynchron arbeitenden Frequenzzählers.

Die Eingangssignale des Datenselektors IC 519 werden über das Steuersignal „NF_ON“ ausgewählt. Hier wird zwischen dem Sync-Signal des MAX 038 „FZNF“ und dem Ausgangssignal des HF-Vorteilers „FZHF“ umgeschaltet.

Die Vorteilerschaltung aus IC 600 bis IC 607 mit Beschaltung sorgt dafür, daß das Signal im Frequenzbereich 10 MHz bis 1 GHz von der Digitaltechnik verarbeitet werden kann. Mit IC 602 wird hierzu das HF-Signal verstärkt und die Entkopplung zwischen dem nachfolgenden Komparator bzw. Teilerbaustein und dem empfindlichen HF-Signalweg vergrößert.

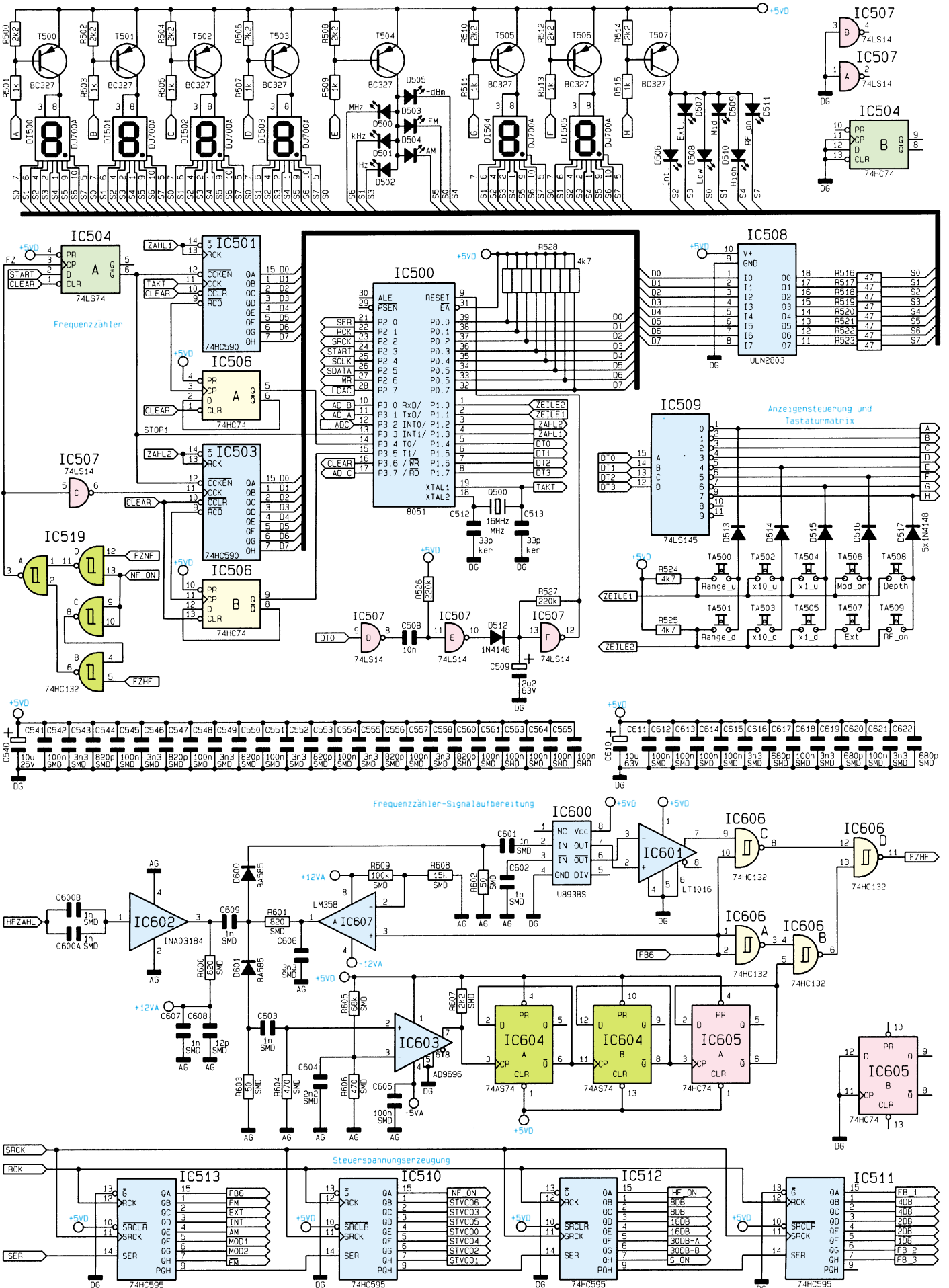


Bild 8: Mikrocontroller, Anzeigesteuerung und Frequenzzähler

972179308A

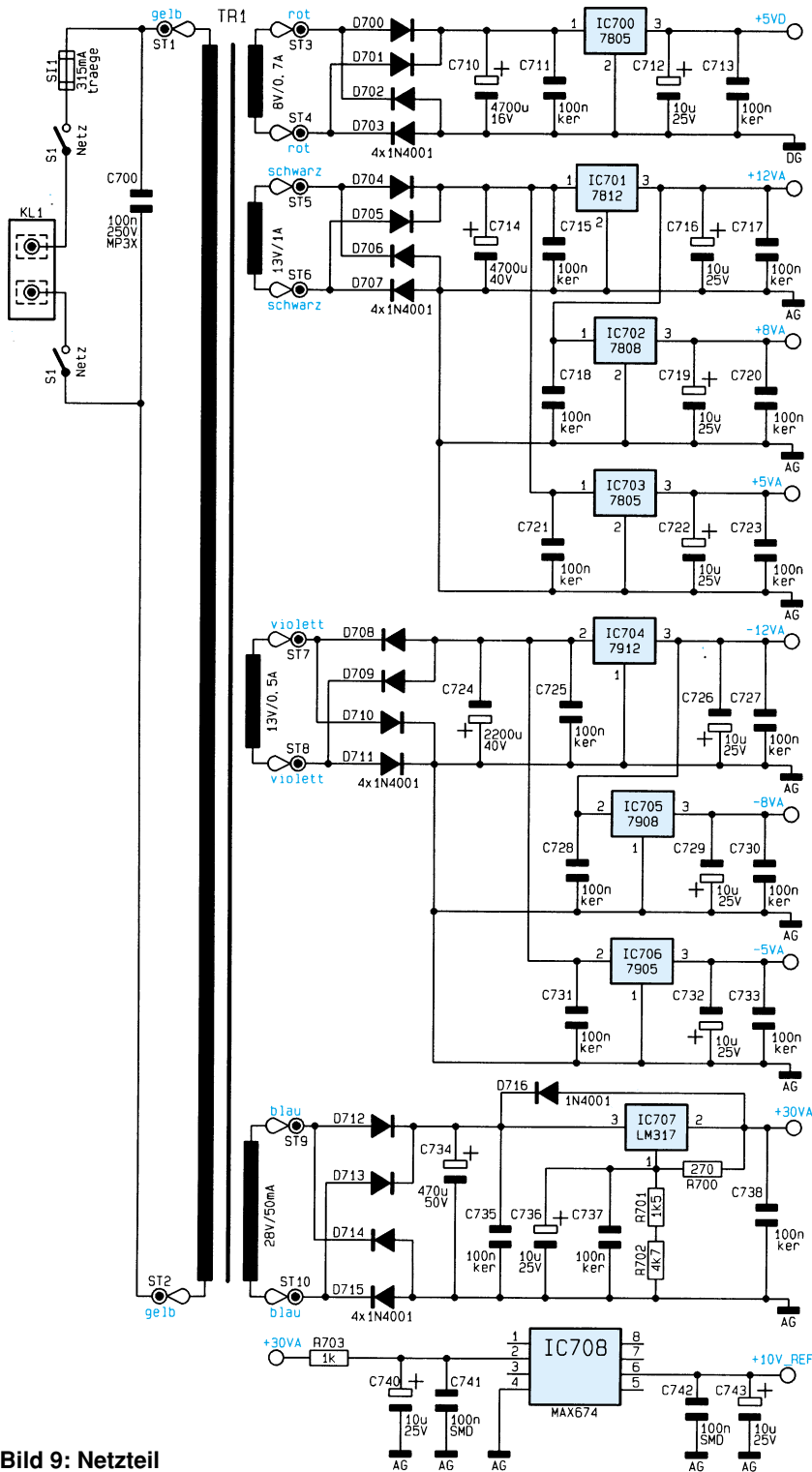


Bild 9: Netzteil

Um den gesamten Frequenzbereich von 10 MHz bis 1 GHz in entsprechende digitale Signale wandeln zu können, sind hier zwei unterschiedliche Teilerstufen aufgebaut. Der Frequenzbereich oberhalb von 100 MHz wird mit dem Teilerbaustein IC 600 und dem nachgeschalteten Komparator IC 601 verarbeitet, während der Bereich unterhalb durch den Komparator IC 603 und den als Teiler geschalteten D-FFs IC 604 und IC 605 abgedeckt wird. IC 606 führt die beiden digitalen Ausgän-

ge auf der gemeinsamen Leitung „FZHF“ zusammen. Die Umschaltung der Signalquelle erfolgt mit den PIN-Dioden D 600 und D 601, die durch den Treiber IC 607 angesteuert werden.

Alle Steuerspannungen für Analog- und Digitalteil werden über ein serielles Schieberegister ausgegeben. Diese Ausgabeinheit ist mit den Schieberegistern IC 510 bis IC 513 vom Typ 74HC595 aufgebaut. Das entsprechende Datenwort wird über den Eingang „SER“ dem 1. Schieberegister

zugeführt, dessen serieller Ausgang wird auf den Eingang des nachfolgenden Registers gegeben usw. Die Daten werden mit dem Taktsignal an „SRCK“ ins Schieberegister geladen. Mit einem Impuls an „RCK“ werden die seriell geladenen Daten dann auf die parallelen Datenausgänge gegeben.

Damit ist die Beschreibung des Digitalteiles abgeschlossen, und wir wenden uns nun der Beschreibung des Netzteiles zu.

Netzteil

Das Netzteil des Hochfrequenz-Generators HFG 9000, das in Abbildung 9 dargestellt ist, muß folgende Betriebsspannungen zur Verfügung stellen.

Für die Analogstufen werden benötigt: $\pm 12V$, $\pm 8V$ und $\pm 5V$ und $+30V$ für die Abstimmspannungserzeugung sowie die Referenzspannungen $+10V_{ref}$, $-3V_{ref}$ und $+2.5V_{ref}$. Der Digitalteil wird separat versorgt, wobei hierfür nur eine Spannung $+5V_{digital}$ erforderlich ist, die aus der Trafowicklung an ST 3 und ST 4 gewonnen wird. Die $+30V$ -Spannung wird aus der Trafowicklung an ST 9, ST 10 gewonnen, ebenso wie auch die $+10V_{ref}$ Spannung. Die $+2.5V_{ref}$ und $-3V_{ref}$ Referenzspannungen werden durch die internen Spannungsreferenzen des Funktionsgenerators MAX038 und des DA-Wandlers erzeugt, so daß hierfür keine zusätzlichen Präzisionsspannungsregler erforderlich sind. Die restlichen Analog-Spannungen werden aus zwei weiteren Trafowicklungen an ST 5 und ST 6 bzw. ST 7 und ST 8 generiert.

Die Gleichrichtung der Ausgangsspannungen des Trafos erfolgt über die jeweiligen Brückengleichrichter-Schaltungen bei anschließender Stabilisierung über die Festspannungsregler IC 700 bis IC 706.

Die Stabilisierung der $+30V$ -Spannung nimmt der Spannungsregler IC 707 vor, dessen Ausgangsspannung die Widerstände R 700 bis R 702 festlegen. Über ein zusätzliches Filter, bestehend aus R 703 sowie C 740||C 741, dient diese $+30V$ -Spannung auch zur Versorgung der Referenzspannungsquelle IC 708. Das Tiefpaßfilter am Eingang sorgt für eine Verbesserung des Rauschverhaltens des Reglers, und der Widerstand verringert zusätzlich die Verlustleistung am IC. Diese Präzisions-Referenzspannungsquelle mit $U_A = 10V \pm 15mV$ und einer sehr geringen Ausgangsspannungsdrift gewährleistet eine hochstabile Bezugsspannung für die Amplitudenregelung und die Abstimmspannungserzeugung.

Damit ist die detaillierte Beschreibung der Schaltungstechnik dieses innovativen 1000MHz-Hochfrequenz-Generators abgeschlossen, und wir beginnen im nächsten Teil der Artikelserie mit der Beschreibung des Nachbaus.