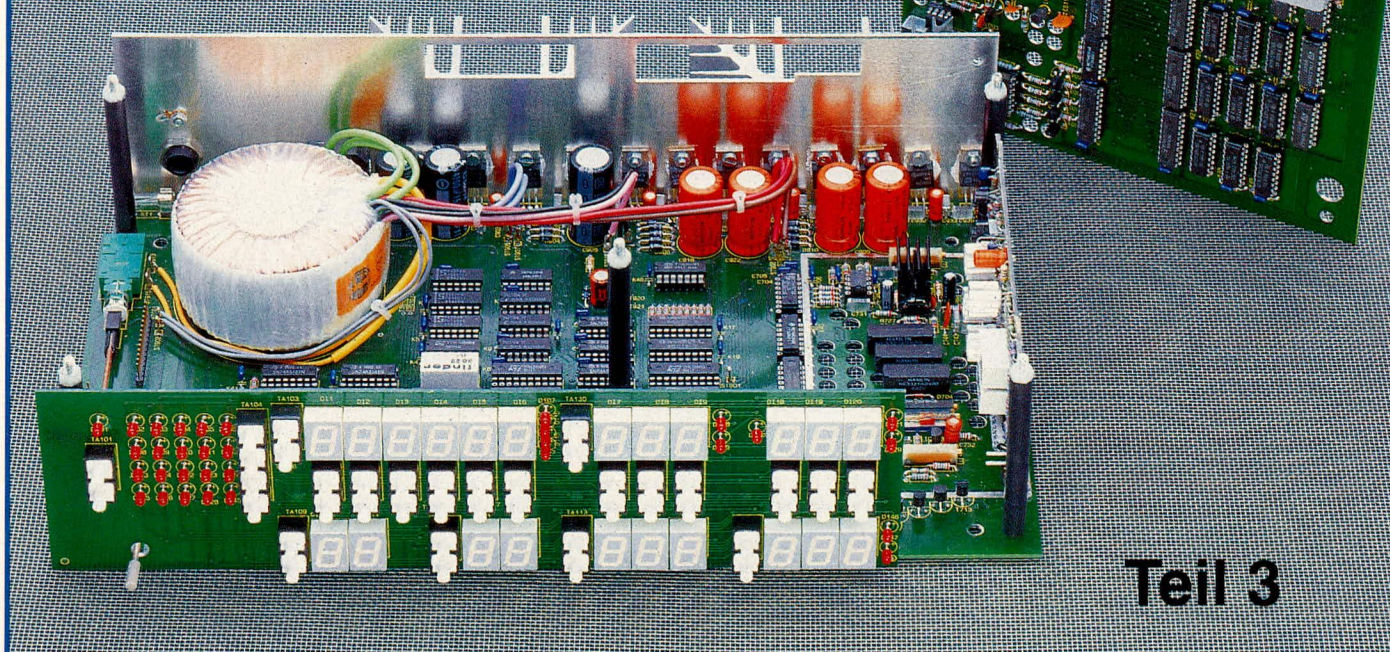


Prozessor- Multi-Funktions- Generator FG 9000



Im vorliegenden dritten Teil dieser Artikelserie wird die Schaltungsbeschreibung des außergewöhnlich leistungsfähigen Funktionsgenerators abgeschlossen.

Wie bereits in Teil 2 dieses Artikels empfohlen, sollte auch hier das in Teil 1 veröffentlichte Blockschaltbild zum besseren Verständnis der Schaltungsbeschreibung zur Hand genommen werden.

Bild 18 zeigt die detaillierte Schaltung der Blöcke 16-21 (siehe Blockschaltbild). Beginnen wollen wir die Schaltungsbeschreibung mit Block 17, dem 24-Bit-Pseudo-Random-Generator.

Aufgebaut ist dieser mit einem 24-Bit-Schieberegister, welches aus drei 8-Bit-Schieberegistern des Typs 74LS164 (IC 521 bis 523) sowie den Gattern IC 524 und IC 507 a realisiert ist. Zurückgekoppelt ist der Generator über die Bits 20 bis 22 sowie Bit 24.

Diese 4 Ausgangssignale werden über das Exklusiv-Oder-Gatter IC 524b, c und d miteinander verknüpft und auf die seriellen Eingänge Pin 1 und 2 des Schiebereg-

sters IC 523 zurückgeführt. Das Bit 8 der ersten Stufe (IC 523, Pin 13) wird über IC 524 a invertiert, bevor es auf die nächste Stufe (IC 522, Pin 1 und 2) gelangt. Ohne diese Maßnahme würde der Random-Generator nach einem Reset nicht wieder starten. Die Periodenlänge des so aufgebauten Zufallsgenerators beträgt $2^{24}-1$ Taktzyklen.

Als nächstes wenden wir uns dem im Blockschaltbild mit der Nummer 16 bezeichneten Block, dem Ansteuerzähler für das Signal-RAM, zu. Hierbei handelt es sich um einen synchronen 12-Bit-Zähler, aufgebaut aus 3 synchronen 4-Bit-Zählern des Typs 74AS161 (IC 511 bis 513). 10 Bit dieses Zählers bilden die Adreßleitungen des Signal-RAM (Q 0 bis Q 8 und Q 10). Der Zähler wird mit den Registerinhalten von IC 509 (Q 1 bis Q 8) und IC 510 (Q 1) voreingestellt. Außerdem schaltet Q 10

(Q C von IC 513) um. Die Anzahl der Werte, die aus dem Signal-RAM ausgelesen werden können, beträgt somit: $2 \cdot (200 \text{ Hex abzüglich Voreinstellung})$.

Es können nur gerade Anzahlen von Werten aus dem Signal-RAM ausgelesen werden. Die CLR-Eingänge des Zählers (Pin 1 der ICs 511-513) werden dafür genutzt, um den Zähler auf einen definierten Wert zu setzen. Dies ist beim Einschreiben der Signalwerte in das Signal-RAM erforderlich. Weitergeschaltet wird der Zähler über das Gatter IC 507 b entweder vom Signaltakt (fout) oder vom Schreibimpuls (RAMWR).

Werden vom FG 9000 Rauschsignale gefordert, so befindet sich der LD-Eingang des Zählers ständig auf High und die Adresse, die vom Random-Generator kommt, wird direkt auf das Signal-RAM durchgeschaltet. In diesem Betriebsmodus

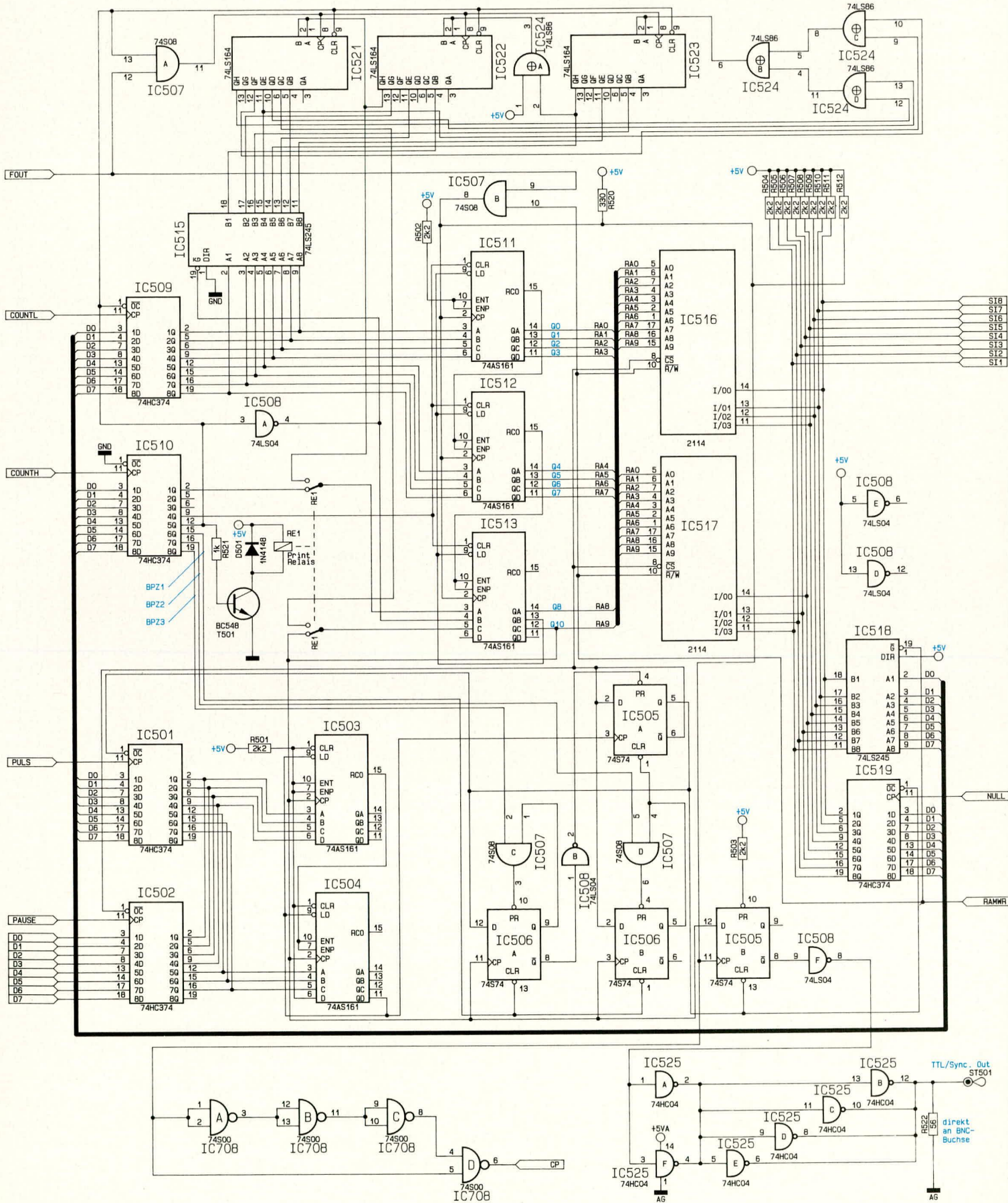


Bild 18: Schaltung der digitalen Signalerzeugung/-steuerung sowie des 24-Bit-Pseudo-Random-Generators

ist das Register IC 509 vom Typ 74HC374 abgeschaltet, und der Treiber IC 515 vom Typ 74LS245 ist aktiv und schaltet den Random-Generator auf die Eingänge des Zählers und somit auf die Adreßleitungen des Signal-RAM durch.

Im Blockschaltbild (Artikel Teil 1) ist diese Umschaltung durch den Schalter S 1 dargestellt. Die beiden restlichen Bits des Random-Generators werden über das Relais RE 1 an die Eingänge des Zählers geschaltet.

Aufgrund von Gatterlaufzeiten und einer Taktfrequenz von bis zu 36 MHz, würde bei einer Anschaltung des Zählers über Gatter dieser nicht mehr einwandfrei arbeiten können, daher wird an dieser Stelle ein Relais eingesetzt. Die Ausgänge Q 4

bis Q 8 des Registers IC 519 dienen zur Steuerung der Signal-RAM-Verwaltung und des Burst-Pausenzählers.

Im Normalfall (Burst/Pause-Funktion nicht aktiv) liegen die drei Steuerleitungen BPZ1-3 auf Low-Pegel. Dadurch befinden sich die PR- und CLR-Eingänge (Preset- und Reset-Eingänge) der D-Flip-Flops IC 506 a und b vom Typ 74S74 auf Low-Pegel und somit die Ausgänge Q und \bar{Q} auf High. Der Q-Ausgang des FFs IC 506 a

gelangt durch IC 508 b invertiert an den PR-Eingang des FFs IC 505 a und setzt dieses. Der invertierende Ausgang (Pin 6) dieses ICs gibt jetzt das Signal-RAM frei, und das Signal wird kontinuierlich ausgegeben.

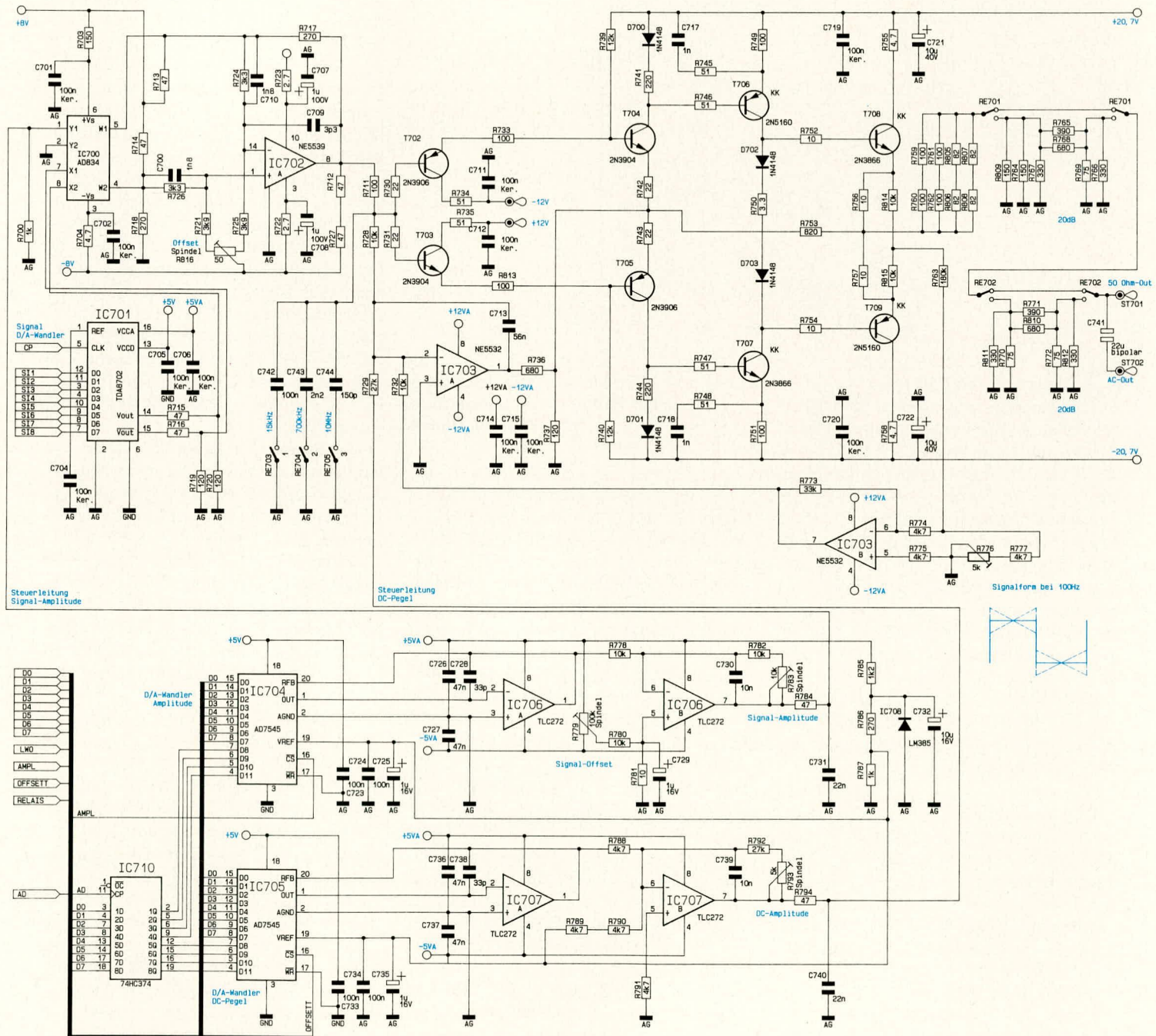
Wird nun die Burst/Pause-Funktion aktiviert, so gibt es drei zu unterscheidende Fälle:

1. Burst = 1 und Pause > 0

BPZ2 wird auf High gesetzt, was zur Folge hat, daß IC 506 b sofort nach einem Takt an seinen Eingang wieder gesetzt wird und mit dem kurzen Low-Impuls an seinem Q-Ausgang das FF IC 505 a löscht.

In das Puls-Register IC 501 vom Typ 74HC374 wird der Wert: 128-Pausenzahl

Bild 19:
Analogstufen des FG 9000 mit
Steuerschaltung für Signalamplitude
und DC-Pegel



geschrieben, womit der Zähler (IC 503 und IC 504) nach Erreichen des Übertrages (High an QD von IC 504) voreingestellt wird. Bei jeder Periode wird dieser Zähler um 1 weitergezählt. Nach den entsprechenden Pause-Takten schaltet der Übertrag das FF IC 505 a um. Es wird jetzt eine Periode ausgegeben, und der nächste Takt löscht über IC 506 b das Flip-Flop IC 505 a, womit die Pause von neuem beginnt.

2. Pause = 1 und Burst > 1

BPZ3 wird auf High gesetzt. Es geschieht im Prinzip das gleiche wie unter 1., nur daß das FF IC 506 a ständig wieder gelöscht wird und IC 505 a setzt. Außerdem wird in das Pausenregister IC 502 (74HC374) der Wert: 128-Burstzahl geschrieben.

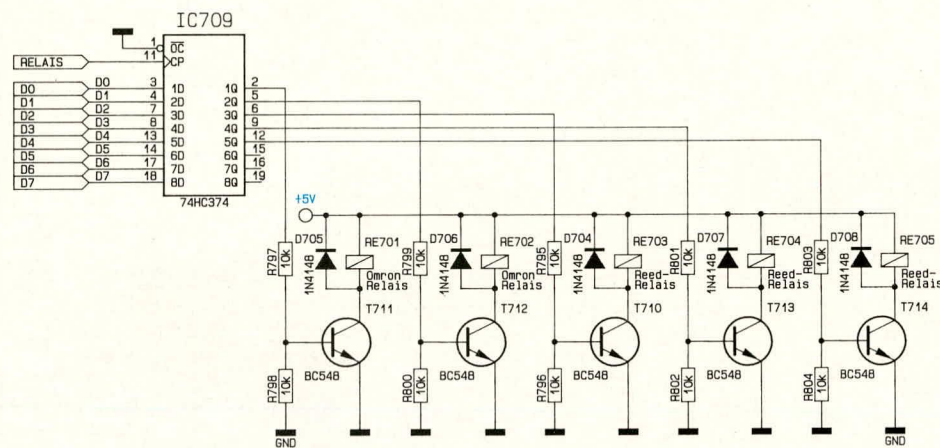


Bild 20: Ansteuerschaltung der fünf in den Analogstufen verwendeten Relais

3. Burst > 1 und Pause > 1

Die Steuerleitungen BPZ2 und BPZ3 liegen in diesem Betriebsmodus beide auf Low-Pegel. In das Pulsregister IC 501 wird der Wert: 129-Pausenzahl und in das Pausenregister der Wert: 129-Burstzahl geschrieben. Der Zähler wird mit dem Pulsregister voreingestellt und das Signal entsprechend ausgegeben (IC 505 a gesetzt). Nach jeder Periode zählt der Zähler um 1 weiter, und bei Erreichen des Zählerstandes 80 h wird der Zähler mit dem Pausenregister voreingestellt. Außerdem wird FF IC 505 a umgeschaltet und die Ausgabe des Signals gestoppt. Hat der Zähler wieder den Wert 80 h erreicht, erfolgt die Voreinstellung mit dem Pulsregister und der Ablauf beginnt von neuem.

Für alle drei Fälle gilt, daß BPZ1 auf High liegt und damit die Burst/Pause-Funktion erst aktiv ist. Damit ist der Burst/Pausen-Zähler (Block 21, vgl. Blockschaltbild) soweit beschrieben, und wir wenden uns den beiden letzten Funktionseinheiten Block 19 und 20 auf dem Schaltbild Nr. 18 zu.

Als Signal-RAM werden mit IC 516 und IC 517 zwei 1 k x 4 Bit statische RAM-Speicher verwendet. Die jeweils 4 I/O-

Ports dieser RAMs bilden zusammen den Signalbus. Die am oberen, rechten Rand eingezeichneten Busableitungen SI 1 bis SI 8 führen zu dem Signal D/A-Wandler (siehe Bild 19 IC 701).

Das Clock-Signal für diesen Wandler wird mit Hilfe der Gatter IC 708 a-d erzeugt. Der am Signalbus liegende Datentreiber IC 518 vom Typ 74LS245 wird benötigt, um die Signalform in das Signal-RAM zu schreiben. Von der logischen Funktion her ist dieser Datentreiber (IC 518) dem Block Nr. 18 der Signal-RAM-Steuerung zuzuordnen. IC 519, ein D-Register des Typs 74HC374, bildet das sogenannte Null-Register (vergleiche Blockschaltbild Block Nr. 20), aus dem im Burst/Pausen-Modus die Signalinformationen für die Pausenzeiten ausgelesen werden.

und nacheinander übertragen werden. Dabei ist es wichtig, daß zuerst die höherwertigen 4 Bit in den 8-Bit-Zwischenspeicher des IC 710 vom Typ 74HC374 geschrieben werden. Beim folgenden Schreiben der 8 niederwertigen Datenbits in den D/A-Wandler werden dann auch die zuvor in den Zwischenspeicher geschriebenen oberen 4 Datenbits gemeinsam vom dem D/A-Wandler übernommen.

Die für die D/A-Wandlung erforderliche hochgenaue Referenzspannung wird mit Hilfe des IC 708 vom Typ LM 385 erzeugt und an die Referenzeingänge (jeweils Pin 19) der ICs 704 und 705 geführt. Am Ausgang der jeweils ersten Operationsverstärkerstufe stellt sich eine Spannung von 0 V (bei digital 0) bis $-U_{ref}$ (bei digital 4095) ein.

Für die Steuerung der DC-Amplitude wird mit Hilfe des zweiten OPs IC 707 b eine Invertierung, Verstärkung sowie eine Pegelverschiebung vorgenommen, so daß an dessen Ausgang (Pin 7) eine Ausgangsspannung von $-U$ (digital 0) bis $+U$ (digital 4095) liegt. Die Ausgangsamplitude (Spannungswert für U) dieser Stufe und damit auch der DC-Pegel des FG 9000 wird mit dem Trimmer R 793 eingestellt.

Für die Steuerung der Signal-Amplitude wird mit dem IC 706 b ebenfalls eine Invertierung und Verstärkung vorgenommen. Hier findet jedoch keine Pegelverschiebung statt, so daß an Pin 7 dieser Stufe eine Ausgangsspannung von 0 V (digital 0) bis $+U$ (digital 4095) ansteht. Der Offset dieser Stufe wird mit dem Trimmer R 779 und die Verstärkung mit R 783 eingestellt.

Damit haben wir die Steuerschaltung für die Einstellung des DC-Pegels sowie der Signal-Amplitude soweit abgehandelt und kommen nun zu der eigentlichen NF-Analogstufe des FG 9000.

Die analogen Differenzausgangssignale des Signal-D/A-Wandlers IC 701 (Pin 14 und 15) gelangen zunächst an die Differenzeingänge X_1 und X_2 des IC 700. Hierbei handelt es sich um einen besonders hochwertigen Analog-Multiplizierer des Typs AD 834.

Das NF-Eingangssignal (an X_1 und X_2) wird mit der Amplitudensteuerspannung (an Y_1 und Y_2) multipliziert. Das Produkt dieser Multiplikation steht dann an den Differenzausgängen W_1 und W_2 des IC 700 zur weiteren Verarbeitung an. Die Ausgangsamplitude des NF-Signals läßt sich also durch die Verwendung dieses speziellen Bausteins auf recht komfortable Weise durch eine Steuerspannung einstellen.

Das so gewonnene einstellbare NF-Differenzsignal wird anschließend mit der durch IC 702 und Zusatzbeschaltung aufgebauten Verstärkerstufe verstärkt und gleichzeitig in ein unsymmetrisches An-

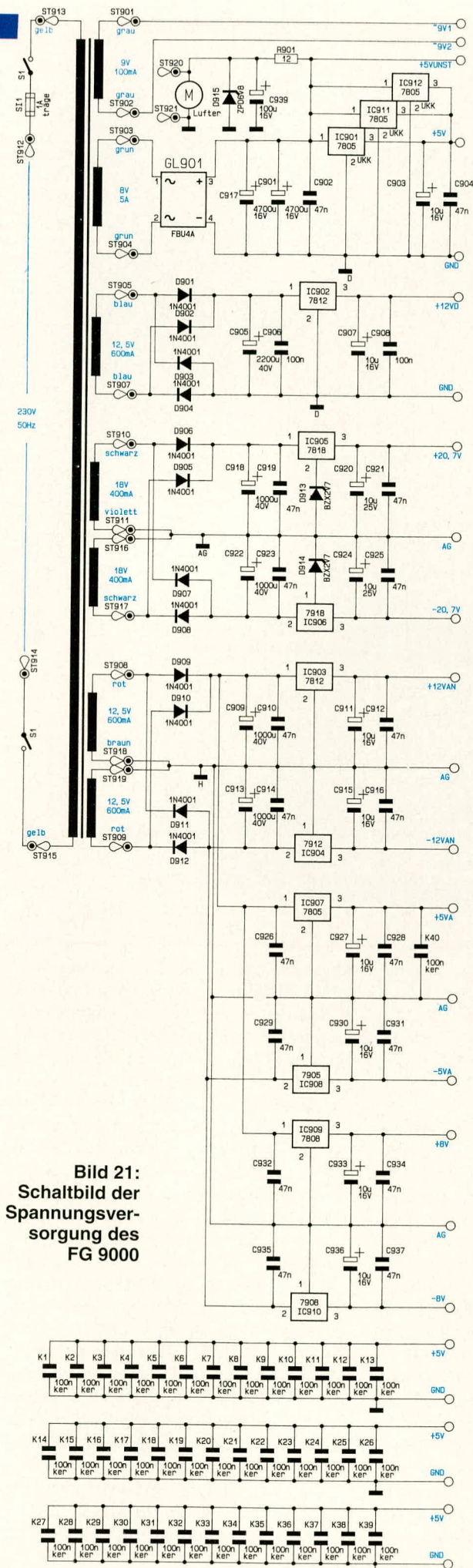


Bild 21:
Schaltbild der
Spannungsver-
sorgung des
FG 9000

steuersignal für die Endstufe umgewandelt.

IC 702 vom Typ NE 5539 ist ein spezieller OP mit einer besonders hohen Bandbreite (Verstärkungs-Bandbreite-Produkt ca. 350 MHz). Der Offset dieser Stufe und der nachgeschalteten Endstufe wird mit dem Spindeltrimmer R 816 eingestellt.

Nachdem wir nun die Blöcke 22 bis 25 (vgl. Blockschaltbild) erklärt haben, kommen wir zu der Leistungsendstufe des FG 9000 (Block 29).

Die mit den Transistoren T 702 bis T 709, dem OP IC 703 sowie der entsprechenden Zusatzbeschaltung aufgebaute Leistungsendstufe besitzt eine Anstiegszeit von ca. 15 ns, das entspricht einer Bandbreite von ca. 22 MHz. Der maximale Ausgangspegel der Endstufe beträgt 30V_{ss}.

Der Ankoppelwiderstand R 711 in Verbindung mit den drei zuschaltbaren Kondensatoren C 742-C 744 bilden verschiedene Tiefpaßfilter, die je nach eingestellter Signalfrequenz und -frequenz softwaregesteuert zugeschaltet werden.

Die Leistungsendstufe besitzt zwei unterschiedliche Signalzweige. Der NF-Zweig wird im wesentlichen gebildet durch den Operationsverstärker IC 703 a und b. Er hat die Aufgabe, die Ruhepotentiale der Endstufe zu stabilisieren.

Dies ist besonders wichtig bei sehr niedrigen Frequenzen (mHz) bzw. bei DC-Betrieb des Funktionsgenerators. Die Verstärkung des HF-Zweiges wird durch das Widerstandsverhältnis R 753 zu R 737/736 bestimmt und liegt mit der gewählten Dimensionierung bei ca. 8.

Die Verstärkung des NF-Zweiges ist mit dem Trimmer R 776 einstellbar. Eine optimale Signalfrequenz im unteren Frequenzbereich wird nur erreicht, wenn die Verstärkung des HF-Zweiges exakt so groß wie die Verstärkung des NF-Zweiges ist; daher wurde an dieser Stelle ein Abgleichpunkt vorgesehen.

Die Widerstände R 759 bis R 762 und R 805 bis R 808 bilden in Verbindung mit den Emitterwiderständen R 756 und R 757 sowie den Transistorbahnwiderständen von T 708 und T 709 den genormten Ausgangswider-

stand von 50 Ω.

Im Ausgangssignalzweig befinden sich zwei 50Ω/20dB Dämpfungsglieder, die über die Relais RE 701 bzw. RE 702 je nach gefordertem Ausgangspegel automatisch von der Software gesteuert werden. Hierdurch wird erreicht, daß auch sehr kleine Ausgangssignale mit hervorragendem Signal/Rauschabstand vom FG 9000 erzeugt werden können.

Bild 20 zeigt die Ansteuerung der fünf in der Analogstufe verwendeten Relais. IC 709 vom Typ 74HC374 speichert die Schaltzustände der einzelnen Relais zwischen. Über die Transistoren T 711 und T 712 werden die Relais der Ausgangsdämpfungsglieder geschaltet. T 710, T 713 und T 714 schalten die Relais RE 703 bis RE 705 und damit die verschiedenen Signalfilter am Eingang der Leistungsendstufe.

Zum Schluß der Schaltungsbeschreibung kommen wir zu dem recht umfangreichen Netzteil des FG 9000. Bild 21 zeigt die Netzteilbeschaltung, mit der insgesamt 12 verschiedene Spannungen für die Schaltung des FG 9000 generiert werden. Die für die Digitalstufen des FG 9000 erforderlichen 4 unterschiedlichen Versorgungsspannungen werden mit den oberen 3 Sekundärwicklungen des 78VA Ringkerntrafos erzeugt. Der im Gerät eingebaute Kleinlüfter wird über eine Grobstabilisierung mit der unstabilierten Versorgungsspannung +5V_{unstab.} betrieben.

Die übrigen 8 Versorgungsspannungen werden für die Analogstufen des FG 9000 benötigt. Auf die Stabilisierungsschaltungen mit den insgesamt 12 Spannungsreglern soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Die am unteren Schaltbildrand eingezeichneten Kondensatoren K 1 bis K 39 dienen als Stütz- oder Blockkondensatoren in den Digitalstufen des FG 9000.

Damit ist die Schaltungsbeschreibung abgeschlossen. In Teil 4 der Artikelserie folgt die ausführliche Beschreibung des Aufbaus dieses interessanten Gerätes.