



10-MHz-DDS-Funktionsgenerator DDS 8010

Der DDS 8010 setzt die erfolgreiche DDS-Generator-Reihe von ELV fort. Er gibt Sinus-, Dreieck- und Rechtecksignale über eine leistungsfähige Endstufe mit bis zu 10 V_{SS} aus. Die Frequenz lässt sich von 0,1 Hz bis 10 MHz in 0,1-Hz-Schritten einstellen. Neben der Möglichkeit, einen DC-Offset einzustellen, ist auch die Wahl des Tastverhältnisses (Rechtecksignal) von 10 % bis 90 % möglich. Weiterhin bietet der DDS 8010 eine Wobbel-Funktion und ist damit für vielfältige Aufgaben einsetzbar. Im ersten Teil betrachten wir die Funktionen und die Schaltungstechnik.

Universeller Laborgenerator

Sinus- und Funktionsgeneratoren gehören zur Grundausstattung jedes Elektronik-Arbeitsplatzes. Während diese früher ausschließlich auf speziellen Kurvenform-Generatoren oder reinen Sinusgeneratoren, aus denen andere Signalformen abgeleitet werden, beruhten, hat sich in den letzten Jahren zunehmend das DDS-Verfahren (Direct Digital Synthesis), also die digitale Signalerzeugung mit direkter Digital-Analog-Wandlung, durchgesetzt. Dieses Verfahren, dessen Grundlagen ausführlich in [1] dargestellt sind, weist eine Reihe von Vorteilen gegenüber analoger Signalerzeugung auf:

- hohe Frequenzgenauigkeit (abhängig nur von der des Systemtaktes) mit hoher Temperatur- und Zeitstabilität
 - durchgehend abstimmbarer Gesamt-Frequenzbereich ohne Bereichumschaltungen
 - sehr kleine Einstellschritte ohne Überspringen möglich
- Wie beliebt dieses Prinzip ist, kann man aus den Erfolgen ersehen, die die bisherigen DDS-Generatoren aus unserem Hause zu verzeichnen hatten (DDS 10/20: 10/20-MHz-DDS-

Board; DDS 110/130: 10/30-MHz-Generator, PC-gesteuert). Sie bieten stets auch die Signalformen Rechteck und Dreieck (außer DDS 20) an, alle haben eine Wobbel-Funktion und sind auch als Referenzoszillator für PLL-Systeme, etwa bei Kurzwellenempfängern, einsetzbar. Der DDS 8010 setzt diese erfolgreiche Reihe fort. Er basiert technisch auf dem DDS 110, ist aber als rein stationär zu betreibendes Standalone-Laborgerät ausgeführt, das einen kompletten, einfach zu bedienenden Funktionsgenerator mit Wobbel-Funktion und hoher Frequenzstabilität darstellt, dessen technische Daten für sich sprechen. Damit ist die endgültige Ablösung der herkömmlichen Funktionsgeneratoren auf dem Labor-tisch sicher vollzogen.

DDS 8010 – Möglichkeiten und Funktionen

Die Funktionen des DDS 8010 realisieren alles, was man sich von solch einem Funktionsgenerator wünscht:

- Ausgabe von Sinus-, Rechteck- und Dreiecksignalen mit

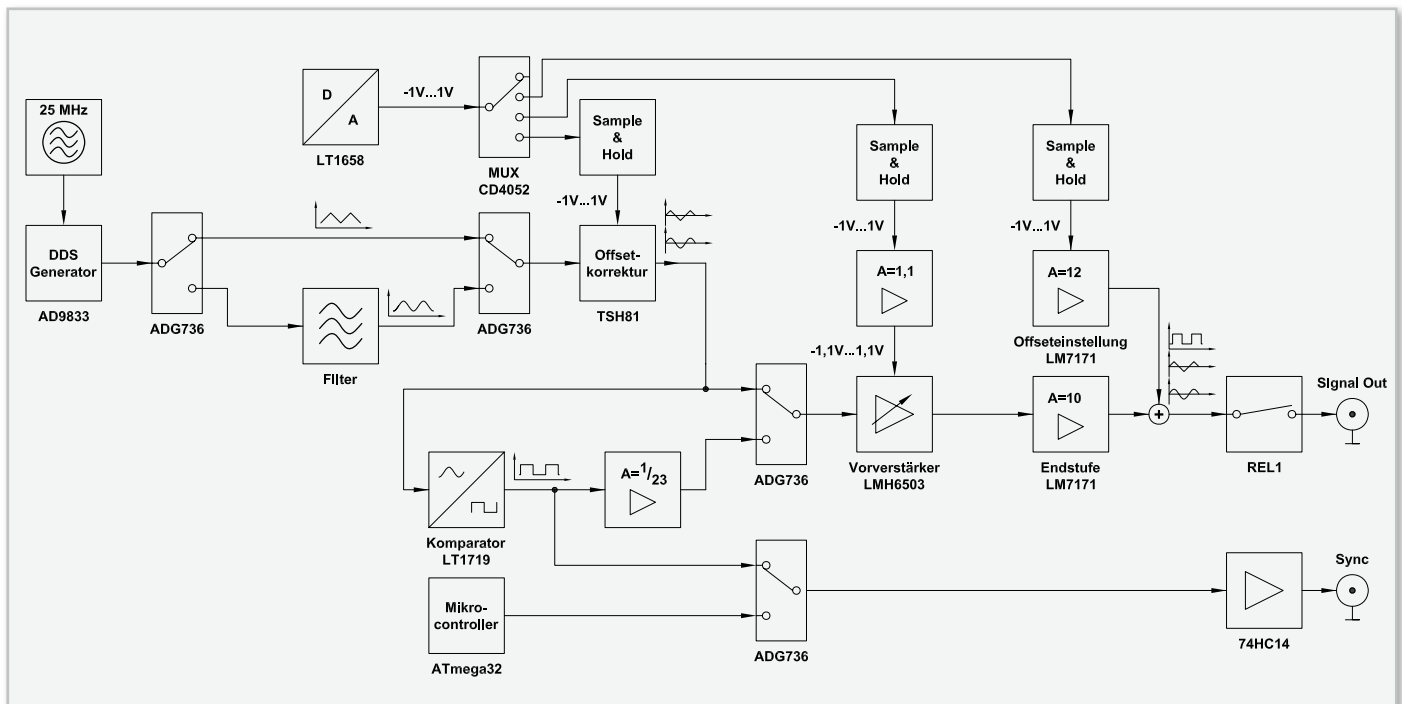


Bild 1: Das Blockschaftbild des DDS 8010

- hoher Frequenzstabilität und einstellbarer Amplitude
- in 0,1-Hz-Schritten abstimbarer Frequenzbereich ohne Bereichumschaltungen oder -überlappungen
- zusätzlicher TTL-Sync-Ausgang für Arbeiten an Digital-schaltungen
- Wobbel-Funktion für das automatische Durchfahren von Frequenzbereichen
- Offset-Funktion zur Überlagerung des Ausgangssignals mit Gleichspannungsanteilen
- direkte Ein-/Ausschaltfunktion des Signalausgangs
- einfache Bedienung über wenige Bedienelemente und Display-Menüführung

Dazu kommt eine kompakte Ausführung, so dass der Generator überall einen Platz findet.

Mit seinen Eigenschaften eignet sich der Funktionsgenerator hervorragend für den Ausbildungsbereich. Auch die Schaltungstechnik ist so aufgebaut, dass sie exemplarisch für Ausbildungszwecke dienen kann. Deshalb wollen wir diese einmal sehr ausführlich betrachten, zunächst übersichtsmäßig am Blockschaftbild und dann am detaillierten Schaltbild.

Wie funktioniert's?

Abbildung 1 zeigt das Blockschaftbild des DDS 8010, auf dem alle wesentlichen Schaltungsbestandteile und die Art der Signalerzeugung, -formung und der Steuerung schnell zu erkennen sind.

Zentrales Element ist der DDS-Generator, dessen wesentliche Bestandteile der DDS-Schaltkreis AD9833, ein hochwertiger Quarzoszillator für dessen Takterzeugung, sowie ein steuernder Mikroprozessor sind, der „nebenbei“ auch die Auswertung von Bedienelementen sowie die Ausgabe an das Display und die Anzeige-LEDs übernimmt.

Um die dem DDS-Generator innewohnenden Funktionen kurz zu betrachten, muss man einen Blick in sein Innenleben werfen, dargestellt in Abbildung 2.

Hier erkennt man auf Anhieb, dass die Signalerzeugung

nicht durch eine analog generierte Sinusschwingung erfolgt. Stattdessen übernimmt ein per Datenbus gesteuerter Prozessor die Berechnung der Funktionswerte und wandelt sie über einen leistungsfähigen D/A-Wandler in ein analoges Signal um. Zentrale Elemente sind hier das „SIN ROM“, ein Speicher, in dem der „Kurvenverlauf“ des zu erzeugenden Sinussignals abgelegt ist, der „Phase Accumulator“, ein Register, das definiert, welche Werte aus dem „SIN ROM“ ausgelesen werden sollen, und der „DAC“, ein 10-Bit-Digital-Analog-Wandler, der die aus dem „SIN ROM“ stammenden digitalen Werte in ein analoges Signal konvertiert.

Zurück zum Blockschaftbild des DDS 8010 in Abbildung 1. Je nach Vorgabe gibt der DDS-Generator ein Dreieck- oder Sinussignal aus. Letzteres wird über ein Filter geleitet, das unerwünschte, hochfrequente Signalanteile aus dem Sinussignal herausfiltert. Das Ein- und Ausschalten des Filters wird durch vom Mikroprozessor gesteuerte CMOS-Schalter (ADG736) übernommen. Dieser steuert auch, entsprechend den vom Benutzer vorgenommenen Einstellungen, den D/A-Wandler LT1658 sowie den Multiplexer CD4052 an. Hierüber und über die folgenden Sample-and-Hold-Glieder werden die Offset-Stellgrößen (Offset-Korrektur des gleichspannungsbehafteten DDS-Signals, Ausgangs-Offset für die Überlagerung des Ausgangssignals mit Gleichspannungsanteilen) sowie die Pegel-Stellgröße des Ausgangssignals an die entsprechenden Stellstufen weitergegeben.

Durch den Komparator LT1719 wird durch Vergleich des jeweiligen Signalpegels und Massepotential ein in der Frequenz entsprechendes Rechtecksignal erzeugt, dessen Tastverhältnis über die Offset-Korrektur des TSH81 beeinflussbar ist. Für die Arbeit mit digitalen Schaltungen kann das Rechtecksignal über einen vom Mikrocontroller gesteuerten CMOS-Schalter an die Pufferstufe und somit direkt an den Sync-Ausgang gelegt werden. Im Wobbel-Betrieb gelangt ein zu Beginn jedes Wobbelvorgangs vom Mikrocontroller erzeugter High-Impuls an die Pufferstufe.

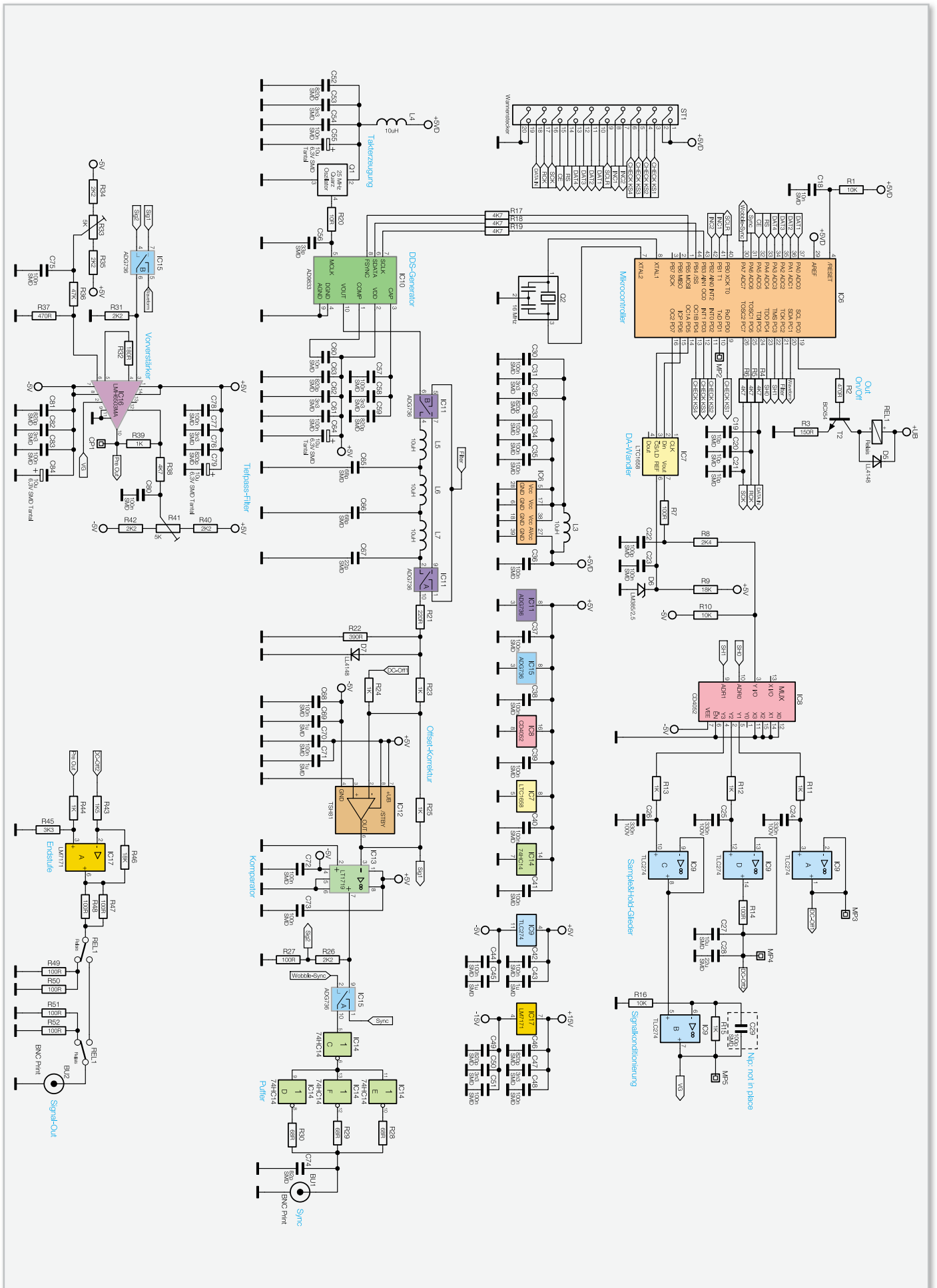


Bild 3: Schaltbild des DDS 8010 (Steuerung/Signalerzeugung/Signalformung)

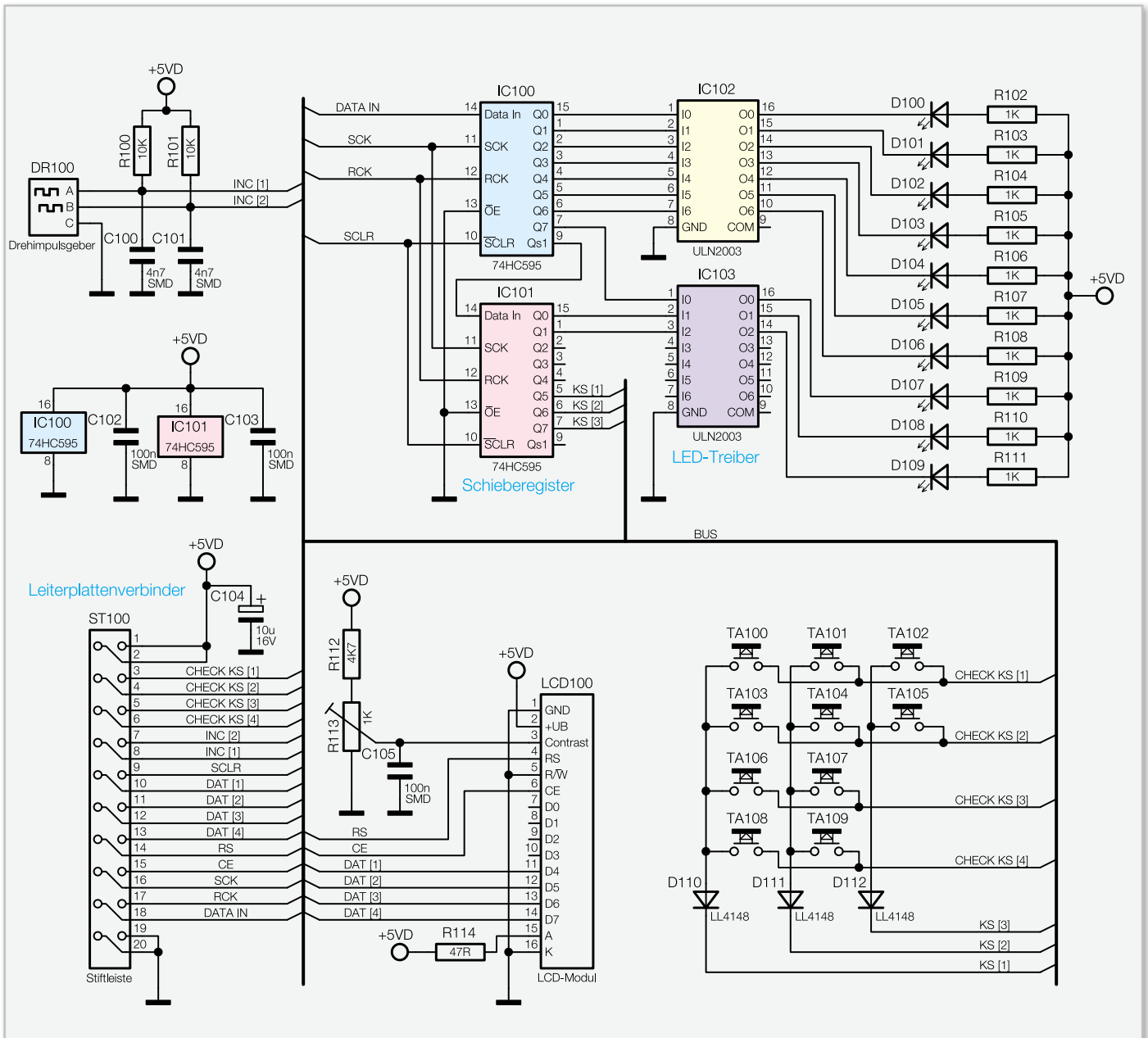


Bild 4: Schaltbild der Bedien- und Anzeigeeinheit (Frontplatte)

Mittels einer weiteren Operationsverstärkerschaltung wird die Ausgangsspannung von IC 9 C um den Faktor 1,1 erweitert. Erst mit diesem Steuersignal VG, das im Bereich von -1,1 V bis +1,1 V liegt, wird der gesamte Verstärkungsbereich des Vorverstärkers IC 16 erreicht. Das Funktionsprinzip der Sample-and-Hold-Glieder ist recht einfach: Die über den D/A-Wandler eingestellte Spannung wird am Multiplexer eingespeist und zu einem der am Ausgang liegenden Sample-and-Hold-Glieder geführt. Der Kondensator wird über den Widerstand aufgeladen, bis er die Soll-Spannung erreicht hat. Anschließend wird der Ausgang des Multiplexers in den hochohmigen Zustand versetzt. Durch den hochohmigen Eingang des nachgeschalteten Operationsverstärkers wird die Spannung nahezu nicht belastet und somit der Kondensator bis zur nächsten Verbindung mit dem D/A-Wandler-Ausgang nicht entladen. Mit einem einzigen D/A-Wandler ist somit auf einfache Weise die Erzeugung mehrerer Gleichspannungen möglich.

Anzeige und Bedienelemente

Über ein 20-poliges Flachbandkabel, angeschlossen an ST 1, ist die Basisplatine mit der Frontplatte verbunden. Das entsprechende Schaltbild der Frontplatte ist in Abbildung 4 zu sehen. Dort befinden sich die Anzeige- und Bedienelemente des DDS 8010: zehn LEDs, ein 2x16-Zeichen-LC-Display, ein Inkremental-(Dreh-)Geber und zehn Taster. Das Display ist über die Datenleitungen DAT[1] bis DAT[4] und die Steuerleitungen RS und CE direkt mit dem Mikrocontroller IC 6 verbunden. Mit dem Trimmer R 113, dem Kondensator C 105 und dem Widerstand R 112 wird die Kontrasteinstellung des Displays vorgenommen.

Die Steuerung der zehn LEDs D 100 bis D 109 erfolgt über die beiden Schieberegister IC 100 und IC 101 und die beiden Low-Side-Treiber IC 102 und IC 103. Ein vom Mikrocontroller IC 6 kommendes, 16 Bit breites Datenwort wird über den Dateneingang „DATA IN“ und unter Verwendung des Taktsignals „SCK“ in die Schieberegister geschrieben. Über eine stei-

Tabelle 1: Zuordnung von Tastern und Anzeige-LEDs zu den Funktionen

TA100	Signalform wählen	TA105	Pfeil links	D100	Signalform Sinus	D105	Wobbel-Parameter gewählt
TA101	Frequenz einstellen	TA106	Pfeil rechts	D101	Signalform Dreieck	D106	Offset-Einstellungen gewählt
TA102	Amplitude einstellen	TA107	Wobbeln ein-/ausschalten	D102	Signalform Rechteck	D107	Wobbeln aktiviert
TA103	Wobbel-Parameter einstellen	TA108	Offset ein-/ausschalten	D103	Frequenzeingabe gewählt	D108	Offset aktiviert
TA104	Offset einstellen	TA109	Ausgang ein-/ausschalten	D104	Amplitudeneingabe gewählt	D109	Ausgang aktiviert

gende Flanke am Eingang „RCK“ der ICs 100 und 101 wird das Datenwort an den Ausgängen der Schieberegister ausgegeben. Je nachdem, ob am Schieberegisterausgang ein Low- oder High-Pegel anliegt, schaltet der nachgeschaltete Low-Side-Treiber seinen Ausgang auf Massepotential (LED an) oder befindet sich im hochohmigen Zustand (LED aus). Die Abfrage der Tasten erfolgt im Multiplexbetrieb, so dass dadurch nur vier zusätzliche Portpins des Mikrocontrollers belegt werden (PD 0 und PD 2 bis PD 4). An den Steuerleitungen KS[1] bis KS[3] wird zyklisch immer eine Leitung auf Low-Pegel gelegt. Die drei Dioden D 110 bis D 112 dienen dabei zur Entkopplung der Matrix-Spalten. Während sich eine Leitung auf Low-Pegel befindet, kann der Mikrocontroller über die vier Signalleitungen CHECK KS[1] bis CHECK KS[4] den Zustand des Tasters am Kreuzungspunkt von CHECK KS[x] und KS[x] in Erfahrung bringen.

Neben den zehn Bedientastern befindet sich auf der Frontplatte auch ein Inkrementalgeber. Dieser wird über die beiden Signalleitungen INC[1] und INC[2] ausgewertet. Eine fallende Flanke an INC[2] erzeugt einen Interrupt beim Mikrocontroller IC 6. Die Kombination des auslösenden Interrupt mit dem Pegel-Zustand an INC[1] ermöglicht die Identifizierung der Drehrichtung am Inkrementalgeber.

Eine Zuordnung der LEDs und Taster ist über die Tabelle 1 möglich.

Signalerzeugung

Für die Signalerzeugung des DDS 8010 wird der DDS-Schaltkreis AD9833 (IC 10) verwendet. Dieser wird über die drei Steuersignaleingänge „SCLK“, „SDATA“ und „FSYNC“ vom Mikrocontroller IC 6 gesteuert und benötigt nur wenige externe Bauteile zum Betrieb. Die wichtigste externe Komponente ist der Quarzoszillator, der den Mastertakt zur Verfügung stellt. Um den maximalen Frequenzbereich, den der DDS-Chip zulässt, auszunutzen, ist eine Taktfrequenz von 25 MHz notwendig. Da die Qualität des Taktsignals direkten Einfluss auf die Genauigkeit und Stabilität des Ausgangssignals des DDS-Bausteins hat, wird hier der integrierte Quarzoszillator Q 1 verwendet, der eine maximale Toleranz von ± 25 ppm (ppm = parts per million = 10^{-6}) und auch eine Temperaturstabilität von ± 25 ppm/°C besitzt. Bei der Frequenzstabilität ist noch zu bedenken, dass sich das Gerät bzw. der Oszillator erst auf Betriebstemperatur erwärmen muss. Daher ist im Einschaltmoment mit einer erhöhten Frequenzdrift zu rechnen. Nach ca. drei Minuten ist diese Drift jedoch schon unter 10 ppm gesunken. Das 25-MHz-Taktsignal von Q 1 wird über das nachgeschaltete Filter aus R 20 und C 56 an den Takteingang des DDS-Chips gelegt. Um die Störungen, die der Quarzoszillator in der Versorgungsspannung erzeugt, zu minimieren, wurde auch hier mit der Spule L 4 eine

Entkopplung zur +5-V-Betriebsspannung realisiert. Zusätzlich sind die Kondensatoren C 53 bis C 55 zum Abblocken und zur Stabilisierung eingesetzt. Die weiteren externen Komponenten sind die Kondensatoren C 57 bis C 59 und C 60 bis C 64. Diese dienen alle zur Entkopplung bzw. zum Abblocken der Referenz- und Betriebsspannung und sind als Staffblockung aus verschiedenen Kapazitätswerten beschaltet. So wird außerdem die elektromagnetische Ausstrahlung des DDS-Chips verringert. Über den Pin „Vout“ steht das Ausgangssignal des DDS-Bausteins IC 10 zur Verfügung. Je nach Einstellung durch den Mikrocontroller wird an diesem Ausgang ein Sinussignal oder ein Dreieckssignal vom AD9833 bereitgestellt.

Filterstufe

Das vom DDS-Chip IC 10 erzeugte und am Pin 10 (Vout) anliegende Signal gelangt an den I/O-Pin 6 des CMOS-Umschalters IC 11 B. Per Steuersignal vom Mikrocontroller wird hier entschieden, ob das erzeugte Signal über ein Filter geleitet wird oder direkt zum I/O-Pin 9 des Umschalters IC 11A gelangt. Das Filter wird nur bei der Erzeugung eines Sinussignals benötigt, bei der Signalform Dreieck würde das Filter zu erheblichen Signalverzerrungen führen. Aus diesem Grund wird das Filter bei dieser Signalform mit Hilfe des CMOS-Umschalters überbrückt. Da es sich beim DDS-Verfahren im Prinzip um eine digitale Signalerzeugung mittels Digital-Analog-Wandlung handelt, ist das Ausgangssignal mit entsprechenden „Rückständen“ des Taktsignals verunreinigt.

Das nachgeschaltete Filter, bestehend aus den Spulen L5 bis L7 und den Kondensatoren C65 bis C67, besitzt eine Grenzfrequenz von ca. 11 MHz und sorgt so für eine Filterung von „ungewollten“ Signalanteilen aus dem Ausgangssignal.

Nach dem Filter gelangt das Ausgangssignal über den Spannungsteiler aus R 21 und R 22 auf den invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 12. Die Diode D 7 schützt den Eingang des Operationsverstärkers vor Spannungen größer 720 mV.

Offset-Kompensierung

Der invertierende Eingang des Operationsverstärkers IC 12 vom Typ TSH81 wird von zwei Signalquellen gespeist: zum einen die vom DDS-Generator erzeugte Spannung (U_{DDS}), zum anderen die durch ein Sample-and-Hold-Glied erzeugte Gleichspannung U_{DC-off} . Mit dem als invertierenden Addierer geschalteten TSH81 wird hier der Gleichspannungsanteil des vom Filter kommenden Signals U_{DDS} kompensiert.

Die Bezeichnung invertierender Addierer beruht darauf, dass die am Eingang anliegenden Signale mit einem Faktor versehen aufsummiert und dann am Ausgang des Operationsver-

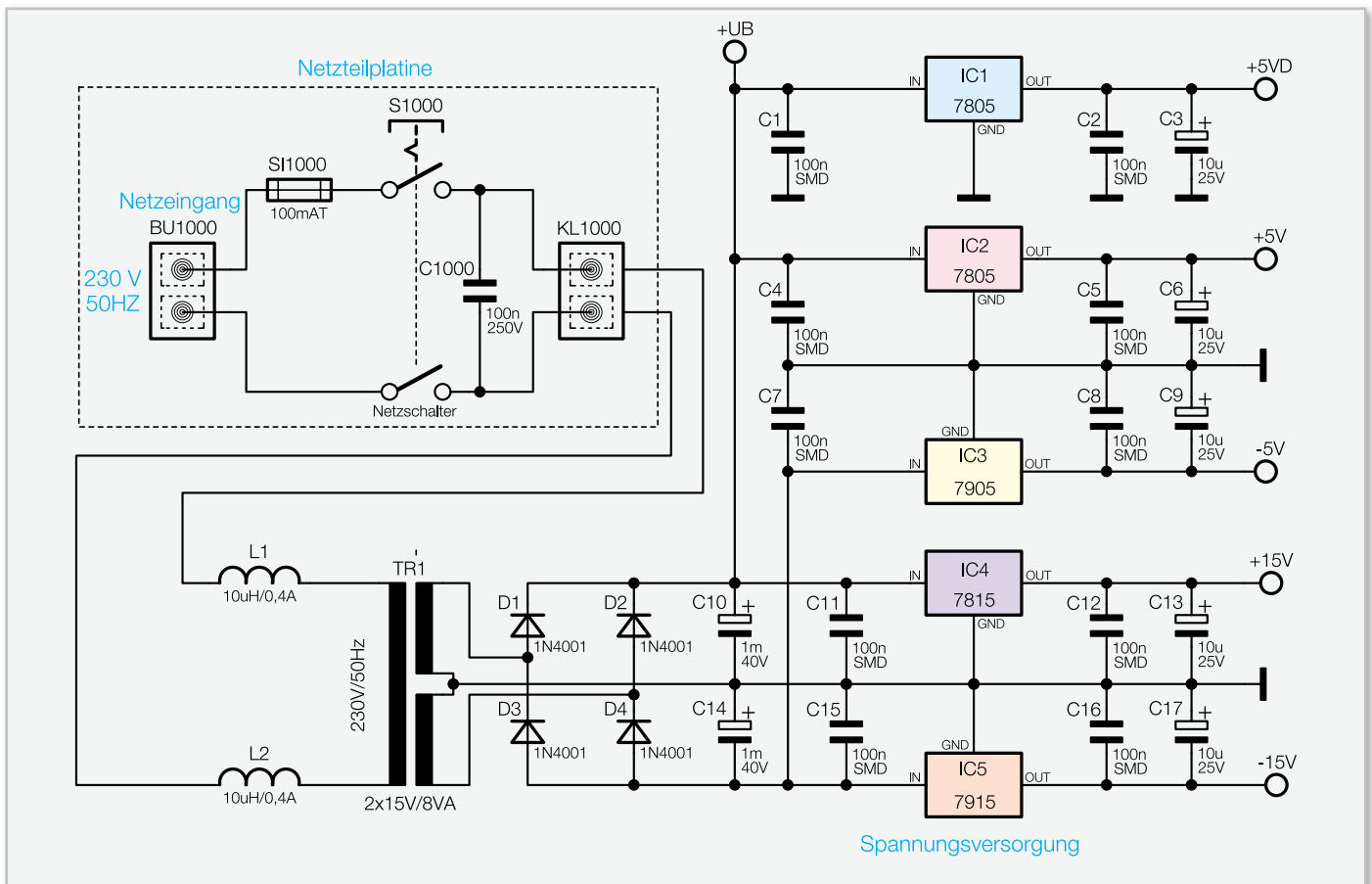


Bild 5: Schaltbild des Netzteils des DDS 8010

stärkers negiert ausgegeben werden. Folgende Formel zeigt dem Zusammenhang zwischen den einzelnen Spannungen und Widerständen:

$$U_{\text{Sig}1} = -R_{25} \cdot \left(\frac{U_{\text{DDS}}}{R_{23}} + \frac{U_{\text{DC-Off}1}}{R_{24}} \right)$$

Die in Reihe zu den Signalquellen geschalteten Widerstände (R_{23} , R_{24}) bestimmen zusammen mit dem Rückkopplungswiderstand R_{25} , welche Gewichtung der Eingang bekommt. Da die Widerstände R_{23} bis R_{25} jeweils einen Wert von $1 \text{ k}\Omega$ besitzen und die Eingänge damit eine gleiche Gewichtung erhalten, kann die Formel nun wie folgt vereinfacht werden:

$$U_{\text{Sig}1} = -(U_{\text{DDS}} + U_{\text{DC-Off}1})$$

Es ist nun zu erkennen, dass die beiden Signalquellen sich addieren und am Ausgang des Operationsverstärkers negiert ausgegeben werden. Sobald die Eingangsspannung $U_{\text{DC-Off}1}$ dem negierten Gleichspannungsanteil von U_{DDS} entspricht, ist das Ausgangssignal $U_{\text{Sig}1}$ gleichspannungsfrei. In der Signalform „Rechteck“ wird eine absichtliche Änderung dieser Offset-Einstellung zur Einstellung des Tastverhältnisses verwendet.

Rechteckerzeugung

Obwohl der verwendete DDS-Generator von Typ AD9833 die Möglichkeit besitzt, ein Rechtecksignal zu erzeugen, wurde beim DDS 8010 eine separate Lösung gewählt, um das prinzipbedingte Jittern des Rechtecksignals beim AD9833 zu umgehen. Dieses Jittern tritt ab einer Frequenz von 1 MHz auf.

Für die Erzeugung eines Rechtecksignals wird das Ausgangssignal Sig 1 des TSH81 auf den invertierenden Eingang des Komparators IC 13 vom Typ LT1719 gelegt. Dieser Komparator vergleicht nun das anliegende Eingangssignal Sig 1 mit dem Masse-Potential der Schaltung (Pin 2). Sobald der invertierende Eingang ein positiveres Potential gegenüber dem Massepotential besitzt, wird am Ausgang (Pin 7) ein Low-Pegel ausgegeben. Andernfalls befindet sich ein auf 5 V liegender High-Pegel am Ausgang. Bei einem gleichspannungsfreien Eingangssignal Sig 1 liegt das Tastverhältnis des so erzeugten Rechtecksignals bei 1:1. Durch die Anpassung der Gleichspannung $U_{\text{DC-Off}1}$ kann auch ein anderes Tastverhältnis erzeugt werden.

Über den festen Spannungsteiler, bestehend aus den Widerständen R_{26} und R_{27} , wird ein gedämpftes Rechtecksignal (Sig 2) an den I/O-Pin 4 des CMOS-Schalters IC 15 B weitergeleitet. Parallel dazu gelangt das Ausgangssignal des Komparators IC 13 auf den elektronischen CMOS-Schalter IC 15 A. Hier wird, per Steuerleitung, entweder das Rechtecksignal des Komparators oder im Wobbel-Betrieb ein High-Impuls zu Beginn jedes Wobbelvorgangs auf die Schmitt-Trigger-Inverter IC 14 geleitet. Durch die Parallelschaltung

dreier dieser Schmitt-Trigger und der dahinterliegenden Widerstände R 28 und R 30 wird ein 50- Ω -Ausgang realisiert, der auf die BNC-Buchse „Sync“ geführt ist.

Vor- und Endstufe

Nachdem bisher die Erzeugung der Signale behandelt wurde, widmen wir uns nun der Signalaufbereitung. Zunächst beschreiben wir den Vorverstärker, der in Abbildung 3 unten dargestellt ist. Über den CMOS-Umschalter IC 15 B wird entweder das Sinus- bzw. Dreiecksignal Sig 1 oder das Rechtecksignal Sig 2 auf den Eingang des Vorverstärkers IC 16 geführt.

Der Vorverstärker vom Typ LMH6503 besitzt einen variabel einstellbaren Verstärkungsfaktor. Dieser Faktor wird über ein an Pin 2 zugeführtes Steuersignal VG eingestellt. Es wird durch eines der bekannten Sample-and-Hold-Glieder und eine nachgeschaltete Verstärkerschaltung erzeugt. In Abhängigkeit des eingespeisten Signals VG steht am Ausgang (Pin 10) nun das verstärkte Signal „Pre Out“ zur Verfügung.

Mit den beiden Widerstandstrimmern R 33 und R 41 und den Spannungsteilern R 36, R 37 bzw. R 38, R 39 kann am LMH6503 eine Offset-Kalibrierung durchgeführt werden. Das nun vorkonditionierte Signal „Pre Out“ gelangt auf die Endstufe IC 17. Diese Endstufe sorgt zum einen für die letzte Verstärkung des Signals „Pre Out“ auf die einstellbaren 10 V_{SS} . Zum anderen wird hier mittels einer weiteren Gleichspannung $U_{DC-Off 2}$ ein vom Benutzer einstellbarer Offset (Gleichspannungsanteil) auf das Ausgangssignal überlagert.

Um das Ausgangssignal des Vorverstärkers (Pre Out) nach der Endstufe nicht negiert zu erhalten, ist dieser als Differenzverstärker bzw. Subtrahierverstärker [3] aufgebaut. Das Signal „U_{PreOut}“ wird auf den nichtinvertierenden Eingang der Endstufe geführt, die für den einstellbaren Offset erzeugte Gleichspannung $U_{DC-Off 2}$ liegt am invertierenden Eingang an.

Auch hier sorgen die Widerstände an den Eingängen des Operationsverstärkers für eine Gewichtung der Signalquellen. Folgende Formel zeigt den Zusammenhang zwischen den einzelnen Spannungen und Widerständen:

$$U_{SignalOut} = \frac{(R_{43} + R_{46}) \cdot R_{45}}{(R_{44} + R_{45}) \cdot R_{43}} \cdot U_{PreOut} - \frac{R_{46}}{R_{43}} \cdot U_{DC-Off 2}$$

Durch das Einsetzen der Widerstandswerte ergibt sich eine vereinfachte Formel, die die Gewichtung der Eingänge gut darstellt:

$$U_{SignalOut} = \frac{(1,5k\Omega + 18k\Omega) \cdot 3,3k\Omega}{(1k\Omega + 3,3k\Omega) \cdot 1,5k\Omega} \cdot U_{PreOut} - \frac{18k\Omega}{1,5k\Omega} \cdot U_{DC-Off 2}$$

$$U_{SignalOut} \approx 10 \cdot U_{PreOut} - 12 \cdot U_{DC-Off 2}$$

Um eine definierte Ausgangsimpedanz von 50 Ω zu erhalten, sind zwischen dem Ausgang von IC 17 (Pin 6) und der

Buchse BU 2 die beiden 100- Ω -Widerstände R 47 und R 48 parallel eingesetzt. Das vom Mikrocontroller IC 6 gesteuerte Relais REL 1 schaltet das Ausgangssignal entweder auf die BNC-Buchse (aktiv) oder das Ausgangssignal auf die 50- Ω -Nachbildung, bestehend aus R 49 und R 50. Gleichzeitig wird die BNC-Ausgangsbuchse, über die Widerstände R 51 und R 52 definiert, mit der Nennimpedanz von 50 Ω abgeschlossen (Zustand inaktiv).

Netzteil

Die Spannungsversorgung des DDS 8010 ist in Abbildung 5 zu sehen. Von BU 1000 gelangt die Netzspannung über die Netzsicherung SI 1000 und den 2-poligen Netzschalter S 1000 zur Schraubklemme KL 1000. Von diesen Schraubklemmen aus geht die Netzspannung über die beiden Spulen L 1 und L 2 direkt an die Primäranschlüsse des Netztransformators TR 1. Der X2-Kondensator C 1000 dient zur Störunterdrückung.

Die Sekundärwicklung des Netztransformators liefert die benötigten Spannungen zum Betrieb des DDS 8010. Diese Sekundärwicklung mit Mittelanzapfung speist die mit D 1 bis D 4 aufgebaute Mittelpunkt-Zweiweg-Gleichrichterschaltung. D 1 und D 2 versorgen dabei die positiven Spannungsregler IC 1, IC 2 und IC 4 mit der unstabilierten Gleichspannung. D 3 und D 4 versorgen die negativen Spannungsregler IC 3 und IC 5. Die Pufferung der Eingangsspannungen übernehmen die beiden Elkos C 10 und C 14, während die Kondensatoren C 3, C 6, C 9, C 13, C 17 die Ausgangsspannung puffern. Die restlichen 100-nF-Kondensatoren verhindern hochfrequente Störeinflüsse am Eingang der Regler und unterdrücken Schwingneigungen am Ausgang. Ausgangsseitig stehen dann stabilisierte -5 V, +5 V, -15 V sowie +15 V zur Verfügung.

So weit die Funktions- und Schaltungsbeschreibung des DDS 8010. Im zweiten Teil gehen wir auf die Bedienung und den Nachbau des Gerätes ein. **ELV**

Literatur/Links:

- [1] 20-MHz-DDS-Board DDS 20, „ELVjournal“ 5/2002, Seite 52
- [2] <http://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverstärker>
- [3] <http://de.wikipedia.org/wiki/Subtrahierer#Subtrahierverstärker>

Weitere Links für vertiefende Angaben über die verwendeten ICs:

<http://www.st.com>
<http://www.analog.com>
<http://www.national.com>
<http://www.linear.com>