



Teil 1

Bis 100 MHz

DDS-Funktionsgenerator DDS 8100

Infos zum Bausatz

im ELV-Web-Shop

#10003

Der DDS-Funktionsgenerator DDS 8100 führt die inzwischen umfangreiche Reihe der DDS-Funktionsgeneratoren, die bisher vom 30-MHz-Modell DDS(1)30 gekrönt wurde, fort. Der DDS 8100 stellt Sinus- und Rechtecksignale mit einer Frequenz von bis zu 100 MHz mit hoher Auflösung und Stabilität zur Verfügung. Eine fein abstufbare Wobbelfunktion erlaubt das automatische Durchlaufen genau definierbarer Frequenzbereiche. Die Bedienung des in einem 8000er-ELV-Gehäuse untergebrachten DDS 8100 gestaltet sich mit wenigen Bedienelementen und einem grafischen Display übersichtlich und einfach.

Präziser Funktionsgenerator

Durch die Verfügbarkeit immer ausgefeilterer DDS-Generator-ICs, die recht einfach über Mikroprozessoren steuerbar sind, hat sich der DDS-Funktionsgenerator in den letzten Jahren zur Standardlösung auch im Bereich hochwertiger Signalgeneratoren herausgebildet. Für einfache Lösungen reicht da bereits ein AVR oder ein kleines Arduino-Board, das einen DDS-Chip ansteuert. Ein Display, ein paar Tasten, fertig – derartige Lösungen bevölkern das Internet.

Für einfache Aufgaben reicht eine solche Minimallösung aus. Will man allerdings ein höherwertiges Laborgerät mit hoher Stabilität, Auflösung und Genauigkeit bauen, muss eine anspruchsvollere Lösung her. Genau da setzt der neue DDS 8100 an. Der ist durch den Einsatz eines hochwertigen TCXO-Quarzoszillators und eines neuen DDS-Chips von Analog Devices in der Lage, Signale bis zu einer Frequenz von 100 MHz zu erzeugen. Die Ausgangsfrequenz lässt sich manuell im Bereich von 1 Hz bis 100 MHz mit einer Auflösung

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	DDS 8100	Ausgangswiderstand:	50 Ω
Versorgungsspannung:	230 V/50 Hz	Signalausgang:	0,1 V _{ss} bis ca. 5 V _{ss}
Stromaufnahme:	80 mA max.	Wobbeltbereich:	1 Hz – 100 MHz
Anzeige:	monochromes Grafikdisplay, 192 x 64 Bildpunkte	Wobbelfrequenz:	0,1 Hz–10 Hz
Bedienelemente:	9 Taster, 1 Inkrementalgeber mit Tastfunktion	Max. Leitungslänge an BU300/BU301:	3 m
Signalform:	Sinus, Rechteck am TTL-Ausgang	Referenzfrequenz für DDS-Chip:	temperatur- kompensierter Quarzoszillator, 10 MHz/±5 ppm
Frequenzbereich:	1 Hz – 100 MHz	Schutzart:	IP20
Genauigkeit:	5 ppm, kalibrierbar	Umgebungstemperatur:	5–35 °C
Schrittweite:	0,1 Hz	Abmessungen (B x H x T):	315 x 204 x 109 mm

folgende Endstufe. Diese hebt das Signal mit einer festen Verstärkung auf den endgültig gewünschten Ausgangspegel an und sichert die niederohmige Signalausgabe. Wenn gewünscht, erfolgt hier auch die bereits erwähnte Offset-Einstellung des Ausgangssignals. Das Signalrelais unmittelbar am Signalausgang schließlich realisiert dessen Ein- und Ausschalten. Der Komparator LT1715 wird ebenfalls mit dem Signal am Ausgang des Filters gespeist. Durch Vergleich des jeweiligen Signalpegels mit einem am Komparator anliegenden Gleichspannungssignal wird ein der Sinus-Frequenz entsprechendes Rechtecksignal erzeugt, dessen Tastverhältnis über die eingestellte Gleichspannung des zuständigen Sample-and-Hold-Glieds beeinflussbar ist. Für die Arbeit mit digitalen Schaltungen wird das vom Komparator erzeugte Rechtecksignal nochmals über eine TTL-Treiberstufe geleitet.

Kommen wir nach diesem groben Überblick über die Funktion der Schaltung zur detaillierten Schaltungsbeschreibung der einzelnen Teilschaltungen.

Schaltung

In Bild 3 bis Bild 6 sind die in diesem Artikel beschriebenen Schaltbilder der DDS-8100-Basisplatine

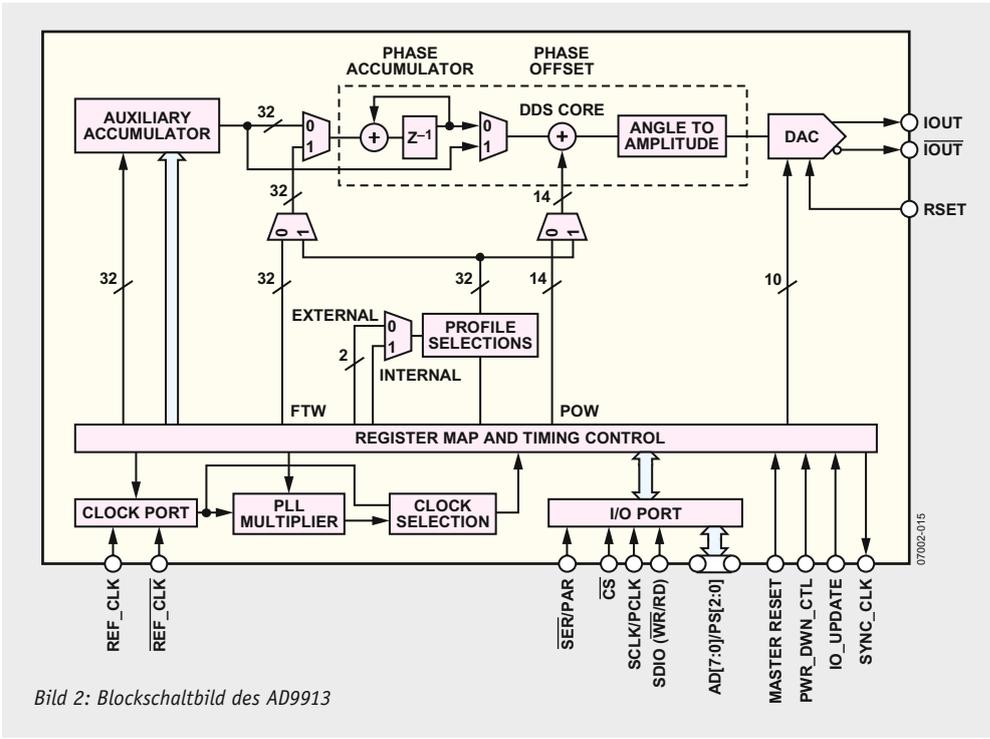


Bild 2: Blockschaltbild des AD9913

und der Netzteilplatine dargestellt. Die restlichen Schaltbilder der Basis sowie die Schaltbilder der Displayplatine werden im nächsten Teil des Artikels erläutert.

Spannungsversorgung

Die Spannungsversorgung des DDS 8100 ist in Bild 3 zu sehen. Von BU1000 gelangt die Netzspannung über die Netzsicherung SI1000 und den zweipoligen Netzschalter S1000 zur Schraubklemme KL1000. Von dieser Schraubklemme aus geht es über zwei Leitungen und die beiden

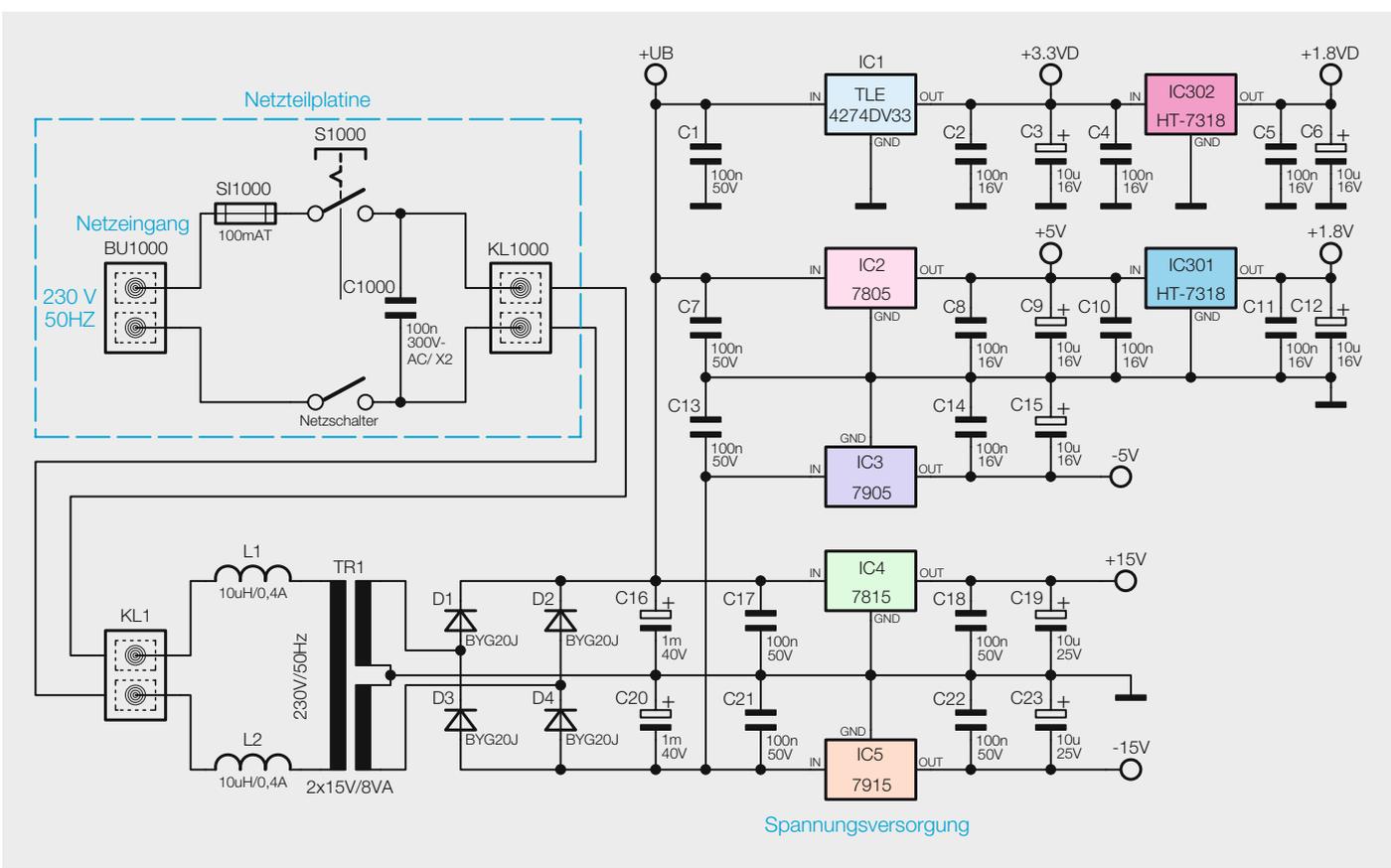


Bild 3: Schaltbild der Spannungsversorgung beim DDS 8100



Spulen L1 und L2 direkt an die Primärleitungen des Netztransformators TR1. Der X2-Kondensator C1000 sowie auch die beiden Spulen L1 und L2 dienen zur Unterdrückung eventuell vorhandener Störungen auf der Netzleitung.

Die Sekundärwicklung des Netztransformators liefert die benötigten Spannungen zum Betrieb des DDS 8100. Diese Sekundärwicklung mit

Mittelanzapfung speist die mit D1 bis D4 aufgebaute Mittelpunkt-Zweiweg-Gleichrichterschaltung. D1 und D2 erzeugen dabei eine gepufferte, aber ungestabilisierte Gleichspannung, mit der die linearen Spannungsregler IC1, IC2 und IC4 versorgt werden. Eine identische, aber bezogen auf den Massepunkt

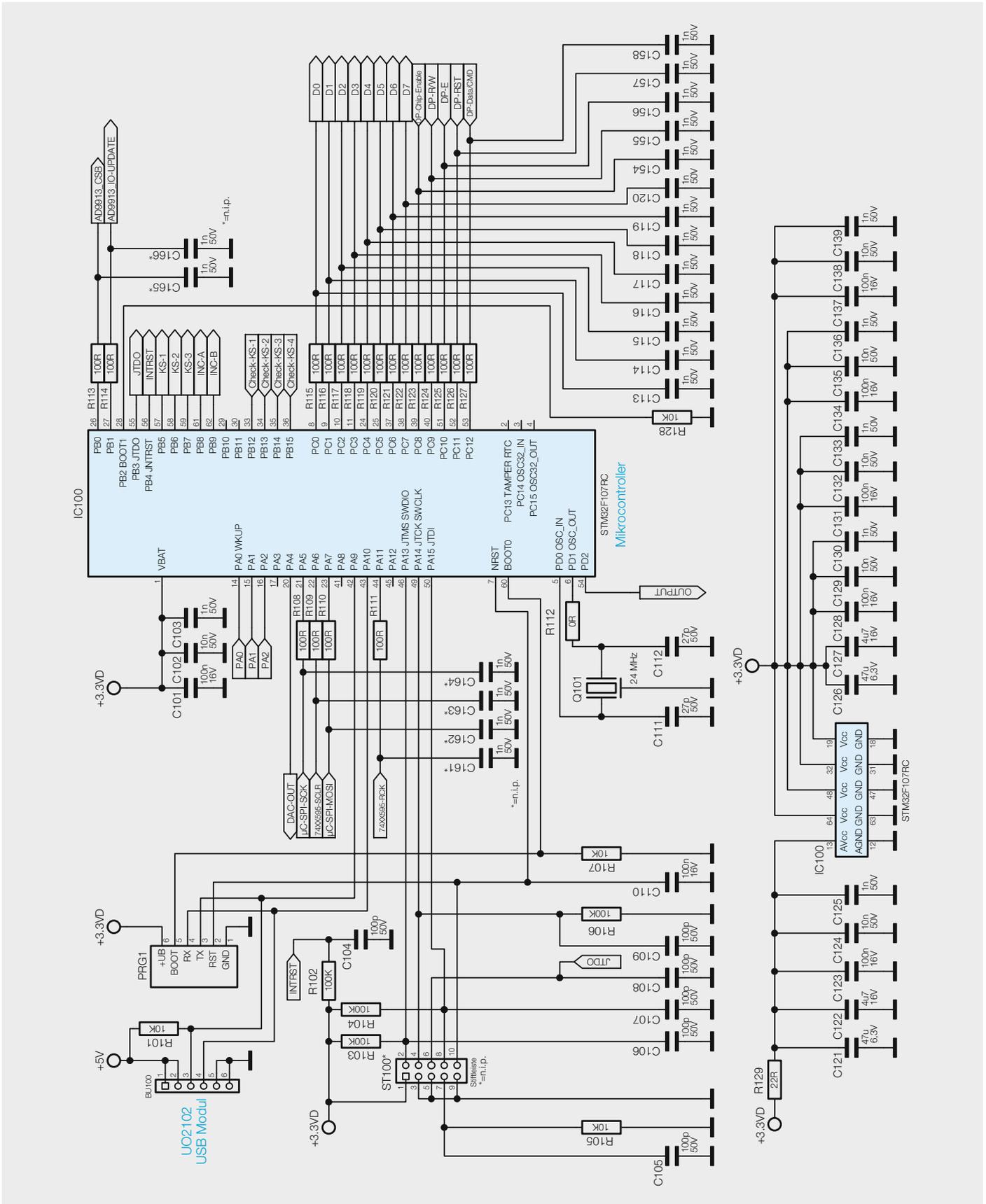


Bild 4: Schaltbild des Mikrocontrollers beim DDS 8100

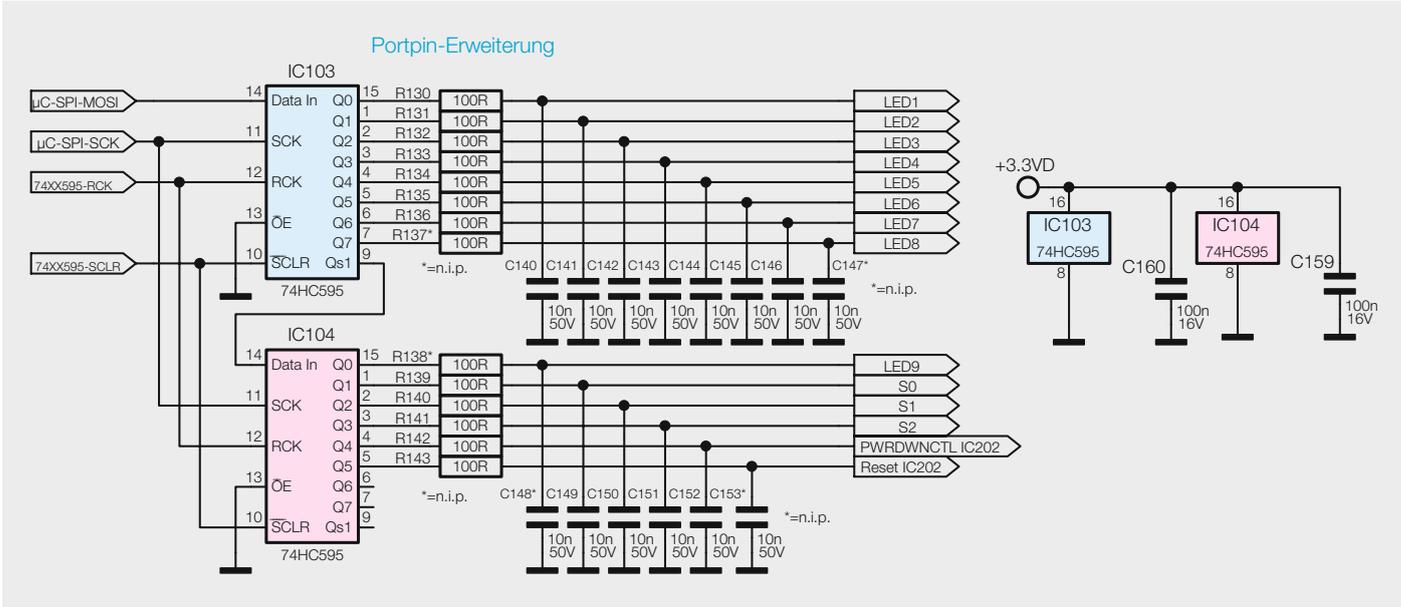


Bild 5: Schaltbild der beim DDS 8100 eingesetzten Portpin-Erweiterung

negative Gleichspannung wird an den Dioden D3 und D4 erzeugt und an die Eingänge der ebenfalls linearen Spannungsregler IC3 und IC5 weitergegeben. Die Pufferung der Eingangsspannungen übernehmen die beiden Elkos C16 und C20, während die Kondensatoren C3, C9, C15, C19 und C23 die Ausgangsspannungen der zuvor genannten Linearregler puffern und damit eventuelle Störspannungen am Ausgang unterdrücken.

Entgegen den restlichen Reglern werden die beiden ebenfalls linear arbeitenden Spannungsregler IC301 und IC302 nicht aus der Eingangsspannung +UB versorgt. Da die Verlustleistung aufgrund der vorliegenden Eingangsspannung zu hoch wäre, werden hier die Ausgangsspannungen der Regler IC1 und IC2 verwendet. IC301 und IC302 sind für die Versorgung des DDS-Chips verantwortlich. Auch hier wird mit den beiden Ausgangskondensatoren C6 und C12 die Ausgangsspannung stabilisiert.

Die restlichen 100-nF-Kondensatoren verhindern hochfrequente Störeinflüsse am Eingang und am Ausgang der Regler. Ausgangsseitig stehen dann stabilisiert -5 V, +5 V und -15 V sowie +15 V für die Operationsverstärker und den Komparator, zweimal 1,8 V für den DDS-Chip sowie eine Spannungsschiene mit +3,3 V für den Mikrocontroller, die Schieberegister und das Display zur Verfügung.

Mikrocontroller

Wie in heutigen elektronischen Schaltungen üblich, übernimmt ein Mikrocontroller (IC100) die Steuerung und Überwachung der Schaltung (Bild 4). Beim DDS 8100 kommt für diese Aufgabe, wie schon in diversen anderen ELV-Schaltungen, ein leistungsfähiger ARM-32-Bit-Cortex-M3-Controller vom Typ STM32F107RC der Firma ST zum Einsatz, der durch seine vielfältigen Möglichkeiten, die platzsparende Bauform und seinen geringen Preis besticht. Versorgt wird diese Komponente mit +3,3 V.

Über den externen 24-MHz-Quarzoszillator Q101 wird der Grundtakt für den Controller bereitgestellt.

Aus diesem 24-MHz-Takt erzeugt der Mikrocontroller dann intern seine Arbeitstaktfrequenz von 72 MHz mittels einer integrierten PLL-Schaltung.

Am Portpin PA4 (Pin 20) stellt der Controller eine im internen DAC erzeugte Spannung von zirka 0,2 V bis 3,1 V zur Verfügung. Diese wird dann für die Erzeugung einzelner Gleichspannungen mittels der Sample-and-Hold-Schaltung eingesetzt.

Über die Daten- und Steuerleitungen an den Portpins PC0 bis PC12 ist das Grafikdisplay mit dem Controller verbunden. Mit den an den Ausgängen der Schieberegister anliegenden Widerständen R115 bis R127 und Kondensatoren C113 bis C120 sowie C154 bis C158 werden einzelne Tiefpassfilter realisiert, durch deren Einsatz die Signalfanken weniger steil ausgeprägt sind und somit eine geringere Störaussendung auf den Signalfaden realisiert wird.

Portpin-Erweiterung

Da für den Betrieb des DDS 8100 die vom Mikrocontroller IC100 bereitgestellten Portpins nicht ausreichen, wurde mittels zweier in Serie geschalteter Schieberegister vom Typ 74HC595 eine einfache Portpin-Erweiterung realisiert. Das dazugehörige Schaltbild ist in Bild 5 zu sehen.

Das Setzen der einzelnen Ausgänge bei den Schieberegistern ist sehr simpel. Zunächst wird über eine fallende Flanke an den SCLR-Eingängen der Schieberegister der aktuelle Inhalt der Schieberegister gelöscht. Es folgt nun ein vom Mikrocontroller IC100 kommendes, 16 Bit breites Datenwort, welches über den Dateneingang DATA IN von IC103 und unter Verwendung des Taktsignals SCK in die Schieberegister IC103 und IC104 geschrieben wird. Für die Übertragung der Daten wird die im Controller vorhandene SPI-Peripherie genutzt. Über eine steigende Flanke an den RCK-Eingängen der Schieberegister wird nun das zuvor übertragene Datenwort vom Schieberegister in das Speicherregister übertragen. Ab diesem Zeitpunkt geben die Bauteile die 16 Bit an den einzelnen Ausgängen als Spannungspegel aus.

Identisch zum Mikrocontroller IC100 werden mit den an den Ausgängen der Schieberegister anliegenden Widerständen R130 bis R143 und Kondensatoren C140 bis C153 einzelne Tiefpassfilter realisiert, durch deren Einsatz die Signalfanken weniger steil ausgeprägt sind und somit eine geringere Störaussendung auf den Signalfaden realisiert wird.

USB-Anschluss

Über die Wannens-Stiftleiste BU100, siehe Bild 4, wird das dem Bausatz beiliegende galvanisch getrennte USB-Schnittstellenmodul mittels ei-



ner Flachbandleitung angeschlossen. Neben einigen einfachen Steuerbefehlen, mit denen rudimentäre Anweisungen zum DDS 8100 gesendet werden können, wird über die USB-Schnittstelle auch die Update-Funktion realisiert. Bei dem USB-Schnittstellenmodul handelt es sich um ein angepasstes UO2102 aus dem ELV-Produktsortiment. Das Modul liegt dem Bausatz komplett vormontiert bei und braucht nur noch eingebaut und verbunden zu werden.

Sample-and-Hold-Schaltung (Bild 6)

Der Mikrocontroller IC100 verfügt über einen internen 12-Bit-Digitalanalog-Converter. Je nach Einstellung der zuständigen Register im Mikrocontroller steht nun am Ausgang „DAC-OUT“ des internen D/A-Wandlers eine Spannung zwischen 0,2 V bis 3,1 V zur Verfügung. Unter Zuhilfenahme einer Hilfsspannung von -5 V und mit dem Einsatz eines aus den Widerständen R300 und R301 bestehenden Spannungsteilers kann nun am Knotenpunkt zwischen den Widerständen R300 und R301 eine Spannung im Bereich vom -1 V bis +1 V eingestellt und dem Multiplexer IC300 bereitgestellt werden.

Mit dessen Hilfe und fünf Abtast-Haltegliedern (Sample-and-Hold) werden daraus die für den Betrieb notwendigen Offset-Steuersignale DC-Off1 bis DC-Off4 und das Steuersignal VG zur Einstellung des Verstärkungsfaktors an IC305 erzeugt. Die Sample-and-Hold-Glieder sind am Eingang alle identisch aufgebaut und bestehen jeweils aus einem Widerstand, einem Kondensator und einem Operationsverstärker mit hochohmigem Eingang. Der Ausgang des Sample-and-Hold-Glieds um IC303C besitzt zusätzliche Komponenten zur Gewährleistung einer stabileren Ausgangsspannung. Mittels einer weiteren Operationsverstärkerschaltung wird die Ausgangsspannung von IC304C um den Faktor 1,1 erhöht. Erst mit diesem Steuersignal VG, das im Bereich von -1,1 V bis +1,1 V

liegt, wird der gesamte Verstärkungsbereich des Vorverstärkers IC305 ausgenutzt. 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.

Im nächsten Teil stellen wir die DDS-Schaltung sowie die Anzeige- und Bedienelemente vor und gehen auf die Bedienung des Geräts ein. **ELV**



Weitere Infos:

- [1] <http://www.elv.de/elektronikwissen/direkte-digitale-synthese-dds.html> oder direkt per Webcode #10022

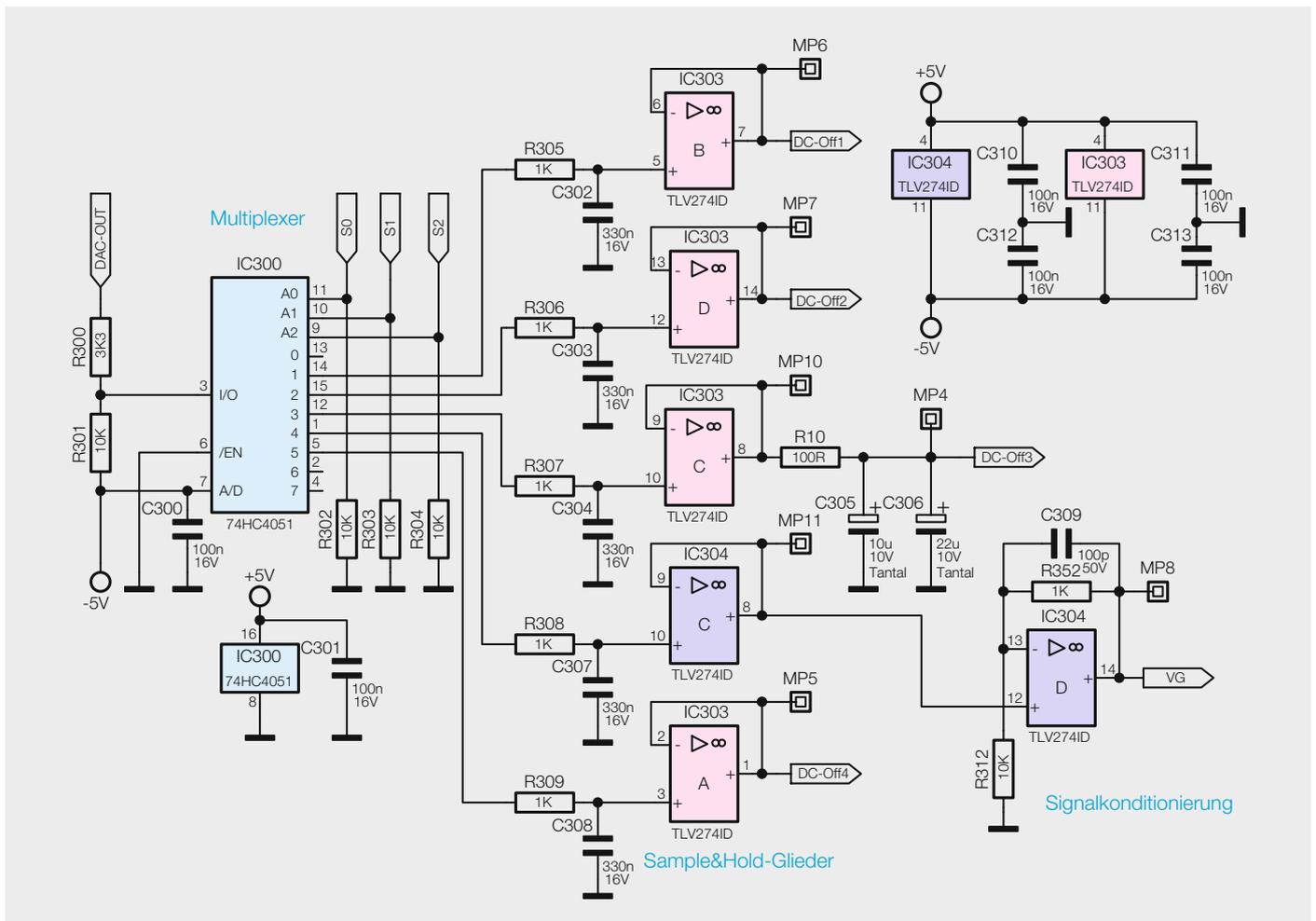


Bild 6: Die Sample-and-Hold-Schaltung