



Der DDS 110 ist ein programmierbarer Funktionsgenerator, der nach dem DDS-Prinzip (direct digital synthesis) arbeitet, bei dem ein Sinussignal digital generiert wird. Neben dem so erzeugten Sinussignal kann er aber auch ein Dreieck- und ein Rechtecksignal liefern.

Die gesamte Bedienung des DDS 110 erfolgt via USB über eine PC-Software.

Die Ausgangsfrequenz lässt sich im Bereich von 0,1 Hz bis 10 MHz in 0,1-Hz-Schritten einstellen, auch eine Einstellung der Amplitude ist mit der PC-Software möglich.

Schließlich stellt er auch eine Wobbel- und Modulationsfunktion zur Verfügung und ermöglicht automatisierte Signalausgaben.

Vom Labor-Generalisten zum PLL-Empfänger-Herzstück

Ja, der Einsatzbereich dieses neuen DDS-Signalgenerators, der die erfolgreiche Serie der DDS-Funktionsgeneratoren von ELV fortsetzt, ist traditionell weit gefächert. Er bildet, um einige Funktionen erweitert und mit verbesserten technischen Daten, das rein PC-gesteuerte Pendant zum Standalone-DDS-Generator DDS 10.

Damit reiht sich der DDS 110 erfolgreich und gleichwertig in moderne PC-Labor-technik ein, wie wir sie etwa bereits weit verbreitet in Form der PC-Digitaloszilloskope und PC-DMMs finden.

Gegenüber vielen verfügbaren DDS-Generatoren sticht dieser hier besonders durch die zusätzlich zum Sinussignal vorhandene Ausgabe von Dreieck- und Rechtecksignalen sowie die umfangreichen Modulations- und Wobbelmöglichkeiten hervor. Und natürlich lässt sich auch dieser Baustein als Zeitbasis für PLL-Systeme bzw. als frequenzbestimmendes Herzstück von hochwertigen Empfänger-Eigenbauten nutzen. Gerade für diese Anwendungsgebiete ist die Ausführung des DDS 110 als

bedienelemente- und displaylose Baugruppe ideal für eine Integration in Empfänger-konzepte und kommt dabei etwa den selbst bauenden Funkamateuren (bei denen sich die Vorgängermodelle höchster Beliebtheit erfreuten) sehr entgegen. Zudem erobern sich die Software-definierten Empfänger-konzepte mit komplettem Frontend auf dem PC-Bildschirm immer mehr das Feld bei Kurzwellenhörern, Funkamateuren und im professionellen Bereich.

Aber auch aus dem Laborbetrieb sind derartige Konzepte nicht mehr wegzudenken, zumal wenn sie wie hier einigen Komfort für die Automatisierung von Messabläufen bieten. Denn wie bei der Software des Vorgängers hat man auch hier die Möglichkeit, ganze Messabläufe zunächst zu definieren und dann „von der Festplatte weg“ immer wieder zu nutzen.

Da wir bereits früher ausführlich das DDS-Funktionsprinzip beschrieben haben, wollen wir dies an dieser Stelle nicht wiederholen und verweisen auf die am Ende der Serie aufgeführten Literaturstellen und wenden uns zunächst einmal der Bedienung der zum Gerät gehörenden Software zu, wobei hier auch alle Möglichkeiten des DDS 110 ausführlich dargestellt werden.

Bedienung

Die Bedienung des DDS 110 erfolgt wie gesagt komplett über die mitgelieferte PC-Software. Mit ihr ist ein komfortables und schnelles Einstellen aller Funktionen möglich. Die Hardware-Verbindung zwischen PC und dem DDS-Board wird via USB hergestellt. Hierüber erfolgt im Übrigen auch die Spannungsversorgung des DDS 110.

Das Hauptfenster und die Grundfunktionen

In Abbildung 1 ist das Hauptfenster des Programms dargestellt. Um eine Datenverbindung zwischen dem DDS-Board und dem PC herzustellen, muss zunächst der Button „PC-Verbindung herstellen“ gedrückt werden. Eine aktive Verbindung wird mittels einer rot leuchtenden LED am DDS-Board selbst sowie in der Software angezeigt. Erst nachdem eine Verbindung hergestellt ist, sind Einstellungen an den Funktionen möglich.

Frequenzeinstellung

Im oberen Bereich des Fensters erfolgt

die Anzeige der aktuell vom DDS-Board ausgegebenen Frequenz. Um diese zu verändern, gibt es drei Möglichkeiten:

1. Durch Anklicken einer Ziffer mit der linken Maustaste wird diese um eins erhöht. Ein Klick mit der rechten Maustaste verringert die Ziffer um eins.
2. Auch mit Hilfe des Mausekzes lässt sich die Frequenz einstellen: Unterhalb der einzelnen Ziffern befinden sich kleine Auswahlfelder. Nach Selektieren der gewünschten Ziffer über dieses Auswahlfeld bewirkt nun das Rollen des Mausekzes eine Änderung dieser Ziffer. Ein Rollen nach oben erhöht die Frequenz, ein Rollen nach unten bewirkt das Gegenteil.
3. Schließlich ist es auch möglich, die Frequenz (in Hz) auch direkt einzugeben. Dazu ist der gewünschte Wert in das Textfeld „aktuelle Frequenz“ einzutragen, mit Drücken der Eingabetaste wird die Frequenz übernommen.

Mit den beiden Buttons direkt neben der Frequenzanzeige können Frequenzänderungen mit einer definierten Schrittweite erzeugt werden. Diese Schrittweite ist zuvor im gleichnamigen Textfeld einzutragen. Ein Klick auf den oberen Button erhöht die aktuelle Frequenz um die eingegebene Schrittweite, ein Klick auf den unteren Button verringert die aktuelle Frequenz entsprechend.

Mit den beiden Eingabefeldern „Minimalfrequenz“ und „Maximalfrequenz“ ist eine manuelle Eingrenzung der vom DDS 110

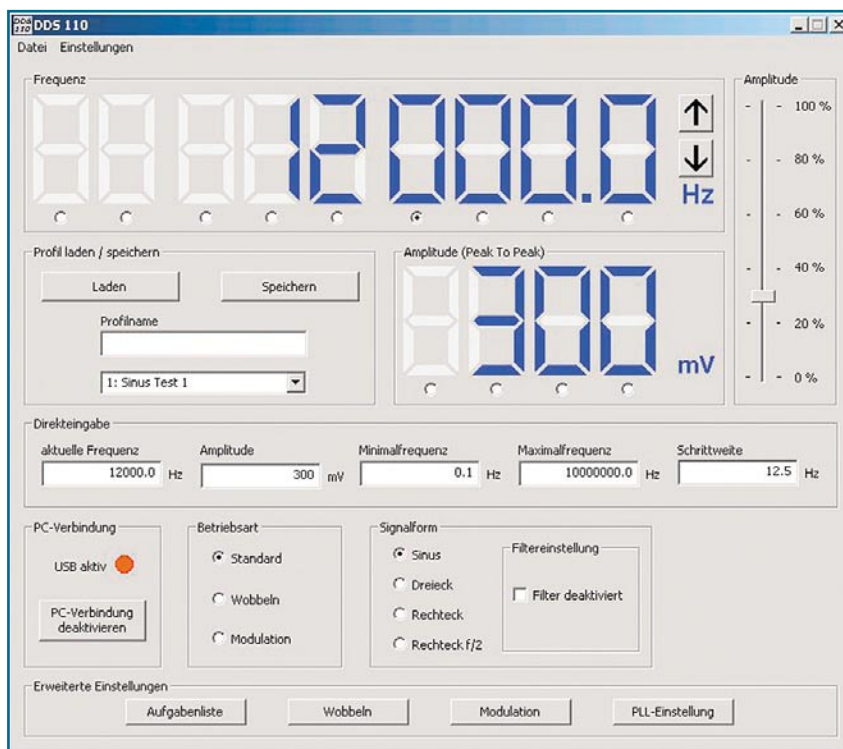


Bild 1: Hauptfenster der PC-Software „DDS 110“

am Signal-Ausgang „Signal-out“ erzeugten Frequenzen möglich. Dies ist etwa bei angeschlossenen Geräten sinnvoll, die vor einer zu hohen bzw. zu niedrigen Frequenz zu schützen sind.

Einstellung der Signalamplitude

Unterhalb der Frequenzanzeige befindet

sich die Amplitudenanzeige, sie zeigt den momentanen Spitze-Spitze-Wert eines kalibrierten Sinus- bzw. Dreieck-Ausgangssignals an.

Die Ausgangsspannung ist in vier Varianten einstellbar:

1. Durch einen Klick mit der linken Maustaste direkt auf eine Ziffer in der Amplitudenanzeige wird diese wie bei der Frequenzeinstellung um eins erhöht. Der Klick mit der rechten Maustaste lässt die Ziffer um eins herunterzählen.
2. Auch hier kann man mit dem Mausekze arbeiten, die Vorgehensweise ist identisch zu der der Frequenzeinstellung.
3. Durch die Eingabe in das Textfeld „Amplitude“ kann die Ausgangsspannung direkt definiert werden.
4. Die vierte Möglichkeit der Amplituden-einstellung ist der Schieberegler am rechten Fensterrand.

Signalform wählen

Im Fenster „Signalform“ ist die Art der Ausgangsspannung einstellbar. Dazu stehen die Auswahlfelder „Sinus“, „Dreieck“, „Rechteck“ und „Rechteck f/2“ zur Verfügung. In der Einstellung „Sinus“ wird automatisch das Sinusfilter zur Verbesserung der Signalqualität eingeschaltet. Jedoch besteht auch die Möglichkeit, das Sinusfilter manuell zu deaktivieren.

Betriebsart

Die Betriebsart kann zwischen „Standard“ (einfache, kontinuierliche Ausgabe des eingestellten Signals), „Wobbeln“ und „Modulation“ umgeschaltet werden. Die

Technische Daten: DDS 110	
Frequenzbereich:	0,1 Hz bis 10 MHz (Sinus), 0,1 Hz bis 1 MHz (Dreieck, Rechteck)
Schrittweite:	0,1 Hz
Genauigkeit:	25 ppm, kalibrierbar
Signalform:	Sinus, Dreieck, Rechteck
Signal-Ausgang:	- Pegel (Sinus/Dreieck) 0 V _{ss} bis ca. 1,1 V _{ss} - Grenzfrequenz (-3 dB) 0,1 Hz ... 9,3 MHz (DC-Kopplung), 8,0 Hz ... 9,3 MHz (AC-Kopplung) - Pegel (Rechteck) 0 V _{ss} bis ca. 3,0 V _{ss}
Modulationsarten:	FSK (Frequency Shift Keying), PSK (Phase Shift Keying), ASK (Amplitude Shift Keying), AM (Amplitude Modulation)
Frequenz-/Phasenhub:	±0,1 Hz bis ±10 MHz/1° bis 359°
Modulationsfrequenz:	1 Hz bis 5 kHz
Modulationsquelle:	intern, extern
Wobbelbereich:	0,1 Hz bis 10 MHz
Wobbelfrequenz:	0,1 Hz bis 20 Hz
PLL-Faktor:	1 bis 2048
ZF-Korrektur:	-2 GHz bis 2 GHz
Spannungsversorgung:	USB-Bus-powered 5 V _{DC} /300 mA
Abmessungen:	170 x 97 x 30 mm

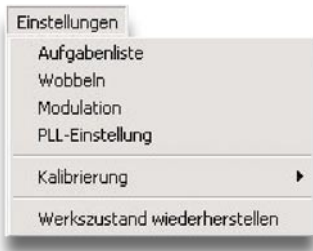


Bild 2: Geöffneter Menüpunkt „Einstellungen“

letzteren Betriebsarten werden im Folgenden noch ausführlich erläutert.

Einstellung speichern

Es besteht die Möglichkeit, eine fertige Einstellung als Profil zu speichern. Hierfür muss im Eingabefeld „Profilname“ im Fenster „Profil laden/speichern“ eine eindeutige Bezeichnung vergeben werden. Ferner ist in der darunter liegenden Auswahlbox ein Speicherplatz zu wählen. Mit dem Klicken auf den Button „Speichern“ werden alle Einstellungen in einer vom Programm angelegten Datei gespeichert. Um ein bereits gespeichertes Profil wieder zu laden, muss dieses in der Auswahlbox markiert und anschließend mit dem Button „Laden“ bestätigt werden.

Erweiterte Einstellungen

Im unteren Bereich des Programmfensters unter „Erweiterte Einstellungen“ befinden sich einige Schaltflächen. Klickt man auf eine dieser Schaltflächen, öffnet sich ein neues Fenster mit den erweiterten Einstellungen.

Diese Einstellungsfenster können auch über das Menü „Einstellungen“ (Abbildung 2) aufgerufen werden.

Modulation

Über die Schaltfläche „Modulation“ gelangt man zu den Einstellmöglichkeiten für diese Betriebsart (siehe Abbildung 3). Unter „PM“ sind die Einstellungen für die drei digitalen Modulationsverfahren zu finden. Wird bei der Einstellung der Quelle „intern“ gewählt, erfolgt die Modulation über ein festgelegtes internes Signal mit der unter „Modulationsfrequenz“ eingegebenen Frequenz. Die Auswahl „extern“ benötigt die Einspeisung eines Signals über

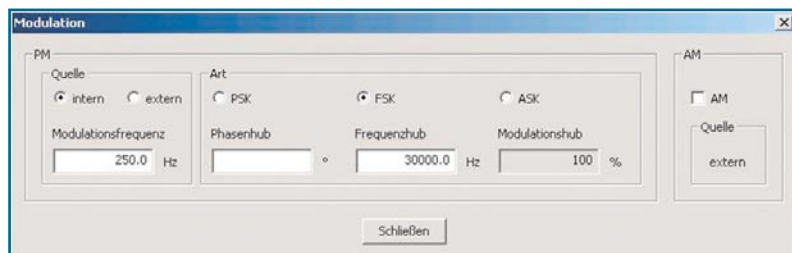


Bild 3: Erweiterte Einstellungen für die Betriebsart „Modulation“

die Buchse „Mod.-In PM“.

Unter „Art“ kann man zwischen den Modulationsverfahren PSK (Phase Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying) und ASK (Amplitude Shift Keying) wählen. Bei aktivierter Modulation werden Frequenz bzw. Phasenlage um den unter Frequenzhub bzw. Phasenhub eingestellten Wert verändert. Für die Modulationsart ASK ist keine weitere Eingabe nötig, hier wird immer mit einem Modulationshub von 100 % gearbeitet.

Die analoge Modulationsart AM (Amplitudenmodulation) erfolgt grundsätzlich über die Einspeisung eines externen Signals via „Mod.-In AM“, somit ist die AM in jeder Betriebsart einsetzbar. Ein Setzen des Häkchens unter „AM“ fixiert die Ausgangsamplitude auf 50 % ihres Maximalwertes, um so eine optimale Ausnutzung des Modulationshubs zu gewährleisten.

Wobbeln

In diesem Menü (Abbildung 4) ist die Einstellung der Parameter der Betriebsart „Wobbeln“ möglich. Durch Eingabe einer „Startfrequenz“ und einer „Stoppfrequenz“ wird der Frequenzbereich festgelegt, welcher mit der unter „Wobelfrequenz“ abgelegten Frequenz „abgefahren“ wird.

Der Wobbelvorgang erfolgt „digital“, d. h. die Änderung der Frequenz erfolgt in festen Schritten. Die Schrittweite hängt vom eingegebenen Frequenzbereich und der Wobelfrequenz ab.

Zu Beginn jedes Wobbelvorgangs wird bei der Startfrequenz am Ausgang „Sync.-out“ ein kurzer High-Impuls ausgegeben.

PLL-Einstellung

Das DDS 110 ist, wie bereits eingangs beschrieben, in der Lage, als Zeitbasis für PLL-Systeme oder Empfänger in Selbstbauprojekten zu dienen. Dies sei an einem Beispiel erläutert:

Ein Doppel-Superhet-Kurzwellenempfänger soll im Frequenzbereich von 0 bis 30 MHz empfangen, die Zwischenfrequenzen betragen 45 MHz und 455 kHz. Um den genannten Empfangsbereich zu gewährleisten, muss der erste Lokaloszillator einen Frequenzbereich von 45 MHz bis 75 MHz überstreichen (45 MHz - 45 MHz = 0 MHz, 75 MHz - 45 MHz = 30 MHz).

Der dem VCO nachgeschaltete Fre-

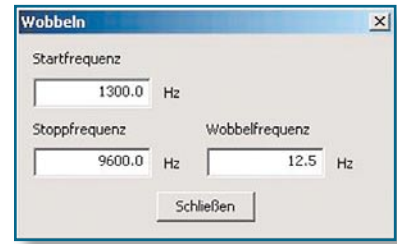


Bild 4: Die Einstellmöglichkeiten für den Wobbeltbetrieb

quenzteiler habe ein Teilerverhältnis von 8, womit die Zeitbasis (DDS-Board) im Frequenzbereich von 5,625 MHz bis 9,375 MHz arbeiten muss. Somit ergibt sich für einen derartigen Empfänger als kleinster Frequenz-Einstellschritt 0,8 Hz ($0,1 \text{ Hz} \cdot 8 = \text{DDS-Board-Auflösung} \cdot \text{PLL-Faktor}$).

Damit nun in der Frequenzanzeige die Empfangsfrequenz angezeigt wird und nicht die eigentliche Ausgangsfrequenz, können der Teilungsfaktor und der Frequenzoffset (durch die ZF) eingegeben werden.

Gemäß des Beispiels sind dann folgende Parameter im Einstellungsfenster (siehe Abbildung 5) einzutragen: Teilungsfaktor: 8; Offset: -45 MHz.

Die nun im Hauptfenster angezeigte Frequenz wird mit der folgenden Formel berechnet:

$$f_{\text{Anzeige}} = (f_{\text{Ausgang}} \cdot \text{Teilungsfaktor}) + \text{ZF-Offset}$$

Folgende Parameter, die dafür sorgen, dass die ausgegebene Frequenz gegenüber der angezeigten Frequenz über einen Offset und einen Multiplikationsfaktor verändert ist, sind somit einstellbar:

- Teilungsfaktor: Hier ist der Faktor einzugeben, um den der VCO höher schwingt. Im Allgemeinen ist hier der Teilungsfaktor des Teilers zwischen VCO und PLL-Schaltung einzustellen.
- Offset: Die hier angegebene Frequenz im Bereich von -2 GHz bis +2 GHz ist ein konstanter „Frequenzversatz“ und entspricht im Allgemeinen dem ZF-Frequenzwert.

Aufgabenliste

In Abbildung 6 ist das Fenster zur Erstellung von Aufgabenlisten zu sehen. Mit dieser Funktion lassen sich nacheinander

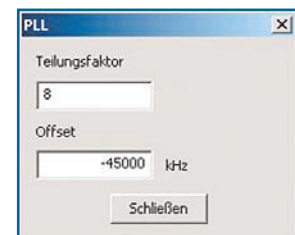


Bild 5: Parameter-Einstellung für den PLL-Betrieb

verschiedene Einstellungen des DDS-Boards mit einer bestimmten Zeitdauer durchlaufen. So sind auch umfangreiche Gerätetests möglich und lassen sich bequem bedienen. Die Aufgabenliste wird aus den zuvor gespeicherten Profilen zusammengestellt.

Um ein Profil in die Aufgabenliste aufzunehmen, ist in der Auswahlbox unter „Einstellungen“ das geforderte Profil auszuwählen. Die gewünschte Zeitdauer in Sekunden kann im Feld rechts daneben eingetragen werden. Durch Klick auf „Hinzufügen“ wird ein neuer Eintrag in der Aufgabenliste erstellt. Zum Entfernen eines einzelnen Eintrags wird dieser im Fenster „Aufgaben“ markiert und durch Drücken der Schaltfläche „Markierten Eintrag entfernen“ aus der Liste gestrichen.

Es besteht auch die Möglichkeit, ganze Aufgabenlisten zu laden bzw. zu speichern, dazu sind die im Fenster „Vorgang“ befindlichen Buttons zu verwenden.

Mit den Schaltflächen „Start“ und „Stopp“ wird der Durchlauf gestartet bzw. gestoppt. Ist das Häkchen im Auswahlfeld „Schleife“ gesetzt, beginnt der Durchlauf immer wieder von neuem, andernfalls würde nur ein Durchlauf erfolgen. Während eines gestarteten Durchlaufs wird unter „aktuelle Aufgabe“ die momentane Einstellung mit der noch verbleibenden Restdauer angezeigt.

Die Schaltfläche „Zurücksetzen“ löscht die Liste vollständig.

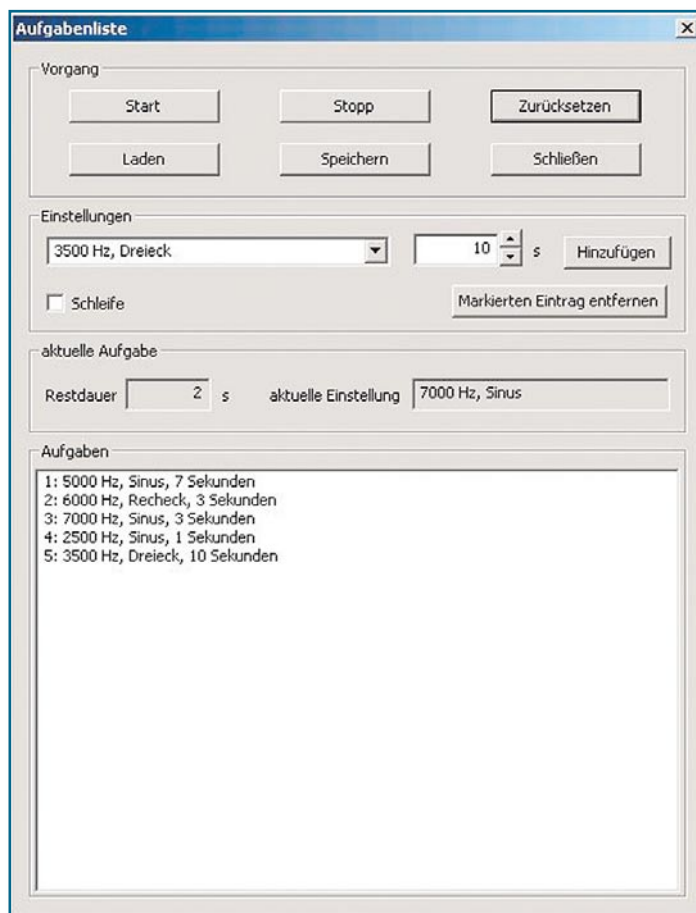
Werkzustand herstellen

Das DDS-Board kann über den Menüpunkt „Einstellungen → Werkzustand“ in den Auslieferungszustand zurückgesetzt werden.

Anschließend sind folgende Einstellungen im Gerät hinterlegt:

- Frequenzeinstellung:
 - aktuelle Frequenz: 1 kHz
 - Minimalfrequenz: 0,1 Hz
 - Maximalfrequenz: 10 MHz
 - Schrittweite: 0 Hz
- Signalform: Sinus
- Sinusfilter: ein
- Amplitude: 500 mV
- Betriebsart: Standard
- Modulation:
 - Quelle/Art: intern/FSK
 - Hub: 100 kHz
 - Frequenz: 1 kHz
 - AM: deaktiviert
- Wobbelfunktion:
 - Startfrequenz: 0,1 Hz
 - Stoppfrequenz: 10 MHz
 - Wobbelfrequenz: 10 Hz
- PLL-Referenz
 - Teilungsfaktor: 1
 - Offset: 0 Hz
- Kalibrierung:

Bild 6: Aufgabenliste, die so genannte „Playlist“



- Die Kalibrierung der Oszillatorfrequenz und der Amplitude sind zurückgesetzt.

Schaltung

Die Schaltung des DDS-Boards ist in Abbildung 7 dargestellt. Das Schaltbild der Spannungsversorgung folgt im zweiten Teil dieses Artikels.

DDS-Chip und Oszillator

Zentrales Element dieser Schaltung ist der DDS-Schaltkreis IC 5 vom Typ AD9833. Dieser wird über seine drei Steuersignal-Eingänge „SCLK“, „SDATA“ und „FSYNC“ vom Mikrocontroller IC 1 gesteuert und benötigt nur wenige externe Bauteile zum Betrieb. Die wichtigste externe Komponente ist der Quarz-Oszillator, 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 ein integrierter Quarz-Oszillator Q 2 verwendet, der eine maximale Toleranz von ± 25 ppm (ppm = parts per million = 10^{-6}) und auch eine Temperaturstabilität von ± 25 ppm 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 2 wird über das nachgeschaltete Filter aus R 30 und C 49 an den Takteingang des DDS-Chips gelegt. Um die Störungen, die der Quarz-Oszillator in der Versorgungsspannung erzeugt, zu minimieren, wurde mit der Spule L 2 eine Entkopplung zur +5-V-Betriebsspannung realisiert. Zusätzlich sind die Kondensatoren C 35 bis C 38 zum Abblocken und zur Stabilisierung eingesetzt.

Die weiteren externen Komponenten sind die Kondensatoren C 29 bis C 31 und C 39 bis C 43. Diese dienen alle zur Entkopplung bzw. zum Abblocken der Referenz- und Betriebsspannung und sind als Staffblockung aus verschiedenen Kapazitätswerten beschaltet. Somit wird außerdem die elektromagnetische Ausstrahlung des DDS-Chips verringert.

Über „V_{OUT}“ (Pin 10) steht das Ausgangssignal des DDS-Bausteins IC 5 zur Verfügung. Je nach Einstellung durch den Mikrocontroller wird an diesem Ausgang ein Sinussignal, ein Dreieck- oder ein Rechtecksignal vom AD9833 bereitgestellt.

Sinusfilter

Direkt nach dem Signal-Ausgang „V_{OUT}“ befindet sich ein Filter, das aus den Bauteilen

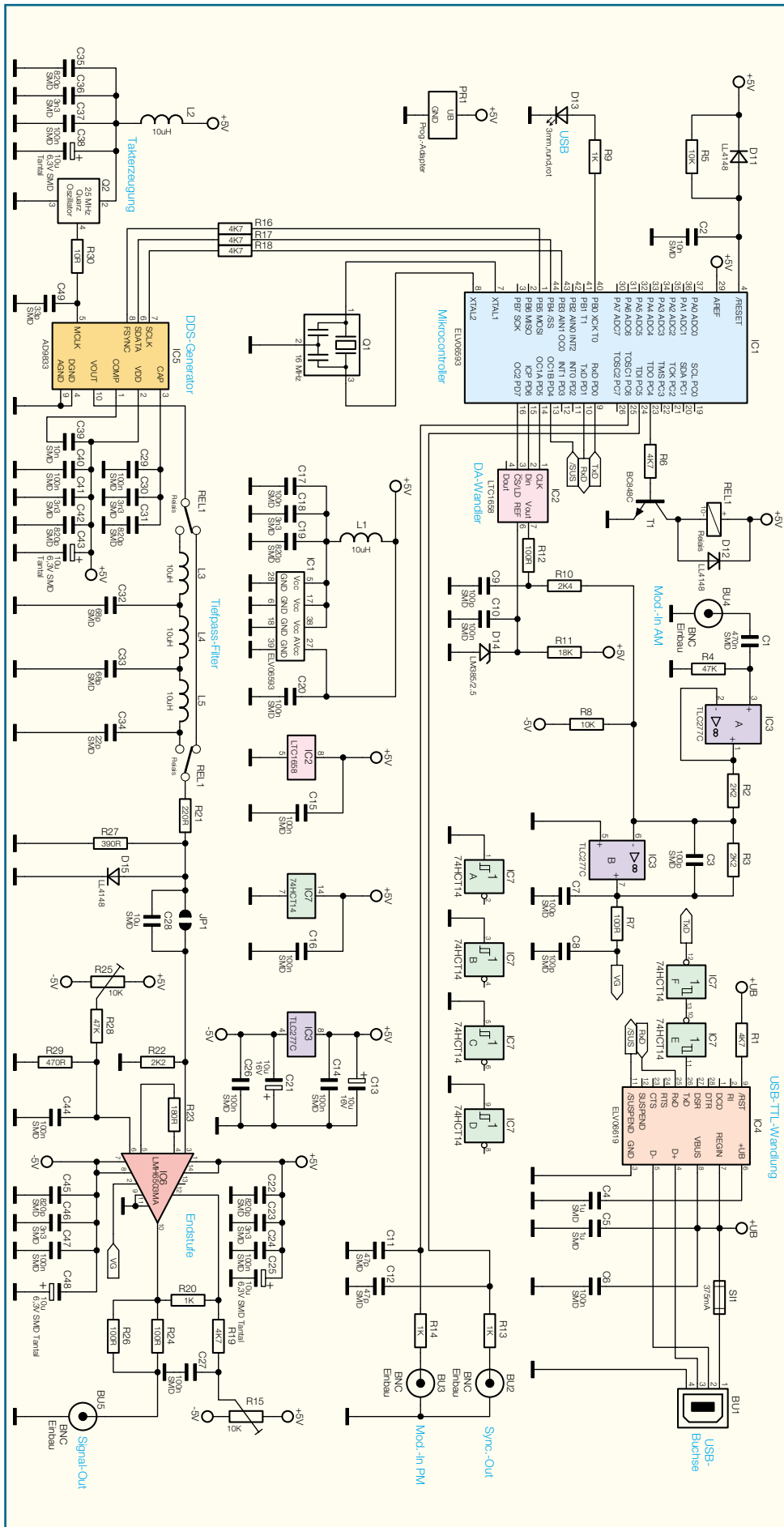


Bild 7: Schaltbild des DDS-Boards

L 3, C 32, L 4, C 33, L 5, C 34 aufgebaut ist. Das Filter besitzt eine Grenzfrequenz von ca. 11 MHz und sorgt für eine Filterung von „ungewollten“ Signalanteilen auf dem Ausgangssignal. Da es sich beim DDS-Verfahren im Prinzip um eine digitale Signalerzeugung mittels Digital-Analog-Wandlung handelt, ist das Ausgangssignal beispielsweise mit entsprechenden „Rückständen“ des Taktsignals verunreinigt.

Jedoch wird das Filter nur bei der Erzeugung eines Sinussignals benötigt, bei den Signalformen Dreieck und Rechteck würde das Filter zu erheblichen Signalverzerrungen führen. Aus diesem Grund wird das Filter bei diesen Signalformen mit Hilfe des Relais REL 1 überbrückt.

Endstufe

Nach dem Sinusfilter wird das Ausgangssignal über den Spannungsteiler aus R 21 und R 27 an die Endstufe IC 6 vom Typ LMH6503MA weitergeleitet. Der Verstärkungsfaktor dieser Endstufe lässt sich mittels einer an Pin 2 angelegten Spannung steuern.

Die Diode D 15 schützt den Endstufeneingang vor Spannungen größer 720 mV. Mit der im Eingangsbereich der Endstufe liegenden Lötbrücke JP 1 kann man auswählen, ob das vom DDS-Chip kommende Ausgangssignal mit einem DC-Offset versehen sein oder als reines AC-Signal anliegen soll. Wird diese Brücke geschlossen, hat das Ausgangssignal zwar einen DC-Offset, jedoch ist nun der gesamte Frequenzbereich bis hinunter zu 0,1 Hz nutzbar. Im geöffneten Zustand der Brücke erfolgt eine kapazitive Entkopplung des Ausgangssignals über C 28. Der DC-Anteil des Signals wird dadurch eliminiert, allerdings liegt nun die untere Grenzfrequenz bei 8 Hz, d. h., dass Signale mit einer Frequenz von unter 8 Hz entsprechend gedämpft werden.

Mit den beiden Widerstandstrimmern R 15 und R 25 und den Spannungsteilern R 19, R 20 bzw. R 28, R 29 kann an der Endstufe LMH6503MA ein Offsetabgleich durchgeführt werden. Auf diesen Abgleich wird noch im Abschnitt „Inbetriebnahme und Kalibrierung“ näher eingegangen werden. Um eine definierte Ausgangsimpedanz von 50 Ohm zu erhalten, sind zwischen dem Ausgang von IC 6 (Pin 10) und der Buchse BU 5 die beiden 100-Ω-Widerstände R 24 und R 26 parallel eingesetzt.

Im nächsten Teil wird die Schaltungsbeschreibung fortgesetzt sowie der Nachbau, die Inbetriebnahme und Kalibrierung, die Endmontage, der Anschluss und Einbau beschrieben. **ELV**