



30-MHz-DDS-Funktionsgenerator DDS 130

Der DDS 130 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 der DDS 130 aber auch ein Dreieck- und ein Rechtecksignal liefern. Die gesamte Bedienung des DDS 130 erfolgt via USB über eine PC-Software. Die Ausgangsfrequenz des DDS 130 lässt sich im Bereich von 0,25 Hz bis 30 MHz in 0,25-Hz-Schritten einstellen, auch eine Einstellung der Amplitude ist mit der PC-Software möglich. Schließlich stellt der DDS 130 auch eine Wobbel- und Modulationsfunktion zur Verfügung und ermöglicht automatisierte Signalausgaben.

Vielseitig bis 30 MHz

Mit neuen Bereichsgrenzen, feiner Schrittweite und nochmals verbessertem Schaltungskonzept fügt sich der DDS 130 in die erfolgreiche Reihe der DDS-Funktionsgeneratoren von ELV ein. Der Funktionsgenerator wird komplett per PC ferngesteuert und fügt sich so sowohl in PC-Labortechnik-Umgebungen als auch in softwarebasierte PLL-Empfangssysteme ein. Denn neben dem Einsatz als Funktionsgenerator mit extrem hoher Genauigkeit und Stabilität ist auch eine Verwendung als PLL-Frequenzaufbereitung in digitalen Empfängerkonzepten möglich.

Dafür ist die bedienelemente- und displaylose Ausführung der Hardware geradezu prädestiniert, lässt sich die Platine doch sehr leicht in eigene Empfängerkonzepte eingliedern, zumal in sogenannte SDRs, softwaredefinierte Empfänger mit Frontend auf dem PC-Bildschirm.

Die im Lieferumfang des DDS 130 befindliche Software verfügt über zahlreiche Optionen, die die Leistungsfähigkeit des Funktionsgenerators aufzeigen:

- Frequenz-Direkteingabe inklusive Bereichsgrenzen- und Schrittweite-Definition
- Signalamplituden-Direkteingabe
- Signalform-Auswahl
- mehrere Betriebsarten:

Standard: kontinuierliche Ausgabe der eingestellten Frequenz und Amplitude

Wobbeln: Start-/Stopp- und Wobbelfrequenz einstellbar; bei Start jedes Wobbelvorgangs wird am Ausgang „Sync.-Out“ ein kurzer High-Impuls ausgegeben.

Modulation: 3 digitale Modulationsarten (FSK, PSK, ASK), interne Modulationsfrequenz einstellbar; externe Modulation möglich; AM über externe Modulation

- PLL-Einstellung mit Teilungsfaktor und Offset möglich
- Alle Einstellungen sind speicherbar und nach Bedarf abrufbar.
- Über eine Aufgabenliste sind verschiedene Signalabläufe automatisiert abrufbar.

Widmen wir uns zunächst der interessanten Schaltungstechnik des DDS 130.

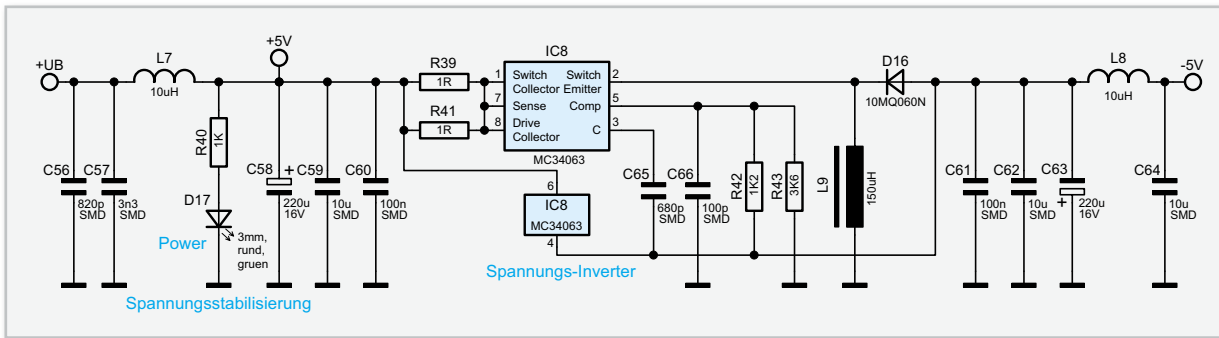


Bild 1: Schaltbild der Spannungsaufbereitung für den DDS 130

Schaltung

Beginnen wir bei der Spannungsversorgung der Schaltung (Abbildung 1). Zur Versorgung des DDS-Bords werden zwei stabilisierte Spannungen von +5 V und -5 V benötigt. Aus der Spannung +UB, die vom PC über die USB-Buchse bereitgestellt wird, entsteht durch Siebung und Glättung mithilfe der Kondensatoren C 56 bis C 60 und der Spule L 7 die stabilisierte Spannung von +5 V. Sobald das DDS-Board an der USB-Buchse angeschlossen wird, leuchtet die grüne „Power“-LED D 17 auf. Der in Reihe geschaltete Widerstand R 40 wird zur Strombegrenzung benötigt. Die Sicherung SI 1 (siehe Abbildung 2) sorgt dafür, dass im Fehlerfall die PC-Hardware geschützt bleibt. Die -5 V werden mit der Spannungs-Inverterschaltung, bestehend aus dem DC-DC-Wandler IC 8 und den Kondensatoren C 65, C 66, den Widerständen R 39, R 41 bis R 43, der Spule L 9 und der Diode D 16 erzeugt. Auch hier dienen die Kondensatoren C 61 bis C 64 und die Spule L 8 zur Siebung und Glättung der Spannung.

Damit kommen wir zur Hauptschaltung des DDS 130 (Abbildung 2). Herzstück ist der eingesetzte DDS-Schaltkreis IC 5 vom Typ AD9834. Dieser DDS-Chip der Firma Analog Devices benötigt zum Betrieb nur wenige externe Bauteile. Dabei stellt der an Pin 8 angeschlossene Quarz-Oszillator Q 2 die wohl wichtigste Komponente dar, da hier der Mastertakt zur Verfügung gestellt wird. Der Quarz-Oszillator wurde bewusst mit einer Frequenz von 67,109 MHz gewählt, da sich mit dieser Grundfrequenz eine genaue Schrittweite von 0,25 Hz realisieren lässt. Das Taktsignal von Q 2 wird über das nachgeschaltete Filter aus R 35 und C 55 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 6 eine Entkopplung zur +5 V Betriebsspannung realisiert. Zusätzlich sind die Kondensatoren C 44 bis C 47 zur Blockung und Stabilisierung eingesetzt.

Über die Pins 9 bis 11 und 13 bis 15 ist der DDS-Chip mit dem Mikrocontroller IC 1 verbunden, der die komplette Steuerung realisiert. Über die beiden Signalausgänge „IOUT“ (Pin 19) bzw. „IOUTB“ (Pin 20) und die 120-Ohm-Widerstände R 24 und R 29 wird das vom Mikrocontroller eingestellte Ausgangssignal zur Verfügung gestellt, wobei hier nur der Signalausgang „IOUT“ für die weitere Verarbeitung auf den CMOS-Umschalter IC 9 geführt wird. Die eingesetzten CMOS-Umschalter IC 9 und IC 10 zeichnen sich durch ihre sehr kleine Bauform und ihren geringen Durchlasswiderstand bei einer Bandbreite von über 200 MHz aus. Zudem lassen

sich die Umschalter bequem über die Signalleitungen „Filter“ und „Square“ am Mikrocontroller IC 1 schalten. So kann das Ausgangssignal „IOUT“ entweder direkt von Pin 7 nach Pin 9 am IC 9 geführt werden, oder es wird über Pin 4 an eine Filterschaltung angeschlossen.

Das Chebyshev-Filter, welches aus den Bauteilen L 2 bis L 5 und C 40 bis C 43 aufgebaut ist, besitzt eine Grenzfrequenz von ca. 34 MHz und sorgt für eine Filterung von „ungewollten“ Signalanteilen aus dem Ausgangssignal. Da es sich beim DDS-Verfahren im Prinzip um eine digitale Signal-erzeugung 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

Technische Daten: DDS 130

Frequenzbereich:	Sinus: 0,25 Hz bis 30 MHz Dreieck: 0,25 Hz bis 1 MHz Rechteck: 0,25 Hz bis 25 MHz
Schrittweite:	0,25 Hz
Genauigkeit:	50 ppm, kalibrierbar
Signalform:	Sinus, Dreieck, Rechteck
Signalausgang:	0 V _{ss} bis ca. 1,1 V _{ss}
Modulationsarten:	FSK (Frequency Shift Keying), PSK (Phase Shift Keying), ASK (Amplitude Shift Keying), AM (Amplitude Modulation)
Frequenz-/Phasenhub:	±0,25 Hz bis ±30 MHz / 1° bis 359°
Modulationsfrequenz:	1 Hz bis 5 kHz
Modulationsquelle:	intern, extern
Wobbelbereich:	0,25 Hz bis 30 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 _{oc} / 300 mA
Abmessungen:	170 x 97 x 30 mm

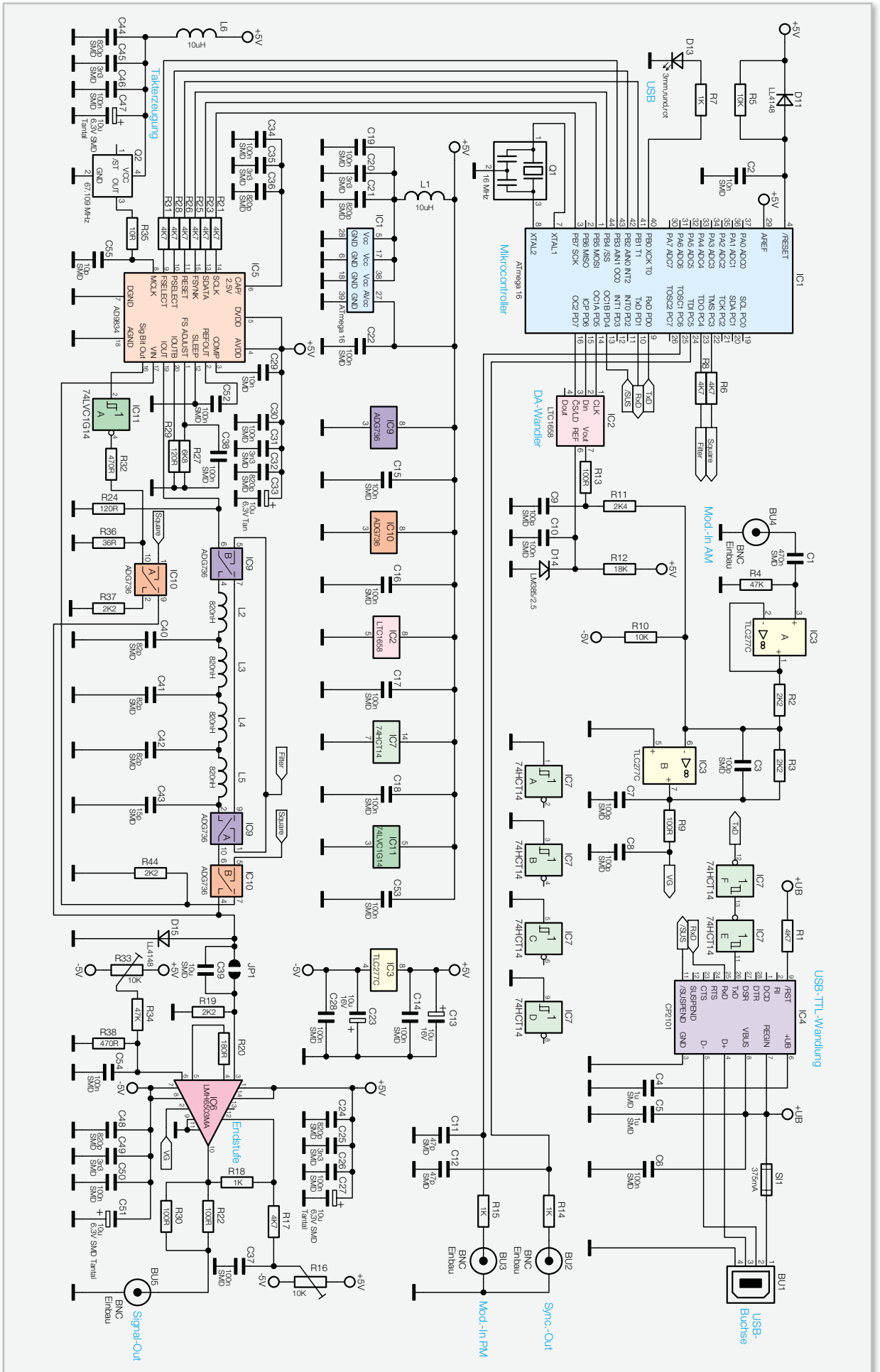


Bild 2: Das Schaltbild des DDS 130

würde das Filter zu erheblichen Signalverzerrungen führen. Aus diesem Grund wird das Filter bei diesen Signalformen mithilfe des CMOS-Umschalters IC 9 überbrückt.

Mit dem DDS 130 lassen sich auch einfach Rechtecksignale erzeugen, die als Taktquelle in elektronischen Schaltungen einsetzbar sind. Dabei werden zwei verschiedene Methoden zur Erzeugung angewendet. Rechtecksignale mit einer Frequenz unterhalb von 3 MHz erzeugt der DDS-Chip direkt. Dabei wird das höchstwertige Bit eines internen Registers verwendet, welches am Pin 16 (Sig Bit Out) ausgegeben und mithilfe des Schmitt-Triggers IC 11 und den beiden Widerständen R 32 und R 36 auf einen definierten Pegel gebracht wird. Durch Anlegen eines Low-Pegels an der Signalleitung „Square“ werden die Umschalter des IC 10 so geschaltet, dass eine Weiterleitung des Rechtecksignals von Pin 10 nach Pin 9 erfolgt.

Bei Frequenzen oberhalb von 3 MHz beginnt das Rechtecksignal zu jittern. Aus diesem Grund wird das weiterhin generierte Sinussignal über den Pin 7 von IC 10 an den Komparatoreingang „VIN“ des AD9834 geführt. Dieses Sinussignal wird für die zweite Methode zur Erzeugung von Rechtecksignalen benötigt. Der AD9834 detektiert die Nulldurchgänge des Sinussignals und setzt dementsprechend den Pin 16 (Sig Bit Out) auf High- bzw. Low-Pegel. Auch dieses Signal wird mit dem Schmitt-Trigger und den beiden Widerständen auf einen definierten Pegel gebracht.

Die Umschaltung zwischen den beiden Methoden erfolgt automatisch durch den Mikrocontroller IC 1. An dieser Stelle stellt sich die Frage, warum nicht generell die zweite Methode für die Erzeugung von Rechtecksignalen genutzt wird? Der Grund ist der interne Komparator. Dieser benötigt zur Bildung eines Referenzpotentials für die Nulldurchgangserkennung, ein Eingangssignal mit mindestens 3 MHz.

Das nun an Pin 9 von IC 10 anliegende Rechtecksignal wird auf die Diode D 15 geführt. Diese Diode schützt den Eingang (Pin 3) der Endstufe vom Typ LMH6503MA vor Spannungen, die mehr als 720 mV betragen. Mit der im Eingangsbereich liegenden Lötbrücke JP 1 kann ausgewählt werden, ob das ankommende Signal 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 kann nun der gesamte Frequenzbereich bis hinunter zu 0,25 Hz genutzt werden. Im geöffneten Zustand wird das Ausgangssignal über C 39 kapazitiv entkoppelt. Der DC-Anteil des Signals wird dadurch eliminiert, allerdings ist nun eine untere Grenzfrequenz von 8 Hz vorhanden, d. h. dass Signale mit einer Frequenz von unter 8 Hz entsprechend gedämpft werden.

Der Verstärkungsfaktor der Endstufe IC 6 lässt sich mittels einer am Pin 2 angelegten Spannung steuern. An den Pins 1 und 14 der Endstufe IC 6 ist die positive Betriebsspannung +5 V und an den Pins 7 und 8 die negative Betriebsspannung -5 V angelegt. Die Kondensatoren C 24 bis C 27 und C 48 bis C 51 sind wieder als Staffelblockung aus verschiedenen Kapazitätswerten beschaltet. Mit den beiden Widerstandstrimmern R 16 und R 33 und den Spannungsteilern R 17, R 18 bzw. R 34, R 38 kann an der Endstufe LMH6503MA ein Offsetabgleich durchgeführt werden. Auf diesen Abgleich wird noch im Abschnitt „Inbetriebnahme und Kalibrierung“

näher eingegangen. Um eine definierte Ausgangsimpedanz von 50 Ω zu erhalten, sind zwischen dem Ausgang von IC 6 (Pin 10) und der Buchse BU 5 die beiden 100- Ω -Widerstände R 22 und R 30 parallel eingesetzt.

Kommen wir nun zum Mikrocontroller IC 1. Dieser wird mit einem 16-MHz-Keramikschringer als Taktgeber betrieben. Um eventuelle Stör-Einstreuungen in die Versorgungsspannung zu eliminieren, wurde neben den Kondensatoren C 19 bis C 22 die Spule L 1 zur Blockung eingesetzt.

Neben der Steuerung des DDS-Chips übernimmt der Controller auch die Steuerung des Digital-Analog-Wandlers vom Typ LTC1658 mittels der drei Datenleitungen an Pin 14 bis Pin 16. Dieser DA-Wandler besitzt eine Auflösung von 14 Bit und erhält am Pin 6 (REF) eine Referenzspannung von 2,5 V. Diese Referenzspannung wird mit der Spannungsreferenzdiode D 14 erzeugt. Je nach Einstellung durch den Mikrocontroller steht nun am Ausgang „Vout“ des DA-Wandlers eine Spannung zwischen 0 und 2,5 V zur Verfügung. Mithilfe des aus den Widerständen R 10, R 11 und R 13 bestehenden Spannungsteilers kann am Knotenpunkt zwischen den Widerständen R 10 und R 11 eine Spannung von -1 V bis +1 V erzeugt werden. Diese Spannung gelangt auf den Eingang (Pin 6) des Operationsverstärkers vom Typ TLC277C, der als summierender Inverter arbeitet.

Hinter der BNC-Buchse „Mod.-In AM“ befindet sich ein zweiter Operationsverstärker, der als reiner Impedanzwandler arbeitet. An seinem Eingang ist der Kondensator C 1 eingesetzt, über den der DC-Anteil des eingespeisten Modulationssignals eliminiert wird. Ist die Buchse nicht mit einem Signal belegt, wird der Eingang des OPs über den Widerstand R 4 definiert auf Masse gezogen. Das Ausgangssignal am Pin 1 des Operationsverstärkers gelangt über den Widerstand R 2 ebenfalls auf den Pin 6 des ersten OPs und summiert sich auf.

Das invertierte Signal der aufsummierten Spannungen (Pin 7) wird über den Widerstand R 9 auf den Eingang „VG“ (Pin 2) der Endstufe LMH6503MA gelegt. Dieses Signal wird wie schon erwähnt, genutzt, um den Verstärkungsfaktor der Endstufe zu ändern.

Am Portpin PC 6 von IC 1 befindet sich der externe Modulationseingang „Mod.-In PM“. Der Synchronisationsausgang „Sync.-Out“ für die Betriebsart „Wobbeln“ wird durch den Portpin PC 5 angesteuert.

Für die Kommunikation zwischen dem Mikrocontroller und dem angeschlossenen PC wird ein USB-UART-Wandler (IC 4) eingesetzt. Dieser Chip stellt die über den UART des Mikrocontrollers ankommenden Daten dem USB zur Verfügung und umgekehrt. Da der Wandler intern mit einer Spannung von 3,3 Volt arbeitet, sind am Datenausgang „TxD“ zwei Schmitt-Trigger von Typ 74HCT14 in Reihe angeschlossen. Sie sorgen für eine Anhebung des Signalpegels auf 5 V. Die Kondensatoren C 4 bis C 6 sind zur Entstörung und Stabilisierung eingesetzt, als Reset-Schaltung wird hier nur der Widerstand R 1 benötigt.

Sobald eine Datenverbindung besteht, wird die rote „USB“-LED D 13 eingeschaltet.

So weit zur Schaltungsbeschreibung des DDS 130. Im zweiten Teil kommen wir zu Nachbau, Kalibrierung, Inbetriebnahme und der Softwarebeschreibung dieses interessanten Funktionsgenerators. 