



Infos zum Bausatz

im ELV-Web-Shop

#1271

Teil 2

Vielseitiges Laborgerät – Universal-Puls-Generator

Der UPG 200 ist der Nachfolger des erfolgreichen UPG 100. Er basiert auf einem leistungsfähigen Mikrocontroller und ist über nur wenige Tasten und einen Drehimpulsgeber – unterstützt von einem grafischen OLED-Farbdisplay – einfach programmier- und bedienbar. Neu sind auch das Erzeugen von kompletten Pulsfolgen über die zugehörige Software auf dem PC und das autarke Abrufen dieser Pulsfolgen aus dem UPG 200 sowie die Ausgabe eines PWM-Signals.

Bedienung und Konfiguration

Manuelle Bedienung

Zur Bedienung des UPG 200 stehen die sechs Tasten und der Drehimpulsgeber zur Verfügung. Damit ist eine unkomplizierte und vor allem schnelle Bedienung des Gerätes möglich. Um die Pulsdauer (t_{on}) einzustellen, ist die Taste „On-Time“ kurz zu betätigen. Durch eine Anpassung der Texthelligkeit auf dem Display wird die Zeile hervorgehoben, die momentan bearbeitet wird. Ein roter Cursor zeigt dabei explizit die zu verändernde Ziffernstelle an. Mit Hilfe des Drehimpulsgebers kann nun die Pulsdauer geändert werden. Durch Drehen nach rechts vergrößert sich der Wert, die Drehung nach links verringert den Wert. Durch das nochmalige Betätigen der Taste „On-Time“ ändert sich die Position des Cursors auf die nächst höhere Ziffernstelle. Ist die höchstwertige Ziffernstelle erreicht, wird danach bei der niedrigsten Ziffernstelle wieder angefangen. So ist es möglich, auch größere Zeitwerte schnell einzugeben. Die Einstellung der Pausendauer (t_{off}) erfolgt in

der gleichen Weise, durch die Betätigung der Taste „Off-Time“.

Die Puls- bzw. Pause-Zeiten werden in der Einheit Sekunden mit fünf Nachkommastellen angegeben. Dadurch beträgt die zeitliche Auflösung über den ganzen Wertebereich 10 μ s.

Neben der Einstellung der Puls-Pause-Zeiten ist es möglich, die Ausgangsspannung an der mit „Digital-out“ bezeichneten BNC-Buchse einzustellen. Durch kurzes Betätigen der Taste „High-Level“ wird wieder die Texthelligkeit in der dazugehörigen Displayzeile angepasst. Der einstellbare Spannungsbereich am Ausgang liegt dabei zwischen 2 und 5 V, auch hier wird der Inkrementalgeber zum Einstellen der Werte benutzt.

Die Ausgangsspannung wird in der Einheit V mit zwei Nachkommastellen angegeben. Dadurch beträgt die Auflösung über den ganzen Wertebereich 10 mV.

Nach der Definition der Zeiten und des Spannungspegels am Ausgang bleibt noch die Einstellung der Ausgabezyklen offen. Auch hier wird durch kurzes Betätigen der Taste „Number“ die Anpassung an die Texthelligkeit vorgenommen.



Tabelle 1: Einstellbare PWM-Frequenzen

10 Hz
20 Hz
30 Hz
40 Hz
50 Hz
60 Hz
70 Hz
80 Hz
90 Hz
100 Hz
200 Hz
300 Hz
400 Hz
500 Hz
600 Hz
700 Hz
800 Hz
900 Hz
1000 Hz
2000 Hz
3000 Hz
4000 Hz
5000 Hz
6000 Hz
7000 Hz
8000 Hz
9000 Hz
10.000 Hz
20.000 Hz
30.000 Hz
40.000 Hz

Die Eingabe der Zyklenanzahl erfolgt in gleicher Weise wie die Eingabe der Zeiten. Durch nochmaliges Betätigen der Taste „Number“ wird die Ziffernstelle ausgewählt, der Drehimpulsgeber verändert dann die Wertigkeit der Ziffer. Es sind bis zu 9999 Zyklen einstellbar. Um eine kontinuierliche Ausgabe zu erreichen, ist der Wert null als Zyklenanzahl einzugeben. Auf dem Display wird in diesem Fall „cont.“ ausgegeben.

PWM-Modus

Eine Neuerung des UPG 200 gegenüber seinem Vorgänger ist der PWM-Modus. Dieser Modus erlaubt die schnelle Auswahl eines PWM-Signals mit fest definierten Frequenzen, bei dem sich anschließend das Puls-Pause-Verhältnis des PWM-Signals in 1%-Schritten einstellen lässt. Um in diesen Modus zu wechseln, ist die Taste „Mode“ kurz zu betätigen. Die Überschrift sowie die Darstellung der entsprechenden PWM-Parameter auf dem OLED-Display signalisieren, dass der Modus aktiv ist. In diesem Modus besitzen die Tasten TA1 und TA3 nun ihre Zweitfunktionen, die auf der Frontplatte mit blauer Schrift aufgedruckt sind. Zur Einstellung des ersten Parameters, der PWM-Frequenz, muss zunächst die Taste „Frequency“ betätigt werden. Auch hier wird nun durch eine Anpassung der Texthelligkeit auf dem Display die aktive Zeile hervorgehoben. Anders als bei der Eingabe der Puls- und Pause-Zeiten sind nur bestimmte Frequenzen einstellbar. Aus diesem Grund erfolgt die Aus-

wahl nicht mittels Cursor an einer Ziffernstelle, sondern anhand einer vorgegebenen Frequenzliste. Über den Drehimpulsgeber kann nun die gewünschte Frequenz ausgewählt werden. In [Tabelle 1](#) sind alle zur Verfügung stehenden PWM-Frequenzen des UPG 200 aufgelistet.

Der zweite Parameter eines PWM-Signals ist das Puls-Pause-Verhältnis. Wie schon gewohnt, wird die Eingabe durch einen kurzen Druck auf die Taste „Duty-Cycle“ gestartet und mittels Cursorposition und Nutzung des Drehimpulsgebers verändert. Auch hier wird eine Helligkeitsanhebung des Textes genutzt, um die Aktivität darzustellen.

Nachdem nun alle Parameter beschrieben und definiert sind, kann die Ausgabe des jeweiligen Signals durch das Drücken der Taste „Start/Menu“ erfolgen. Alternativ ist es möglich, die Signalausgabe durch einen externen, an der BNC-Buchse „Trigger-in“ anliegenden Triggerimpuls zu starten. Das UPG 200 reagiert dabei auf eine fallende Flanke, deren Low-Pegel unterhalb von 1 V liegt. Um die Signalausgabe zu stoppen, ist nur ein erneuter Druck auf die Taste „Start/Menu“ nötig.

Zusätzliche Funktionen

Im Grundzustand liegt der Spannungspegel auf Massepotential, so beginnt die Signalausgabe mit einer steigenden Flanke auf den zuvor eingestellten Spannungspegel. Dieser Pegel wird dann gemäß der definierten Zeit „ t_{on} “ gehalten. Anschließend erfolgt die fallende Flanke auf das Massepotential, welches für den Zeitraum „ t_{off} “ gehalten wird. Abweichend davon besteht die Möglichkeit einer invertierten Ausgabe. [Bild 6](#) zeigt den Unterschied zwischen diesen beiden Einstellungen. Um zwischen der normalen Ausgabe und der invertierten Ausgabe zu wechseln, muss die Taste „High-Level“ mindestens zwei Sekunden betätigt werden. Durch ein zusätzliches Symbol in der betreffenden Zeile wird die Aktivierung der invertierten Ausgabe gekennzeichnet.

Menü

Durch einen langen Tastendruck auf die Taste „Start/Menu“ gelangt man in das Menü des UPG 200, siehe [Bild 7](#). Die gerade aktive Zeile ist wie immer hervorgehoben und kann mit dem Drehimpulsgeber geändert werden. Ein kurzer Tastendruck führt die dem Menüpunkt zugeordnete Funktion aus.

Mit dem Menüpunkt „Mode“ kann zwischen dem manuellen Modus und dem Pulsfolgenmodus („Pulse Sequence“) gewechselt werden.

Hinweis: Sobald der Pulsfolgenmodus aktiv ist, sind die Einstellmöglichkeiten bei der Puls- und Pausen-Zeit am Gerät deaktiviert. Stattdessen wird dort der Name der ausgewählten Pulsfolge dargestellt.

Um eine auf dem Gerät gespeicherte Konfiguration zu laden, wählt man den Menüpunkt „Select Config:“ aus und gelangt dann über ei-

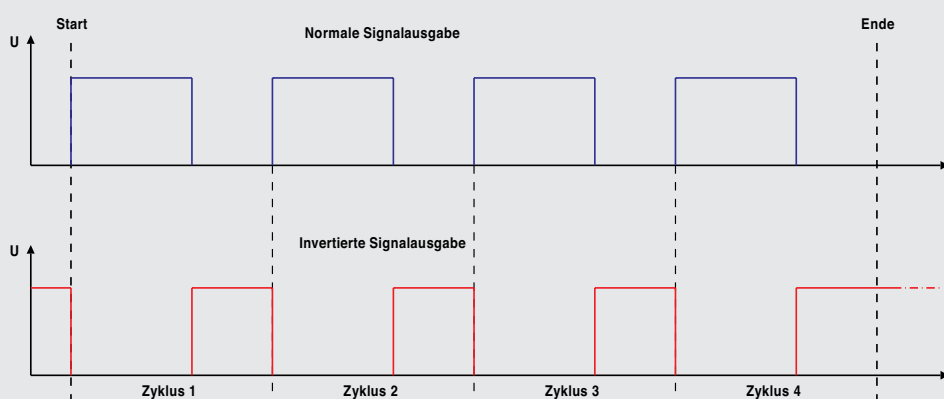


Bild 6: Vergleich der normalen und der invertierten Signalausgabe

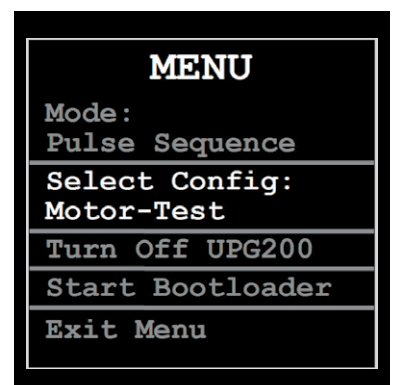


Bild 7: Das Menü des UPG 200

nen kurzen Tastendruck in das Untermenü zur Auswahl. Dort sind alle Speicherplätze des UPG 200 aufgelistet und können mit dem Drehimpulsgeber selektiert werden. Ein weiterer kurzer Tastendruck übernimmt die aktuelle Selektion und es erscheint wieder das Hauptmenü. Zudem befindet sich hier die Möglichkeit, den UPG 200 auszuschalten oder den Bootloader manuell zu starten.

Im Haupt- sowie im Untermenü kann über einen langen Tastendruck der Taste „Start/Menü“ das Menü direkt verlassen werden. Alternativ kann auch der Menüpunkt „Exit Menu“ verwendet werden.

Erstellung von Pulsfolgen

Neben dem manuellen Modus, in dem nur einfache Pulse eingestellt werden können, bietet das UPG 200 auch die Möglichkeit, komplette Pulsfolgen auszugeben. Da dies nicht mehr einfach über die direkten Bedienelemente realisierbar wäre, wird zur Erstellung dieser Pulsfolgen die dazugehörige PC-Software verwendet.

Installation

Systemanforderungen: UPG-200-PC-Software

Betriebssystem:	Windows XP, Vista, 7, 8 (32-Bit)* mit .NET-Framework 3.5, DirectX 9 oder höher Das .NET-Framework 3.5 befindet sich auf der CD und wird ggf. mitinstalliert. *Für Windows 8 64-Bit muss die Installation von nicht signierten Treibern zugelassen werden.
Bildschirmauflösung:	mindestens 800 x 600, empfohlen: 1024 x 768
RAM:	Windows XP: mindestens 512 MB, empfohlen 1 GB; Windows Vista, Windows 7, Windows 8: mindestens 1 GB, empfohlen 2 GB

Wie schon bei anderen Produkten wurde auch diese PC-Software für das UPG 200 in C# geschrieben und setzt auf die WPF-Klassenbibliothek. Daher wird, wie bei vielen anderen Programmen heutzutage, das .NET-Framework 3.5 von Microsoft vorausgesetzt. Praktischerweise wurde diese Zusatzkomponente aber bereits in die Installation integriert. Erkennt die Setup-Routine, dass das .NET-Framework 3.5 auf dem PC noch nicht installiert worden ist, geschieht dies automatisch während der Installation.

Bevor man das Setup von der beiliegenden CD ausführt, kann man einmal kurz überprüfen, ob auf der Produktseite (Webcode #1271) eine neuere Programmversion zum Download bereitsteht, welche man dann der CD-Version vorziehen sollte. Als Systemvoraussetzung sollte Microsoft Windows XP/Vista, 7 oder 8 mit DirectX 9 oder höher verwendet werden.

Die Installation erfolgt dialoggeführt und erfordert daher keine detaillierte Beschreibung. Der UPG 200 sollte erst nach der erfolgreichen Installation über USB an den PC angeschlossen werden, da erst dann der mitinstallierte Gerätetreiber verfügbar ist. Nach der Installation wird auf dem Desktop eine neue Verknüpfung angelegt (Bild 8).

UPG-200-Software

Nach dem Starten der Universal-Puls-Generator-PC-Software öffnet sich das Hauptfenster (Bild 9) der Anwendung, in dem alle Möglichkeiten zum Einstellen von Pulsfolgen und PWM-Signalen zu finden sind.

Um die Verbindung zu einem angeschlossenen UPG 200 herzustellen, muss in der linken oberen Ecke des Fensters der entsprechende (virtuelle) COM-Port ausgewählt und der Button unterhalb der Auswahlbox gedrückt werden. Beim Start der Software sucht diese nach allen angeschlossenen UPG-200-Geräten und listet die entsprechenden COM-Ports auf.

Direkt unterhalb der Verbindungseinstellungen sind die 20 Speicherplätze zu sehen, die für die Erstellung der Pulsfolgen genutzt werden können. Neben dem Namen sind zwei Aktionsbuttons platziert. Der linke setzt den Speicherplatz zurück auf die Werkseinstellung. Der rechte Button kopiert den Inhalt des Speicherplatzes in einen Zwischenspeicher, um diesen später zu verwenden.

Um den gespeicherten Inhalt eines verbundenen UPG 200 auszule-



Bild 8: Das Desktop-Icon der UPG-200-Software

sen, wird der Button „Auslesen“ oben rechts genutzt. Eine Statusanzeige zeigt dann während des Leseprozesses den aktuellen Fortschritt an. Identisch zum Auslesen der Konfigurationen erfolgt das Speichern. Dazu wird der daneben liegende Button „Schreiben“ genutzt. Nach Auswahl eines Speicherplatzes werden auf der rechten Seite die aktuellen Konfigurationsdaten dargestellt (Bild 10).

In diesem Abschnitt können bis auf die Puls- und Pause-Zeiten alle Einstellungen vorgenommen werden, die auch über die direkte Bedienung am Gerät möglich wären. Zusätzlich gibt es hier noch die Möglichkeit, dem Speicherplatz einen eindeutigen Namen zu geben. Dies erleichtert später die korrekte Auswahl am Gerät, falls mehrere Konfigurationen auf dem UPG 200 gespeichert sind.

Rechts neben den Konfigurationseinstellungen befindet sich das Eingabefeld für die einzelnen Puls- und Pause-Zeit-Kombinationen der zu erstellenden Pulsfolge (Bild 11). In die Eingabefenster sind die Puls- bzw. die Pausendauer einzutragen. Mit den rechts daneben liegenden Aktionsbuttons können Kombinationen gelöscht, hinter den aktuell ausgewählten Eintrag oder an das Ende der Liste kopiert werden.

Oberhalb der Konfigurationseinstellungen ist eine Vorschau zu sehen, die den Signalverlauf der aktuell ausgewählten Pulsfolge darstellt. Der Clou an dieser Vorschau ist die Möglichkeit zum Zoomen. Über den Schieberegler wird die Anzahl an Pixeln festgelegt, die für die Darstellung des zeitlichen Ablaufs zur Verfügung stehen. So können auch noch kleinste Pulse innerhalb einer erstellten Pulsfolge dargestellt werden.

An der oberen Seite des Programmfensters befinden sich vier weitere Buttons (Bild 12). Der Button „Kopieren“ speichert die aktuelle Konfiguration im Zwischenspeicher. Mit dem Button „Einfügen“ kann der Inhalt aus dem Zwischenspeicher wieder in einen zuvor angewählten Speicherplatz geschrieben werden. Der vorherige Inhalt des Speicherplatzes geht dabei verloren. Rechts daneben sind zwei Buttons, die für die Erstellung von Puls- und Pause-Zeit-Kombinationen in einer neuen Konfiguration hilfreich sind. Über den linken Button können sehr schnell identische Kombinationen in mehrfacher Anzahl erstellt werden. Der Button rechts daneben kopiert die Puls- und Pause-Zeiten einer Konfiguration im Zwischenspeicher in die aktuell ausgewählte Konfiguration.



Bild 12: Aktionsbuttons für die Konfigurationen sowie für die Puls-und-Pause-Zeit-Kombinationen

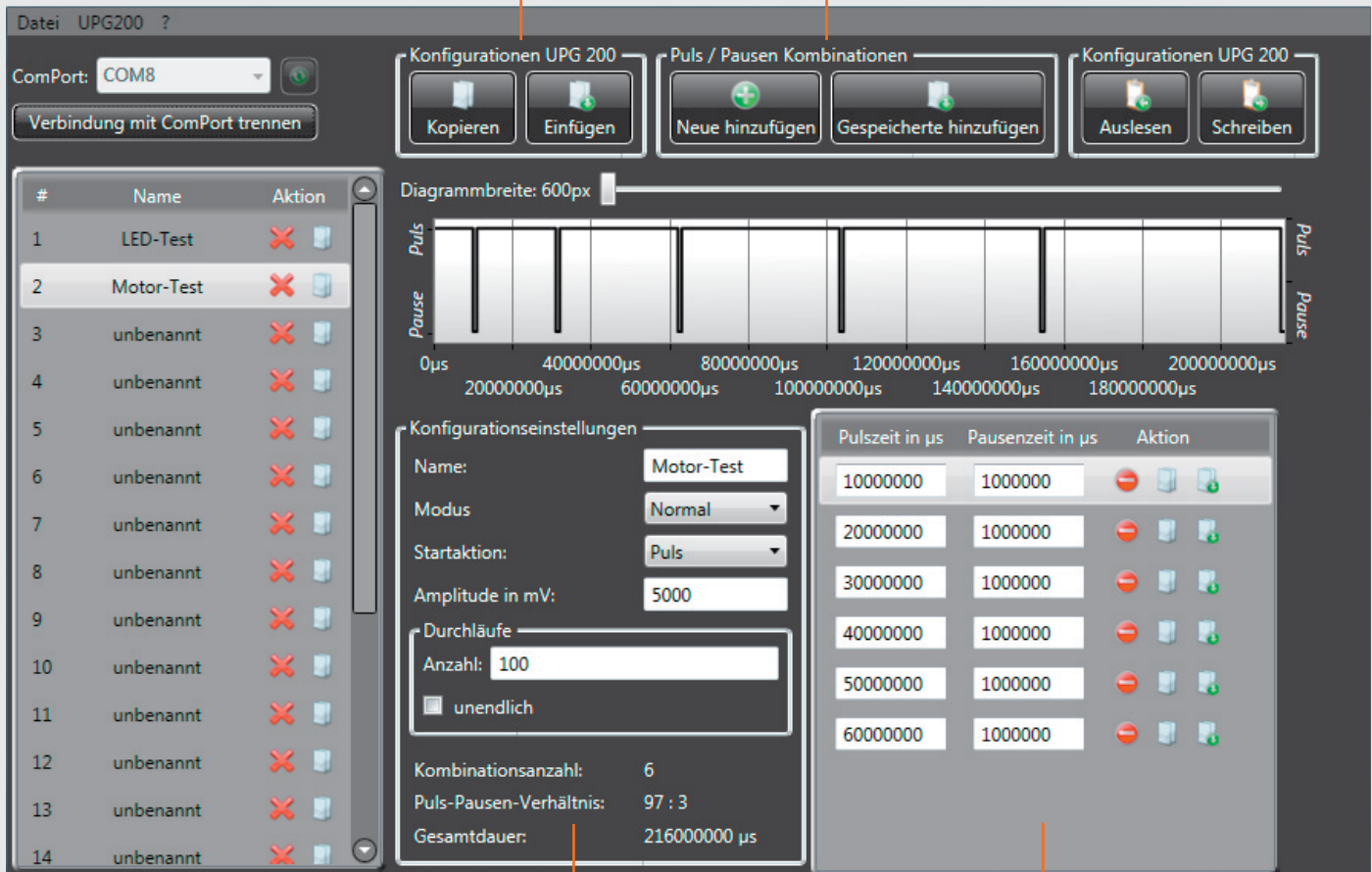


Bild 9: Das Hauptfenster der UPG-200-Software

Bild 10: Konfigurationseinstellungen

Bild 11: Pulsfolge aus insgesamt sechs Puls- und Pause-Zeiten

Bootloader

Die Firmware des Universal-Puls-Generators UPG 200 kann über die USB-Schnittstelle des Computers aktualisiert werden. Damit dies geschehen kann, muss das Gerät in den Programmiermodus gebracht werden. Hierzu wählt man im Menü „UPG 200“, welches ganz oben im Hauptfenster zu finden ist, den Menüpunkt „Bootloader starten“. Nachdem der folgende

Warnhinweis mit „Ja“ bestätigt wurde, startet der Mikrocontroller des UPG 200 neu und befindet sich anschließend im Programmiermodus. Auf dem Display wird der Startbildschirm des Bootloaders dargestellt. Falls man den Programmiermodus einmal versehentlich gestartet hat, genügt es, die Spannungsversorgung zu unterbrechen. Das Gerät wird beim nächsten Einschalten der Spannungsversorgung wieder normal starten. Nach der Auswahl der Updatedatei kann die Übertragung zum Gerät mit dem Button „Start“ begonnen werden.

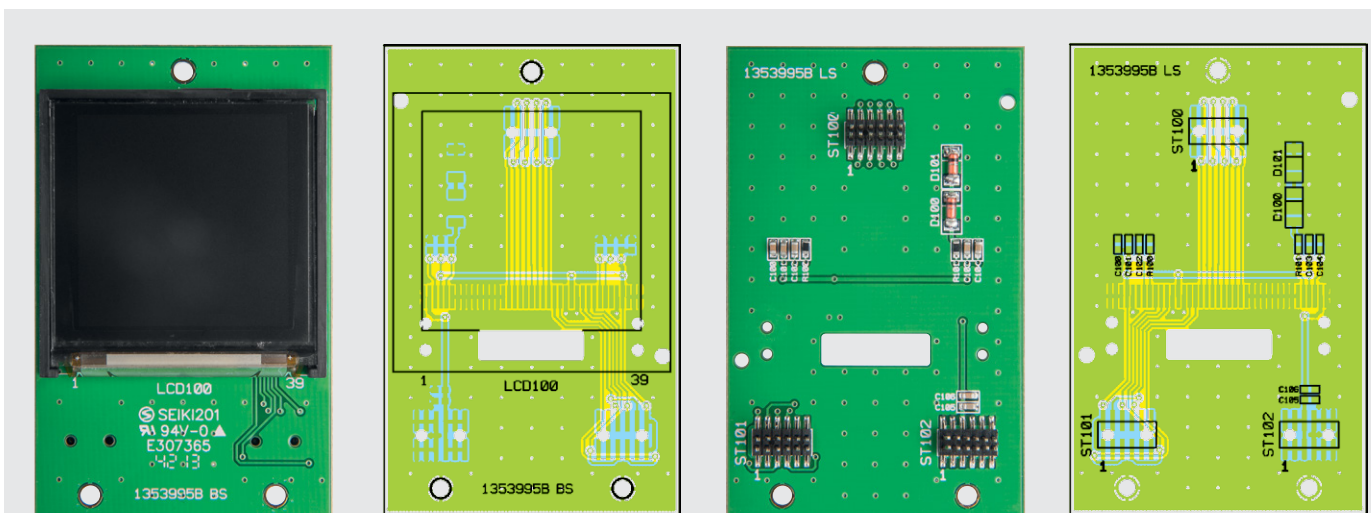


Bild 13a: Die bestückte Displayplatine mit dem zugehörigen Bestückungsplan

Werksreset

Im gleichen Menü befindet sich auch der Menüpunkt „Werksreset starten“. Mit dieser Funktion kann das UPG 200 auf den Werkszustand zurückgesetzt werden. Diese Funktion kann auch direkt am Gerät gestartet werden. Dazu sind die beiden Tasten „Mode“ und „Number“ für mindestens 10 Sekunden gleichzeitig zu betätigen. In beiden Fällen bedarf es anschlie-

ßend einer zusätzlichen Bestätigung, bevor der Werksreset ausgeführt wird. Durch den Werksreset werden alle im Gerät gespeicherten Daten gelöscht.

Nachbau

Die Basisplatine des UPG 200 wird bereits mit bestückten SMD-Bauteilen geliefert, so dass nur noch die bedrahteten Bauteile angelötet bzw. montiert werden müssen. Um unnötige Probleme bei der Inbetriebnah-

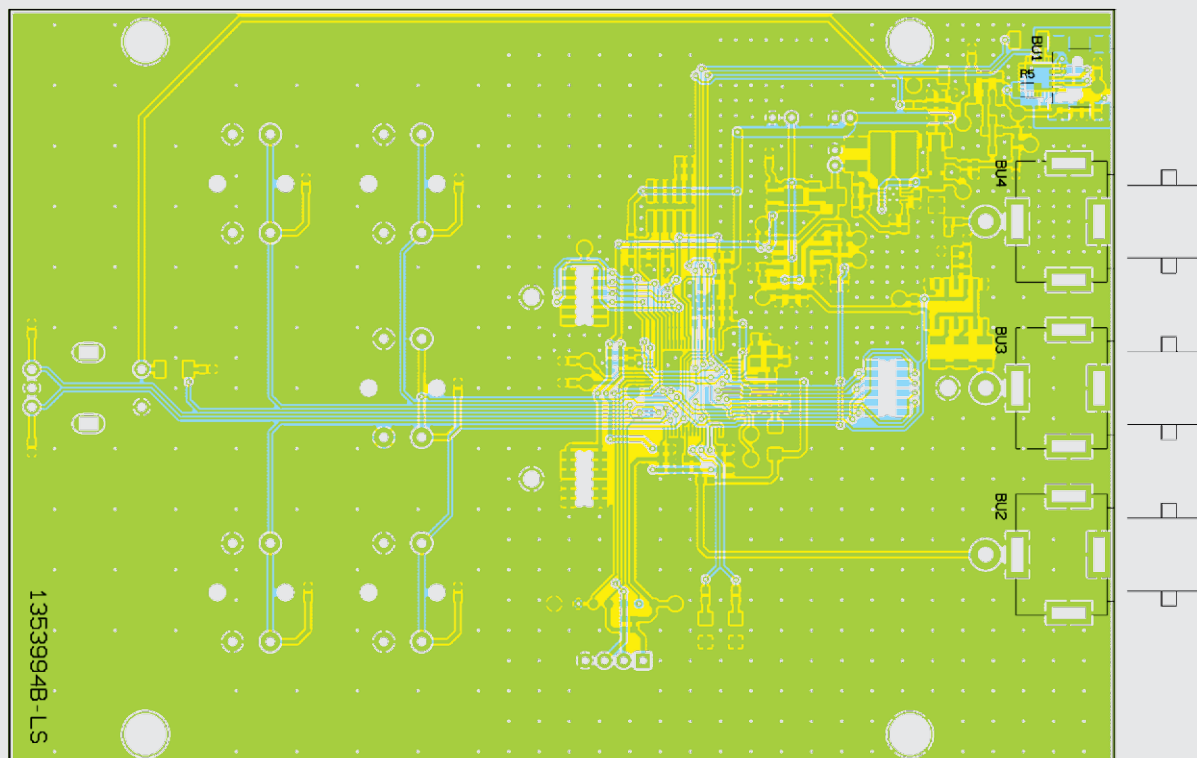
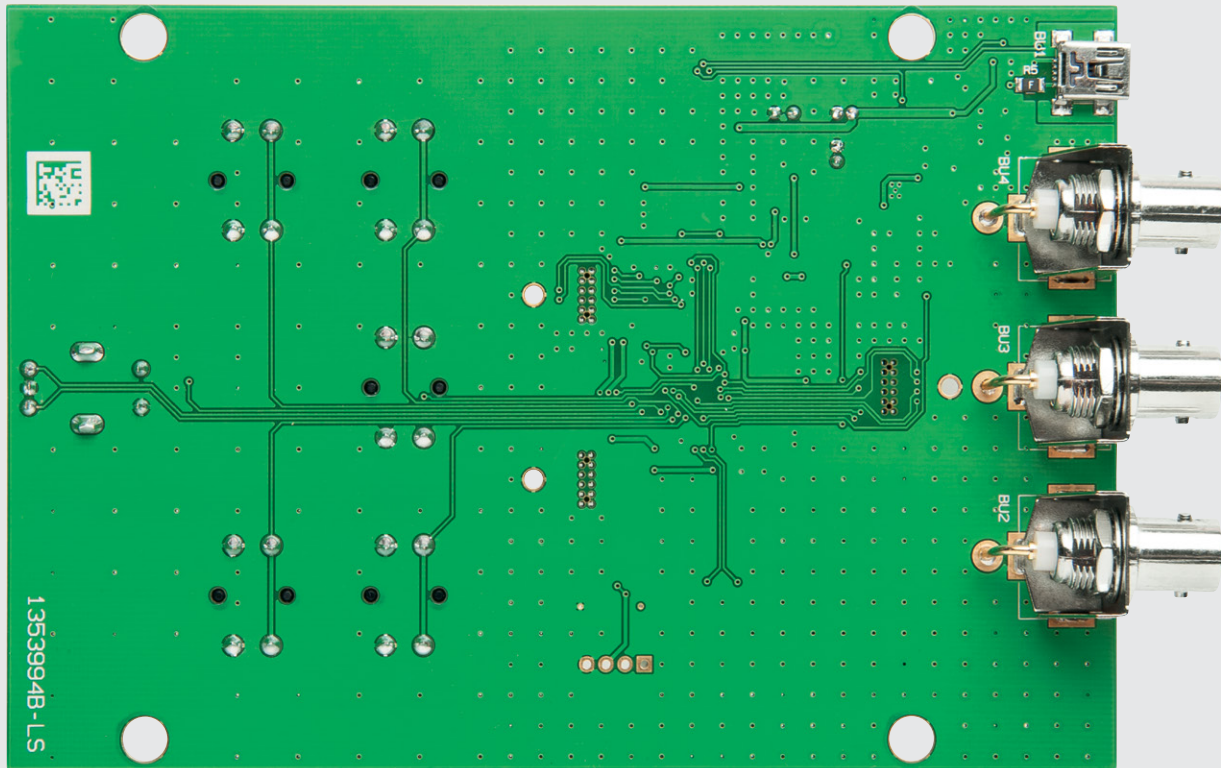


Bild 13b: Die komplett bestückte Basisplatine (Unterseite) mit dem zugehörigen Bestückungsdruck



me zu vermeiden, sollten die SMD-Bauteile vorweg auf exakte Bestückung und eventuelle Lötfehler kontrolliert werden. Die Bestückung der bedrahteten Bauteile erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste und des Bestückungsplans, aber auch die dargestellten Platinenfotos (Bild 13a bis 13c) liefern hilfreiche Zusatzinformationen.

Zuerst sollten die drei Elektrolyt-Kondensatoren C42, C48 und C62 bestückt werden. Hierzu sind die Anschlüsse der Kondensatoren unter Zuhilfenahme einer Flachzange abzuwinkeln, um sie anschließend

anzulöten. Beim Einsetzen der Elkos ist auf die richtige Einbaulage bzw. die richtige Polung zu achten. Als Nächstes folgt der Einbau der fünf Taster TA1 bis TA5 und des Drehimpulsgebers DR1. Zu guter Letzt sind noch die BNC-Buchsen BU2 bis BU4 anzubringen. Hierbei ist darauf zu achten, dass die BNC-Buchsen von der Lötseite her bestückt werden und somit auf der Bestückungsseite verlötet sind. Damit sind alle

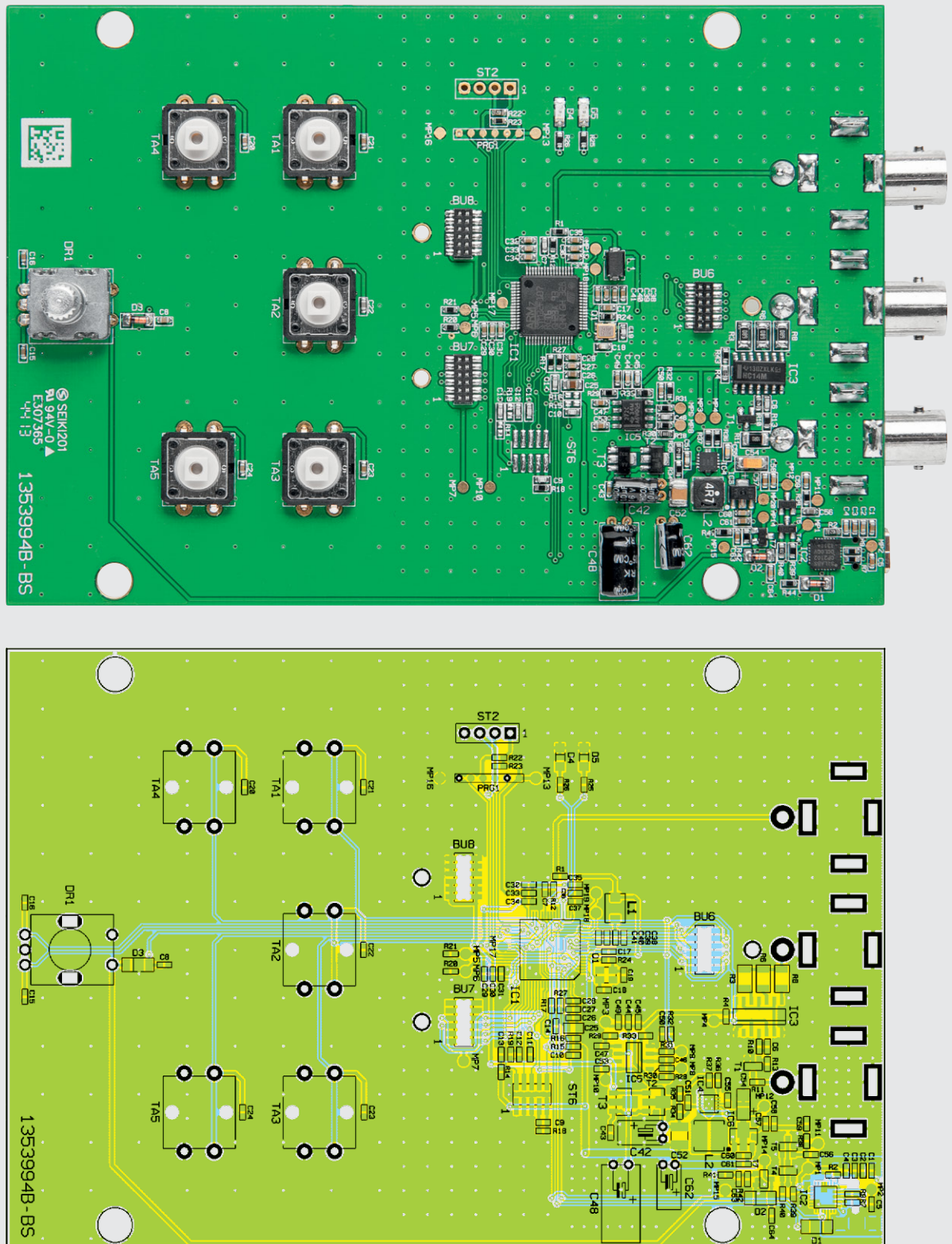


Bild 13c: Die komplett bestückte Basisplatine (Oberseite) mit dem zugehörigen Bestückungsdruck

bedrahteten Bauteile auf der Basisplatine angelötet.

Als Nächstes folgt die Montage des Displays. Das Display befindet sich mit dem Displayrahmen auf einer separaten Platine. Diese Platine wird über die drei Stiftleisten ST100 bis ST102 mit den drei Buchsenleisten BU6 bis BU8 auf der Basisplatine verbunden. Um einen definierten Abstand zwischen diesen beiden Platinen zu erhalten, befinden sich im Bausatz drei M2-Abstandshülsen mit 7 mm Länge. Diese werden an den vorgesehenen Bohrungen zwischen die Platinen gesteckt. Anschließend ist das Ganze mit den Zylinderkopfschrauben, Muttern und Fächerscheiben zu befestigen. Wichtig ist hierbei, dass sich die zur Befestigung eingesetzten Muttern auf der Lötseite der Basisplatine und die Schraubenköpfe somit auf der Seite der Displayplatine befinden. In **Bild 14** ist eine Detailaufnahme der montierten Displayplatine dargestellt.

Nachdem alle elektronischen Bauteile verarbeitet sind, kann das UPG 200 in das Gehäuse eingesetzt werden. Zunächst sollten die fünf Tastkappen auf die Tasten TA1 bis TA5 aufgesetzt werden. Anschließend ist das UPG 200 in die Gehäuseunterschale einzulegen, wobei die BNC-Buchsen und die USB-Buchse durch die Öffnungen in der Gehäusefront geführt werden. Durch die vorhandenen Bohrungen in der Basisplatine wird das UPG 200 in seiner Position fixiert. Im nächsten Schritt ist die Oberschale des Gehäuses aufzusetzen und mit den vier beiliegenden Gehäuseschrauben an der Unterschale zu befestigen. Das Display sollte sich nun mittig in der Gehäuseöffnung befinden.

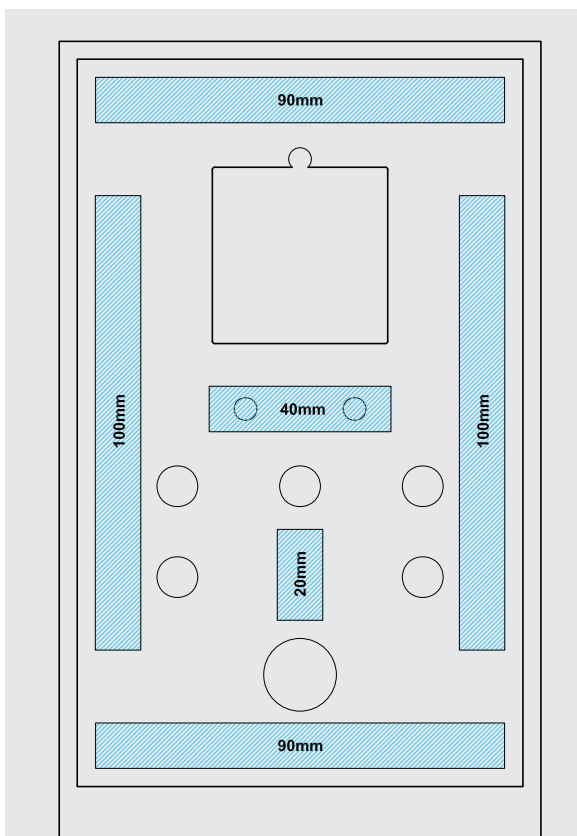


Bild 15: So werden die Klebebandstücke zum Einkleben der Frontplatte angebracht.

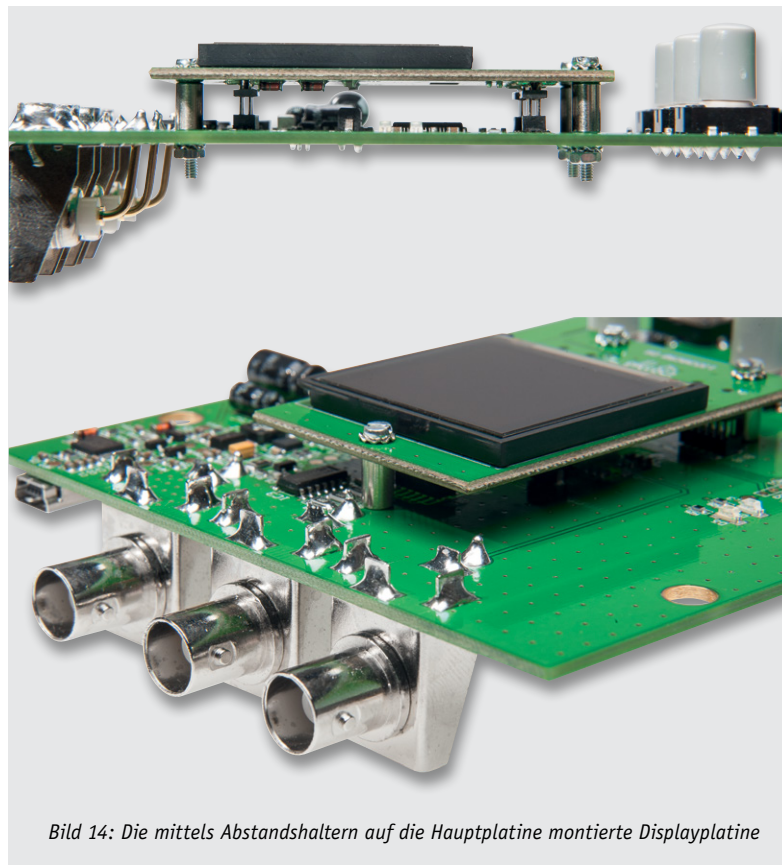


Bild 14: Die mittels Abstandshaltern auf die Hauptplatine montierte Displayplatine

Danach ist noch die Frontplatte in die Aussparung des Gehäuseoberteils einzukleben. Dazu wird das dem Bausatz beigelegte doppelseitige Klebeband in sechs Stücke aufgeteilt und an den im **Bild 15** markierten Stellen angebracht. Zum Abschluss ist noch das Bedienrad mit etwas Druck auf den Schaft des Drehimpulsgebers DR1 aufzustecken.

Damit ist der Nachbau abgeschlossen und das Gerät kann in Betrieb genommen werden.

Inbetriebnahme

Vor der eigentlichen Inbetriebnahme des Universal-Puls-Generators ist zunächst die PC-Software zu installieren. Hierfür kann, wie bereits erwähnt, die auf der CD befindliche Version verwendet werden, man sollte aber auch kontrollieren, ob auf der Produktseite des UPG 200 (Webcode #1271) eine aktuellere Version zur Verfügung steht.

Nach der Installation der Software kann das UPG 200 einfach an einen freien USB-Port angeschlossen werden. Durch ein kurzes Betätigen der Taste TA6 werden auf dem Display der Name des Gerätes und die verwendete Firmwareversion für zirka zwei Sekunden angezeigt. Im Anschluss befindet sich das Gerät im manuellen Modus und auf dem Display werden die vier Einstellungsmöglichkeiten dargestellt.

Nun ist es möglich, das UPG 200 wie im Abschnitt Bedienung beschrieben zu konfigurieren. **ELV**



Wichtiger Hinweis:

Für den Anschluss des UPG 200 an einen Computer muss ein USB-Kabel verwendet werden, das dem USB-2.0-Standard oder höher entspricht. Diese USB-Kabel verfügen über eine zusätzliche Abschirmung.

**Widerstände:**

49,9 Ω /1 %/SMD/0603	R101
560 k Ω /SMD/0603	R100

Kondensatoren:

100 nF/SMD/0603	C100, C106
1 μ F/SMD/0603	C101–C105

Halbleiter:

LL4148	D100, D101
OLED-Display-Modul UG-2828GDEDF13	LCD100

Sonstiges:

Stiftleisten, 2x 6-polig, 8 mm, gerade, SMD	ST100–ST102
Displayrahmen, schwarz	LCD100
6 cm Klebeband, doppelseitig, 12 x 0,1 mm, transparent	
3 Distanzrollen, M2 x 7 mm, Messing	
3 Zylinderkopfschrauben, M2 x 16 mm	
3 Muttern, M2	
6 Fächerscheiben, M2	

**Wichtiger Hinweis zum ESD-Schutz:**

Bei den verwendeten Bauteilen des Universal-Puls-Generators UPG 200 handelt es sich um elektrostatisch gefährdete Bauteile. Das bedeutet, dass sie bereits durch bloßes Anfassen, z. B. beim Einbau oder im späteren Betrieb, zerstört werden können, sofern man vorher elektrisch geladen war, was beispielsweise durch Laufen über Teppiche passieren kann. Vor dem Handhaben bzw. dem Berühren dieser Bauteile ist es ratsam, Maßnahmen anzuwenden, die einen entsprechenden Schutz vor elektrostatischen Entladungen an diesen Bauteilen ermöglichen. Hierzu kann man sich z. B. mit einem Erdungsband erden oder zumindest ein Metallgehäuse eines Gerätes oder die Heizung anfassen.

Widerstände:

0 Ω /SMD/0603	R7, R9, R24, R38, R43
10 Ω /1 %/SMD/0603	R28
10 Ω /1 %/SMD/1206/0,5 W	R11
68 Ω /SMD/1206	R3, R6, R8
100 Ω /1 %/SMD/0603	R12, R25, R36
220 Ω /SMD/0603	R26
470 Ω /SMD/0603	R4
820 Ω /1 %/SMD/0603	R10
1 k Ω /SMD/0603	R2, R22, R40
10 k Ω /1 %/SMD/0603	R30, R32, R33
10 k Ω /SMD/0603	R1, R13, R17, R18, R20, R21, R23, R27, R44
47 k Ω /1 %/SMD/0603	R34, R37
100 k Ω /SMD/0603	R29, R31, R39, R41, R42
390 k Ω /1 %/SMD/0603	R35
Polyswitch/6 V/0,5 A/SMD/1206	R5

Kondensatoren:

10 pF/SMD/0603	C6
33 pF/SMD/0603	C18, C19, C51
100 pF/SMD/0603	C9–C14, C46
680 pF/SMD/0603	C45
1 nF/SMD/0603	C28, C31, C34, C37, C41
3,3 nF/SMD/0603	C44
10 nF/SMD/0603	C4, C7, C27, C30, C33, C36, C40, C58, C60, C64
47 nF/SMD/0603	C55
100 nF/SMD/0603	C1, C3, C5, C8, C15–C17, C20–C24, C26, C29, C32, C35, C38, C43, C47, C49, C50, C53, C56, C57, C59, C61, C63
1 μ F/SMD/0603	C2, C39
4,7 μ F/SMD/0805	C25
4,7 μ F/6 V/tantal/SMD	C54
10 μ F/16 V	C42, C62
47 μ F/SMD/1210	C52
220 μ F/16 V	C48

Halbleiter:

ELV131187/SMD	IC1
ELV131188/SMD/USB-Controller	IC2
74HC14/SMD	IC3
TPS61081DRCT/SMD/TI	IC4
TLC272/SMD	IC5
S-1206B33-U3T1G/SMD	IC6
BC848C	T1, T7
BCX54/SMD	T2
BCX51/SMD	T3
IRLML6401/SMD	T4, T5
LL4148	D1–D3
SMD-LED/gelb-grün/11-21/G6C-BQ1R2B/2T	D4
SMD-LED/rot/11-21/R6C-AR2S2B/2T	D5

Sonstiges:

SMD-Induktivität, 10 μ H	L1
Speicherdrossel, SMD, 4,7 μ H/1,7 A	L2
Quarz, 24,000 MHz, SMD	Q1
Inkrementalgeber mit Achse und Tastschalter, liegend	DR1
Mini-Drucktaster, B3F-4050, 1x ein	TA1–TA5
USB-B-Buchse, Mini, 5-polig, winkelprent, liegend, SMD	BU1
BNC-Einbaubuchsen, print	BU2–BU4
Buchsenleisten, 2x 6-polig, SMD	BU6–BU8
Handdrehrad	DR1
Handdrehradkappe	DR1
Tastkappen, 10 mm, grau	TA1–TA5
1 Pultgehäuse Bopla BP810, komplett, bearbeitet und bedruckt, lichtgrau	
1 Frontplatte, bearbeitet und bedruckt, transparent	
45 cm Klebeband, doppelseitig, 12 x 0,1 mm, transparent	
1 CD Software Universal-Puls-Generator UPG 200	
1 USB-Kabel (Typ A auf Typ Mini B), 1,5 m, weiß	