



Zufälliges Muster wechselt
im Sekundentakt

Integrierter DCF-Empfänger

Anzahl leuchtender
Quadrate = Ziffernwert

Cooler Design, einfach abzulesen Binär-Funkuhr mit LED-Großanzeige

Was auf den ersten Blick aussieht wie das neueste, bunte Spielzeug der iGeneration oder ein Panel auf der Brücke eines Science-Fiction-Raumkreuzers ist einfach nur eine ausgefallene Funkuhr! Die 4-farbige LED-Anzeige der BU2 ändert sich im Sekundentakt, und wer einmal das System dahinter durchschaut hat, kann Datum und Uhrzeit ohne Rechenaufwand schnell und einfach vom Display ablesen. Die interessante Anzeige ergibt mit dem elegant-flachen, weiß-glänzenden Gehäuse ein interessantes Elektronik-Design-Objekt.

Zeit in Farbe

Was sehen Sie, wenn Sie das Titelbild dieses Artikels betrachten? Ein schickes, flaches Display mit einem scheinbar wirren Anzeigemuster. Es ist eine Uhr, die gerade 15:58 Uhr am 24. Dezember anzeigt! Wenn Sie jetzt über den Begriff „Binäruhr“ nachdenken, sollten Sie die im Binärsystem zählenden Binäruhren vergessen, bei denen die Anzeigeelemente für 1, 2, 4, 8, 16

und 32 zusammenzurechnen sind, denn hier ist es viel einfacher, die Zeit abzulesen! Betrachten wir Bild 1, wird die Zählweise sofort klar: Links oben zählen wir einen blauen Leuchtpunkt, dies ist die Zehnerstelle der Stunden, hier 1. Danach folgt in Grün die Einerstelle der Stunden, hier 5. Weiter geht es mit der Zehner- und der Einerstelle der Minuten, hier 5 orange und 8 rote LEDs. Im gleichen Schema geht es unten

Technische Daten	Gerätetyp:	Funkuhr mit periodisch wechselnder Anzeige
	Display:	54 LEDs in 8 Gruppen in Rot, Grün, Blau und Orange (pro Ziffer eine Gruppe, Anzahl leuchtender LEDs entspricht Ziffernwert)
	Anzeige von:	Minuten, Stunden, Tag, Monat, Jahr (nach Tastendruck)
	Zeitzeichen-Empfänger:	DCF77-Modul mit Ferrit-Stabantenne
	Backup:	Quarzbetrieb (bei schlechtem DCF-Empfang) mit Batteriepufferung (10 Jahre)
	Versorgung:	5 V/500mA, über USB-Kabel (im Lieferumfang), mit USB-Netzteil/PC/o. Ä. (nicht im Lieferumfang), Backup-Batterie (1x 1,5 V AAA/LR03/Micro)
	Abmessungen (B x H x T):	110 x 150 x 15 mm

weiter: Zehner- und Einerstelle des Tagesdatums, gefolgt von der Zehner- und Einerstelle des Monats. Ein nicht leuchtendes Feld bedeutet null, auch dafür ist in Bild 1 ein Beispiel zu sehen. Alternativ zum Datum kann man auf Tastendruck auch das Jahr anzeigen lassen. Ach ja – binär ist die Anzeige dennoch, da jedes LED-Element genau zwei mögliche Zustände einnehmen kann: Ein oder Aus.

Da jeder Stelle eine feste Anzeigefarbe zugeordnet ist, lernt man das Ablesen des Displays sehr schnell und erfasst nach kurzer Zeit die Uhrzeit genauso routiniert, wie von „normalen“ Uhren gewohnt. Man muss ja lediglich in jeder Farbe die Anzahl der leuchtenden LEDs erfassen. Die Zeitanzeige erfolgt im Übrigen im 24-Stunden-Anzeigeformat.

Dass die Anzeigebilder in einem wählbaren Intervall von einer bis neun Sekunden ständig nach dem Zufallsprinzip wechseln, ändert an der Anzeige selbst nichts, nur die Muster wechseln. Bild 2 zeigt ein Beispiel hierfür. Damit kann man etwa bezwecken, dass die Uhr durch schnelleren Wechsel der Muster die Aufmerksamkeit auf sich zieht oder bei normalem Betrieb eine optische Abwechslung bietet.

Design-Objekt

Die Optik der Uhr passt genau zum interessanten Anzeigebild. Ausgeschaltet präsentiert sich die wahlweise über Stützfüße aufzustellende oder an der Wand aufzuhängende Uhr im neutralen Weiß mit aktuellem Hochglanzfinish (Bild 3).

Erst mit dem Einschalten der Uhr erscheinen die LEDs hinter der sonst weißen Frontfläche. Da das Ganze auch noch sehr flach gehalten ist (Gehäusetiefe nur 15 mm), präsentiert sich die Uhr damit als äußerst elegantes Designobjekt.

Die Technik dahinter

Die Anzeigetechnik ist schnell klar – jedes Anzeigefeld besteht aus mehreren farbigen, hell strahlenden und damit auch bei Licht gut sichtbaren LEDs. Das erste Feld muss eigentlich nur aus zwei LEDs bestehen, ebenso das dritte nur aus 5 LEDs (beim Datum sogar nur aus einer), aus Designgründen und der des interessanteren und symmetrischen Anzeigebildes beim Wechsel der Muster befinden sich hier aber 3 bzw. 6 LEDs.

Gesteuert wird die Uhr über einen Mikroprozessor, der die von einem RTC-Baustein gelieferte Zeitinformation zu einem 54 Bit breiten Datenwort entsprechend der Anzahl aller LEDs verarbeitet und seriell an ein 54-Bit-Schieberegister ausgibt, das wiederum über Treiber die LEDs parallel ansteuert.

Der quartzgesteuerte RTC-Baustein wird in regelmäßigen Abständen durch einen DCF77-Zeitzeichempfänger korrigiert, so dass die Uhr, sofern man sich im DCF77-Empfangsbereich von ca. 1500 km rund um Mainflingen (50° 01' Nord, 09° 00' Ost, bei Frankfurt/Main) befindet, nie manuell nachgestellt werden muss. Ohne DCF77-Empfang läuft die Uhr als normale Quarzuhr weiter. Dank der Pufferbatterie sogar ohne USB-Versorgung, so dass nach dem Wiedereinschalten Datum und Uhrzeit sofort wieder korrekt angezeigt werden.

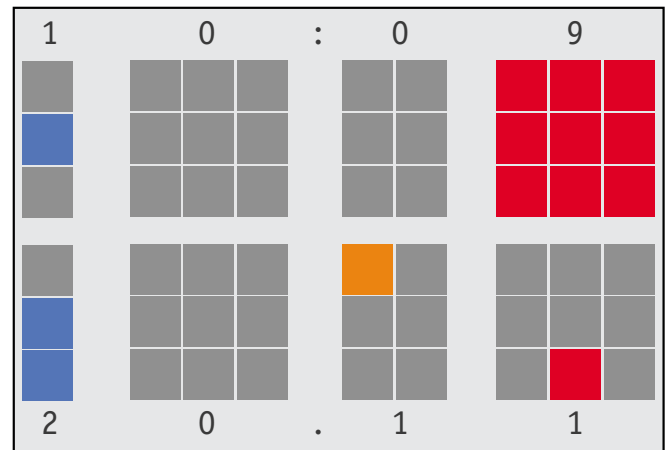
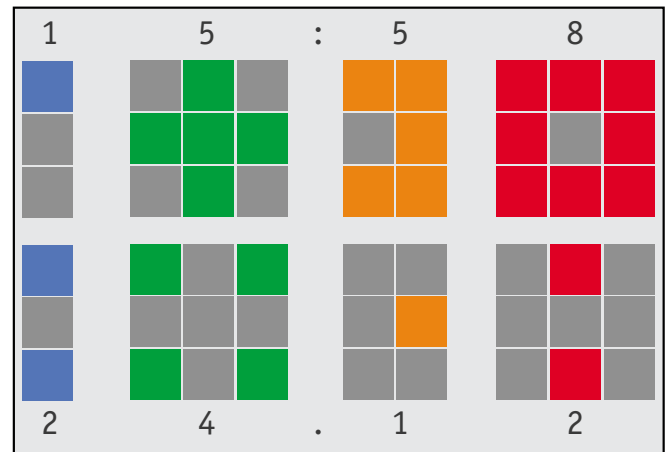


Bild 1: Anzeigebispiele der Binäruhr: oben 15:58 Uhr am 24. Dezember und unten ist die Uhrzeit 10:09 Uhr am 20.11. dargestellt.

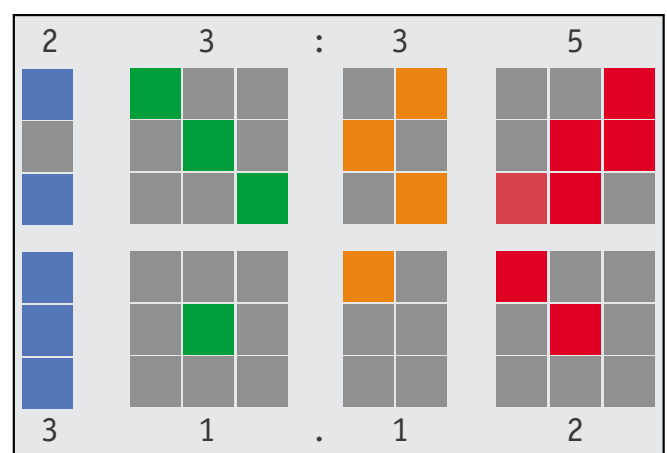
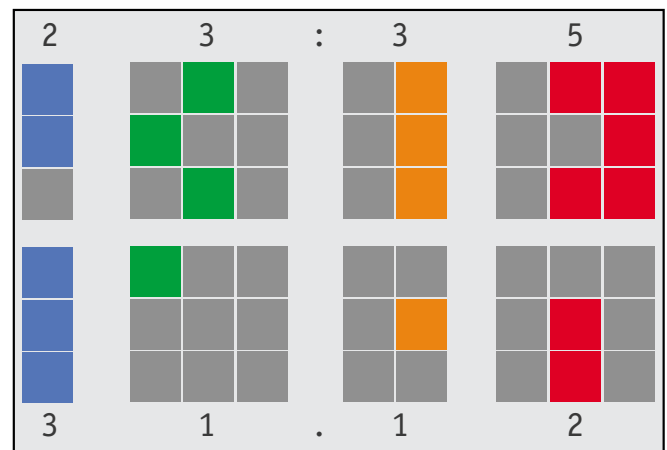


Bild 2: Zwei Anzeigebilder, gleiche Zeit – nur die Anzeigemuster haben gewechselt



Bild 3: Ausgeschaltet präsentiert sich die Uhr schlicht mit weißer Frontfläche. Die Tasten zum manuellen Einstellen von Datum und Uhrzeit befinden sich auf der Geräterückseite.

Die Spannungsversorgung erfolgt über eine USB-Buchse mit einem USB-Netzteil oder von einem Gerät, das via USB 5 V mit 500 mA liefert (PC, Router, aktiver Hub, Mediaplayer, Sat-Receiver etc.).

Bedienung

Inbetriebnahme

Zunächst ist das Batteriefach zu öffnen und eine passende Batterie so einzulegen, dass deren Pluspol zur Mitte weist. Anschließend ist der Mini-Stecker des beiliegenden USB-Kabels in die unterhalb der Platine liegende Buchse zu stecken und die Abdeckung wieder zu schließen, wobei das Kabel mittig herausgeführt wird. Nun kann die Binäruhr mit einer der im vorhergehenden Abschnitt genannten Spannungsquellen verbunden werden. Bei einem Anschluss an einen PC muss kein Treiber installiert werden, es findet auch keine Erkennung der Uhr im Betriebssystem statt, da die Datenleitungen nicht belegt sind und der Rechner allein als Spannungsquelle dient.

Nach dem Start leuchten sämtliche LEDs der Uhrzeit- und der Datumssegmente nacheinander kurz auf. Da der Empfang des DCF-Signals mehrere Minuten dauern kann, blinken bis zum vollständigen Empfang von Datum und Uhrzeit nur die mittleren LEDs im Empfangstakt. Bei gutem Empfang bedeutet das, dass die LEDs regelmäßig im Sekundentakt blinken. Ist dem nicht so oder blinken die LEDs sogar gar nicht, ist der DCF-Empfang zu schlecht und die Uhr sollte gedreht oder an einem anderen Ort aufgestellt werden. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass minderwertige USB-Netzteile den DCF-Empfang ebenfalls stören können. In solch einem Fall sollte eine andere Spannungsquelle verwendet werden.

Uhr manuell stellen

Alternativ kann die Binäruhr auch manuell gestellt werden. Dies erfolgt über die drei Tasten auf der Geräterückseite.

Zuerst ist die mittlere Taste für mindestens 3 Sekunden zu drücken, bis das obere blaue und grüne Stundenfeld blinkt. Jetzt wird die Stunde mit den Tasten „+“ oder „-“ eingestellt. Die jeweils einzustellenden Felder blinken während der Einstellung. Mit der mittleren Taste schaltet man weiter zu den Minuten, die wieder mit „+“ und „-“ einzustellen sind. In der gleichen Weise setzt man dies mit dem Tag und dem Monat auf der unteren Displayhälfte fort. Drückt man nach der Monateinstellung wieder die mittlere Taste, gelangt man zur Wahl des aktuellen Jahres, das ebenfalls auf der unteren Displayhälfte eingestellt wird. Beginnend bei 2011 lassen sich mit den „+“/„-“-Tasten aber nur die Zehner- und die Einerstelle auswählen. Wird die mittlere Taste ein letztes Mal gedrückt, werden die Sekunden auf 0 gesetzt und die Uhr läuft mit der eingestellten Zeit weiter.

Jahr anzeigen

Wird im normalen Anzeigebetrieb der Uhr die mittlere Taste kurz gedrückt, erscheint 5 Sekunden lang im Display statt Tag und Monat das Jahr – ohne dabei periodisch zu blinken.

DCF77-Betrieb deaktivieren (Quarzbetrieb)/aktivieren

Drückt man im normalen Betrieb die obere Taste „+“ für mindestens 3 Sekunden, wird auf Quarzbetrieb umgeschaltet. Im Display erscheint kurz „---“. Wiederholt man dies, wechselt die Uhr wieder zurück in den DCF77-Betrieb, wobei wiederum kurz „DCF“ im Display erscheint.

Wechselgeschwindigkeit ändern

Die zufällige Anzeige von Datum und Uhrzeit wechselt nach Erstinbetriebnahme der Uhr jede Sekunde. Erscheint einem dies zu unruhig oder hat man zuerst noch Schwierigkeiten, die Anzahl der leuchtenden LEDs in nur einer Sekunde zu erfassen, kann man die Wechselgeschwindigkeit reduzieren, indem man die untere Taste für mindestens 3 Sekunden gedrückt hält und mit den „+“/„-“-Tasten anschließend im unteren rechten Feld das Wechselintervall zwischen 1 Sekunde (nur eine LED leuchtet) und 9 Sekunden (alle 9 LEDs leuchten) gewählt wird. Leuchtet bei dieser Einstellung keine LED, ändert sich die Anzeige später nur zum Minutenwechsel. Mit der mittleren Taste erfolgt die Übernahme der neuen Einstellung.

Schaltungsbeschreibung

Die Schaltung der Binäruhr BU2 ist in Bild 4 gezeigt. Die Uhr wird von einem ATmega48V (IC 1) gesteuert, der über das interne RC-Netzwerk mit 1 MHz getaktet wird. Am Mikrocontroller angeschlossen sind neben den Tastern TA 1 bis TA 3 das DCF-Modul DCF 1, der Echtzeituhrenbaustein IC 13 und die sieben in Reihe geschalteten Schieberegister IC 2 bis IC 6 sowie IC 11 und IC 12.

Das DCF-Modul stellt dem Mikrocontroller über Pin PC 4 das bereits demodulierte (vom 77-kHz-Träger „bereinigte“) DCF-Zeitsignal zur Verfügung. In regelmäßigen Abständen wertet der Mikrocontroller das empfangene Zeitsignal aus und synchronisiert damit den Ricoh-Uhrenbaustein R2043T (IC 13), der per SPI-Bus angeschlossen ist. Die Versorgung des R2043T erfolgt entweder über die Sperrdiode D 55 aus der +5-V-Spannung oder, wenn die USB-Versorgung (z. B. der PC) abgeschaltet ist, aus der Batterie BAT 1.

Die +5-V-Spannungsversorgung erfolgt über die USB-Buchse BU 1, entweder von einem PC oder einem USB-Netzteil. Als Schutzelement in der Spannungsversorgung sorgt die selbststrückstellende PTC-Sicherung R 59 im Fehlerfall für eine deutliche Strombegrenzung, um das Risiko schwerwiegender Schäden zu minimieren.

Die bereits erwähnten Schieberegister übernehmen die seriell ausgegebenen Daten vom Mikrocontroller und steuern die 54 farbigen LEDs parallel an. Da die Schieberegister vom Typ 74HC595 jeweils in der Summe nur

bis zu 70 mA treiben können, sind immer einige der Ausgänge zusätzlich über einen ULN2003-Darlington-Treiberbaustein (IC 7 bis IC 10) geführt. Jeder der vier Treiber verfügt über sieben Open-Collector-Ausgänge, an denen je eine LED angeschlossen ist. Da die Treiber die Eingangssignale

invertieren, sind die angeschlossenen LEDs so gepolt, dass die ULN2003 als Stromsenken dienen.

Um das LED-Display nun ein bestimmtes Muster (Zeit und Datum) anzeigen zu lassen, lädt der Mikro-

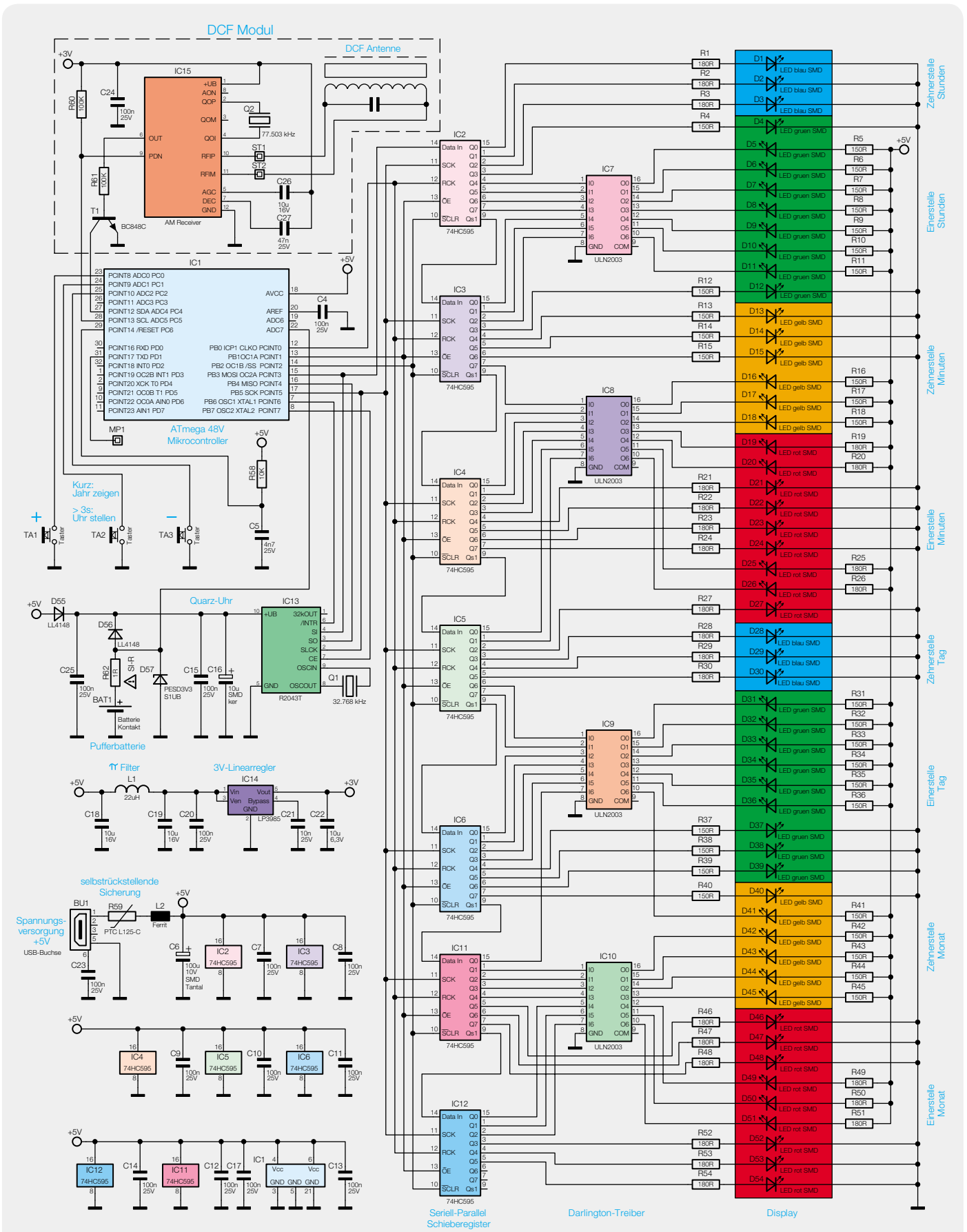
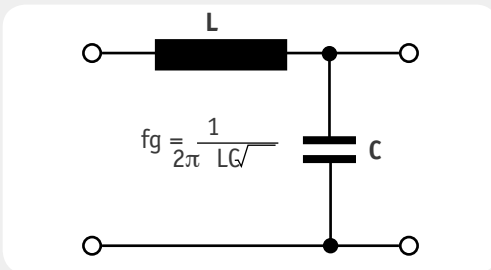


Bild 4: Das Schaltbild der Binäruhr BU2

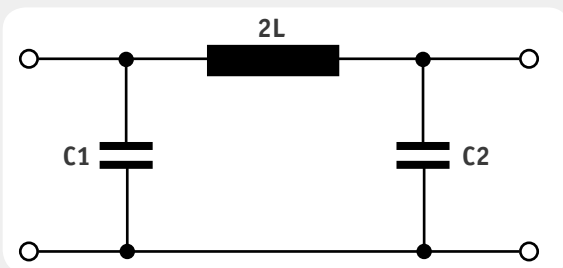
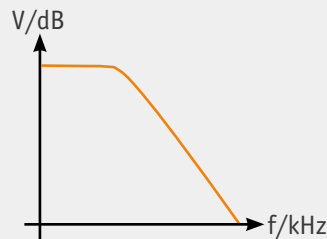
Pi-Tiefpass-Filter

Schaltnetzteile bieten eine hohe Effektivität, geben aber in vielen Fällen Oberwellen ab, die durch die schnellen Schaltvorgänge im Netzteil entstehen. Diese Oberwellen können angeschlossene Elektronikschaltungen, insbesondere HF-Empfänger, erheblich stören. Ein wirksames Mittel, diese Oberwellen weitgehend zu eliminieren, ist eine Zusammensetzung zweier Tiefpassfilter, das wegen seines charakteristischen Aufbaus so genannte Pi-

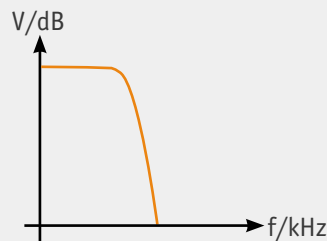
oder Collins-Filter. Dieses weist als LC-Parallel-Schwingkreis eine hohe Güte mit sehr guten Filtereigenschaften wie hoher Flankensteilheit auf, und es besitzt keine Resonanzstellen. Neben der Tiefpasswirkung wird dieses Filter in der Hochfrequenztechnik zur Leistungsanpassung zwischen Antenne und Empfänger bzw. Sender eingesetzt. Durch Ausführung der Kondensatoren als Drehkondensatoren und der Spule als abstimmbare Spule wird eine Anpassung an die jeweilige Empfangs-/Sendefrequenz erreicht.



Einfacher LC-Tiefpass (Halbglied) und seine Filtereigenschaften



Pi-Filter-Tiefpass und seine deutlich höhere Flankensteilheit



controller die Schieberegister mit einem 54 Bit langen Datenwort, wobei jede Stelle der Binärzahl einer LED zugeordnet ist. Ist ein Bit gleich „1“, leuchtet die entsprechende LED. Die Datenausgabe erfolgt seriell über den SPI-Bus, wobei der Mikrocontroller nacheinander 7 Byte ausgibt. Sobald die Register mit den Daten geladen sind, schaltet der Controller diese auf die Ausgänge durch, so dass die gewünschten LEDs zu leuchten beginnen.

Zuletzt soll noch die spezielle Spannungsversorgung des DCF-Moduls kurz erläutert werden. C 18, L 1 und C 19 bilden zusammen ein Pi-Tiefpassfilter, das störende Wechsel- bzw. Oberwellenanteile (Ripple) aus der Spannungsversorgung herausfiltert, wie sie bei Schaltnetzteilen leider recht häufig vorkommen und den Empfang des DCF-Moduls stark stören können.

Der nachgeschaltete Linearregler IC 14 ist ein schneller Low-Noise-Regler vom Typ LP3985, der für eine möglichst saubere 3-V-Spannung sorgt und damit das DCF-Modul DCF 1 speist.

Nachbau

Da alle SMD-Bauteile ab Werk bestückt sind, bleiben zur Bestückung des Bausatzes lediglich die beiden Batteriekontakte und das DCF-Modul DCF 1.

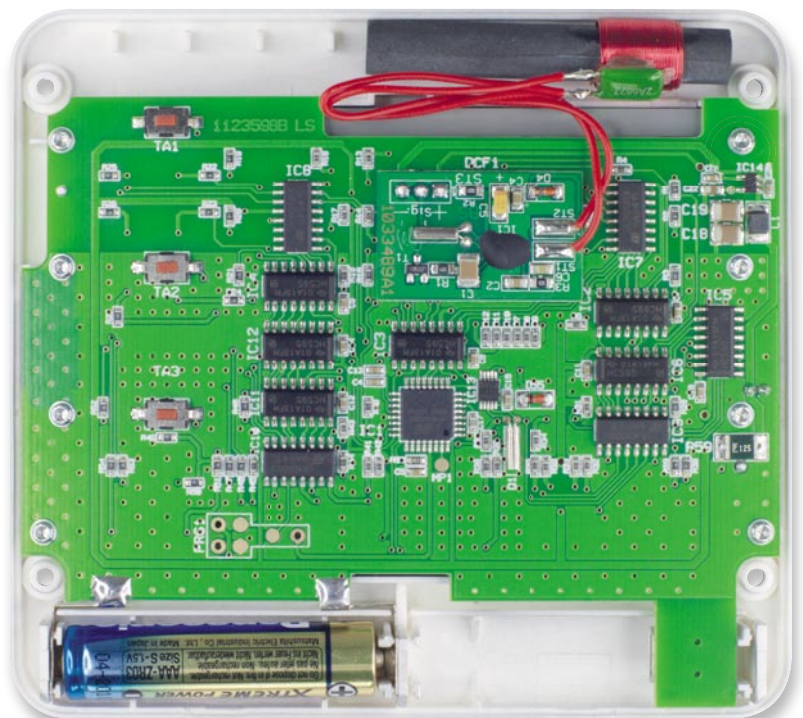


Bild 5: Hier ist die ins Gehäuseoberteil montierte Platine zu sehen mit aufgelötetem DCF-Modul, Antenne und über die Batteriekontakte angeschlossener Pufferbatterie.

Als Erstes ist das fertig bestückte DCF-Modul DCF 1 auf die Platine aufzulöten. Anschließend ist die gefräste graue Kunststoffmaske in die Gehäuseoberschale einzulegen. Dabei weisen bei rückseitiger Betrachtung die 1x3-Blöcke nach rechts, während die umlaufend abgesetzte Fräsung nach unten weist. Auf die Maske wird die Platine aufgelegt und (wie in Bild 5 zu sehen) mit den acht TORX-Schrauben 1,8 x 8 mm fixiert.

Nun können die beiden unterschiedlichen Batteriekontakte so in das Batteriefach eingesetzt werden, dass die Lötflächen auf der Platine zu liegen kommen. Passt alles, können diese wie auf Bild 5 zu sehen von oben angelötet werden.

Im nächsten Montageschritt werden, wie in Bild 6 zu sehen, erst einige Segmente des Tastkappenteils mit einem scharfen Messer herausgetrennt und die Tastkappen dann in die Öffnungen auf der Gehäuserückseite gelegt. Nun ist die Gerätefront mit der montierten Platine aufzulegen und mit den vier TORX-Schrauben 2,2 x 8 mm von der Frontseite her zu verschrauben.

Bevor im letzten Schritt die Displayabdeckung mit vier passgenau zugeschnittenen doppelseitig klebenden Streifen aufgeklebt wird und das Gehäuse anschließend nicht mehr geöffnet werden kann, sollte die Uhr auf korrekte Funktion überprüft werden. Dazu ist das Gerät mit einem USB-Kabel entweder am PC oder einem USB-Netzteil anzuschließen. Zuerst leuchten alle LEDs der Uhrzeit- und die der Datumssegmente nacheinander kurz auf. Anschließend beginnt der bereits beschriebene DCF-Empfang im Sekundentakt.

Ist so weit alles in Ordnung, können die Klebestreifen, wie in Bild 7 gezeigt, auf die Gehäusefront geklebt und die Frontscheibe mit der markierten Seite nach innen aufgesetzt und angedrückt werden.

Das USB-Kabel wird, wie in Bild 8 zu sehen, im 90°-Winkel herausgeführt. Abschließend ist die Abdeckklappe auf der Gehäuserückseite zu schließen.

Als Letztes werden die Gerätefüße eingesetzt und ausgeklappt, wenn man das Gerät als Tischgerät einsetzen will (siehe Bild 3). Beim Einsatz als Wandgerät sind die Gerätefüße einzuklappen.

Damit ist die Montage abgeschlossen und die Binär-Funkuhr kann in Betrieb gehen. **ELV**



Bild 6: Einige der Stege an den Tastkappen werden an den markierten Stellen vorsichtig herausgetrennt, wodurch sich die Tasten leichter betätigen lassen.

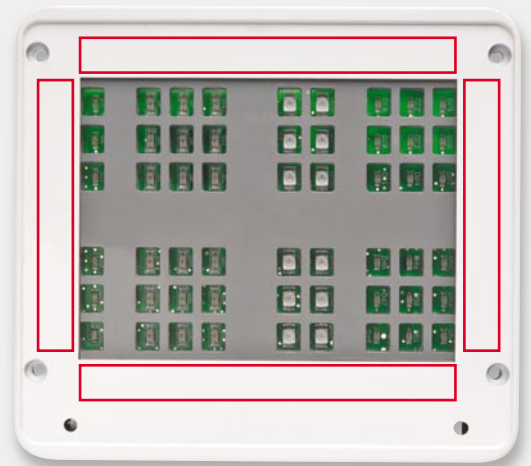


Bild 7: Gehäusefront mit grauer Maske und rückseitig montierter Platine. In die rot markierten Bereiche werden die doppelseitigen Klebestreifen geklebt, wobei der vordere Schutzstreifen erst nach dem Schließen des Gehäuses und dem Funktionstest zum Aufkleben der Frontscheibe entfernt wird.



Bild 8: Das USB-Kabel ist wie hier gezeigt einzulegen und zu sichern.

Widerstände:

Sicherungswiderstand 1 Ω/SMD/1206	R62
150 Ω/SMD/0603	R4-R18, R31-R45
180 Ω/SMD/0603	R1-R3, R19-R30, R46-R54
10 kΩ/SMD/0603	R58
Polyswitch, 15 V, 1,25 A, SMD, 1812	R59

Kondensatoren:

4,7 nF/SMD/0603	C5
10 nF/SMD/0603	C21
100 nF/SMD/0603	C4, C7-C15, C17, C20, C23, C25
10 µF/SMD/1210	C18, C19
10 µF/SMD/0805	C16, C32
100 µF/10 V/SMD/tantal	C6

Halbleiter:

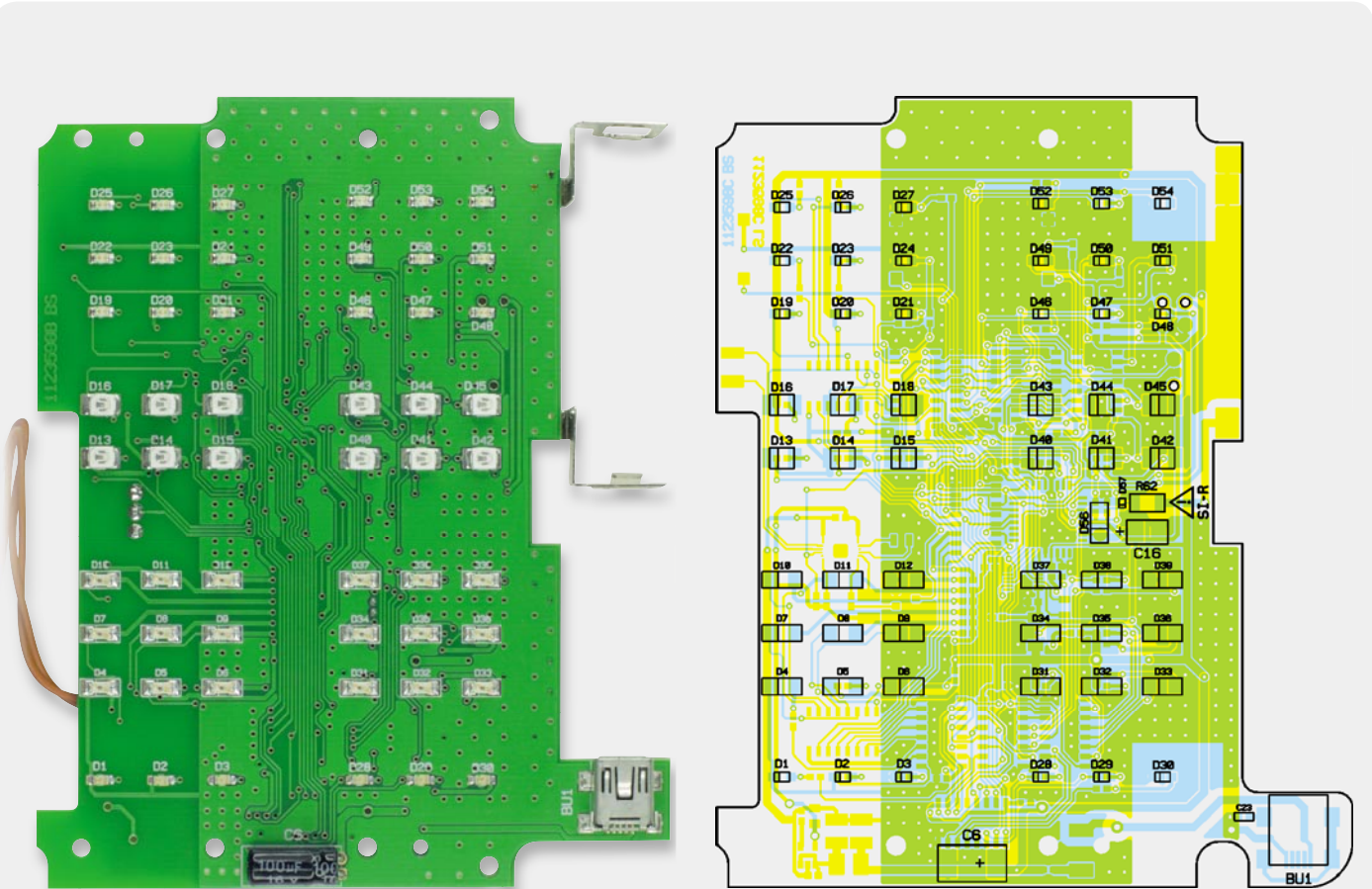
ELV101008/SMD	IC1
74HC595/SMD	IC2-IC6, IC11, IC12
ULN2003/SMD	IC7-IC10
R2043T-E2-F/SMD	IC13

LP3985IM5-3.0/SMD

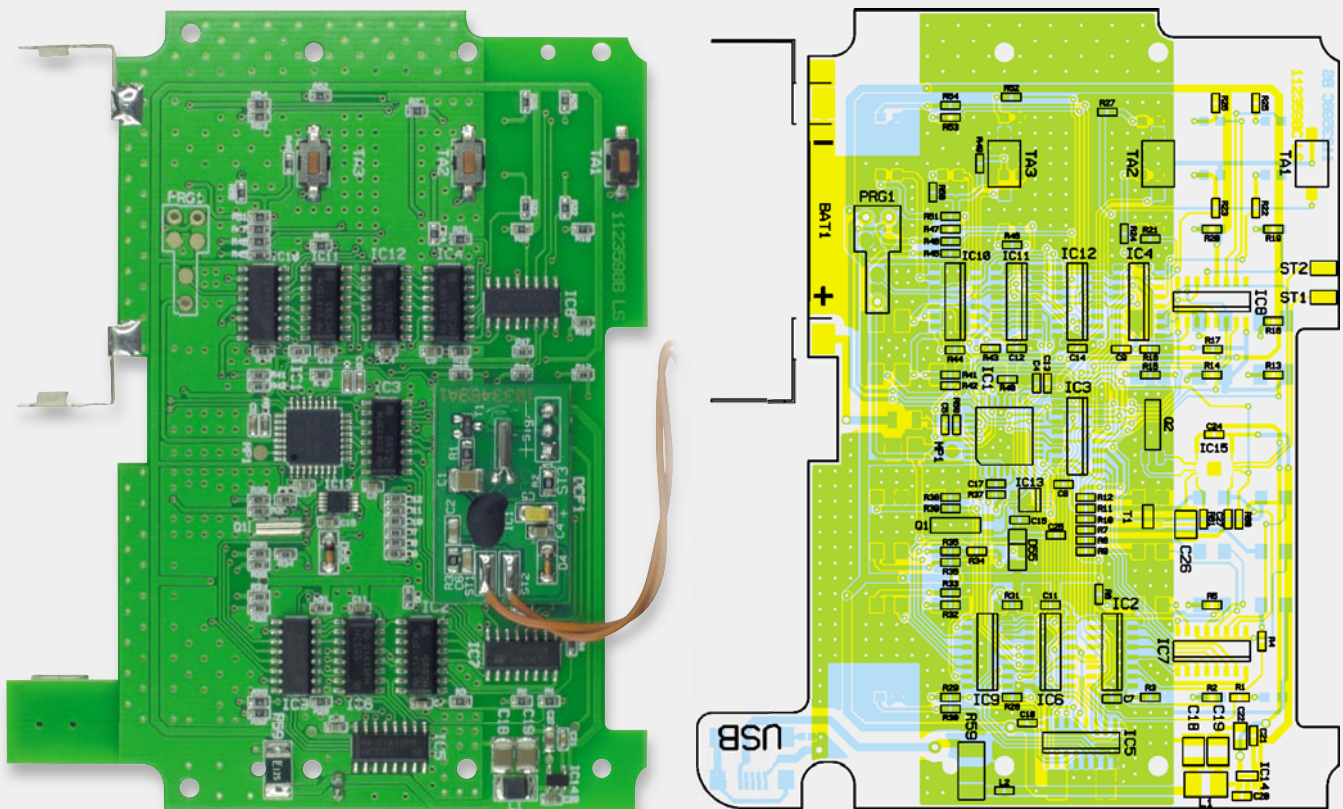
LL4148	IC14
PESD3V3S1UB	D55, D56
LED, Blau, SMD	D57
LED, Grün, SMD	D1-D3, D28-D30
LED, Gelb, SMD	D4-D12, D31-D39
LED, Rot, SMD	D13-D18, D40-D45
	D19-D27, D46-D54

Sonstiges:

Quarz, 32,768 kHz, 6 pF	Q1
SMD-Induktivität, 22 µH, 250 mA	L1
Chip-Ferrit, 0603, 600 Ω bei 100 MHz	L2
USB-B-Buchse, mini, 5-polig, winkelprint, liegend, SMD	BU1
Miniatur-Drucktaster, 1x ein, Höhe = 2,5 mm, SMD	TA1-TA3
Batteriekontakt Plus, print	BAT1
Batteriekontakt Minus, print	BAT1
DCF-Modul mit Ferritantenne	
1 Gehäuse Binäruhr BU2, komplett, bedruckt, Weiß	
1 Lichtmaske, Grau	
1 USB-Kabel (Typ A auf Typ B mini), 2 m, Weiß	
1 TORX-Stiftschlüssel, T-6	



Bestückung bitte nach Bestückungsplan vornehmen.



Ansicht der bestückten Platine der Binäruhr BU2 mit zugehörigen Bestückungsplänen, oben von der Oberseite und unten von der Unterseite