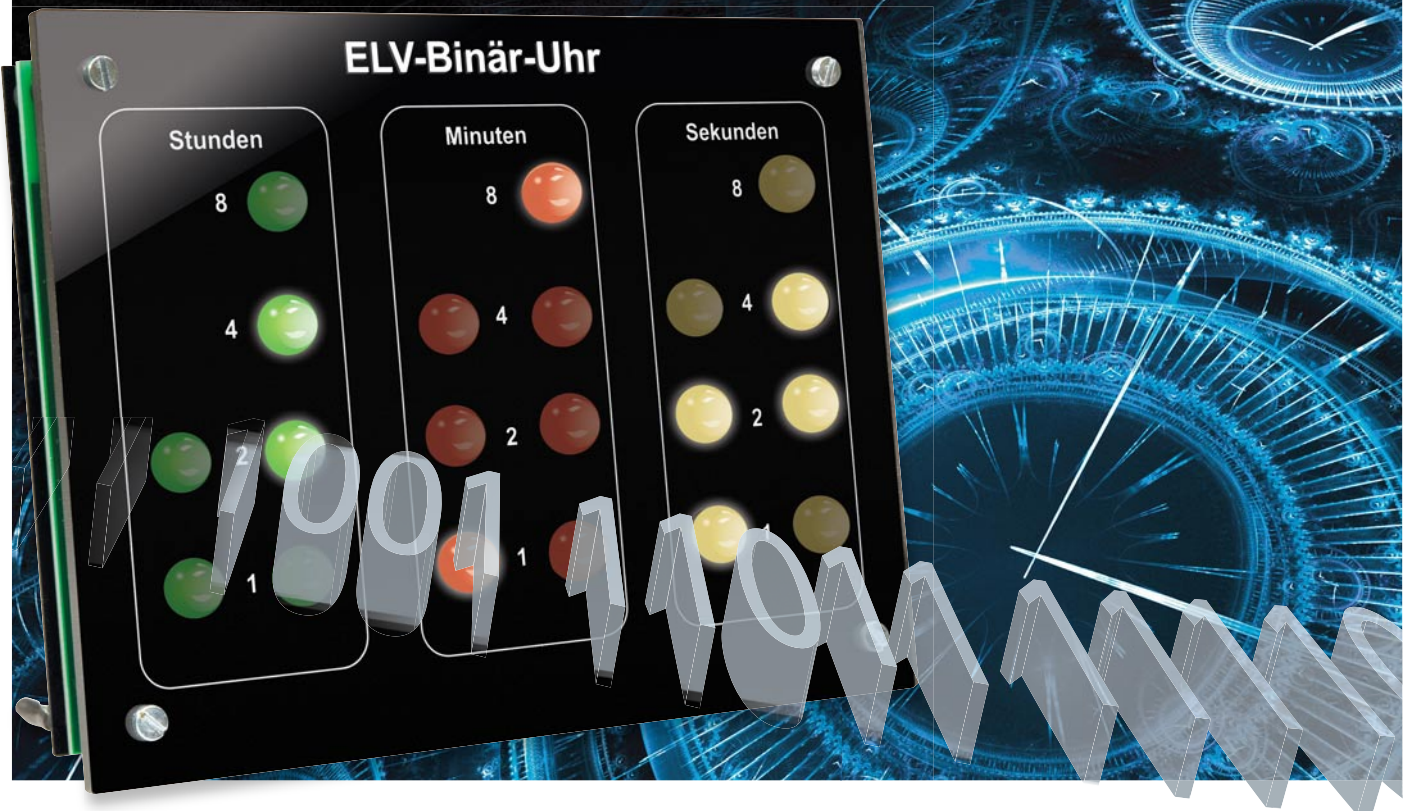


# Zeit im Dualsystem



## Die aufmerksamkeitsstarke Binär-Uhr

Eine Analoguhr oder eine Digitaluhr mit Ziffern sind Alltag für uns – von Kindheit an können wir hier die Uhrzeit auf einen Blick erfassen. Bei einer echten Digitaluhr wie der hier vorgestellten wird dies schon schwieriger – man muss das duale Zahlensystem kennen. Das ist aber schnell erlernt, und so ist dieser originellen Uhr stets ein hoher Aufmerksamkeitsfaktor garantiert.

### Rechnen mit Null und Eins

Eine Uhr (ab)lesen können, deren Anzeige nicht jedem auf Anhieb verständlich ist? Warum eigentlich nicht? Jeder, der sich nicht gerade mit Computerprogrammen beschäftigt, ist im allgemein verwendeten Dezimalsystem zu Hause. Da ist eine Drei eine 3 und eben nicht 0011 wie im Binär- bzw. Dualsystem. Dennoch ist Letzteres, wenn auch „unsichtbar“, aus unserem Leben nicht wegzudenken, denn kein technisches Gerät, das nur irgendwie mit einer Logikanordnung arbeitet, kommt ohne das Dual- bzw. Binärsystem aus. Dass das aber keine Erfindung der Neuzeit ist, beweist die Geschichte dieses Zahlensystems. Bereits im 3. Jahrhundert v. Chr. beschrieb ein indischer Mathematiker das erste Zahlensystem, das nur aus zwei Zeichen bestand. Auch die alten Chinesen entwickelten ein ähnliches System, fanden jedoch keine praktische Anwendung dafür. U. a. auf diese Historie

griff der deutsche Universalgelehrte und große Mathematiker Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) im Grunde zurück und stellte 1703 in seiner berühmten Schrift „Explication de l'Arithmétique Binaire“ das noch heute gültige duale Zahlensystem vor (Abbildung 1), das später vom britischen Mathematiker Boole zur bekannten Boole'schen Algebra weiterentwickelt wurde – der Grundlage für logische Verknü-

### Technische Daten: Binär-Uhr

Spannungsversorgung:	7–15 Vdc
Stromaufnahme:	100 mA
Sonstiges:	optionales DCF-Modul
Abmessungen (B x H x T):	160 x 120 x 30 mm

fungen, wie wir sie heute in der Digitaltechnik selbstverständlich benutzen.

Die Basis des Dualsystems sind nicht wie beim Dezimalsystem zehn Zahlen, sondern zwei. Das heißt, es stehen zur Beschreibung einer Zahl nur zwei Zeichen zur Verfügung, 0 und 1, in der Digitaltechnik auch L und H entsprechend den beiden logischen Zuständen, die mit verschiedenen 2er-Potenzen multipliziert werden. So setzt sich die 15 hier aus  $1 \times 2^3$ ,  $1 \times 2^2$ ,  $1 \times 2^1$  und  $1 \times 2^0$ , also  $8 + 4 + 2 + 1$  zusammen, binär ausgedrückt als 1111. Die Zahlen werden immer von der höchstwertigen Stelle aus Stelle für Stelle (Bit) zusammengesetzt, zum Beispiel die 23:  $10111$  ( $1 \times 16 + 0 \times 8 + 1 \times 4 + 1 \times 2 + 1 \times 1$ ). Kennt man diese 2er-Potenzregel, kann man auch ganz schnell aus einer Dezimalzahl eine Dualzahl ausrechnen, einfach von 1 an (Bit 0) jeweils den Dezimalwert verdoppeln! Was nicht in die Reihe passt, also bei unserem Beispiel mit der 23 die 8, wird als null gesetzt. So weit zum Zahlensystem.

Seit einiger Zeit erfreuen sich, nicht nur bei Design-Liebhabern und als Reminiszenz an die Anfänge der Digitaluhren, Armbanduhrn mit binärer Zeitanzeige (Abbildung 2) wachsender Beliebtheit. Für „Unwissende“ bleibt deren Anzeige ein Rätsel, hat gar etwas Mystisches, umso größer der Aha-Effekt, wenn man als Besitzer „mal eben“ die Zeit ablesen kann! Unsere Binär-Uhr ist das große Pendant zu diesen Armbanduhrn, sie lässt sich als Tisch- oder Wanduhr betreiben und ist mit Sicherheit ein Hingucker!

## Die Anzeige

Das Ablesen der Binär-Uhr setzt neben der Kenntnis des binären Zahlensystems auch etwas Übung voraus. Um die Zeitdarstellung im binären Zahlensystem zu veranschaulichen, ist in Abbildung 3 ein Beispiel dargestellt. Jeder Dezimalstelle der Zeit ist eine eigene LED-Spalte zugeordnet, weshalb man eigentlich von einer binären Darstellung im BCD-Format reden müsste. Die dezimale Zahl erhält man



TABLE 86 MEMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE

DES NOMBRES. bres entiers au-dessous du double du plus haut degré. Car icy, c'est comme si on doit, par exemple, que 111 ou 7 est la somme de quatre, de deux & d'un. Et que 1101 ou 13 est la somme de huit, quatre & un. Cette propriété sert aux Effayeurs pour peser toutes sortes de masses avec peu de poids, & pourroit servir dans les monnoyes pour donner plusieurs valeurs avec peu de pieces. Cette expression des Nombres étant établie, sert à faire tres-facilement toutes fortes d'operations.

1000	8
100	1
101	1
0101	13

Pour l'Addition par exemple.

110	6	101	5	1110	14
111	7	1011	11	10001	17
1101	13	10000	16	11111	31

Pour la Soustraction.

1101	13	10000	16	11111	31
111	7	1011	11	10001	17
110	6	101	5	1110	14

Pour la Multiplication.

11	3	101	5	101	5
11	3	11	3	101	5
11	3	101	5	101	5
11	3	101	5	1010	10
1001	9	1111	15	11001	25

Pour la Division.

15	3	111	101	15
3	111	101	15	3

Et toutes ces operations sont si aisées, qu'on n'a jamais besoin de rien essayer ni deviner, comme il faut faire dans la division ordinaire. On n'a point besoin non-plus de rien apprendre par cœur icy, comme il faut faire dans le calcul ordinaire, où il faut sçavoir, par exemple, que 6 & 7 pris ensemble font 13 & que 5 multiplié par 3 donne 15, suivant la Table d'une fois au est un, qu'on appelle Pythagorique. Mais icy tout cela se trouve & se prouve de source, comme l'on voit dans les exemples précédens sous les signes ⊕ & ⊙.

Bild 1: Die erste vollständige Beschreibung des dualen Zahlensystems von Gottfried Wilhelm Leibniz (Quelle: Wikipedia.org)

durch Addition der aufleuchtenden Wertigkeiten 1, 2, 4 und 8 je Reihe. Da z. B. die Zehnerstelle der Stunden nur 0, 1 oder 2 sein kann, sind hierfür nur 2 LEDs notwendig.

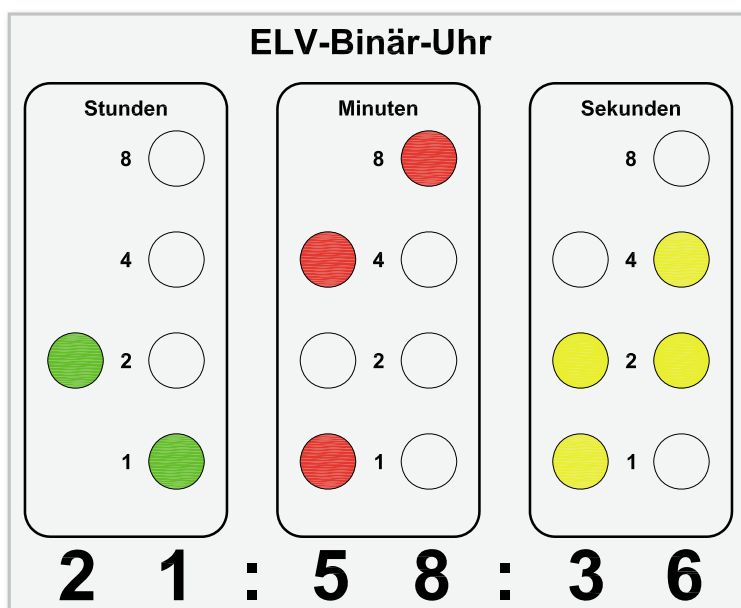
## Schaltung

Die Schaltung der Binär-Uhr ist, wie man in Abbildung 4 erkennt, mit relativ wenigen Bauteilen realisiert. Herzstück der Schaltung ist der Mikrocontroller IC 1 vom Typ ATmega48, der die Steuerung der insgesamt 20 Leuchtdioden (LEDs) für die Zeitanzeige übernimmt. Zudem übernimmt IC 1 die Auswertung der vom DCF-Modul (DCF1) kommenden Zeitzeichensignale.

Den LEDs (D 1 bis D 20) ist jeweils ein Widerstand (R 1 bis R 20) vorgeschaltet, um den Strom zu begrenzen. Durch einen externen Quarz Q 1 wird die interne „Uhr“, genauer gesagt der interne Timer von IC 1 getaktet. Der Quarz ist ein sogenannter „Uhrenquarz“ mit einer Frequenz von 32,768 kHz, der vor allem zur Steuerung von Uhrenschaltungen verwendet wird. Diese Quarze zeichnen sich durch eine sehr hohe Genauigkeit und geringe Temperaturdrift aus, so dass eine hiermit ausgestattete Uhr über einen langen Zeitraum rela-

Bild 2: Exklusive Zeitmesser – Armbanduhrn mit binärer Zeitanzeige

**Bild 3:** Die Anzeige der ELV-Binär-Uhr. Für jede Stelle ist eine binär codierte LED-Anzeigenreihe vorhanden.



tiv genau „läuft“. Wird zusätzlich das DCF-Modul zum Empfang des Zeitzeichensenders verwendet, ist die Uhr praktisch immer sekundengenau. Ist der DCF-Empfang nicht optimal, z. B. von Fernsehgeräten oder Computern gestört, wird der Quarz-Takt verwendet.

Zur manuellen Zeiteinstellung (falls kein DCF-Modul verwendet wird) dienen die beiden Taster TA 1 (Set) und TA 2 (+). Die Bedienung ist im Abschnitt „Manuelle Zeiteinstellung“ erklärt.

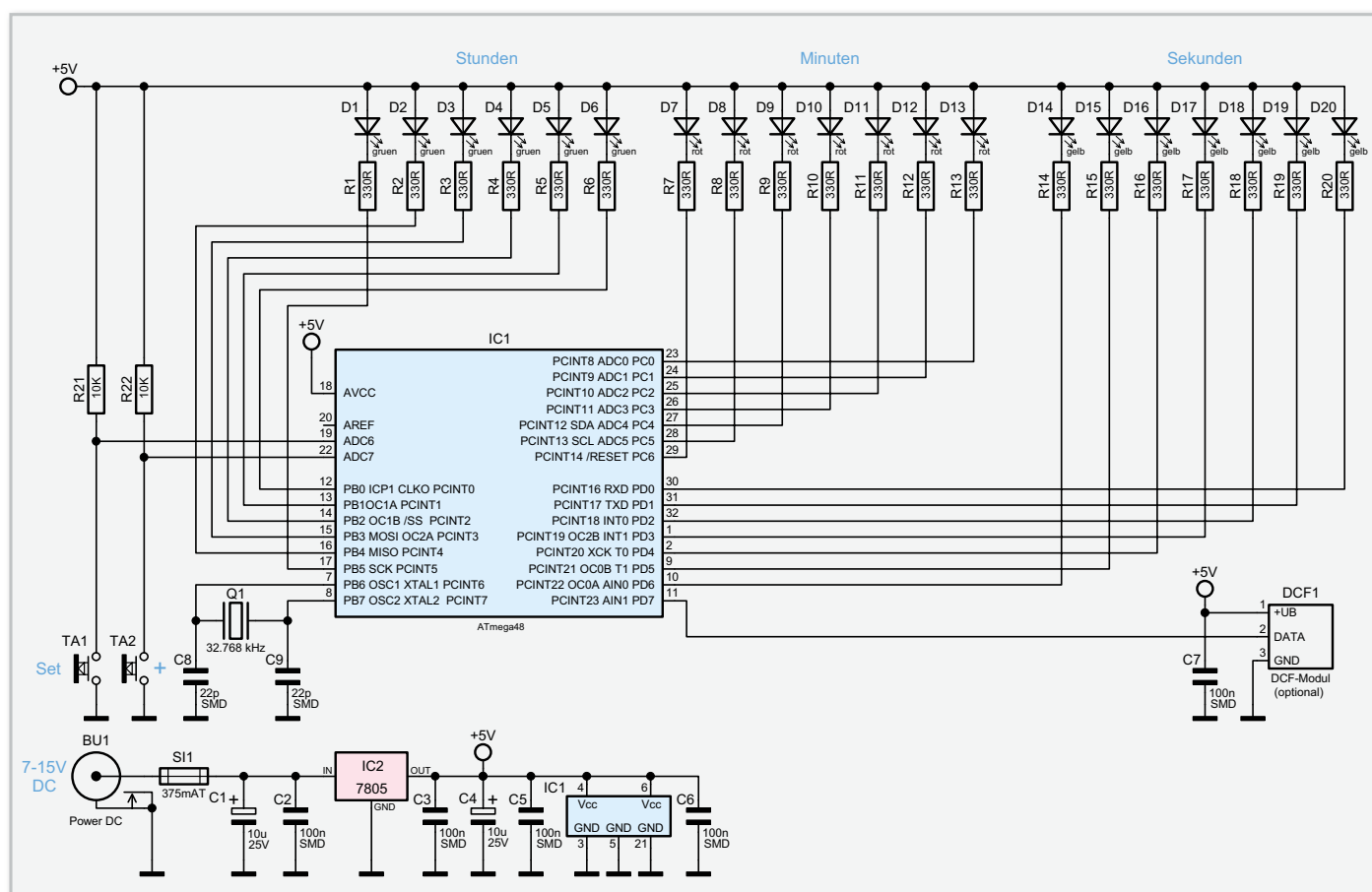
Die Spannungsversorgung erfolgt über die Buchse BU 1. Die Betriebsspannung wird mit dem Spannungsregler IC 2 auf 5 V stabilisiert.

stellt werden. Da die Sekunden nicht einstellbar sind, stellt man nicht die aktuelle Zeit ein, sondern addiert z. B. 2 Minuten hinzu, um dann die Uhr an der manuell eingestellten Zeit durch Knopfdruck zu starten.

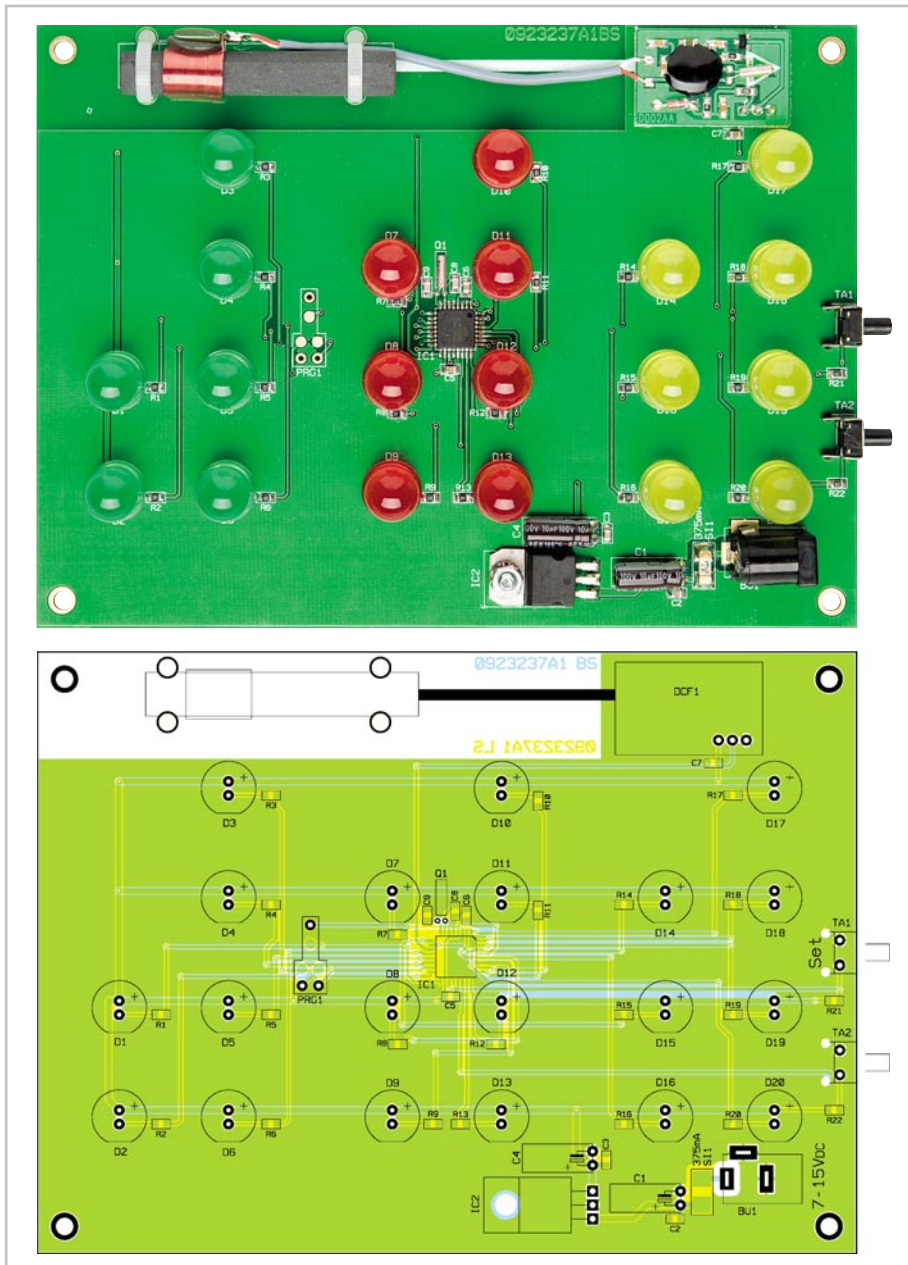
In den Einstellmodus gelangt man durch gleichzeitiges Betätigen der beiden Tasten TA 1 (Set) und TA 2 (+) für mindestens 3 Sekunden. Der Einstellmodus wird durch Blinken der LEDs signalisiert. Jetzt kann mit Taste TA 2 (+) die erste Dezimalstelle (Zehner/Stunden) eingestellt werden. Hierzu

### Manuelle Zeiteinstellung

Wird kein DCF-Modul verwendet, muss die Uhr manuell ge-



**Bild 4:** Die Schaltung der ELV-Binär-Uhr. Herzstück ist ein AVR-Controller.



Ansicht der fertig bestückten Platine der Binär-Uhr mit zugehörigem Bestückungsplan. Im oberen Teil ist die optionale DCF-Antenne (Ferritantenne mit Empfangsplatine) zu sehen (Abbildung verkleinert).

## Stückliste: Binär-Uhr

### Widerstände:

330 $\Omega$ /SMD/0805	R1–R20
10 k $\Omega$ /SMD/0805	R21, R22

### Kondensatoren:

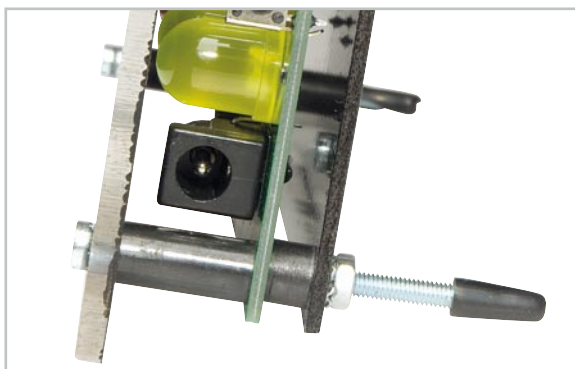
22 pF/SMD/0805	C8, C9
100 nF/SMD/0805	C2, C3, C5–C7
10 $\mu$ F/25 V	C1, C4

### Halbleiter:

ELV08839/SMD	IC1
7805	IC2
LED, 10 mm, Grün	D1–D6
LED, 10 mm, Rot	D7–D13
LED, 10 mm, Gelb	D14–D20

### Sonstiges:

Quarz, 32,768 kHz	Q1
Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print	BU1
Mini-Taster, abgewinkelt, print	TA1, TA2
Sicherung, 375 mA, träge, SMD	SI1
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8 mm	
4 Zylinderkopfschrauben, M3 x 30 mm	
2 Holzschrauben, 3,0 x 30 mm	
2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 50 mm	
5 Muttern, M3	
5 Fächerscheiben, M3	
2 Dübel, 5 mm	
4 Distanzrollen, M3 x 5 mm	
4 Distanzrollen, M3 x 15 mm	
2 Schutztüllen, Schwarz	
2 Kabelbinder, 90 mm	
1 Frontplatte, transparent, bearbeitet und bedruckt	
1 Rückplatte, transparent, bearbeitet und bedruckt	



**Bild 5:** Die Tischvariante von der Seite gesehen. Man erkennt die als Stütze dienenden unteren Schrauben mit aufgesetzter Kunststoffkappe.

ist Taste TA 2 so oft zu betätigen, bis die gewünschte Zahl (Wert) angezeigt wird.

Durch kurzes Betätigen von TA 1 (Set) gelangt man zur nächsten Dezimalstelle (Einer/Stunden). Auch hier wird anschließend mit TA 2 die Zeit eingestellt. In gleicher Weise werden auch die Minuten eingestellt. Hat man die Einer-Minutenstelle gestellt, wird beim nächsten Tastendruck von TA 1 (Set) die Uhr gestartet.

Man muss hier also so lange warten, bis die eingestellte Zeit aktuell ist.

## Nachbau

Der Nachbau erfolgt auf einer doppelseitigen Platine, bei der die SMD-Bauteile schon vorbestückt sind. Es müssen lediglich die bedrahteten konventionellen Bauteile bestückt und verlötet werden. Die Bauteile sind entsprechend Stückliste und Bestückungsdruck zu bestücken und anschließend auf der gegenüberliegenden Platinenseite zu verlöten. Überstehende Bauteilanschlüsse werden mit einem Seitenschneider abgeschnitten.

Wir beginnen die Bestückungsarbeiten mit dem Einsetzen der LEDs. Wichtig ist hier, dass die LEDs polrichtig bestückt werden. Die Polung erkennt man durch den etwas längeren Anschlussdraht, der die Anode (+) markiert, oder durch die abgeflachte Gehäuseseite, die den Katodenanschluss (–) kennzeichnet.

Der Spannungsregler IC 2 wird liegend montiert, und vor dem Verlöten mit einer Schraube M3 x 8 mm, Fächerscheibe und Mutter befestigt. Die Anschlüsse sind zuvor im Abstand von 3 mm vom Gehäusekörper um 90° abzuwinkeln.

Im nächsten Arbeitsschritt werden die Elkos liegend bestückt. Hierbei ist wiederum auf die richtige Polung zu achten, wobei in der Regel der Minus-Anschluss am Elko markiert ist. Zu beachten ist, dass hingegen auf der Platine der Pluspol gekennzeichnet ist.

Das optionale DCF-Modul besteht aus der Ferritantenne und der Empfangsplatine. Die Empfangsplatine wird mittels dreier Silberdrahtstücke mit der Uhren-Platine verbunden und verlötet. Wie man im Platinenfoto erkennt, ist die Antenne mit zwei Kabelbindern an der gekennzeichneten Stelle auf der Platine zu befestigen.

Zum Schluss wird die DC-Buchse BU 1 bestückt und verlötet.

Hiermit ist der Aufbau der Platine beendet und wir kommen zur Montage der Front- und Rückplatte.

## Endmontage

Die Binär-Uhr kann als Tisch- oder Wanduhr betrieben werden. Vor der Montage sollte man sich für eine dieser beiden Varianten entscheiden, da die Längen der Montageschrauben je nach gewählter Variante unterschiedlich sind.

### Tischuhr

Bei dieser Variante sind die unteren Montageschrauben länger und dienen so als Stütze. In Abbildung 5 ist in der Seitenansicht gut zu erkennen, wie die Montage der Komponenten erfolgt. Die Schrauben werden zunächst von vorn durch die Frontplatte geführt. Wie schon erwähnt, ist hierbei darauf zu achten, dass die beiden längeren Schrauben M3 x 50 mm für die untere Befestigung zu verwenden sind. Als Abstandshalter zwischen Frontplatte und Platine dienen 15 mm lange Kunststoffröllchen. Zwischen der Platine und der Rückplatte kommen Abstandshalter mit einer Länge von 5 mm zum Einsatz. Abschließend wird eine Fächerscheibe und eine Mutter M3 montiert. Damit die Schrauben auf dem späteren Stellplatz keine Schrammen hinterlassen, sind die Schraubenden jeweils mit einer Schutztülle zu versehen. Die Schutztüllen werden einfach auf die Schraubenden aufgedreht.

### Wanduhr

Bei der Wandmontage werden Schrauben in gleicher Länge (M3 x 30 mm) verwendet. Die Montage erfolgt ansonsten in gleicher Weise wie bei der Tischvariante. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die Rückplatte richtig herum montiert wird, denn diese weist im oberen Teil zwei Bohrungen zur Wandbefestigung auf. Dem Bausatz liegen hierfür entsprechende Dübel und Schrauben bei.

## Inbetriebnahme

Ist die Binär-Uhr so weit aufgebaut, erfolgt die Inbetriebnahme. Als Spannungsversorgung kann ein „normales“ Steckernetzteil mit einer ungestabilisierten Spannung von 7 V bis 15 V und einem Ausgangsstrom von mindestens 150 mA verwendet werden. Hat man sich für den Betrieb mit der optionalen DCF-Antenne entschieden, geschieht das Stellen der Uhr automatisch. Andernfalls sollte man hier im Abschnitt „Manuelle Zeiteinstellung“ weiterlesen.

Bei gutem DCF-Empfang erfolgt das automatische Stellen der Uhr nach ca. 3 Minuten. Ist z. B. ein Fernsehgerät oder Computer in der Nähe, kann hierdurch der Empfang des DCF-Signals (77 kHz) gestört werden. Da die Uhr ständig den DCF-Empfang überwacht, bis ein gültiges Zeitsignal empfangen wird, lässt man die Uhr einfach über Nacht an ihrem Bestimmungsort laufen. In der Nacht sind die meisten Störquellen ausgeschaltet, wodurch die Uhr dann in der Regel mit dem DCF-Sender synchronisiert wird. Geschieht dies nicht, sollte man die Ausrichtung der Uhr und damit der Antenne etwas verändern. **ELV**