



Flexibel – LED-Uhr mit Zeit- und Datumsanzeige

Auf den ersten Blick „nur“ ein Elektronik-Klassiker – eine Uhr mit 7-Segment-LED-Anzeige, die gleichzeitig die Uhrzeit und das vollständige Datum inklusive Jahresangabe anzeigt. Das Besondere an dieser Uhr jedoch sind die weißen 7-Segment-Anzeigen, die es ermöglichen, neben der Grundfarbe Weiß die Displayfarbe mittels Farbfolien in jede beliebige Farbe abzuändern. Ein hochgenauer Real-Time-Clock-Baustein mit Akku-Pufferung sorgt für die notwendige Zeitbasis. Optional ist die Schaltung mit einem DCF-Empfangsmodul erweiterbar.

Bunte Vielfalt

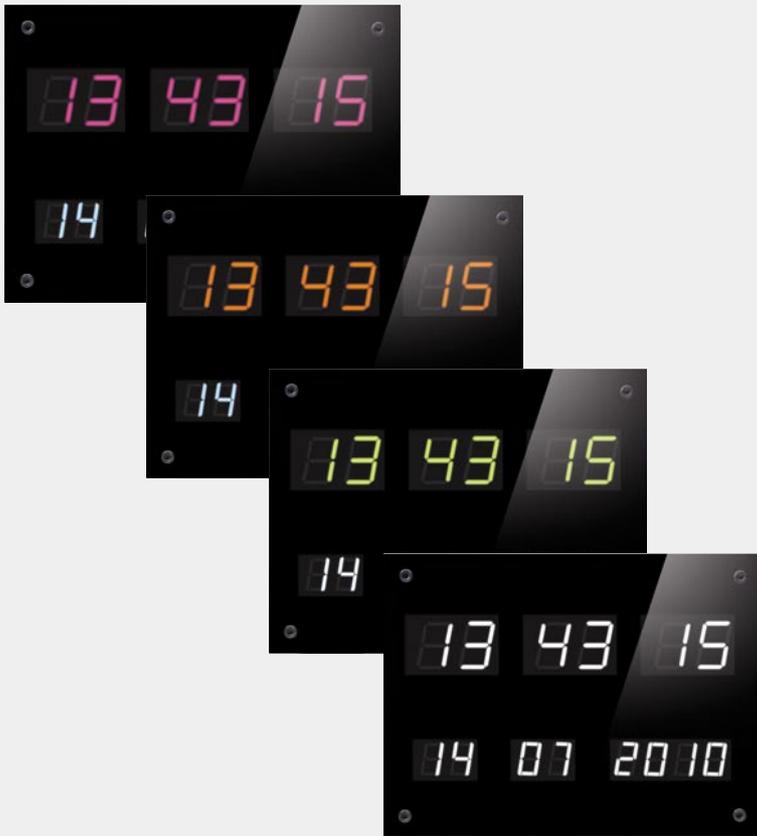
Eine selbst gebaute Digitaluhr ist wahrlich ein Klassiker des Elektronik-Selbstbaus – heute bietet aber nicht nur die Mikroprozessortechnik die Möglichkeit eines einfachen Aufbaus, auch andere Features sind gefragt, von der automatischen Helligkeitsregelung bis hin zur Funkuhr-Steuerung – alles an sich nichts Besonderes, um aus dem Heer gleichartiger Konzepte hervorstechen. Innovationen stecken da eher im Design – ob als Großanzeige, Lauflicht oder Anzeige per Nixie- oder Oszilloskop-Anzeigeröhre gibt es un-

endlich viele Ideen und Ausführungen. Zur letzteren Fraktion der Designuhren gesellt sich nun auch unsere neue Digitaluhr.

Sie basiert auf weiß leuchtenden 7-Segment-Anzeigen, deren Leuchtfarbe durch selbst wählbare Farbfolien veränderbar ist. Warum das? Warum nicht direkt rote, grüne oder blaue Anzeigen nehmen? Die Erklärung: Es ist etwas ganz anderes, ob man eine farbige Anzeige nimmt oder eine weiße Anzeige mit Farbfolie einsetzt! Schon im Foto erkennt man deutlich den Unterschied: Die mit einer Farbfolie versehenen weißen

Daten

Spannungsversorgung:	5-V-Mini-USB
Stromaufnahme:	max. 300 mA
Anzeige:	7-Segment-Display für Zeit (Weiß, Ziffernhöhe 20 mm) und Datum (Weiß, Ziffernhöhe 15 mm)
Sonstiges:	automatische Helligkeitsregelung durch Umgebungslichtsensor, Gangreserve ca. 70 Std. durch Kondensator-Akku (bei Betrieb ohne DCF-Modul)
Abmessungen (B x H x T):	160 x 120 x 35 mm



Anzeigen leuchten nicht nur brillanter und „farbiger“, sie zeigen sich auch mit einer völlig homogenen Helligkeits- und Farbverteilung. Dazu kommt, dass es bestimmte Farben wie z. B. „Amber“, „Gold“ oder „Pink“ gar nicht als 7-Segment-Anzeige gibt. Mit den leicht auswechselbaren Farbfolien jedoch kann man völlig individuelle, auch ungewöhnliche Farbzusammenstellungen realisieren, die optisch absolut hervorstechend sind. Die Anzeigen „leben“ hier auch von einer besonderen Leuchtkraft, da die weißen LEDs eine sehr hohe Lichtstärke haben, die von der Folie in der entsprechenden Farbe noch brillanter herausgestellt wird.

Und die Technik? Eine Mikrocontrollersteuerung verarbeitet die von einem hochgenauen RTC-Baustein, mit einem Energiespeicher als Gangreserve gepuffert, ausgegebenen Zeitinformationen und gibt sie per Multiplexverfahren an die 7-Segment-Anzeigen aus. Diese stellen in der oberen Zeile die Zeit und in der unteren, etwas kleineren Zeile das Datum aus. Alternativ zur Zeitbasis per RTC ist auch ein DCF-Empfangsmodul anschließbar, so dass auch das Stellen der Uhr und eine Sommerzeit-Winterzeit-Umstellung entfallen kann.

Eine Helligkeitsregelung sorgt schließlich für eine angenehme Anpassung an die jeweilige Raumhelligkeit, so werden die Anzeigen bei Dunkelheit gedimmt und bei Sonneneinstrahlung auf volle Helligkeit gestellt.

Die Spannungsversorgung der Uhr erfolgt extern über ein handelsübliches USB-Netzteil.

Die gesamte Uhr fand in einem flachen, schwarzen Gehäuse ihren Platz, das wahlweise über einen Tischständer aufstellbar oder direkt an die Wand zu hängen ist.

Problemfall: weiße LEDs und Anzeigen

Es gibt bei allen Vorteilen ein generelles Problem, wenn man mehrere weiße LEDs bzw. 7-Segment-Anzeigen betreiben möchte, die sich in räumlich sehr geringem Abstand befinden. Bedingt durch den Herstellungsprozess (siehe auch Elektronikwissen) kann es zwischen den Anzeigen leichte Farbunterschiede geben. Diese Erscheinung lässt sich z. B. bei günstigen Lichterketten aus Fernost beobachten. In einer Lichterkette fallen farbliche Unterschiede sofort auf, da man hier die einzelnen LEDs miteinander vergleichen kann – sie erscheinen mal reinweiß, mal gelblich, mal eher bläulich.

Wenn ein Hersteller von LEDs eine Charge produziert, sind alle LEDs dieser Charge in Helligkeit und Farbton nahezu identisch. Wird dieser LED-Typ später zu einem anderen Zeitpunkt wieder produziert, können Faktoren wie z. B. Menge und Beschaffenheit des verwendeten Phosphors zu einer farblichen Abweichung gegenüber einer anderen Charge führen. Der Hersteller ordnet deshalb die Produktionschargen in bestimmte Kategorien ein, was als „Binning“ bezeichnet wird. Dabei wird nicht nur nach Farbe (Farbtemperatur), sondern auch nach Flussspannung selektiert. Es gibt natürlich LED-Hersteller, die hochselektierte LEDs anbieten, was sich dann allerdings auch im Preis widerspiegelt. Ein Beispiel hierfür ist die von ELV angebotene weiße HG-SMD-LED (Art.-Nr. JF-751-20). Diese LEDs weisen nahezu identische Eigenschaften wie Farbtemperatur und Flussspannung auf, da der Hersteller immer nur eine selektierte Charge liefert. Sicherlich gibt es auf dem Markt günstigere weiße LEDs, aber Qualität hat nun einmal ihren Preis.

Was für einzelne LEDs zutrifft, gilt auch für 7-Segment-Anzeigen, deren Segmente ja auch aus einzelnen weißen LEDs zusammengesetzt sind.

Die in unserer Schaltung eingesetzten 7-Segment-Anzeigen weisen in Bezug auf die beschriebenen Eigenschaften nur eine geringe Typenstreuung auf.

Bedienung

Helligkeitseinstellung

Die Helligkeit der Anzeige kann für die Zeit- und Datumsanzeige getrennt eingestellt werden. Hierfür stehen zwei Einstellregler zur Verfügung (DIM 1 und DIM 2), die für einen kleinen Schraubendreher seitlich zugänglich sind. Wird die Anzeige auf volle Helligkeit gedreht (Rechtsanschlag), ist die automatische Helligkeitsregelung deaktiviert. Ansonsten erfolgt eine Anpassung der Anzegehelligkeit an die jeweilige Umgebungshelligkeit je nach Einstellung.

Einstellen der Uhrzeit

Das manuelle Einstellen der Uhrzeit ist nur dann erforderlich, wenn kein DCF-Empfangsmodul zum Einsatz kommt.

Die Einstellung ist schnell erledigt:

- Taste „Set“ länger als 3 Sekunden gedrückt halten. Das letzte Digit der Datumsanzeige unten rechts blinkt.
- Mit der Taste „▲“ kann der Wert, in diesem Fall das Jahr, verändert werden.
- Durch einen Tastendruck auf die Taste „▶“ gelangt man zur nächsten Dezimalstelle.

- Bei „Tag“ und „Monat“ beginnt die Einstellung zuerst mit dem höherwertigen Digit.
- Durch Betätigen der Taste „Set“ wird die eingestellte Zeit gespeichert und das Menü verlassen.

DCF-Menü

Ab Werk ist das DCF-Modul deaktiviert. Bedingt durch die hohe Empfindlichkeit des Empfangsmoduls und die im Nahfeld ausgesendeten Störungen des Displays ist ein störungsfreier DCF-Empfang nur bei deaktiviertem Display möglich. Für die Ganggenauigkeit ist es ausreichend, wenn einmal am Tag die aktuelle Zeit mit dem DCF-Zeitsignal verglichen wird.

Im nachfolgend beschriebenen Menü kann ein bestimmter Zeitpunkt eingestellt werden, an dem der DCF-Empfang stattfinden soll. Da in der Nacht der DCF-Empfang besser ist als tagsüber und in der Nacht störende Geräte wie z. B. Fernsehgeräte und PCs in der Regel ausgeschaltet sind, legt man diesen Zeitpunkt zweckmäßigerweise zwischen 0 Uhr und 3 Uhr. Diese Vorgehensweise wird auch bei handelsüblichen DCF-Uhren angewendet.

- Durch langes Drücken (länger als 3 Sekunden) der Taste „DCF/▶“ gelangt man in das DCF-Menü (siehe Bild 1).
- Mit der Taste „▲“ kann zwischen „dcF-on“, dcF-off“ und „dcF-run“ gewechselt werden.
- Ist das DCF-Modul aktiviert („dcF-on“), kann mit den Tasten „▶“ und „▲“ ein bestimmter Zeitpunkt für den DCF-Empfang eingestellt werden.
- Möchte man den DCF-Empfang sofort aktivieren, um z. B. den besten Empfangsort für die Uhr zu ermitteln, ist der Menüeintrag „dcF-run“ zu wählen.
- Nach Verlassen des DCF-Menüs durch die Taste „Set“ geht die Uhr sofort in DCF-Empfang über. Hierbei wird das Display abgeschaltet und der Dezimalpunkt der ersten 7-Segment-Anzeige beginnt im Sekundentakt zu blinken, vorausgesetzt, der Empfang ist störungsfrei. Im Normalfall dauert es ca. 3 Minuten, bis die DCF-Daten übermittelt werden. Ist die DCF-Zeit ermittelt, springt die Anzeige automatisch in den normalen Modus zurück und die aktuelle Zeit wird angezeigt. Wird innerhalb von 5 Minuten (Time-out) kein brauchbares DCF-Signal



Bild 1: Das DCF-Menü, hier in der Betriebsart „DCF on“

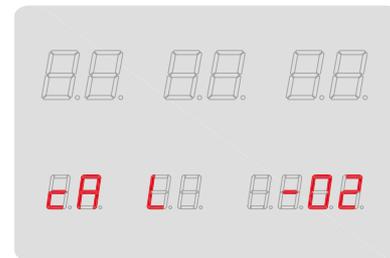


Bild 2: Der Menüpunkt „Kalibrierung des RTC“: Hier ging die Uhr innerhalb einer Woche um 2 Sekunden vor.

empfangen, geht die Anzeige ebenfalls in den normalen Anzeigemodus zurück.

Kalibrierung der Echtzeituhr

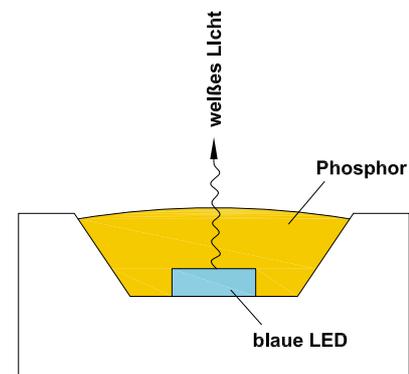
Die folgende Einstellung ist nur beim Betrieb ohne DCF-Modul notwendig bzw. wenn keine Möglichkeit zum DCF-Empfang besteht, wie z. B. im Hobbykeller oder im Ausland.

Die integrierte Zeitbasis mit dem Real-Time-Clock-Baustein arbeitet mit einem sehr genauen Uhrenquarz (32,768 Hz). Da dieser Quarz mit einer Genauigkeit von 20 ppm nicht immer ganz genau auf seiner Sollfrequenz schwingt (herstellungsbedingt), kann es zu (sehr geringen) Zeitabweichungen kommen. Aus diesem Grund kann der Oszillator mit einem Korrekturwert ganz genau getrimmt werden. Die Ermittlung des Korrekturwertes ist etwas zeitaufwändig, da zuerst die Abweichung über einen Zeitraum von einer Woche gemessen werden muss. Nachdem man die Uhr sekundengenau eingestellt hat, wird die Abweichung gegenüber der genauen Zeit (verglichen beispielsweise mit einer DCF-Uhr) nach einer Woche abgelesen. Beträgt die Abweichung +2 Sekunden, ist dies auch gleich-

Weißer LEDs

Für die Herstellung von weißen LEDs gibt es verschiedene Verfahren. Das am meisten angewandte und kostengünstigste Verfahren basiert auf Verwendung einer blauen LED. Die Leuchtfarbe der LED ist hierbei ursprünglich Blau. Durch Aufbringen von gelblichem Phosphor (Cer-dotiertes Yttrium-Aluminium-Granat) wird sozusagen das blaue in weißes Licht umgewandelt. Dieser Effekt wird z. B. auch bei einer Leuchtstoffröhre ausgenutzt, bei der ultraviolettes Licht durch die innere spezielle Beschichtung der Röhre in sichtbares Licht umgewandelt wird.

Eine weitere Möglichkeit, weißes Licht mit LEDs zu produzieren, ist die Kombination von drei LEDs in den Grundfarben Rot, Grün und Blau. Durch additive Farbmischung entsteht ein weißes Licht.



Der Aufbau einer weißen LED aus blauer LED und dotiertem Phosphor

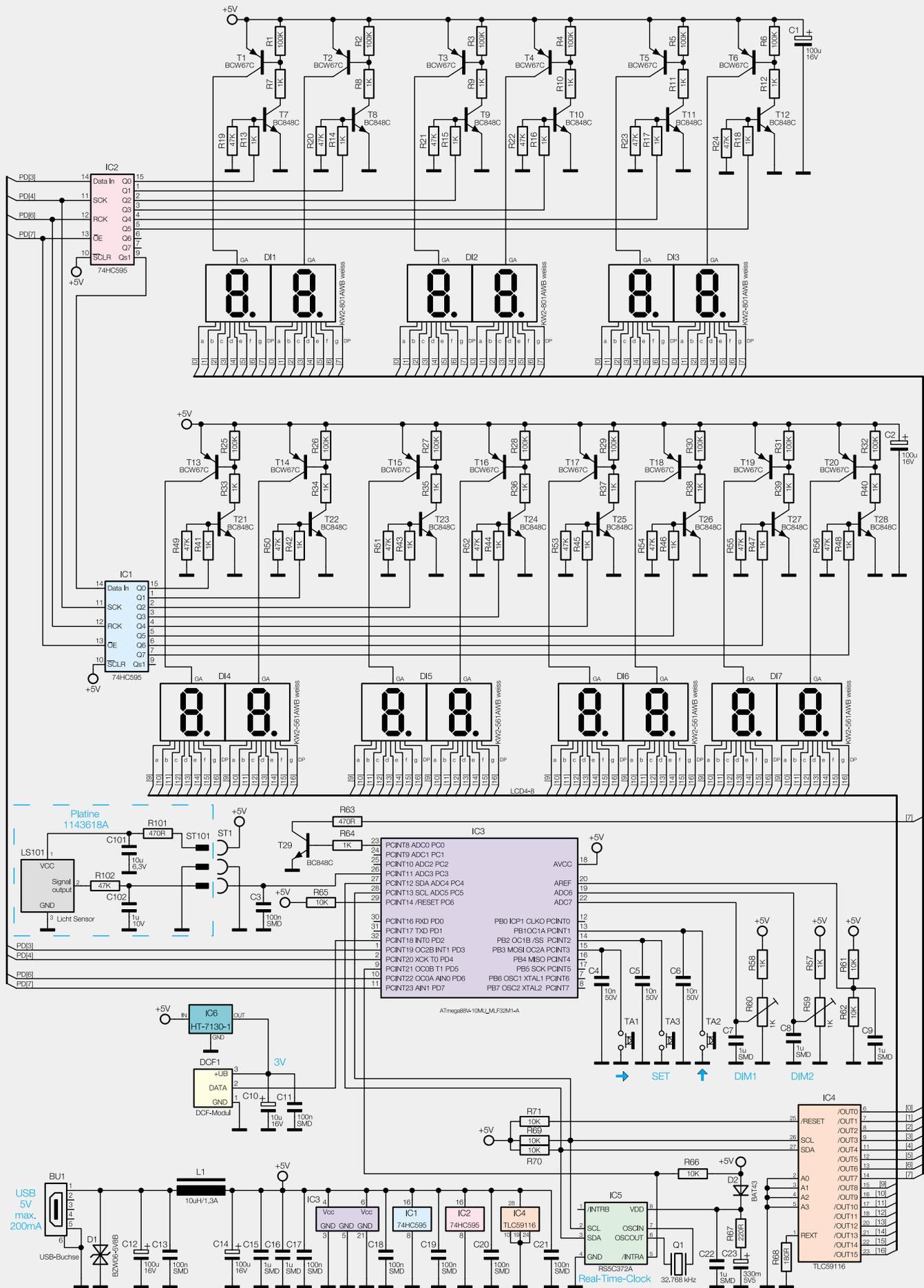


Bild 3: Das Gesamt-Schaltbild der LED-Uhr

zeitig der Korrekturwert mit umgekehrtem Vorzeichen. Läuft die Uhr um z. B. 3 Sekunden zu langsam, ist der Korrekturwert +3. Dieser Wert wird im nachfolgend beschriebenen Menü eingestellt.

- Durch Betätigen der unteren Taste „▲“ (mindestens 3 Sekunden) erscheint folgender Menüpunkt „cAL xx“ (Bild 2).
- Es kann ein Korrekturwert zwischen -20 und +20 eingestellt werden. Mit der Taste „▲“ wird der Wert eingestellt, wobei mit der Taste „▶“ die Dezimalstelle bzw. das Vorzeichen gewechselt wird.
- Mit einer kurzen Tastenbetätigung von „Set“ wird der Wert gespeichert und das Menü verlassen.

Schaltung

Das Schaltbild (Bild 3) zeigt trotz Mikrocontrollersteuerung einen relativ umfangreichen Bauteileaufwand für diese LED-Uhr, hauptsächlich verursacht durch die vielen anzustuernden Anzeigen. Zentrales Element ist ein Mikrocontroller (IC 3). Dieser Mikrocontroller vom Typ ATmega 88 steuert die 7-Segment-Anzeigen über das folgend beschriebene sogenannte Multiplexverfahren an. Da der Prozessor nicht genügend Ausgangsports bereitstellt, werden die Displays der Reihe nach aktiviert und leuchten im Prinzip nur kurz auf, umgangssprachlich würde man „Flackern“ dazu sagen. Dies geschieht so schnell (ca. 80 Hz), dass das menschliche Auge dieses Flackern nicht wahrnimmt. Es wird jeweils immer nur ein Display der Zeit- und Datumsanzeige aktiviert, und über den Segmenttreiber IC 4 werden die entsprechenden Segmente zum Leuchten gebracht. Der Segmenttreiber IC 4 vom Typ TLC59116 [1] besitzt 16 gleichwertige Ausgänge, so dass zwei Displayreihen gleichzeitig angesteuert werden können, da jedes Display genau 8 Segmentleitungen benötigt. Die Ausgänge von IC 4 sind stromgesteuert, d. h., es fließt immer der gleiche Strom durch die angeschlossenen LEDs. Hierdurch werden Vorwiderstände zur Strombegrenzung überflüssig. Ein weiteres Feature des TLC59116 ist die Helligkeitssteuerung per PWM (Pulsweitenmodulation), wodurch sich ohne die sonst erforderliche große Prozessorbelastung in Form von Programmcode die Helligkeit der Anzeige stufenlos von 0 bis 100 % variieren lässt.

Die Ansteuerung von IC 4 geschieht über einen seriellen I2C-Bus mit nur zwei Datenleitungen, wodurch wiederum Prozessorausgänge eingespart werden.

Die insgesamt 14 Displaytreiberstufen sind alle identisch und mit jeweils zwei Transistoren aufgebaut (Beispiel T 1 und T 7). Angesteuert werden diese Treiber über die beiden Schieberegister IC 1 und IC 2, die über 4 Datenleitungen mit dem Mikrocontroller IC 3 verbunden sind.

Wie schon erwähnt, verfügt die Schaltung über eine automatische Helligkeitssteuerung in Abhängigkeit von der Umgebungshelligkeit. Als Umgebungslichtsensor wurde früher in der Regel ein LDR (lichtempfindlicher Widerstand) verwendet, der aber wegen seiner giftigen Inhaltsstoffe (Cadmium) nicht mehr verwendet werden darf. Stattdessen kommt ein hochintegrierter Schaltkreis mit der Bezeichnung LMSS-101 vom Hersteller Nicera zum Einsatz, der sich auf einer separaten Platine befindet. Dieser spezielle Sensor be-

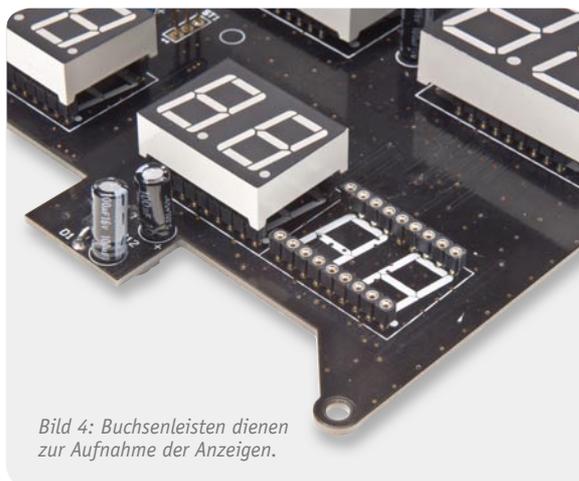


Bild 4: Buchsenleisten dienen zur Aufnahme der Anzeigen.

steht aus einer Fotodiode mit nachgeschalteter Elektronik, die dafür sorgt, dass sich die Ausgangsspannung linear zur Umgebungshelligkeit verhält. Mit dem nachgeschalteten Tiefpass R 102 und C 102 werden Frequenzen oberhalb 20 Hz unterdrückt (z. B. um Störungen durch 50-Hz-Beleuchtung zu vermeiden). Die Ausgangsspannung des Lichtsensors wird vom internen A/D-Wandler des Controllers ausgewertet und die Helligkeit der Anzeige entsprechend nachgeregelt. Die Grundhelligkeit der Anzeige kann zudem getrennt für „Zeit“ und „Datum“ manuell mit den beiden Trimmern R 59 und R 60 eingestellt werden. Weitere Bedienelemente sind die drei Taster TA 1 bis TA 3.

Damit die Uhr auch ohne DCF-Empfang genau läuft, kommt ein Real-Time-Clock-Baustein (RTC) zum Einsatz. Dieser RTC-Baustein (IC 5) liefert einen sehr genauen Sekundentakt, der am Anschluss (INTRA) Pin 1 ansteht. Abgeleitet wird der Sekundentakt von einem internen Quarzoszillator, dessen Frequenz von Q 1 bestimmt wird. Der RTC-Chip läuft auch nach Wegfall der Betriebsspannung noch einige Zeit weiter (Gangreserve). Ein Goldcap (Kondensator-Akku) lädt sich während des normalen Betriebs über D 2 und R 67 auf und versorgt den RTC-Baustein weiterhin mit Spannung, so dass auch nach einem mehrtägigen Ausfall der Betriebsspannung die Uhr sofort ohne Einstellvorgang weiter läuft.

Die Schaltung kann mit einem optionalen DCF-Modul aufgerüstet werden, das die Vorteile hat, dass zum einen keine manuelle Zeiteinstellung erforderlich ist und zum anderen die Uhr einmal am Tag auf die hochgenaue DCF-Zeit synchronisiert wird. Dieses Modul wird über den Spannungsregler IC 6 mit einer Spannung von 3 V versorgt. Der empfangene Sekundentakt mit der darin codierten Zeitinformaton wird dem Controller über Pin 32 zugeführt.

Kommen wir nun zur Spannungsversorgung, die über ein externes USB-Netzteil erfolgt, das an BU 1 angeschlossen wird. Um Störungen auf der 5-V-Leitung zu vermeiden, ist eine Spule (L 1) zwischengeschaltet. Eine Spannungsstabilisierung ist nicht notwendig, da die interne Spannungserzeugung des USB-Netzteils bereits eine stabile Spannung von 5 V liefert.

Im zweiten Teil des Artikels wird der Nachbau der Digitaluhr und der Einbau in das Gehäuse beschrieben.