



Perfekt gestoppt – Profi-LED-Stoppuhr LSU 100

Nicht nur im Sport, auch in der Technik und in der Forschung spielt die präzise Zeitmessung per Stoppuhr eine große Rolle. Unser LED-Stoppuhr-Projekt stellt eine professionelle Stoppuhr bis 99:59:99:999 Std. mit LED-Großanzeige dar, die sowohl über externe, vielseitig nutzbare Start-/Stopp-Eingänge als auch über eine USB-Schnittstelle zur Datenausgabe an einen PC verfügt.

Technische Daten: LSU 100

Spannungsversorgung:	7–9 Vdc / 350 mA
DC-Versorgungsanschluss:	Hohlstecker Außen- \varnothing 3,5-mm, Innen- \varnothing 1,3 mm
Max. Eingangsspannung am externen Eingang:	24 VAc/dc
Anzahl der Ziffern:	9 (Stunden, Minuten, Sekunden, Millisekunden)
Auflösung:	1 Millisekunde
USB-Anschluss:	Typ Mini-B 5-pol.
Abmessungen Gehäuse (B x H x T):	216 x 70 x 30 mm

Vielseitiger Zeitmesser

Denkt man an eine Stoppuhr, fällt uns mit ziemlicher Sicherheit zuerst der Sport als Anwendung ein. Nahezu jede Sportart erfordert den Einsatz eines genauen Zeitmess-Systems. Das geht mitunter bis in den Tausendstel-Sekunden-Bereich, etwa bei Rennsportarten. Aber auch in der Wirtschaft und der Wissenschaft ist eine Stoppuhr ein Muss bei vielen Vorgängen, man denke nur an die Forschung, den Laborbetrieb oder einfach die Kontrolle periodischer Ereignisse. Auf vielen Gebieten hat jedoch der Mensch als Bediener „ausgedient“, er ist für viele Prozesse zu träge und, etwas überspitzt ge-

sagt, ein Unsicherheitsfaktor, der vor allem bei technischen Prozessen oder im Hochgeschwindigkeitsbereich keine reproduzierbaren Ergebnisse liefern kann. Deshalb helfen hier technische Mittel, vom einfachen Kontakt bis hin zur Lichtschranke und zum Opto-Sensor, exakte Zeiten zu erfassen. Darauf muss eine professionelle Stoppuhr ausgerichtet sein. Ebenso ergibt es bei vielen Zeiterfassungsprozessen keinen Sinn, die Messergebnisse jeweils abzulesen und aufzuschreiben, dazu gibt es heute Computer. Ergo müssen die erfassten Zeitdaten diesem zur Verfügung gestellt werden – eine Schnittstelle gehört also dazu.

All diese Forderungen erfüllt unsere professionelle Stoppuhr LSU 100. Auf den ersten Blick ist die große, weithin unter allen Beleuchtungsverhältnissen ablesbare LED-Anzeige dominant. Sie verfügt über 9 Stellen und kann, mit einer Auflösung von 1 ms, gestoppte Zeiten bis 99:59:59:999 Stunden, also fast 100 Stunden, anzeigen. Damit sind sowohl sehr kurze als auch sehr lange Prozesse exakt darstellbar. Das Auslösen und Stoppen der Messvorgänge kann sowohl von Hand über interne oder externe Drucktaster als auch durch technische Triggerung der externen, optisch getrennten Eingänge im Rahmen der technischen Daten erfolgen.

Hierbei sind verschiedene Start- und Stoppbedingungen einstellbar. Zusätzlich zur Darstellung der gemessenen Zeiten auf der Anzeige ist es auch möglich, mit Hilfe eines PC-Programms die Ereignisse in einer Datei zu loggen. Dazu besitzt die LSU 100 eine USB-Schnittstelle, mit der die Verbindung zum PC ermöglicht wird.

Die Technik (außer dem externen Netzteil) ist in einem soliden Aluminiumgehäuse untergebracht.

Die Bedienung der Stoppuhr

Zur Bedienung der LSU 100 sind grundsätzlich nur die vier Taster TA 1 bis TA 4 notwendig. Mit ihnen sind alle Einstellungen und Aktionen der LSU 100 umsetzbar. Zusätzlich befinden sich noch zwei externe Eingänge auf der Rückseite der LSU 100. In Abhängigkeit zum gewählten Betriebsmodus werden mit diesen externen Eingängen Messungen gestartet, gestoppt bzw. es werden Zwischenzeiten gemessen. Kommen wir aber zunächst zur grundlegenden Bedienung der LSU 100. Nach dem Anlegen der Spannungsversorgung leuchten die neun 7-Segment-Anzeigen im Displayfeld auf,

Tabelle 1: Die Betriebsmodi der LSU 100

Die komplette Modi-Übersicht, wie sie auch auf dem Gehäuse aufgedruckt ist:

	Ext. 1	Ext. 2	Ext. 1	Ext. 2	Ext. 1	Ext. 2
Mode 0: Ext. 1, Ext. 2 not in use		not in use				not in use
Mode 1:		not in use	Mode 5:		Mode 9:	
Mode 2:		not in use	Mode 6:		Mode 10:	
Mode 3:		not in use	Mode 7:			
Mode 4:		not in use	Mode 8:			

Mode 0:
Im Modus 0 sind die externen Anschlüsse nicht aktiviert. Die Bedienung erfolgt ausschließlich über die Taster an der Frontseite.

Mode 1 bis 4:
In den Modi 1 bis 4 ist nur der externe Anschluss 1 aktiviert. Hier wird also nur eine Signalquelle (Lichtschranke/Kontakt) benötigt. Über diese wird die LSU 100 gestartet und gestoppt. Das Start-Stopp-Verhalten ist abhängig von der jeweiligen Flanke des Steuerimpulses und dem ausgewählten Modus:

Ext. 1	Ext. 2	
	not in use	Start bei steigender Flanke, Stopp bei fallender Flanke
	not in use	Start bei fallender Flanke, Stopp bei steigender Flanke
	not in use	Start bei erster steigender Flanke, Stopp bei nächster steigender Flanke
	not in use	Start bei erster fallender Flanke, Stopp bei nächster fallender Flanke

Mode 5 bis 8:
In den Modi 5 bis 8 sind beide externen Eingänge aktiviert. Dementsprechend werden auch zwei Signalquellen benötigt. Hierbei wird die LSU 100 über den externen Eingang 1 gestartet und über den externen Eingang 2 gestoppt. Das Start-Stopp-Verhalten ist abhängig von der jeweiligen Flanke des Steuerimpulses und dem ausgewählten Modus:

Ext. 1	Ext. 2	
		Start und Stopp bei jeweils steigender Flanke
		Start und Stopp bei jeweils fallender Flanke
		Start: steigende Flanke an Ext. 1 Stopp: fallende Flanke an Ext. 2
		Start: fallende Flanke an Ext. 1 Stopp: steigende Flanke an Ext. 2

Mode 9 und 10:
Die Modi 9 und 10 benutzen nur den Eingang Ext. 1. Im Gegensatz zu den weiteren Modi lässt die erste Triggerflanke die LSU 100 zwar starten, eine weitere Flanke stoppt die Zeitmessung aber nicht, sondern führt zur Zwischenzeitmessung (Lap). Zum Stoppen der Zeitmessung ist die Taste an der Frontseite zu benutzen.

Ext. 1	Ext. 2	
	not in use	Start und Lap bei jeder steigenden Flanke
	not in use	Start und Lap bei jeder fallenden Flanke

alle zeigen den Wert null an. Durch Betätigen der auf der Frontseite befindlichen Taste TA 1 (Start/Stopp) wird die Zeitmessung manuell gestartet oder gestoppt.

Wird bei laufender Zeitmessung die Taste TA 2 (Lap – Runde) gedrückt, so wird beim Tastendruck für drei Sekunden die Zwischenzeit dargestellt. Nach den drei Sekunden erfolgt wieder die Darstellung der laufenden Zeitmessung.

Durch Betätigen des Tasters TA 3 (Reset) erfolgt das Zurückstellen der Uhr auf null.

Über die vierte Taste TA 4 (Modus) wird der Betriebsmodus ausgewählt. Der Betriebsmodus definiert, wie die LSU 100 die externen Eingänge zu berücksichtigen hat. Es stehen insgesamt 11 Modi zur Verfügung, Tabelle 1 listet sie komplett auf. Um einen Modus auszuwählen, ist die Taste TA 4 so oft zu betätigen, bis im Display der gewünschte Modus dargestellt wird. Die Tabelle der möglichen Modi ist zusätzlich auf der Unterseite des Gerätes aufgedruckt.

Über den gewählten Modus wird zum einen definiert, ob einer oder beide externe Eingänge benutzt werden. Zum anderen wird klargestellt, wie die Eingänge auf Signale reagieren sollen.

Als Beispiel dazu wollen wir uns den Modus 7 etwas genauer betrachten. In diesem Modus werden beide Eingänge genutzt. Der externe Eingang 1 (Ext. 1) startet die Zeitmessung bei einer steigenden Signalfanke, während der externe Eingang 2 (Ext. 2) die Zeitmessung bei einer fallenden Signalfanke wieder stoppt.

Selbstverständlich bleiben die Funktionen der Taster an der Frontseite uneingeschränkt von dem gewählten Betriebsmodus erhalten. Zum Anschließen von externen Steuerquellen an die zusätzlichen Eingänge sind steckbare Schraubklemmen vorhanden. An diese kann man im Vorfeld bequem die Leitungen der Steuerquellen anschrauben, die Schraubklemmen sind dann nur noch an die LSU 100 anzustecken.

Wichtig!

Beim Anschluss der externen Steuerquellen ist Folgendes zu beachten: An die mit den Ziffern 1 und 2 gekennzeichneten Schraubklemmen sind nur potentialfreie Taster anzuschließen. Sollen Steuerspannungen, z. B. von einer Lichtschranke genutzt werden, müssen diese Signale über die Schraubklemmen mit den Ziffern 3 und 4 der LSU 100 zugeführt werden.

Loggen von Zeiten

Mit der beiliegenden PC-Software ist es möglich, gemessene Zeiten auf einem PC mitzuloggen. Die Zeiten werden als CVS-Datei gespeichert.

So ist es später möglich, die Zeiten in einer Tabellenkalkulation grafisch darzustellen oder sie weiterzubearbeiten.

Die für den Betrieb notwendigen Gerätetreiber werden automatisch bei der Softwareinstallation mitinstalliert.

Nach der erfolgreichen Installation der Software kann man die LSU 100 an einen freien USB-Port des Computers anschließen und die Software dann starten.

Schaltungsbeschreibung

Kommen wir nun zur Schaltungsbeschreibung der Stoppuhr, Abbildung 1 zeigt die Schaltung.

Die Spannungsversorgung der LSU 100 erfolgt über ein externes Netzteil, welches an den DC-Versorgungsanschluss BU 2 angeschlossen wird. Die Sicherung SI 1 dient im Falle eines Kurzschlusses im Gerät dem Schutz des Netzteils. Mit der Diode D 1 ist der Verpolungsschutz realisiert. Der Spannungsregler IC 8 von Typ MC7805 erzeugt aus der anliegenden Eingangsspannung die Betriebsspannung von +5 V. Der Mikrocontroller IC 5, die beiden Schieberegister IC 1 und IC 2 sowie der Schmitt-Trigger-Baustein IC 6 vom Typ 74HCT14 werden mit dieser Spannung betrieben. Die Kondensatoren C 17 bis C 24 glätten die Betriebsspannung bzw. blocken eventuelle Störspannungen.

Der Mikrocontroller IC 5 übernimmt die Steuerung der LSU 100. Der hier eingesetzte Controller ist ein ATmega88 der Firma Atmel, der mit 16 MHz getaktet wird. Für die Kommunikation zwischen dem Mikrocontroller und dem angeschlossenen PC dient ein USB-UART-Wandler (IC 7). 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 V arbeitet, sind am Datenausgang „TxD“ zwei investierende Schmitt-Trigger von Typ 74HCT14 in Reihe angeschlossen. Sie sorgen für eine Anhebung des Signalpegels auf 5 V. Die Kondensatoren C 14 bis C 16 werden zur Entstörung und Stabilisierung genutzt, als Reset-Schaltung wird hier nur der Widerstand R 48 benötigt.

Über die Port-Pins PB 2 bis PB 5 fragt der Controller die Tasten TA 1 bis TA 4 ab. Die parallel liegenden Kondensatoren C 9 bis C 12 unterdrücken dabei eventuelle Störungen.

Externe Steuerquellen sind über die Buchsen BU 3 und BU 4 anzuschließen. Taster sind dabei an die Klemmen mit den Ziffern 1 und 2 anzuschließen. Durch die Betätigung der externen Taster wird über den Schutzwiderstand R 40 bzw. R 42 das Spannungspotential an den Controllereingängen PD 2 oder PD 3 auf Masse gelegt.

An die Klemmen mit den Ziffern 3 und 4 werden die Steuerspannungen von externen Steuerquellen angeschlossen. Der durch eine an diesen Klemmen angelegte Spannung erzeugte Stromfluss wird durch die Widerstände R 39 und R 49 bzw. R 41 und R 50 begrenzt und lässt den Ausgang des jeweiligen Optokopplers (IC 9 bzw. IC 10) durchschalten. Die Optokoppler werden für die notwendige galvanische Trennung benötigt. Durch den am Eingang parallel liegenden Widerstand R 51 bzw. R 52 wird ein definierter Signalzustand selbst bei offenen Eingängen erzeugt.

Widmen wir uns nun der Anzeige. Die Zeitdarstellung erfolgt über die neun 7-Segment-Anzeigen DI 1 bis DI 9 und die sechs einzelnen Leuchtdioden D 2 bis D 7 im Multiplexbetrieb. Über die Transistoren T 1 bis T 10 ist die Spannungsversorgung der Anzeigen bzw. der LEDs steuerbar. Diese Steuerung übernimmt der Mikrocontroller IC 5 mittels der Steuerleitungen A bis E. Um die einzelnen Segmente bzw. die LEDs zum Leuchten zu bringen, fehlt aber noch der Massebezug der einzelnen Katoden. Dieser wird mit den Treiberbausteinen IC 3 und IC 4 und den zwei zusätzlichen Tran-

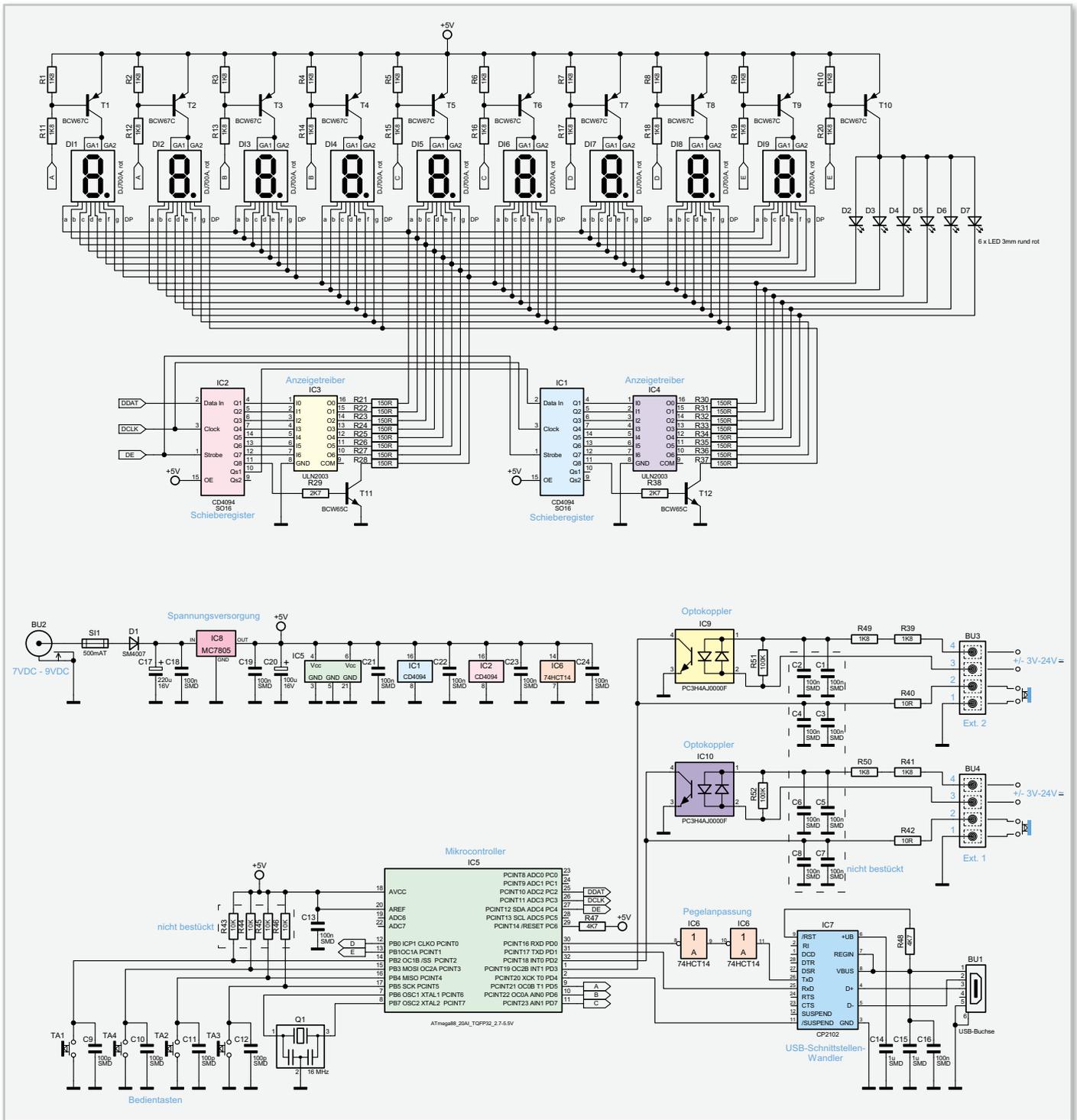


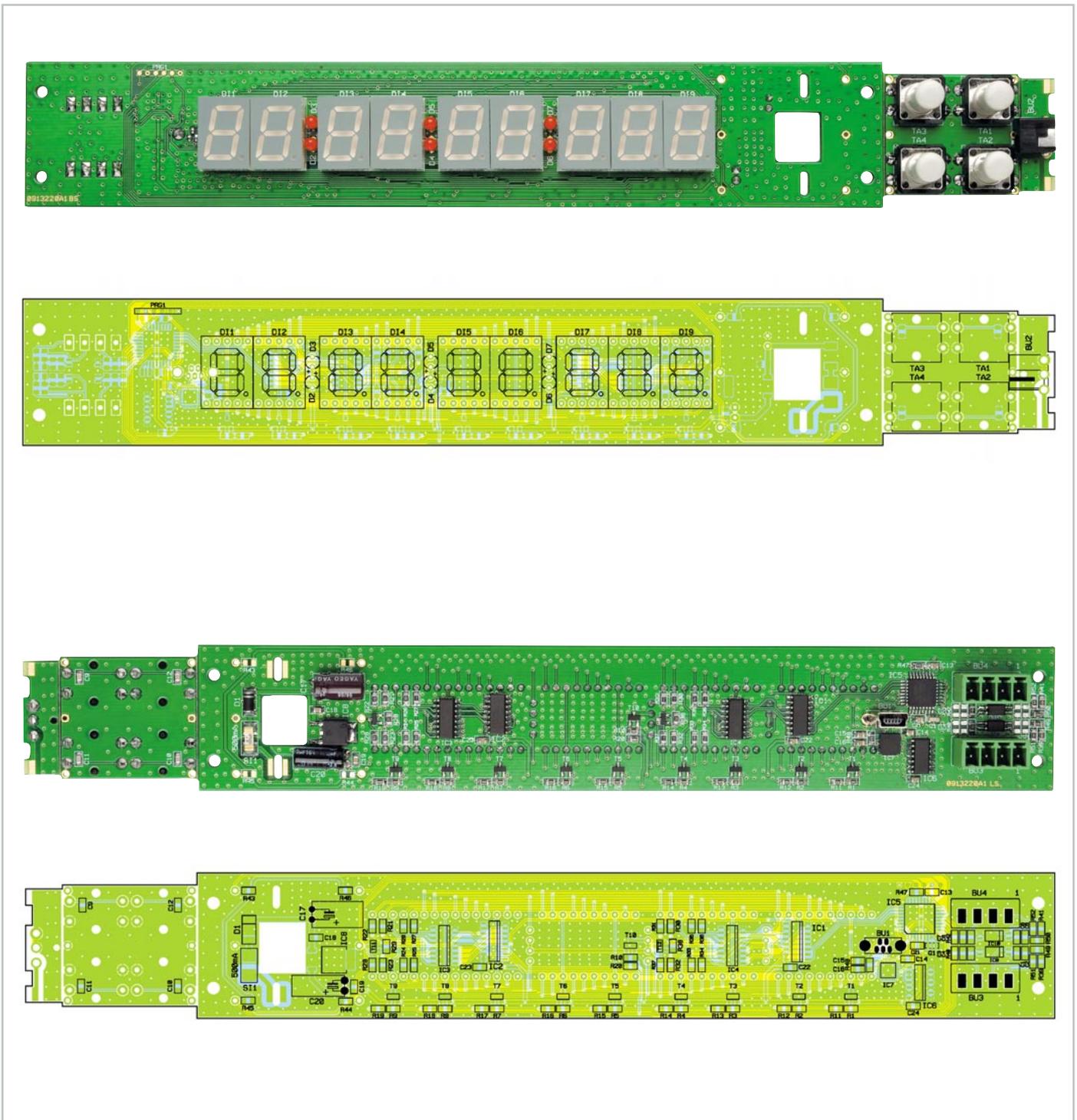
Bild 1: Das Schaltbild der LED-Stoppuhr LSU 100

sistoren T 11 und T 12 verwirklicht. Die Ansteuerung dieser Anzeigentreiber erfolgt über die beiden Schieberegister IC 1 und IC 2 vom Typ CD4094, die über drei Datenleitungen mit dem Controller verbunden sind.

Nachbau

Nach der Schaltungsbeschreibung kommen wir nun zum Nachbau der LSU 100. Der Aufbau besteht aus drei Platinenstücken, der Basisplatine, der Spannungsversorgungsplatine und der Tasterplatine. Alle Platinenteile sind im Lieferzustand miteinander verbunden und verfügen über einfach

abknickbare Sollbruchstellen zum Trennen der Platinen. Vor der Bestückung sind die drei Platinteile zu trennen. Durch die Vorbestückung der SMD-Bauteile beschränkt sich der Nachbau auf die korrekte Platzierung und das Verlöten der bedrahteten Bauelemente bzw. Platinenteile. Dennoch ist die Bestückung wie üblich auf Bestückungsfehler, Lötzinnbrücken und vergessene Lötstellen zu prüfen. Die Bestückung der restlichen Bauelemente erfolgt in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplans, der Stückliste und unter Zuhilfenahme der Platinenfotos. Als Erstes sind auf der Basisplatine die beiden Elektrolytkondensatoren C 17 und C 20 polrichtig und liegend zu bestücken. Danach können die USB-Buchse BU 1 sowie die



Die fertig bestückten Platinen mit Bestückungsdruck: oben von der Oberseite, unten von der Unterseite

Buchsen BU 3 und BU 4 eingesetzt werden. Die beiden Elkos und die drei Buchsen sind von der Lötseite zu bestücken und auf der Bestückungsseite zu verlöten.

Im nächsten Schritt sind die Stiftleisten für die 7-Segment-Anzeigen und die sechs LEDs anzulöten. Auch bei den LEDs ist auf den polrichtigen Einbau zu achten. Als Hilfe dient der längere Anschluss der LED, der die Anode (+) darstellt. Die richtige Einbaulage der 7-Segment-Anzeigen ergibt sich aus der Lage des Dezimalpunkts rechts unten.

Ebenso sollte der Abstand zwischen der Platine und der Spitze des Diodenkörpers 12 mm betragen. Nach dem Einsetzen der 7-Segment-Anzeigen in die Stiftleisten sind alle Bauteile der Basisplatine bestückt.

Anschließend ist die DC-Versorgungsbuchse BU 2 auf die Spannungsversorgungsplatine zu löten. Die Spannungsversorgungsplatine wird nun von der Lötseite der Basisplatine in die vorgesehenen Öffnungen eingesetzt und mit reichlich Lötzinn angelötet. Dabei ist auf die rechtwinklige Lage der beiden Platinen zu achten (Abbildung 2).

Auf der Tasterplatine sind die vier Taster TA 1 bis TA 4 anzulöten und mit den Tasterkappen zu versehen. Die Tasterplatine wird mit den sechs einzelnen Stiftleistenelementen an die Basisplatine gelötet. Damit sind alle Bauelemente und Platinenteile bestückt.

Nun erfolgt der Einbau in das Aluminiumgehäuse der LSU 100. Dazu sind zuerst die vier Senkkopfschrauben

Stückliste: LED-Stoppuhr LSU 100

Widerstände:

10 Ω /SMD/0805	R40, R42
150 Ω /SMD/0805	R21–R28, R30–R37
1,8 k Ω /SMD/0805	R1–R20, R39, R41, R49, R50
2,7 k Ω /SMD/0805	R29, R38
4,7 k Ω /SMD/0805	R47, R48
100 k Ω /SMD/0805	R51, R52

Kondensatoren:

100 pF/SMD/0805	C9–C12
100 nF/SMD/0805	C1–C8, C13, C16, C18, C19, C21–C24
1 μ F/SMD/0805	C14, C15
100 μ F/16 V	C20
220 μ F/16 V	C17

Halbleiter:

CD4094/SMD	IC1, IC2
ULN2003/SMD	IC3, IC4
ELV08815/SMD/Hauptcontroller	IC5
74HCT14/SMD	IC6
ELV08816/SMD/USB-Controller	IC7
MC7805CDT/SMD	IC8
PC3H4AJ0000F/SMD	IC9, IC10
BCW67C/SMD	T1–T10
BCW65C/SMD	T11, T12

SM4007/SMD	D1
LED, 3 mm, Rot	D2–D7
DJ700A, Rot	D11–D19

Sonstiges:

Keramikschwinger, 16 MHz, SMD	Q1
USB-B-Buchse mini, 5-polig, print, stehend	BU1
Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print	BU2
Mini-Buchsenleiste, 3,81 mm, 4-polig, stehend	BU3, BU4
2 Steckerteile mit Schraubklemmen, 3,81 mm, 4-polig	BU3, BU4
Mini-Drucktaster, B3F-4050, 1 x ein	TA1–TA4
Tastkappe, 10 mm, Grau	TA1–TA4
Sicherung, 500 mA, träge, SMD	SI1
6 Stiftleisten, 1 x 1-polig, gerade, print	
6 IC-Buchsenleisten, 1 x 10-polig	
2 IC-Buchsenleisten, 1 x 15-polig	
4 Senkkopfschrauben, M2 x 14 mm, Kreuzschlitz	
4 EJOT-Schrauben, 2,5 x 12 mm	
4 Muttern, M2	
4 Fächerscheiben, M2	
4 Distanzrollen, M2 x 8 mm	
1 Gehäuse, komplett, bearbeitet und bedruckt	
1 USB-Kabel (Typ A auf Typ B mini), 2 m, Schwarz	
1 CD LSU100-Software	

M2 x 14 mm durch die Schraubenlöcher auf der Rückseite des Gehäuses einzusetzen. Danach ist die Rückseite des Gehäuses mit den vier eingesetzten Schrauben auf eine ebene Fläche zu stellen. So kann man nun von oben in das Gehäuse auf die vier Schrauben schauen. Jetzt sind die vier 8-mm-Distanzrollen auf die Schrauben zu setzen und im Anschluss die Platine auf die Distanzrollen aufzusetzen. Mit den beiliegenden Scheiben und Muttern wird die Platine nur leicht befestigt, da zunächst ein prüfender Blick auf die Rückseite des Gehäuses klären muss, ob alle Buchsen passgenau in den vorgesehenen Öffnungen liegen. Liegen die Buchsen passgenau in den Öffnungen, können die Schrauben fest angezogen werden. Nach dieser Kontrolle ist die Frontblende

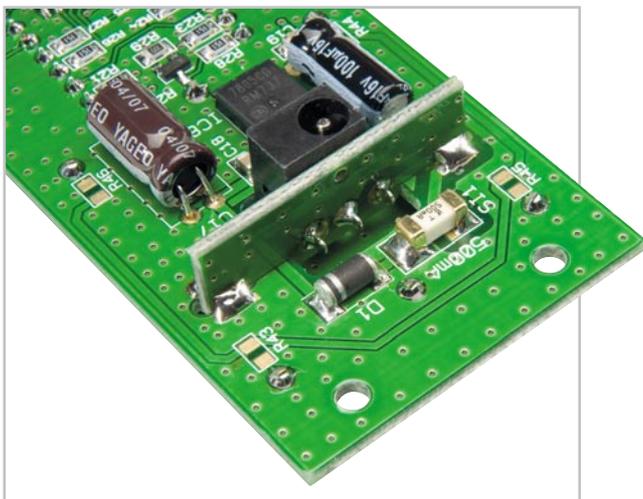


Bild 2: Ansicht der montierten Spannungsversorgungsplatine

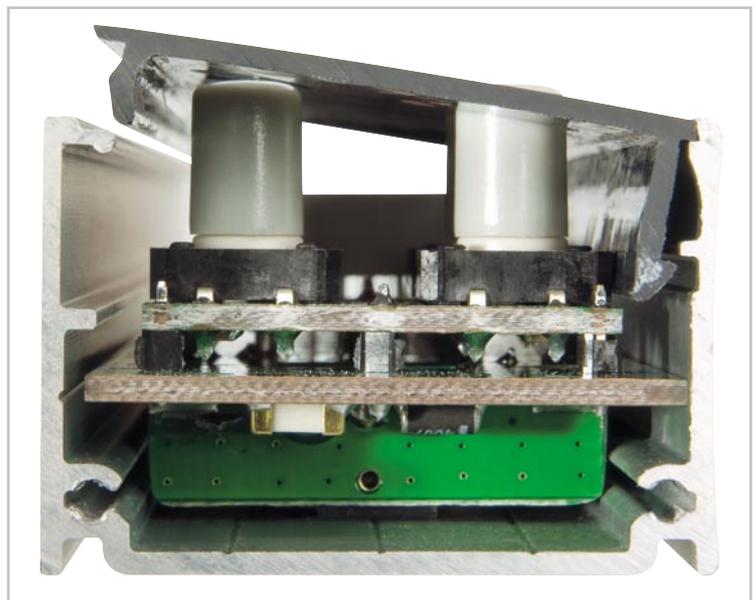


Bild 3: So erfolgt das Einsetzen der Frontblende

an der Reihe. Da die rote Filterscheibe schon montiert ist, kann die Frontblende sofort eingesetzt werden. Am einfachsten geht dies, wenn zuerst der obere Rand der Frontblende auf die kleine Metalllippe des Gehäuses gelegt und dann der untere Rand mit leichtem Druck eingesetzt wird (siehe Abbildung 3). Jetzt sind die beiden Standfüße mit den vier EJOT-Schrauben (2,5 x 12) an das Gehäuse zu montieren. Zu guter Letzt sind noch die vier selbstklebenden Gehäusefüße unter die Standfüße zu kleben. Damit ist der Nachbau komplett fertiggestellt und die Inbetriebnahme kann erfolgen. **ELV**