



Durchflussmessgerät DFM 100

Durchflussmengenmessungen sind nicht nur auf die Wasseruhr oder die Heizöllieferung beschränkt, sie sind in vielen weiteren Anwendungsbereichen notwendig. Dafür sind verschiedene Arten und Ausführungen von Durchflussmessern erhältlich, die Impulse proportional zur Durchflussmenge ausgeben. Unser Schaltungsvorschlag ermöglicht die intelligente Zählung dieser Impulse und die Ausgabe des Ergebnisses in der gewünschten Maßeinheit auf einer großen, 4-stelligen LED-Anzeige. Daneben ist ein Schaltausgang verfügbar, der z. B. ein Magnetventil nach Erreichen einer definierbaren Menge abschaltet. So ist das Durchflussmessgerät auch für genaue Dosierungen einsetzbar.

Tröpfchen für Tröpfchen

Die Messung einer Durchflussmenge beginnt stets mit der Umwandlung der analogen (mechanischen) Größe in eine elektrische Größe.

Für geringe Durchflussmengen bis zu wenigen Kubikzentimetern ist die Tropfenzählung die geeignete und wohl genaueste Erfassungsmethode. Hierbei wird die zu messende Flüssigkeit Tropfen für Tropfen durch eine Lichtschranke geleitet und die einzelnen Tropfen werden gezählt. Abhängig von der Viskosität der jeweiligen Flüssigkeit entspricht ein Tropfen immer einem bestimmten Volumen. Diese Methode ist z. B. in der Medizin zur Dosierung von Medikamenten oder aber im Chemielabor weit verbreitet.

Für größere Durchflussmengen ist diese Methode natürlich ungeeignet, hier setzt man aufgrund der höheren zu fördernden Mengen meist das Prinzip eines Schaufelrades ein. Dabei wird die Flüssigkeit durch eine Düse auf ein Schaufelrad geleitet, so dass die Drehgeschwindigkeit des Rades

stets proportional zur Durchflussmenge ist.

Die Erzeugung des elektrischen Impulses zur Auswertung der Umdrehungszahl kann bei geringeren Anforderungen an die Dichtigkeit durch einen Kontakt, der sich auf der Welle des Schaufelrades befindet, erfolgen. Bei vielen Sensoren jedoch (z. B. den meisten Kraftstoff-Durchflussmessern in Fahrzeugen) ist die Welle des Schaufelrades nicht nach außen geführt, sondern auf dem Schaufelrad sind kleine Magneten angebracht. Bei einer Drehbewegung ergibt sich dann an der Außenseite des Aufnehmers ein magnetisches Wechselfeld, das durch eine in den Geber meist integrierte Elektronik in digitale Takte umgewandelt wird. So steht dem Anwender ein genügend steilflankiges Taktsignal zur Verfügung, das entsprechenden Auswerteeinheiten zugeleitet wird.

Die Hersteller geben für die Sensoren jeweils eine

minimale und maximale Durchflussmenge pro Zeiteinheit an. Das bedeutet für einen Sensor mit einer Durchflussmenge von 0,06 bis 0,6 Liter/Minute, dass er in diesem Bereich weitgehend linear arbeitet. Größere Durchflussmengen führen zu Nichtlinearitäten und können den Sensor sogar durch mechanische Gewalt zerstören. Zu geringe Durchflussmengen hingegen reichen aufgrund des sehr kleinen mechanischen Moments nicht aus, um die Anfangsreibung des Schaufelrades zu

Tabelle 1: Technische Daten Durchflussmesser

Typ:	FKSC	FK
Nennweite:	1,2 mm	5,6 mm
Schlauchinnendurchmesser:	6 mm	9 mm
Impulse/Liter:	1880	250
Min. Durchfluss:	0,06 Liter/Min.	0,32 Liter/Min.
Max. Durchfluss:	0,6 Liter/Min.	8,50 Liter/Min.
Druck:	-1 bis 0,3 Bar	bis 30 Bar
Ub:	4,5 bis 24Vdc	4,5 bis 24Vdc
Messgenauigkeit:	2%	2%
Temperatur:	-40 bis +65°C	-40 bis +65°C
Abmessungen:	56,5 x 41 x 43 mm	64 x 37 47 mm

Tabelle 2: Technische Daten

Betriebsspannung:	9 - 15V/DC
Stromaufnahme:	200 mA
Impulszahl:	50 - 3000 Imp./Liter
Eingangsfrequenz:	0 - 100 Hz
Gesamtmenge:	0,1 ml - 9999 l
Durchlaufzeit:	1 s - 99 h, 59 m

überwinden, sodass das Rad nicht in Drehung versetzt werden kann.

Daran ist leicht ersichtlich, dass man den Durchflusssensor für eine bestimmte Anwendung zuvor genau aussuchen muss, um diesen auch exakt im linearen Bereich zu betreiben. Dazu muss der Sensor noch auf die Eigenschaften der zu messenden Flüssigkeit abgestimmt sein. Hier sind z. B. die chemischen Eigenschaften (Säure, usw.), sowie die Viskosität der Flüssigkeiten zu berücksichtigen. In Tabelle 1 sind die technischen Daten einiger Durchflusssensoren aufgeführt, die bei ELV erhältlich sind. Die Industrie hält Durchflussmesser für nahezu alle denkbaren Anwendungen und Durchflussmengen bereit.

Intelligent messen

Will man die Durchflussmengen erfassen, so ist zunächst eine Zählung der Ausgangsimpulse erforderlich. Diese jedoch allein reichen nicht, schließlich will man auf einer Anzeige genaue Mengenangaben und keine Impulsanzahl ablesen. Deshalb muss eine Auswertelektronik je nach Anforderung die Impulse in eine gängige Messgröße, z. B. ml oder l umsetzen. Genau dieser Aufgabe wird zunächst unser Durchflussmessgerät gerecht. Es kann aber noch mehr als die reine Durchflussmenge auf einer vierstelligen 7-Segment-Anzeige anzeigen. Alternativ kann eine zeitbezogene Anzeige in verschiedenen Anzeigevarianten erfolgen. So ist sowohl die Gesamtzeit erfassbar, in der überhaupt ein Durchfluss erfolgte, als auch eine Durchflussmenge je Zeiteinheit (ml/h, ml/min oder ml/s).

Daneben ist das Durchflussmessgerät auch zur Steuerung von Flüssigkeitsmengen einsetzbar, denn es ermöglicht eine Mengenvorwahl. Ist die definierte Menge durchgeflossen, wird ein während des Durchlaufs aktivierter Schaltausgang abgeschaltet, der z. B. über ein Relais ein Magnetventil oder ähnliche Sperrvorrichtungen ansteuern kann.

Und natürlich ist das intelligente Erfassungsgerät auf den Typ des angeschlossenen Durchflussmessers kalibrierbar, dies kann im weiten Bereich zwischen 50 und 3000 Impulse/Liter erfolgen.

Das auf zwei Platinen aufgebaute, kompakte Modul, das mit einer passenden Frontplatte geliefert wird, kann wahlweise in ein eigenes Gehäuse eingebaut oder z. B. in

das Bedienpanel einer Pumpeinrichtung integriert werden.

Es benötigt zum Betrieb eine externe Gleichspannung (unstabilisiert) zwischen 9 und 15 V bei einer Stromaufnahme von ca. 200 mA.

Bedienung und Funktion

Die technischen Daten des Durchflussmessgerätes sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Spannungsversorgung erfolgt über ein Steckernetzgerät, das man per 3,5-mm-Klinkenstecker an BU1 anschließt. Alle Einstellungen sowie die bisherige Gesamtmenge seit der letzten Speicherlöschung sind in einem EEPROM abgelegt und bleiben beim Abschalten der Betriebsspannung erhalten.

Direkt nach dem Anlegen der Betriebsspannung führt die Schaltung einen Segmenttest durch, bei dem alle Segmente und LEDs für ca. 2 s aufleuchten.

Wird während dieser Zeit die Taste „Reset“ betätigt und diese bis zum Beenden des Segmenttests gedrückt gehalten, so erfolgt ein Löschen aller gespeicherten Einstellungen.

Im Grundzustand zeigt das Gerät die Gesamtmenge an, wobei die Anzeige „ml“ oder „l“ aktiv ist. Zusätzlich kann die Anzeige „Schaltausgang“ leuchten, die signalisiert, dass die eingestellte Durchflussmenge noch nicht erreicht und der Schaltausgang aktiv ist. Mit der Taste „Reset“ kann man die Gesamtmenge zurücksetzen.

Durch eine kurze Betätigung der Taste „Funktion“ wechselt das Display zur Zeitanzeige. In dieser Betriebsart erfolgt eine Zeitzählung, solange Impulse vom Durchflusssensor kommen. Liefert der Sensor Impulse, so blinken die Dezimalpunkte im Sekundentakt. Fließt keine Flüssigkeit durch den Sensor, so leuchten die Dezimalpunkte dauerhaft und die Zeitmessung stoppt.

Bei Zeiten bis 60 min werden diese mit einer Auflösung von einer Sekunde angezeigt. Dies wird durch die Anzeige „Sek“ und den zusätzlichen Dezimalpunkt hinter der rechten Stelle der Digitalanzeige signalisiert. Die linken 2 Stellen zeigen die Zeit in Minuten, die Sekunden werden auf den rechten 2 Stellen dargestellt.

Wird die Laufzeit von 60 Minuten überschritten, so wechseln die Minuten auf die rechten beiden Stellen und auf den linken 2 Stellen kommen die Stunden zur Anzeige. Dabei leuchtet die LED „Min“, und der Dezimalpunkt der rechten Anzeigestelle erlischt.

Durch eine weitere Betätigung der Taste „Funktion“ wechselt die Anzeige zur aktuellen Durchflussmenge pro Zeit. Es wird die aktuelle Durchflussmenge pro Zeiteinheit angezeigt, wobei die LED „ml“ zu-

sammen mit einer der LEDs „Std.“, „Min.“ oder „Sek.“ leuchtet. Mit der Taste „+“ kann man zwischen ml/Std., ml/Min. oder ml/Sek. wählen.

Ein weiteres Betätigen der Taste „Funktion“ wechselt zurück zur Anzeige der Gesamtmenge.

Wird die Taste „Funktion“ für ca. 3 s gedrückt, so gelangt man zu den Einstellungen des Gerätes.

Im ersten Stritt stellt man die Grenzmenge ein, bis zu der der Schaltausgang aktiv bleiben soll. Es blinkt zuerst die Anzeige „ml“ oder „l“. Mit der Taste „+“ sind die Einheit und die Position der Dezimalpunkte auf der Anzeige auswählbar. Nach einem Betätigen der Taste „←“ beginnt die rechte Stelle des Displays zu blinken. Jetzt ist mit der Taste „+“ der gewünschte Einwert einzustellen. Gleichermaßen geht man bei den anderen Stellen vor („←“ drücken, Stelle blinkt, mit „+“ Wert einstellen). Mit der Taste „Reset“ kann man die Anzeige jederzeit auf 0000 zurücksetzen. Die Eingabe wird durch einen langen Druck der Taste „Funktion“ beendet.

Wird die Taste „Funktion“ hingegen nur kurz gedrückt, so gelangt man zur Konfiguration des Durchflussmessers (Anzeige „Imp./l“ leuchtet). Hier erfolgt die Vorgabe der Impulse pro Liter nach Herstellerangabe des Gebers. Die Einstellung kann im Bereich von 50 bis 3000 erfolgen. Sie wird in gleicher Weise, wie bei der Einstellung der Grenzmenge beschrieben, mit den Tasten „←“ und „+“ vorgenommen.

Mit einem weiteren kurzen Druck auf die Taste „Funktion“ wechselt man zur automatischen Einmessung des Durchflussmessers (Anzeige „1000 ml“). Der Abgleich der Impulse pro Liter muss jetzt mit einer Referenzmenge von 1000 ml erfolgen. Mit der Taste „←“ kann man jedoch zwischen einer Referenzmenge von 1000 ml und 100 ml wechseln.

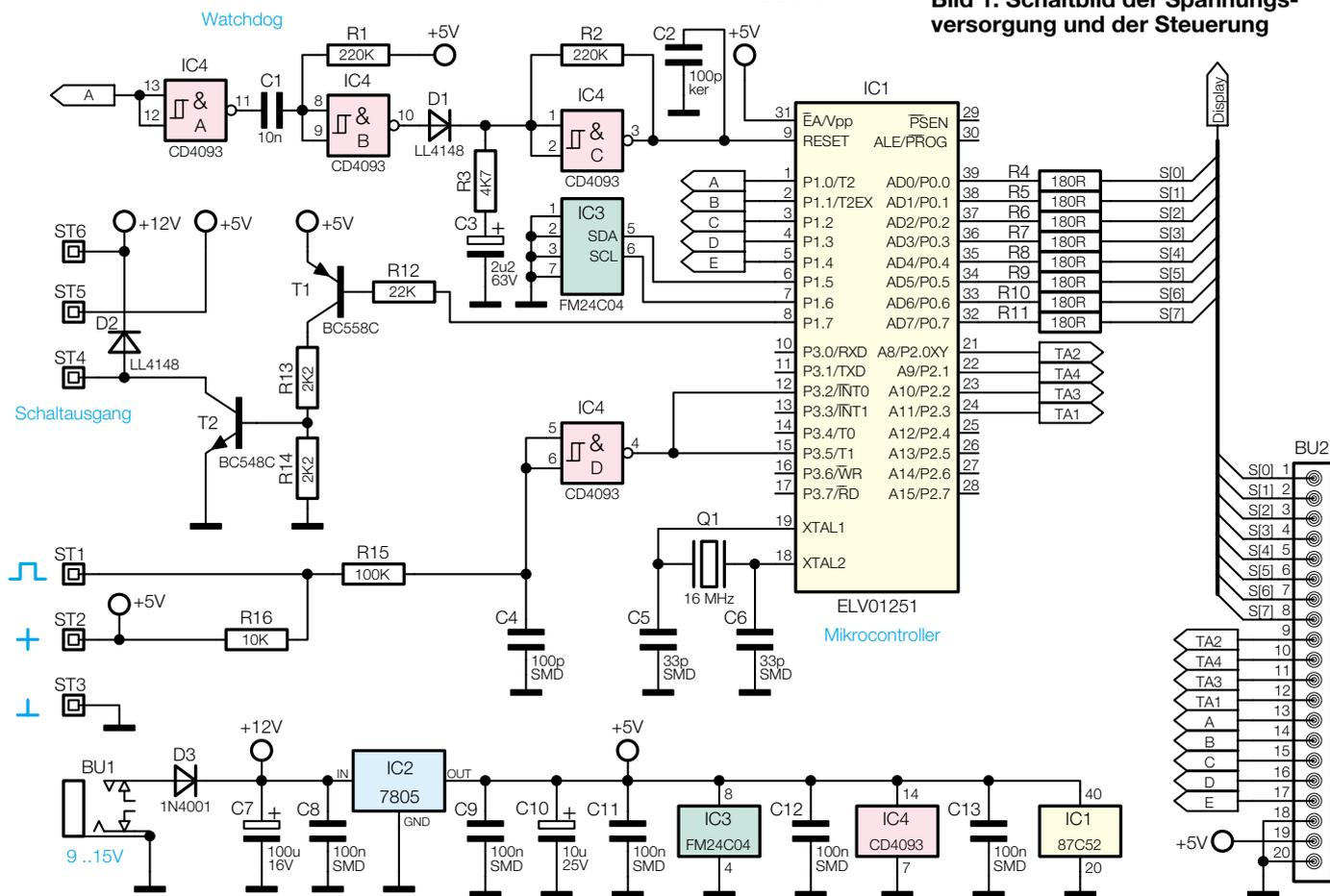
Der Start des Messvorgangs erfolgt über die Taste „Reset“, wobei die Anzeige auf 0000 wechselt. Dann ist die genau abgemessene Referenzmenge durch den Durchflussmesser zu leiten. Dabei erfolgt eine Zählung und Anzeige der eingehenden Impulse. Ist die Referenzmenge durchgelaufen, so ist die Taste „+“ zu drücken. Daraufhin erlischt die Anzeige für 0,5 s, und anschließend wird für 2 s die errechnete Impulsanzahl pro Liter angezeigt.

Damit sind alle Einstellungen beendet. Sie werden dauerhaft im EEPROM der Schaltung gespeichert und sind nur mit der Löschroutine, wie beim Einschalten des Gerätes beschrieben, löscherbar.

Der Einstellmodus ist durch nochmaliges Betätigen der Taste „Funktion“ zu beenden.

Im laufenden Betrieb des Durchflussmessgerätes benötigt man jetzt nur noch die Tasten „Funktion“ und „+“.

Bild 1: Schaltbild der Spannungsversorgung und der Steuerung



Schaltung

Die zweiteilige Schaltung des Durchflussmessgerätes ist in Abbildung 1 und 2 dargestellt.

Die Abbildung 1 zeigt die Spannungsversorgung und die Steuerung. Die Spannungsversorgung erfolgt über die Buchse BU 1. Die Diode D3 schützt vor versehentlicher Verpolung, und der Spannungsregler IC 2 mit den zugehörigen Sieb- und Entstörkondensatoren erzeugt eine stabile Betriebsspannung von 5 V für die Schaltung. Der 12-V-Spannungsabzweig dient dem möglichen Anschluss eines 12-V-Relais am Schaltausgang (ST 6).

Herzstück der Schaltung ist der Mikrocontroller IC 1 (ELV 01251). Hierbei handelt es sich um einen bereits programmiert ausgelieferten Controller vom Typ 87C52, der intern über Programm- und Datenspeicher verfügt. Die externen Komponenten Q 1, C 5 und C 6 bilden die Oszillatorbeschaltung und bestimmen die Rechengeschwindigkeit des Controllers.

Um den Controller nach einem Absturz, z. B. durch Einbrüche der Betriebsspannung, definiert zurückzusetzen, ist mit IC 4 ein Watchdog aufgebaut. Das Gatter IC 4 C bildet mit R 2, R 3 und C 3 einen Oszillator, der mit einer Frequenz von ca. 0,5 Hz schwingt. Dieses Signal ist auf den Reset-Eingang Pin 9 des IC 1 geschaltet

und setzt diesen bei High-Pegel zurück.

Wechselt der Reset-Pin auf Low-Pegel, beginnt der Controller sein Programm abzuwickeln. Dabei liegen an Pin 1 des IC 1 regelmäßige Impulse an. Diese werden durch das Gatter IC 4 A gepuffert und erzeugen über IC 4 B, C 1 und R 1 positive Spikes. Diese gelangen über die Diode D 1 und R 3 auf den Kondensator C 3 und halten diesen auf High-Pegel, wodurch der Oszillator (IC 4 C) nicht mehr schwingt und der Reset-Pin des IC 1 auf Low-Pegel gehalten wird. Bleiben also die regelmäßigen Impulse an Pin 1 des Controllers aufgrund eines Absturzes aus, wird der Oszillator IC 4 C gestartet und setzt den Controller zurück.

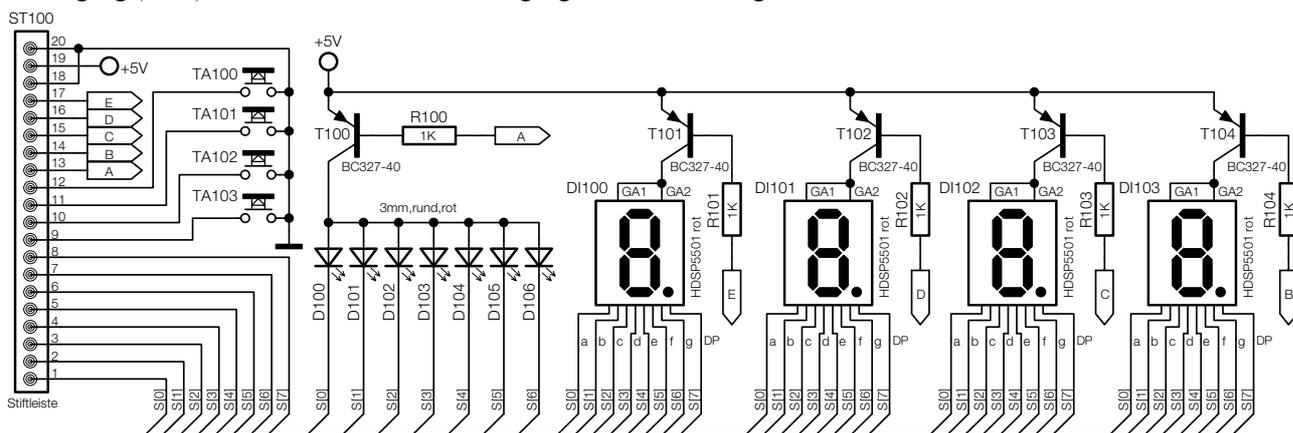


Bild 2: Schaltung der Anzeige- und Bedienplatte

Zur Speicherung der Einstellungen ist das EEPROM IC 3 vom Typ FM24C04 vorgesehen. Dieser Baustein ist über einen 2-Draht-Bus, dem I²C-Bus, mit IC 1 verbunden. Dieser liest und beschreibt den Speicherbaustein. Im Vergleich zu herkömmlichen EEPROMs handelt es sich bei dem FM24C04 um ein EEPROM mit anderer Technologie. Diese ermöglicht ein schnelleres Schreiben der Daten und vor allem ein häufigeres Beschreiben als bei Standard-EEPROMs.

Die Lötstifte ST 1 bis ST 3 dienen zum Anschluss des Durchflusssensors, der seine Betriebsspannung über ST 2 und ST 3 erhält. Der Signalausgang des Sensors ist mit ST 1 verbunden. Da dieser meist als Open-Kollektor-Ausgang ausgeführt ist, dient R16 als dazu korrespondierender Pull-Up-Widerstand. Der Widerstand R16 und der Kondensator C4 unterdrücken Störspitzen und das Gatter IC 4 D nimmt eine Signalpufferung vor, bevor das Signal dem Controller IC 1 an den Pins 12 und 15 zugeführt wird.

Der Schaltausgang ist mit den Bauteilen T 2, T 1 und R 12 bis R 14 aufgebaut. Wechselt der Pegel an Pin 8 des IC 1 auf Low-Potential, wird der Transistor T 1 durchgesteuert, der wiederum über R 13 den Transistor T 2 durchsteuert. Dieser zieht den Schaltausgang (ST 4) nach Masse. Extern kann man z. B. ein Relais zwischen ST 4 und ST 6 (12-V-Version) oder ST 4 und ST 5 (5-V-Version) anschließen,

das bei aktiviertem Schaltausgang anzieht. Die Diode D 2 verhindert Spannungsspitzen beim Abschalten des Relais.

Die Portpins Pin 1 bis Pin 5 und Pin 32 bis Pin 39 des IC 1 dienen zur Steuerung der Anzeige und sind auf die Buchsenleiste BU 2 geführt. Die Widerstände R 4 bis R 11 dienen als Vorwiderstände für die Anzeige und bestimmen deren Helligkeit.

Pin 21 bis Pin 24 des IC 1 sind ebenfalls auf BU 2 geführt und hierüber mit den Bedientasten verbunden.

Die Schaltung der Anzeigen- und Bedienplatine des Durchflussmessgerätes ist in Abbildung 2 zu sehen. Die Tasten TA 100 bis TA 104 ziehen bei Betätigung den entsprechenden Portpin des Mikrocontrollers nach Masse. Die 7-Segment-Anzeigen DI 100 bis DI 103, sowie die LEDs D 100 bis D 106 arbeiten im Multiplexbetrieb. Dadurch wird die Zahl der zur Ansteuerung benötigten Leitungen verringert.

Beim Multiplexverfahren aktiviert die Anzeigensteuerung die einzelnen Stellen der Anzeige nacheinander. Da dies mit einer Frequenz von ca. 60 Hz erfolgt, erkennt das menschliche Auge dies als gleichmäßiges Aufleuchten der Anzeigen. Die einzelnen Anzeigen und die LEDs werden jeweils über eine der Leitungen A bis E aktiviert. Wechselt eine Leitung nach Masse, so steuert der entsprechende Transistor T 100 bis T 104 durch und legt die gemeinsame Katode der LEDs auf High-Pegel.

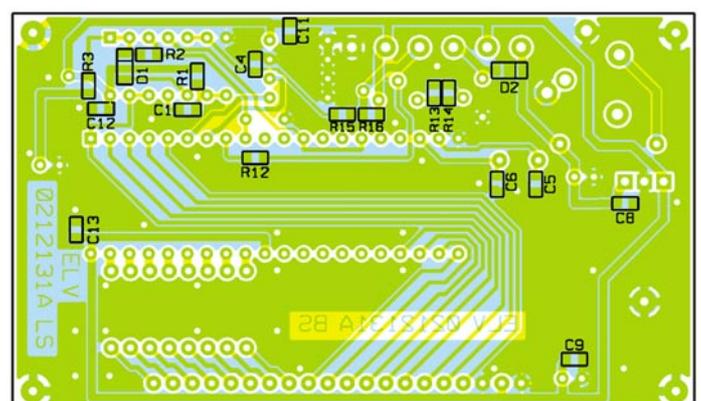
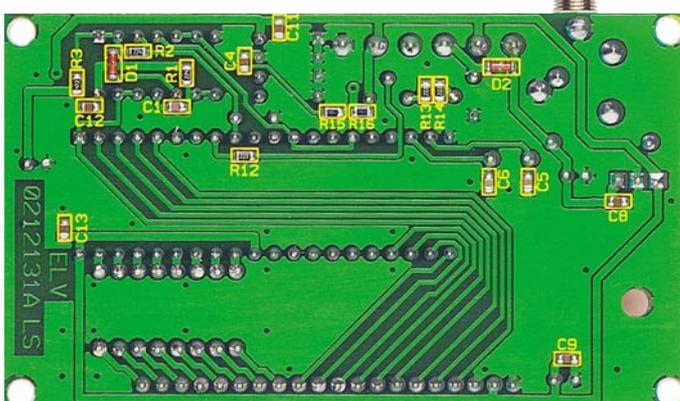
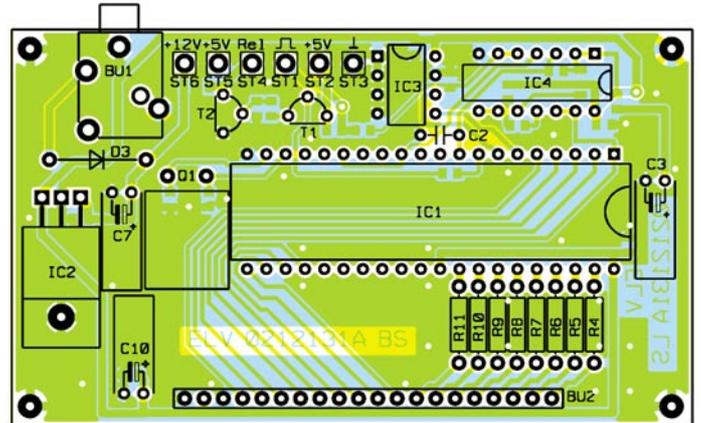
Welche LED nun aktiv ist, wird durch die Signale S(0) bis S(7) bestimmt, die der Controller jeweils auf Masse-Potential zieht. Die anderen Anzeigenstellen bleiben dabei inaktiv, da der zugehörige Transistor gesperrt ist und der Katodenanschluss quasi „in der Luft hängt“.

Damit ist die Beschreibung der aufgrund der zentralen Controllersteuerung recht unauwändigen Schaltung bereits abgeschlossen, und der Nachbau kann beginnen.

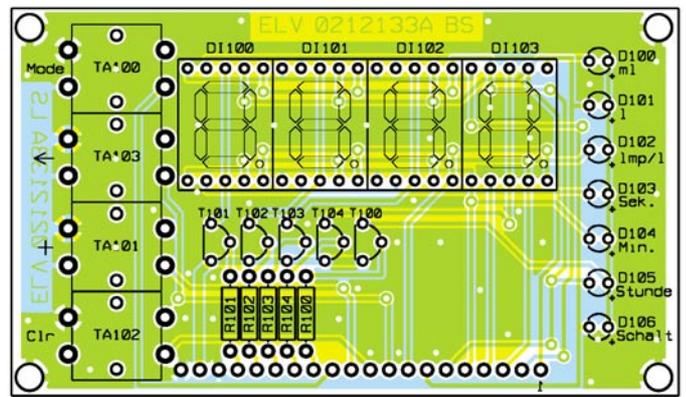
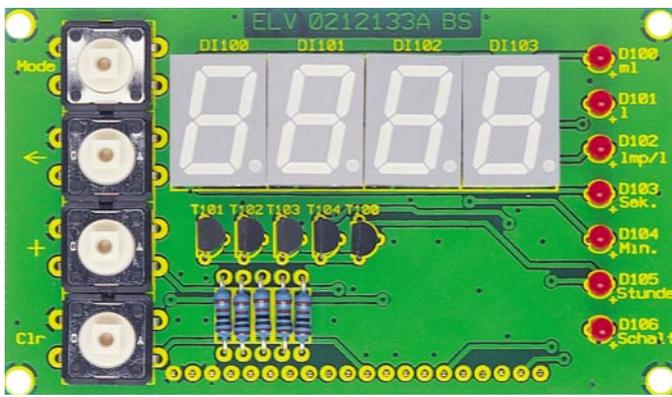
Nachbau

Das Durchflussmessgerät ist auf zwei durchkontaktierten Leiterplatten mit den Abmessungen von je 89 x 52 mm untergebracht. Die Bestückung erfolgt anhand der Stückliste und des Bestückungsdrucks in gemischter Bauweise (SMD und bedrahtet). Für das Bestücken der SMD-Bauteile sind einige Konventionen einzuhalten, zu denen ein geregelter LötKolben (ca. 8 W) mit sehr schlanker Spitze, SMD-Lötzinn, eine spitze Pinzette und penible Ordnung am Arbeitsplatz gehören. Insbesondere die (unbedruckten) Kondensatoren sollten erst unmittelbar vor dem Bestücken aus ihrer Verpackung entnommen und ggf. vor dem Einsetzen ausgemessen werden, um Verwechslungen auszuschließen.

Die Bestückung beginnt auch mit den SMD-Bauteilen auf der Unterseite der Steuerungsplatine. Dazu empfiehlt es sich,



Ansicht der fertig bestückten Steuerplatine mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite



Ansicht der fertig bestückten Anzeige- und Bedienplatine mit zugehörigem Bestückungsplan

zuerst nur ein Lötpad des SMD-Bauteils zu verlöten und danach die Position zu überprüfen, bevor das zweite Pad angelötet wird. Bei den Dioden D 1 und D 2 ist auf richtige Polung entsprechend des Bestückungsdrucks zu achten, die Dioden sind an der Katode markiert.

Danach sind die konventionellen Bauteile auf der Platinenoberseite zu bestücken, wobei zuerst die niedrigen, gefolgt von den höheren Bauteilen bestückt und verlötet werden. Dabei sind folgende spezielle Hinweise zu beachten:

Der Spannungsregler IC2 und der Quarz Q1 sind liegend zu montieren, wobei der Spannungsregler nach Abwinkeln seiner Anschlüsse um 90 Grad nach hinten (Abstand ca. 5 mm zum Bauteilkörper) zusätzlich mit einer M3x8-mm-Zylinderkopfschraube, einer Zahnscheibe und einer M3-Mutter mit der Leiterplatte zu verschrauben ist, bevor seine Anschlüsse verlötet werden. Bei allen gepolten Bauelementen wie Dioden, Transistoren, ICs und Elkos

ist auf die richtige Einbaulage zu achten. Die Diode ist an der Katode mit einem Farbring markiert, die Elkos am Minuspol. Die richtige Lage der ICs ist anhand der Markierungen im Bestückungsdruck zu erkennen, diese müssen mit den Aussparungen an Pin 1 der ICs korrespondieren. Für IC 1 wird zuerst der IC-Sockel bestückt und dann das IC in den Sockel eingesetzt. Die Einbaulage der Transistoren ergibt sich aus dem Bestückungsdruck.

Die Klinkenbuchse BU 1 sowie die Buchsenleiste BU 2 sind mit ihren Körpern plan auf die Platine aufzusetzen, um eine spätere mechanische Belastung der Lötstellen zu vermeiden.

Nachdem die Steuerungsplatine komplett bestückt ist, wenden wir uns der Anzeigeplatine zu. Hier beginnt die Bestückung mit den Widerständen, gefolgt vom (polrichtigen) Einsetzen der 7-Segment-Anzeigen (Orientierung am Dezimalpunkt der Anzeigen, dieser muss rechts unten liegen). Sie sind plan einzusetzen, sodass

sich ein gleichmäßiger Stand aller vier Anzeigen ergibt.

Die Einbaulage der Transistoren ergibt sich wieder aus dem Bestückungsdruck. Sie sind, wie die folgend zu bestückenden Leuchtdioden, so tief in die Platine einzusetzen, dass ihre Oberkante keinesfalls höher als die der 7-Segment-Anzeigen ist.

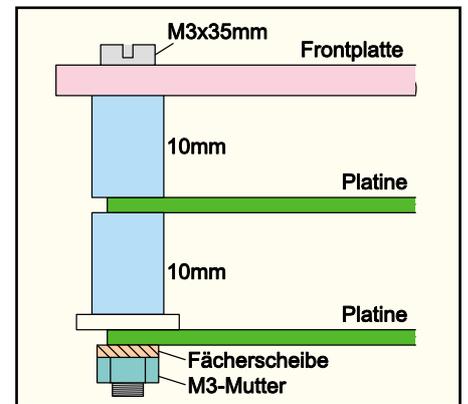


Bild 3: Montage der Leiterplatten und der Frontplatte

Die Leuchtdioden sind ebenfalls polrichtig und tief genug (siehe Transistoren) einzusetzen. Der längere Anschluss ist die Anode (+).

Die Stiftleiste ist von der Unterseite der Anzeigenplatine zu bestücken und auf der Oberseite zu verlöten. Abschließend werden die Taster mit den Tasterkappen bestückt und ebenfalls plan eingelötet.

Sind alle Komponenten bestückt, können die beiden Leiterplatten über die Stift-/Buchsenleiste zusammengesteckt werden. Die mechanische Verbindung erfolgt, wie in Abbildung 3 dargestellt, über M3x35-mm-Zylinderkopfschrauben. Die Schrauben werden von vorne durch entsprechende Bohrungen der Frontplatte gesteckt, und dann wird jeweils eine 10-mm-Abstandshülse auf die Schraube gesetzt. Der Abstand zwischen den Leiterplatten wird durch je eine 10-mm-Abstandshülse und eine 1,5-mm-Kunststoffscheibe bestimmt, die auf die Schrauben aufgeschoben werden. Die Fixierung der zusammengesteckten Konstruktion erfolgt jeweils mit einer M3-Mutter mit untergelegter Zahnscheibe.

Das fertige Modul kann z. B. in einem Gehäuse in ein Bedienpanel montiert werden.



Stückliste: Durchflussmesser DFM 100

Widerstände:

180Ω	R4-R11
1kΩ	R100-R104
2,2kΩ/SMD	R13, R14
4,7kΩ/SMD	R3
10kΩ/SMD	R16
22kΩ/SMD	R12
100kΩ/SMD	R15
220kΩ/SMD	R1, R2

Kondensatoren:

33pF/SMD	C5, C6
100pF/ker	C2
100pF/SMD	C4
10nF/SMD	C1
100nF/SMD	C8, C9, C11-C13
2,2µF/63V	C3
10µF/25V	C10
100µF/16V	C7

Halbleiter:

ELV01251	IC1
7805	IC2
FM24C04	IC3
CD4093	IC4
BC558C	T1
BC548C	T2

BC327-40	T100-T104
LL4148	D1-D2
1N4001	D3
LED, 3 mm, rot, low-current	D100-D106
7-Segment-Anzeige, HDSP5501, rot	DI100-DI103

Sonstiges:

Quarz, 16 MHz	Q1
Klinkenbuchse, print, stereo	BU1
Buchsenleiste, 1 x 20-polig	BU2
Stiftleiste, 1 x 20-polig	ST100
Mini-Drucktaster, 1 x ein	TA100-TA103
Lötstift mit Lötöse	ST1-ST6
4 Tastknöpfe, grau, 10 mm	
1 Präzisions-IC-Fassung, 40-polig	
4 Zylinderkopfschrauben, M3 x 35 mm	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8 mm	
5 Muttern, M3	
5 Fächerscheiben, M3	
8 Distanzrollen, M3 x 10 mm	
4 Polyamid-Unterlegscheibe, 1,5 x 10 mm	
1 Frontplatte, rot, bearbeitet und bedruckt	