



Schieblehrenanzeige SLA 1

Die Schieblehrenanzeige SLA 1 erfasst die Messsignale von bis zu vier elektronischen Schieblehren und zeigt diese auf einem vierzeiligen LC-Display an. Dabei können die gemessenen Werte mit anderen Werten addiert, subtrahiert und multipliziert werden. Weiterhin sind Konstanten in die Berechnungen einbeziehbar, die man über eine zusätzlich anschließbare PC-Tastatur besonders komfortabel eingeben kann. Für die Weiterverarbeitung der ermittelten Daten auf einem PC steht eine serielle Schnittstelle zur Verfügung.

Schnittstelle richtig genutzt

Schieblehren sind neben den noch genauer anzeigenden Mikrometerschrauben das klassische Messmittel der Mechanik schlechthin, erlauben sie doch genaue Außen- wie Innenmessungen sowie reproduzierbare Messungen über die präzise Feststellfunktion.

Schon seit längerer Zeit sind digital anzeigende Schieblehren Standard für Profis, in den letzten Jahren erobern diese Digital-Messgeräte zunehmend auch den Markt für Hobby-Anwender. Die meist auf ein Hundertstel Millimeter genau anzeigenden Schieblehren können hier oft bereits die klassische und aufgrund ihrer aufwändigen mechanischen Ausführung immer noch teure Mikrometerschraube ersetzen.

Nahezu alle dieser elektronischen

Schieblehren verfügen über eine Vierdraht-Schnittstelle, die sowohl den Zugriff auf die Betriebsspannung als auch auf die Messdaten ermöglicht. Der professionelle Werkzeugmacher/Dreher verfügt zur Nutzung dieser Schnittstelle oft über einen entsprechenden Schnittstellen-Anschluss an seiner NC-Einheit. Diese versorgt dann auch u. U. die Schieblehre mit Betriebsspannung, so dass kein Austausch von Batterien nötig ist. Für die Auswertung der Messdaten gibt es im professionellen Bereich auch Stand-alone-Interfaces, die allerdings meist einen direkten Anschluss an einen PC erfordern – wer hat als Hobby-Anwender den schon in der Werkstatt stehen?

Dennoch ist die Auswertung der Messdaten einer elektronischen Schieblehre auch für diesen Personenkreis interessant. Besonders Funktions-Modellbauer, aber auch alle anderen, die der Feinmechanik frö-

nen, benötigen nicht nur exakte Messergebnisse, diese müssen auch reproduzierbar sein, und mitunter sind aufwändigere Berechnungen nötig, die zusätzlich einen Taschenrechner in der Werkstatt beschäftigen. Und schließlich sind bei komplizierteren Teilen gleichzeitig mehrere Messdaten zu erfassen und auszuwerten.

Genau diesem Aufgabenbereich entspricht unsere Schieblehrenanzeige SLA 1.

Sie kann zunächst die Messwerte von bis zu vier Schieblehren erfassen und auf

Technische Daten: SLA 1

Signal-Eingänge:	4
Spannungsversorgung:	9 V _{DC}
Stromaufnahme:	max. 350 mA
PS/2-Tastaturanschluss:	max. 200 mA
Serielle Schnittstelle:	RS232
Abm. (B x H x T): ..	167 x 90 x 42 mm

einem vierzeiligen LC-Display anzeigen. Der maximal erfassbare Bereich beträgt ±999,99 mm.

Die Messwerte können untereinander und mit unterschiedlichen Konstanten verrechnet werden. Dies ist besonders für den Einsatz an einer Drehbank interessant. Die Konstanten bzw. Parameter sind für eine bequemere Eingabe über eine normale PC-Tastatur (mit 6-pol. Mini-DIN-Tastaturstecker PS/2) einbaubar. Die Tastatur wird durch die Schieblehrenanzeige mit Spannung versorgt. Besonders praktisch und platzsparend sind hier so genannte Nummern-Pads, kleine Zusatz Tastaturen, die dem Nummernblock einer normalen Tastatur entsprechen. Aber auch die gut gegen Eindringen von Staub und z. B. Spänen gekapselten Folientastaturen, die es sogar in aufrollbarer Version gibt, sind für den relativ rauen Werkstattbetrieb gut geeignet.

Wichtig für viele Berechnungen ist auch die Möglichkeit, das Schieblehrensignal mit umgekehrtem Vorzeichen anzeigen und entsprechend berechnen zu können.

Auch eine Rückstellung der Anzeige an der Schieblehre auf null ist von der SLA 1 aus ebenso möglich wie die Spannungsversorgung der Schieblehre.

Und schließlich sind die ermittelten bzw. berechneten Daten über eine serielle Schnittstelle zur weiteren Verarbeitung oder Archivierung an einen PC ausgabbar.

Wollen wir die Details zu den Möglichkeiten dieses interessanten Gerätes einmal anhand der Beschreibung der Bedienung näher betrachten.

Bedienung

Um eine komfortable Bedienung zu ermöglichen, besitzt die SLA 1 ein 4-zeiliges LC-Display. Damit ist sehr übersichtlich eine menügeführte Bedienung realisierbar. Als Bedienelemente dienen die Funktionstasten 1 bis 4, die Menü/OK- sowie die Zurück-Taste. Zum Verändern von Konstanten kommt der Drehgeber zum Einsatz.

Optional können einige Einstellungen über die bereits erwähnte PC-Tastatur verändert werden.

Mit den Tasten 1 bis 4 ist jeweils der Menüpunkt 1 bis 4 oder eine spezifische Funktion, die im Display am Ende der Zeilen angezeigt wird, auswählbar.

Mit der Menü/OK-Taste gelangt man direkt ins Menü bzw. bestätigt veränderte Werte.

Mit „Zurück“ schließlich schaltet man wieder eine Menüebene höher (ohne Speichern einer Änderung).

Nach dem Anschluss der Versorgungsspannung an SLA 1 (Steckernetzgerät, 9 Vdc) erscheint zunächst eine Information über das Gerät und die Versionsnum-

mer. Danach wird direkt in das Hauptmenü gesprungen.

Von hier aus kann man die Einstellungen vornehmen.

Auf der PC-Tastatur entsprechen die Tasten 1 bis 4 den Funktionstasten 1 bis 4. Die Enter-Taste entspricht der Taste „Menü/OK“.

Falls die Belegung in einem Menü anders ist, so wird darauf jeweils gesondert hingewiesen. Alle Änderungen werden im integrierten EEPROM gespeichert und bleiben damit auch nach einem Neustart erhalten.

Grundanzeige



1	M1	034.08	0
	K1	002.00	0
	*	068.16	0
			0

Bild 1: Beispiel für die Darstellung der Messwerte

Durch einen Druck auf die Taste „Zurück“ gelangt man in die Grundanzeige. Das erste Zeichen in jeder Zeile zeigt an, ob eine Schieblehre angeschlossen und wie deren Status ist. Ein Beispiel ist in Abbildung 1 zu sehen. Wird hier nichts angezeigt, so war seit dem Start keine Schieblehre angeschlossen. Sobald man eine Schieblehre an eine Buchse anschließt, wird die Nummer der Buchse in der zugehörigen Zeile angezeigt. Wird also eine Schieblehre an die Buchse 2 angeschlossen, dann erscheint in der ersten Spalte der zweiten Zeile eine „2“. Wird die Verbindung zur Schieblehre unterbrochen, fängt die Ziffer nach kurzer Zeit an zu blinken, bis die Schieblehre wieder angeschlossen ist. Danach folgt die Information, welcher Wert angezeigt wird. M 1 bis M 4 stehen für Messwert 1 bis 4, K 1 bis K 4 steht für Konstante 1 bis 4. Ein Stern besagt, dass der angezeigte Wert aus den Messwerten 1 bis 4 und den Konstanten 1 bis 4 berechnet wird. Danach wird der Wert mit führender Null angezeigt. Ein negativer Wert wird mit einem Minuszeichen davor gekennzeichnet.

Am Ende jeder Zeile wird die aktuelle Reaktion auf die Betätigung der vier Funktionstasten angezeigt. Hier gibt es zwei Möglichkeiten:

Bei „±“ wird das Vorzeichen des Messwertes der Schieblehre gewechselt. Es wird also nicht das Vorzeichen des angezeigten Wertes in der Zeile auf dem Display gewechselt! Bei „0“ wird die Schieblehre auf „0.00“ gesetzt.

Ein kurzer Druck auf die Zurück-Taste wechselt zwischen den beiden Modi.

Anzeige

Für jede Zeile in der Grundanzeige kann man einstellen, welcher Wert angezeigt



Bild 2: Einstellen der Anzeigewerte

werden soll. Dabei ist es gleichgültig, ob sich der Wert aus einem Messwert, einer Konstante oder aus Kombinationen aus beiden ergibt. Abbildung 2 zeigt den Ablauf zur Einstellung der Anzeigewerte.

Die Funktionstaste 1, hier mit der Funktion CLR belegt, löscht die Anzeige für diese Zeile. Es kann jetzt abwechselnd entsprechend der Anzeige ein Messwert/Konstante und ein Operator ausgewählt werden. Als Operatoren stehen „+“ und „*“ zur Verfügung, hieraus ergeben sich alle Kombinationen: Subtraktion wird durch den erwähnten Vorzeichenwechsel, Division durch Multiplizieren mit dem Reziprokwert realisiert. Wichtig ist hierbei, dass die Reihenfolge-Regel „Punkt- vor Strichrechnung“ nicht zur Anwendung kommt. Es wird also bei der Berechnung des Wertes von links nach rechts vorgegangen und jeder Schritt einzeln berechnet. Eingabe-Fehler macht man mit einem Druck auf die CLR-Taste rückgängig. Es sind maximal vier Werte miteinander kombinierbar, dies sollte für alle in Frage kommenden Anwendungen ausreichen.

Konstanten

Es können vier unabhängige Konstanten im Bereich von -999.99 bis 999.99 verarbeitet werden. Hierbei ist auch die PC-Tastatur zum Eingeben der Werte nutzbar.

Die Funktionstaste „1“ an der SLA 1 besitzt hier die Funktion „0“. Sie kann zum Zurücksetzen der Konstante auf null genutzt werden. In der Menüzeile ist die erste Stelle vor dem Komma unterstrichen. Mit den Funktionstasten „3“ und „4“ kann man diesen Unterstrich auf die gewünschte Stelle verschieben. Mit dem Drehgeber wird hier nun die Ziffer eingegeben. Dabei erfolgt in der Anzeige nach der 9 ein automatischer Überlauf zur nächsten Stelle, es genügt also durchaus die Anwahl der ersten Stelle und dann die Eingabe durch fortlaufendes Drehen des Drehgebers.

Wird die Tastatur zu Hilfe genommen, kann jederzeit eine komplette Zahl eingegeben werden, diese wird unmittelbar in die Anzeige übernommen.

Mit den Tasten „Enter“ auf der Tastatur oder „Menü/OK“ auf dem Gerät wird der eingegebene Wert bestätigt.

Vereinfachte Konstanten-Eingabe

Konstanten lassen sich auch eingeben bzw. ändern, ohne dass man hierfür über

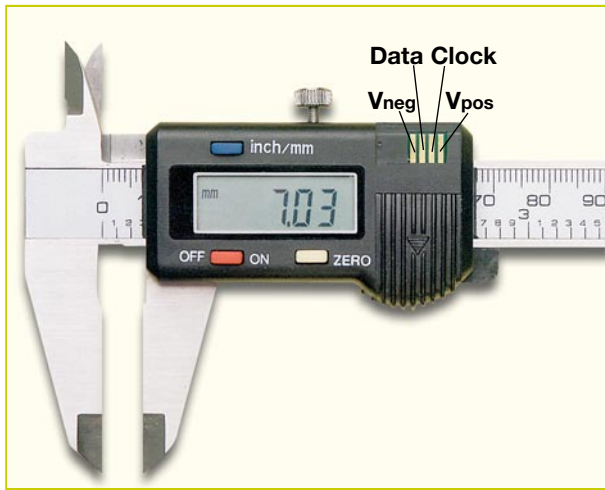


Bild 3: Typische Anschlussbelegung einer Schiebellehre

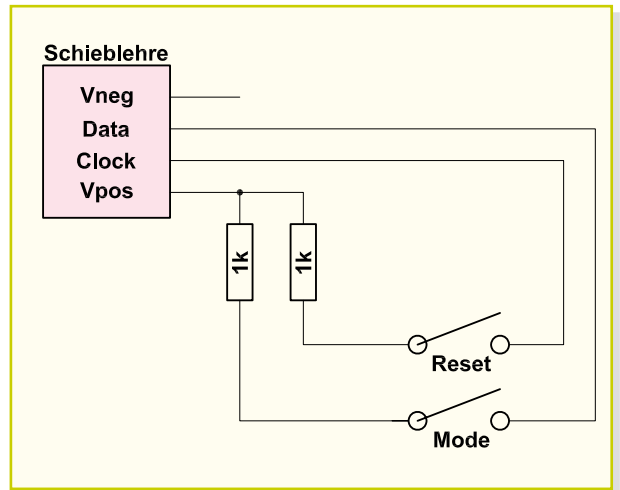


Bild 5: Beschaltungsbeispiel für die Reset- und Modumschaltung

mehrere der beschriebenen Schritte das Konstanten-Menü auswählen muss.

Befindet man sich in der Grundanzeige, so genügt ein Druck auf die „*“-Taste der Tastatur. Es wird das Menü „Konstanten“ angezeigt, wo mit den Tasten 1 bis 4 auf der Tastatur die gewünschte Konstante ausgewählt wird. Jetzt ändert man den Wert wie oben beschrieben und geht mit der Enter-Taste wieder zur Grundanzeige zurück. Will man den Wert nicht ändern, so ist wiederum die „*“-Taste zu betätigen.

RS232-Port

Um die Daten auf anderen Geräten wie etwa einer externen LED-7-Segmentanzeige (diese hat den Vorteil der guten Ablesbarkeit auch auf größere Entfernungen) oder einem PC darzustellen, können die Daten über die serielle Schnittstelle der SLA 1 ausgegeben werden. Die Baudrate der Datenübertragung ist flexibel. Es stehen im RS232-Menü die Geschwindigkeiten 9600, 19.200 oder 57.600 Bit/s zur Verfügung. Natürlich ist der Versand der Daten über dieses Menü auch sperrbar (Option „Aus“).

Schieblehren – die Technik

Die meisten digitalen Schiebellehren werden mit einer 1,5-V-Knopfzelle gespeist. Hier ist die positive Batteriespannung mit dem Gehäuse der Schiebellehre verbunden

und damit Schaltungsmasse.

Viele Schiebellehren werden mit einem Datenausgang mit vier Anschlüssen ausgeliefert, diese sind für den Anschluss der SLA 1 einsetzbar. In Abbildung 3 ist die typische Belegung eines solchen Anschlusses zu sehen. Da bei den meisten (der von uns getesteten) Schiebellehren keine Anschlussbuchse vorhanden ist, muss man hier die Leitungen zur SLA 1 direkt auf die Leiterbahnen löten oder einen an die Maße der jeweiligen Schnittstelle angepassten Stecker selbst bauen. Dazu eignet sich am besten ein Stück Leiterplattenmaterial mit in entsprechenden Abständen aufgelöteten schmalen Federkontakten. Dieser Stecker wird dann unter den meist vorhandenen „Käfig“ geschoben und hat so einen guten Halt. Für die Schiebellehre Bestell-Nr. 58449 aus dem ELV-Angebot gehört ein passendes Adapterkabel zum Lieferumfang der Schiebellehrenanzeige.

Signalpegel

An den Anschlüssen der Schiebellehren wird neben der Batteriespannung auch eine Clock- und eine Data-Leitung herausgeführt. Die Datenleitungen führen dabei negatives Potential, bezogen auf Masse. Der Prozessor der Schiebellehre gibt über diese Leitungen den aktuellen Messwert in festen Intervallen aus. Es werden zwei Messwerte übertragen, zum einen ein absoluter Messwert und zum anderen der aktuell angezeigte Messwert. In Abbildung 4

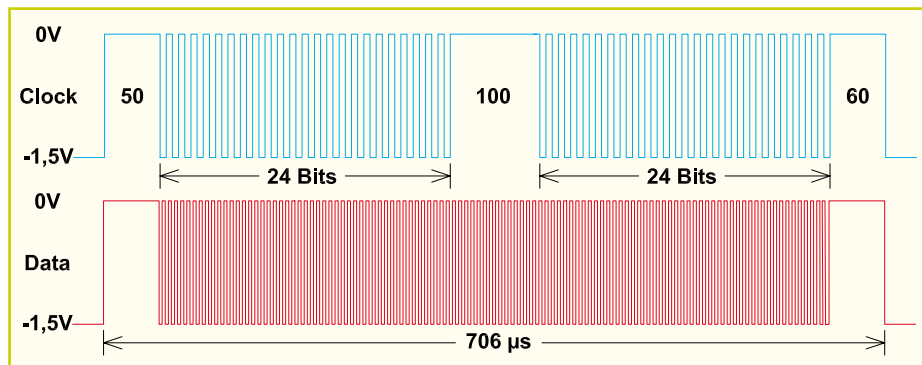


Bild 4: Datenpaket einer Schiebellehre

ist ein komplettes Datenpaket dieser Ausgabesequenz zu sehen. Die Frequenz, mit der die Daten ausgegeben werden, beträgt je nach Modell zwischen 70 und 90 kHz.

Datenaufbau

Die Daten werden in zwei Datenwörtern mit je 24 Bit ausgegeben. Das Datenformat ist binär. Dabei wird immer das LSB (least significant bit) zuerst ausgegeben. Da auch negative Zahlen angezeigt werden können, erfolgt die Darstellung der Daten im so genannten Zweier-Komplement. Der beste Zeitpunkt zum Auswerten der Datenbits ist das Auftreten der negativen Flanke des Clock-Signals. Die Daten sind für eine Anzeige noch umzurechnen.

Reset und Modumschaltung

Schieblehren besitzen eine Taste zum Zurücksetzen der Anzeige auf „0,00“. Dies kann auch elektronisch über die Clock-Leitung erfolgen, indem man diese kurz mit der positiven Betriebsspannung verbindet.

Es gibt auch unterschiedliche Lesegeschwindigkeiten. Im Regelfall wird das Messsignal alle 300 ms (3 Hz) neu angezeigt und auch übertragen. Durch Umschalten kann die Geschwindigkeit auf etwa 50 Hz erhöht werden. Dies ist durch kurzzeitiges Verbinden der Datenleitung mit der positiven Batteriespannung möglich. Um eine eventuelle Zerstörung der Schiebellehre zu verhindern, sollte ein 1-k Ω -Widerstand mit in die Schaltleitung eingefügt werden. In Abbildung 5 sind die diskutierten Schaltmöglichkeiten dargestellt.

Schaltung

Die Schaltung (Abbildung 6) ist in mehrere Funktionsgruppen aufteilbar: Spannungsversorgung, Signalaufbereitung, Steuerung/Anzeige/Bedienung sowie TTL-RS232-Wandlung.

Die Spannungsversorgung der Schaltung kann über ein externes 9-V_{DC}-Steckernetzteil erfolgen. Die Diode D 13 dient als Ver-

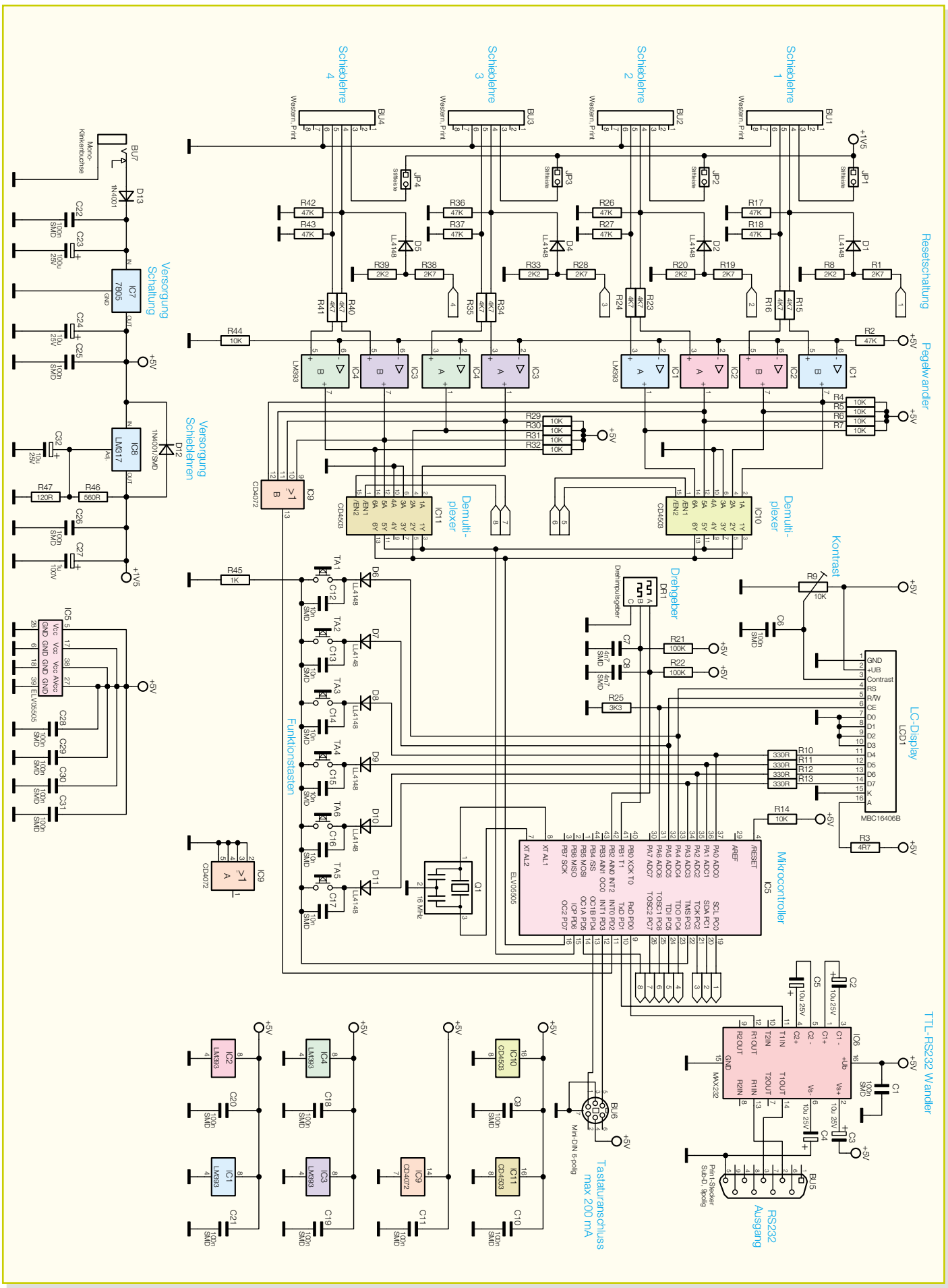


Bild 6: Schaltung der Schiebelenzanzeige

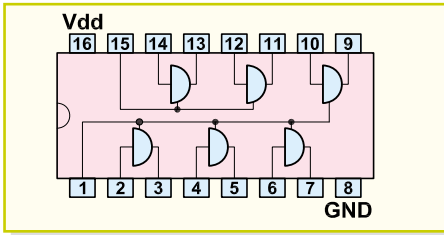


Bild 7: Der interne Aufbau des CD4503

polschutz. Der Spannungsregler IC 7 erzeugt aus der Eingangsspannung die 5-V-Betriebsspannung für die Schaltung. Aus dieser Spannung wird noch einmal die 1,5-V-Versorgungsspannung für die Schiebellehren erzeugt. IC 8 ist ein einstellbarer Spannungsregler, dessen Ausgangsspannung mit den Widerständen R 46 und R 47 festgelegt wird. Die Kondensatoren C 23, C 24, C 27 sowie C 32 dienen der Pufferung der Span-

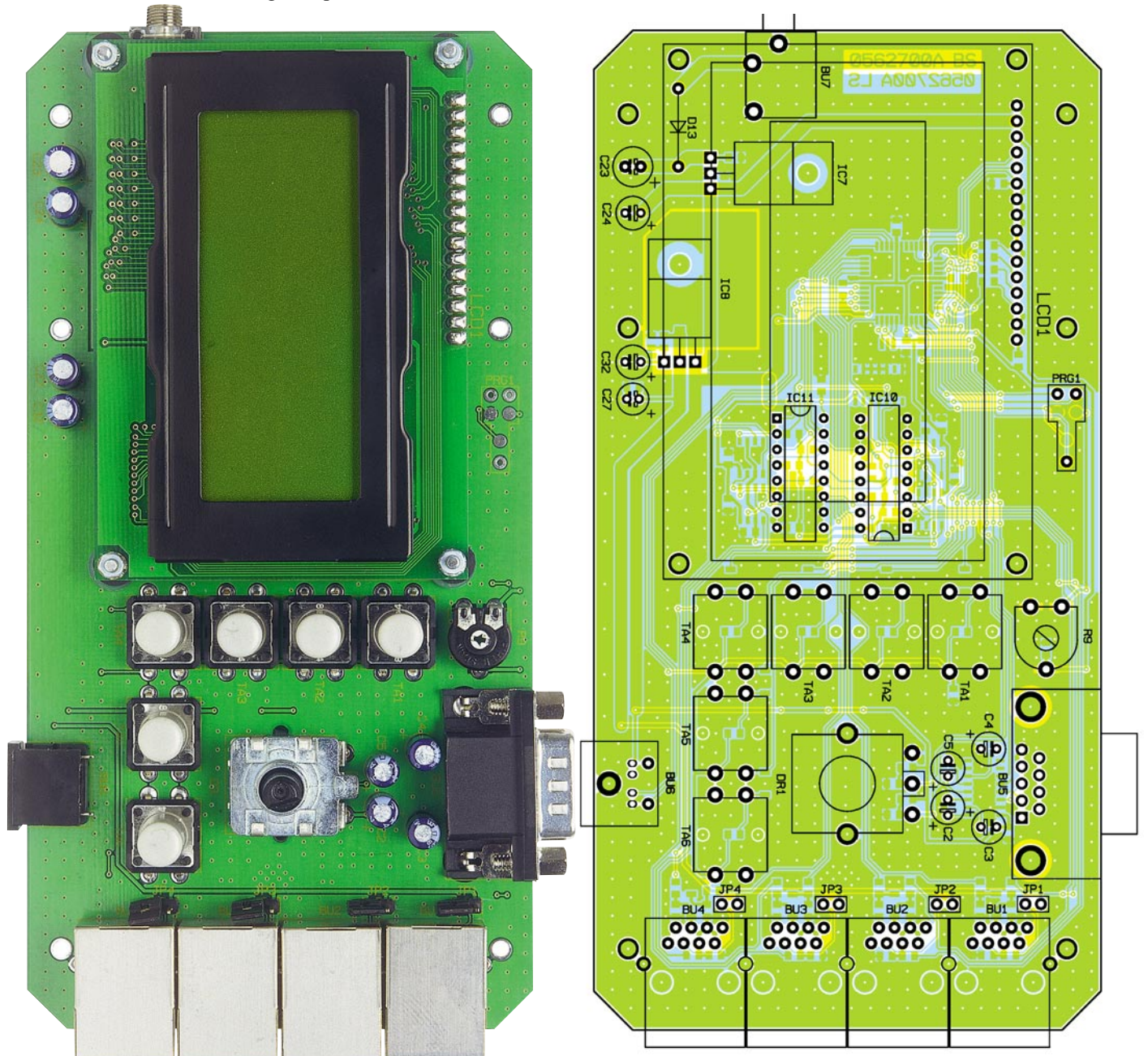
nung. C 22, C 25 und C 26 sind zur Schwingungsunterdrückung und zur Filterung von Oberwellen eingesetzt.

Die Signale der Schiebellehren werden über die Western-Buchsen BU 1 bis BU 4 eingespeist. Da es sich um vier gleichwertige Eingänge handelt, beschreiben wir hier nur Eingang 1. Das negative Potential der Schiebellehre wird an Pin 6 von BU 1 angeschlossen und von dort mit der Schaltungsmasse verbunden. Die positive Spannung von der Schiebellehre wird für die Datenaufbereitung nicht benötigt. Wenn jedoch in der Schiebellehre keine eigene Batterie eingesetzt werden soll, kann sie von der Anzeigeschaltung mit Spannung versorgt werden, indem JP 1 mit einem gesteckten Jumper die Verbindung zur 1,5-V-Spannung herstellt. Da die externe Versorgung zu einer verringerten Störfestigkeit der

Schiebellehre führt, sollte die korrekte Funktion der Schiebellehre vorher ausreichend getestet werden.

Die beiden Eingangssignale „Data“ und „Clock“ gelangen über die Widerstände R 15 und R 16 auf die nicht-invertierenden Eingänge zweier Operationsverstärker (IC 1 B/IC 2 B). Deren invertierender Eingang wird über einen Spannungsteiler, bestehend aus R 2 und R 44, auf 0,87 V angehoben. Die Signale am Clock- und Data-Eingang werden durch die Operationsverstärker auf 5 V verstärkt. Die Widerstände R 17 und R 18 sorgen dafür, dass bei nicht angeschlossener Schiebellehre der Eingang der Operationsverstärker auf Masse gezogen wird.

Die Schaltung aus R 1, R 8 und D 1 wird für das Zurücksetzen der Anzeige an der Schiebellehre auf „0,00“ benötigt. Soll ein



Ansicht der fertig bestückten Platine der Schiebellehreneanzeige mit zugehörigem Bestückungsplan von der Bestückungsseite

Reset erfolgen, wird Pin 19 des Mikrocontrollers auf +5 V angehoben. R 1 und R 8 teilen diese Spannung an D 1 auf etwa 2,2 V. An der Diode selbst entsteht ein Spannungsabfall von etwa 0,7 V. Dadurch erfolgt ein Anheben der Spannung an der Clock-Leitung auf etwa 1,5 V. Wie bereits beschrieben, wird dadurch ein Reset der Schiebellehre (Setzen der Anzeige auf „0.00“) erreicht.

Da die Ausgänge der Operationsverstärker Open-Collector-Ausgänge sind, benötigt man die Widerstände R 4 und R 5 als Pull-up-Widerstände. Die Ausgangspegel der Operationsverstärker gelangen auf die Eingänge von IC 10. Dieses IC ist ein Puffer mit Tri-State-Ausgang. Es kommt hier als Demultiplexer zum Einsatz. Der interne Aufbau von IC 10 ist in Abbildung 7 dargestellt. Die Ausgänge der

Gatter gehen auf zwei gemeinsame Clock- und Data-Leitungen. Je nachdem, welches Gatter gerade vom Mikrocontroller über die Freigabeeingänge Pin 1 und Pin 15 freigeschaltet wird, erscheinen die Signale der ausgewählten Schiebellehre an den Eingängen des Mikrocontrollers.

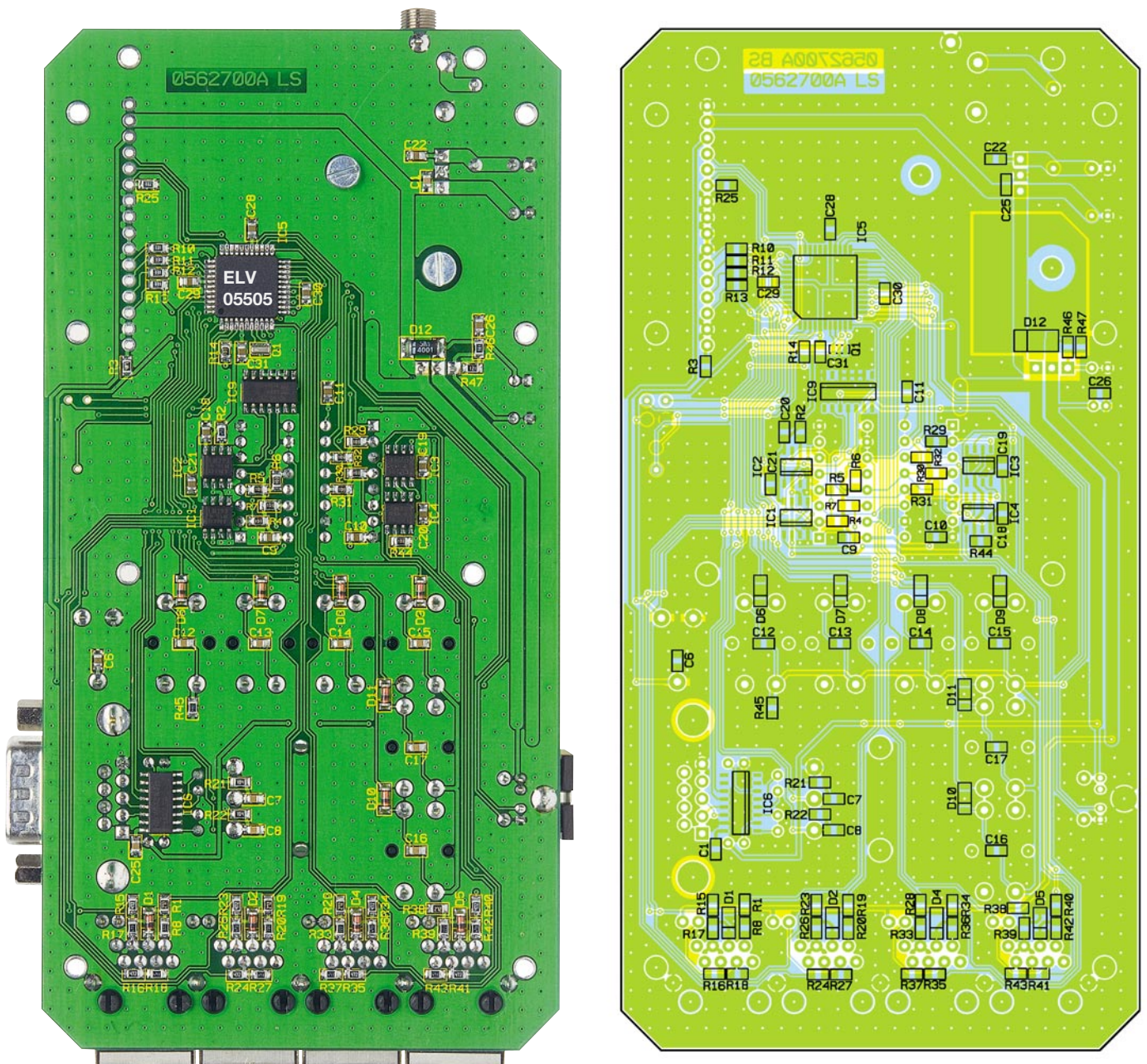
Da der Mikrocontroller nur über eine begrenzte Anzahl an Hardware-Interrupts verfügt, werden über das ODER-Gatter IC 9 B die Clock-Leitungen aller Schiebellehren an den Controller gelegt. Dieser prüft durch ständiges Abfragen, welche Schiebellehre gerade Daten sendet. Damit ist die Beschreibung der Signalaufbereitung abgeschlossen und wir kommen zur Peripheriebeschaltung des Mikrocontrollers.

Die komplette Steuerung des Displays, der Tasten, des Drehgebers, der Tastatur, des RS232-Ausgangs und natürlich die

Abfrage der Schiebellehren erfordert eine hohe Taktgeschwindigkeit des Mikrocontrollers. Deswegen wird dieser mit einer entsprechend hohen Taktrate von 16 MHz betrieben. Der Keramikschwinger Q 1 erzeugt diese zusammen mit dem im Prozessor eingebauten Oszillator.

Die Pegel der Leitungen A und B des Drehgebers DR 1 werden über die Widerstände R 21 und R 22 auf +5 V angehoben. Die Kondensatoren C 7 und C 8 filtern Störimpulse, die beim Betätigen des Drehgebers entstehen, heraus. Betätigt man diesen, so wird an den Leitungen A und B ein phasenverschobenes Signal erzeugt. Dieses Signal erkennt der Mikrocontroller und bestimmt daraus die Drehrichtung.

Der Tastaturanschluss BU 6 ist für den Anschluss einer einfachen PC-AT-Tastatur mit PS/2-Anschluss vorgesehen. Ähn-



Ansicht der fertig bestückten Platine der Schiebellehreneanzeige mit zugehörigem Bestückungsplan von der Lötseite

lich wie bei den Schieblehren gibt es auch hier eine Data- und eine Clock-Leitung. Beim Betätigen einer Taste auf der Tastatur wird ein Tastencode übertragen, den der Mikrocontroller auswertet. Über BU 6 erfolgt auch die Spannungsversorgung der Tastatur.

Der Mikrocontroller ist auch für die Ansteuerung des LC-Displays verantwortlich. Für die Daten werden die Pins 34 bis 37 benutzt. R/W sowie RS werden von den Pins 32 und 33 angesteuert. Da die Anzahl der I/O-Pins des Mikrocontrollers nicht ausreicht, um auch die Funktionstasten des Gerätes abzufragen, erfolgt ein Multiplexen der Steuerleitungen des LC-Displays mit den Leitungen für die Tasten. Hierzu sind zunächst die Widerstände R 10 bis R 13 sowie die Dioden D 6 bis D 11 erforderlich. Mit den Widerständen werden die Datenleitungen des LC-Displays vor Überlastung geschützt. Das Umschalten von LCD-Anzeige auf Tastenabfrage erfolgt einmal durch Umschalten der Tastenleitungen auf Eingänge mit integrierten Pull-up-Widerständen. Weiterhin muss der Pin 22 des Mikrocontrollers auf Masse gezogen werden. Betätigt man jetzt eine Taste, so wird der Mikrocontroller-Eingang über die Diode und die Taste auf Masse gezogen. Im Mikrocontroller erfolgt die Umschaltung durch die hohe Taktfrequenz sehr häufig, so dass eine „verzögerte“ Reaktion auf einen Tastendruck dem Benutzer nicht auffällt. So sind relativ einfach und mit wenigen I/O-Pins ein Display und mehrere Tasten ansprechbar.

Die Messwerte bzw. die berechneten Daten werden via serieller Schnittstelle über den Pin 10 des Mikrocontrollers ausgegeben. Da eine reguläre RS232-Schnittstelle mit Pegeln von -12 V und +12 V arbeitet, müssen die TTL-Pegel der seriellen Mikrocontroller-Schnittstelle auf die RS232-Pegel umgesetzt werden. Dies ist die Aufgabe des IC 6, der MAX 232 erzeugt die benötigten Spannungen und konvertiert so das TTL-Signal.

Nachbau

Der SLA 1 ist in Mischbestückung mit bedrahteten und oberflächenmontierten (SMD-) Bauteilen ausgeführt. Zur Vereinfachung des Aufbaus sind die SMD-Bauteile schon vorbestückt. Es ist also nur noch ein Bestücken der bedrahteten Bauteile notwendig. Hierbei wird so vorgegangen, dass zuerst die flachen Bauteile und dann die größeren Bauteile eingelötet werden.

Dies beginnt mit der Diode D 13 und den ICs IC 10 und IC 11. Dabei ist auf die richtige Einbaulage zu achten. Das IC muss genau so eingelötet werden, wie es der Aufdruck auf der Platine vorgibt. Danach erfolgt das Vorbereiten der Spannungsregler IC 7 und IC 8. Dazu sind die Anschluss-

Stückliste: Schieblehrenanzeige SLA 1

Widerstände:

4,7 Ω/SMD/0805	R3
120 Ω/SMD/0805	R47
330 Ω/SMD/0805	R10–R13
560 Ω/SMD/0805	R46
1 kΩ/SMD/0805	R45
2,2 kΩ/SMD/0805	R8, R20, R33, R39
2,7 kΩ/SMD/0805	R1, R19, R28, R38
3,3 kΩ/SMD/0805	R25
4,7 kΩ/SMD/0805	R15, R16, R23, R24, R34, R35, R40, R41
10 kΩ/SMD/0805	R4–R7, R14, R29–R32, R44
47 kΩ/SMD/0805	R2, R17, R18, R26, R27, R36, R37, R42, R43
100 kΩ/SMD/0805	R21, R22
PT10, liegend, 10 kΩ	R9

Kondensatoren:

4,7 nF/SMD/0805	C7, C8
10 nF/SMD/0805	C12–C17
100 nF/SMD/0805	C1, C6, C9–C11, C18–C22, C25, C26, C28–C31
1 µF/100 V	C27
10 µF/25 V	C2–C5, C24, C32
100 µF/25 V	C23

Halbleiter:

LM393/SMD	IC1–IC4
ELV05505/SMD	IC5
MAX232D/SMD	IC6
7805	IC7
LM317	IC8
CD4072/SMD	IC9
CD4503	IC10, IC11
LL4148	D1, D2, D4–D11
SM4001/SMD	D12
1N4001	D13

LCD MBC16406B,	
4 x 16 Zeichen	LCD1

Sonstiges:

Keramikschwinger,	
16 MHz, SMD	Q1
Modulare Einbaubuchse,	
8-polig, abgeschirmt	BU1–BU4
SUB-D-Stiftleiste, 9-polig,	
abgewinkelt	BU5
Mini-DIN-Einbaubuchse,	
6-polig, winkelprint	BU6
Klinkenbuchse, 3,5 mm,	
mono, print	BU7
Mini-Drucktaster,	
B3F-4050, 1 x ein	TA1–TA6
Tastknopf, 18 mm	TA1–TA6
Inkrementalgeber	DR1
Stiftleiste, 1 x 16-polig,	
gerade, print	LCD1
Stiftleiste, 1 x 2-polig,	
gerade, print	JP1–JP4
Jumper	JP1–JP4
1 Drehknopf, 12 mm, Grau	
1 Knopfkappe, 12 mm, Grau	
1 Gewindestift mit Spitze, M3 x 4 mm	
6 Kunststoffschrauben, 2,2 x 5 mm	
4 Zylinderkopfschrauben, M2,5 x 12 mm	
2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 8 mm	
4 Muttern, M2,5	
2 Muttern, M3	
4 Fächerscheiben, M2,5	
2 Fächerscheiben, M3	
4 Distanzrollen, M3 x 6 mm	
1 Adapterkabel für SLA1 und Schieb- lehre ELV Nr. 58449, komplett, 50 cm	
1 Kunststoff-Platinengehäuse, Typ 2063, Schwarz, komplett, bearbeitet u. bedruckt	

pins in ca. 2,5 mm Abstand vom IC-Gehäuse um 90° nach hinten abzuwinkeln. Nach dem Einsetzen der ICs in die Platine erfolgt deren mechanische Befestigung mit M3x8-mm-Zylinderkopfschrauben, Zahnscheiben und Muttern. Diese sind sorgfältig zu verschrauben, da die Platine als Kühlfläche für die Spannungsregler dient. Anschließend erfolgt das Verlöten der Anschlüsse.

Als Nächstes wird das Potentiometer R 9 zum Einstellen des Displaykontrastes eingesetzt und verlötet. Es folgen die Monoklinkenbuchse BU 7, die Jumper-Stiftleisten J 1 bis J 4 und die 6-polige Mini-DIN-Buchse zum Anschluss einer PS/2-Tastatur. Bei deren Einlöten ist sehr genau zu arbeiten, da der Abstand zwischen den Kontakten sehr gering ist.

Jetzt sind die Elektrolyt-Kondensatoren C 2 bis C 5, C 23, C 24, C 27 und C 32 polrichtig einzusetzen und ihre Anschlüsse an der Platinenunterseite zu verlöten. Als Nächstes werden die Print-Buchse BU 5 sowie die vier Western-Buchsen BU 1 bis

BU 4 eingesetzt und ihre Anschlüsse sorgfältig verlötet.

Bevor nun das Display montiert wird, ist es mit der einreihigen Stiftleiste zu bestücken. Diese setzt man dann in die zugehörigen Bohrungen ein, verlötet sie aber noch nicht. Denn zuerst ist das Display mit den 4,5 mm langen Distanzröllchen und 4 Schrauben M2,5 x 12 mm sowie Fächerscheiben auf der Bestückungsseite zu befestigen. Erst dann verlötet man die Kontakte der Stiftleiste mit der Platine.

Damit ist die Platine fertig bestückt und kann nach einer abschließenden Kontrolle auf vergessene Lötstellen, Lötzinnbrücken oder Bestückungsfehler in das mitgelieferte Gehäuse eingesetzt werden. Dazu legt man die Platine in die untere Halbschale des Gehäuses ein und befestigt sie mit den 6 Schrauben 2,2 x 5 mm. Danach wird die obere Halbschale aufgesetzt. Mit den vier Schrauben 2,2 x 16 mm sind schließlich die beiden Halbschalen miteinander zu verbinden.

Damit ist der Aufbau beendet und das Gerät kann eingesetzt werden. 