

Digital- Kabellängen- Meßgerät KM 1

Sowohl zur Längenmessung von Leitungen - ob auf Rolle oder bereits verlegt - als auch zur Bestimmung von Kabelbrüchen und Kurzschlußstellen ist dieses neue, digital arbeitende Kabellängen-Meßgerät von ELV konzipiert. Die Anzeige-Auflösung beträgt 10 cm bis zu einer Kabellänge von 200 m und darüber hinaus 1 m bis zur maximal möglichen Länge von 2000 m, wobei Längenmessungen bereits ab 2 m möglich sind.

Allgemeines

Die Bestimmung der Länge eines kurzen, frei zugänglichen Kabels ist mit Hilfe eines Maßbandes kein Problem. Doch bereits das Vermessen einer Kabelrolle, auf der sich einige 10 m oder auch 100 m befinden, ist üblicherweise aufwendig und zeitintensiv. Besonders schwierig wird es, wenn die Länge einer Leitung bestimmt werden muß, die aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht mehr frei zugänglich ist. Sei es, daß die Kabel unter Putz verlegt oder anderweitig nur schwer zugänglich sind.

Hier bietet das ELV-Kabellängen-Meßgerät seine Dienste an, um die Messung auf voll elektronischem Wege vorzunehmen. Nach dem Anschluß der zu messenden Leitung und Wahl der Leitungsart wird sofort zusätzlich zur Kabellänge angezeigt, ob die Leitung am Ende offen oder kurzgeschlossen ist.

So kann z. B. die Länge eines verlegten Antennenkabels schnell und einfach bestimmt werden für die Abrechnung des Antennenbauers mit dem Kunden. Auch im Netzwerkbereich ist das KM 1 eine große Hilfe, wenn es gilt, die Segmentlänge eines Netzes zu prüfen.

Besondere Dienste leistet das KM 1 im Bereich der Lokalisierung von Beschädigungen an Leitungen, da es unmittelbar die Entfernung zur schadhafte Stelle anzeigt mit der zusätzlichen Angabe, ob es sich um einen Kurzschluß oder um eine Unterbrechung handelt.

Das KM 1 ist in der Lage, die Länge aller gängigen Zadrigen Leitungen auszumessen.

Tabelle 1: Technische Daten Digital-Kabellängen-Meßgerät

Spannungsversorgung	9V-Blockbatterie
Stromaufnahme:	
Stand-by:	ca. 50 nA
Aktiv:	ca. 140 mA
Aktivierungszeit:	30 sek.
Verkürzungsfaktoren:	9
	(beliebig programmierbar)
Minimale meßbare Länge:	2m
Maximale meßbare Länge:	1999m
Maximale Kabeldämpfung:	100 dB
Auflösung 2,0m - 199.9m:	0,1m
2m - 1999m:	1m
Genauigkeit:	±1%±0,3m
Gehäuseabmessung (BxHxT):	87x117x27mm

sen, egal ob es sich um Koaxkabel oder „normale“ Installationsleitungen handelt. Ausgenommen sind einige wenige Spezialkabel, so z. B. wenn es sich um hochkapazitive Leitungen handelt, von denen die Meßimpulse „verschluckt“ werden.

Funktion

Das Digital-Kabellängen-Meßgerät KM 1 arbeitet auf der Basis von Impulsreflexionen an offenen oder an geschlossenen Leitungsenden. In gleichbleibenden Zeitabständen sendet das KM 1 kurze Impulse aus, die am Leitungsende des zu messenden Kabels reflektiert werden.

Das Gerät mißt jetzt die Zeit zwischen dem ausgesendeten und dem reflektierten Impuls und berechnet daraus in Verbindung mit dem Verkürzungsfaktor des betreffenden Kabeltyps die Länge der Leitung. Beim Verkürzungsfaktor handelt es sich um das Verhältnis der Ausbreitungsgeschwindigkeit in der Leitung zu derjenigen im Vakuum. Dieser Faktor ist normalerweise nicht bekannt. Als weiterer Unsicherheitsfaktor kommt der innere Kabelaufbau hinzu, da üblicherweise die Verlegungslänge eines Kabels und nicht die Länge der darin verarbeiteten Kupferleitung von Interesse ist, die z. B. bei Telefonkabeln mit innerer, spiralförmiger Verarbeitung der Adern ein gutes Stück länger ist.

Um die entsprechenden Randbedingungen zu berücksichtigen, werden für jeden gewünschten Kabeltyp beim KM 1 einmalig 2 Referenzlängen ausgemessen und unter einer Kennziffer dauerhaft abgespeichert. Auf diese Weise sind dann genaue Längenbestimmungen gemäß den in Tabelle 1 angegebenen technischen Daten in Sekundenschnelle möglich.

Bedienung

Durch Betätigen der linken unteren Taste wird das KM 1 eingeschaltet. Auf dem kontrastreichen LC-Display erscheint für 2 Sekunden die Kennziffer für den momentan gewählten Kabeltyp (1 bis 9). Auf die einfache Programmierung des Kabeltyps gehen wir im weiteren Verlauf dieser Beschreibung noch näher ein.

2 Sekunden nach dem Einschalten wechselt die Anzeige zur Ausgabe der Länge der angeschlossenen Leitung. Die Messungen selbst laufen dabei sehr schnell ab. D. h. bei Anschluß eines neuen Kabels gleichen Typs erscheint das Meßergebnis nahezu verzögerungsfrei auf dem Display.

Zu kurze oder zu lange Leitungen oder Leitungen mit zu hoher Kapazität werden durch Anzeige von 3 waagerechten Strichen auf dem Display gekennzeichnet.

Das Kabellängenmeßgerät KM 1 besitzt 2 Meßbereiche mit automatischer Bereichs-

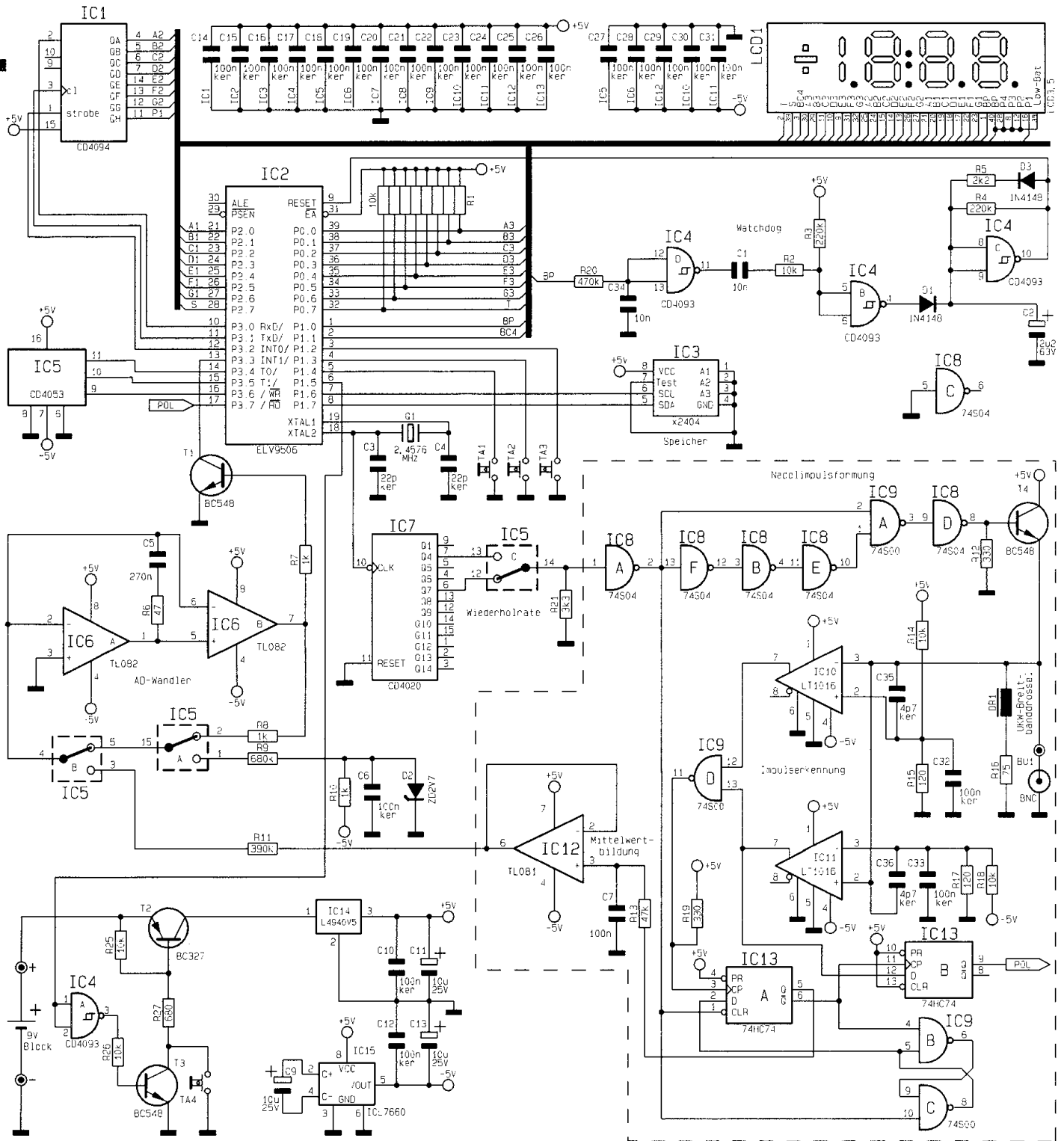


Bild 1: Schaltbild des Digital-Kabellängen-Meßgerätes KM 1

wahl (2,0 m - 199,9 m und 200 m - 1999 m).

Da unter anderem die Ausbreitungsgeschwindigkeit stark von der Art des Kabels abhängt, können die entsprechenden Daten von 9 verschiedenen Kabeltypen dauerhaft im Gerät abgespeichert werden. Die Auswahl erfolgt mit den beiden unter dem Display angebrachten Tasten. Beim ersten Druck auf eine dieser Tasten erscheint die Kennziffer des momentan gewählten Kabeltyps im Display. Jede weitere Betätigung der Tasten erhöht (rechte Taste) oder erniedrigt (linke Taste) die Kennziffer im Bereich von 1 bis 9.

2 Sekunden nach der letzten Betätigung dieser Tasten erfolgt automatisch die Aktivierung des gewünschten Kabeltyps, und

auf dem LC-Display erscheint die gemessene Länge der angeschlossenen Leitung.

Bei Aufruf einer Kennziffer, unter der noch keine Werte eines Kabeltyps abgelegt sind, erscheint hinter der Kennziffer ein „u“ und nach 2 Sekunden der Text „unc“ anstelle des Meßwertes auf der Anzeige. In diesem Fall muß zunächst, wie im folgenden Abschnitt „Abgleich“ beschrieben, ein Kabeltyp abgespeichert werden.

Erfolgt 30 Sekunden lang keine Bedienung des Gerätes, nimmt der Mikroprozessor automatisch eine Abschaltung vor, zur Schonung der Batterie. Alle Einstellungen werden dabei gespeichert, so daß beim Einschalten des Gerätes automatisch wieder der Meßbereich zur Verfügung steht, in

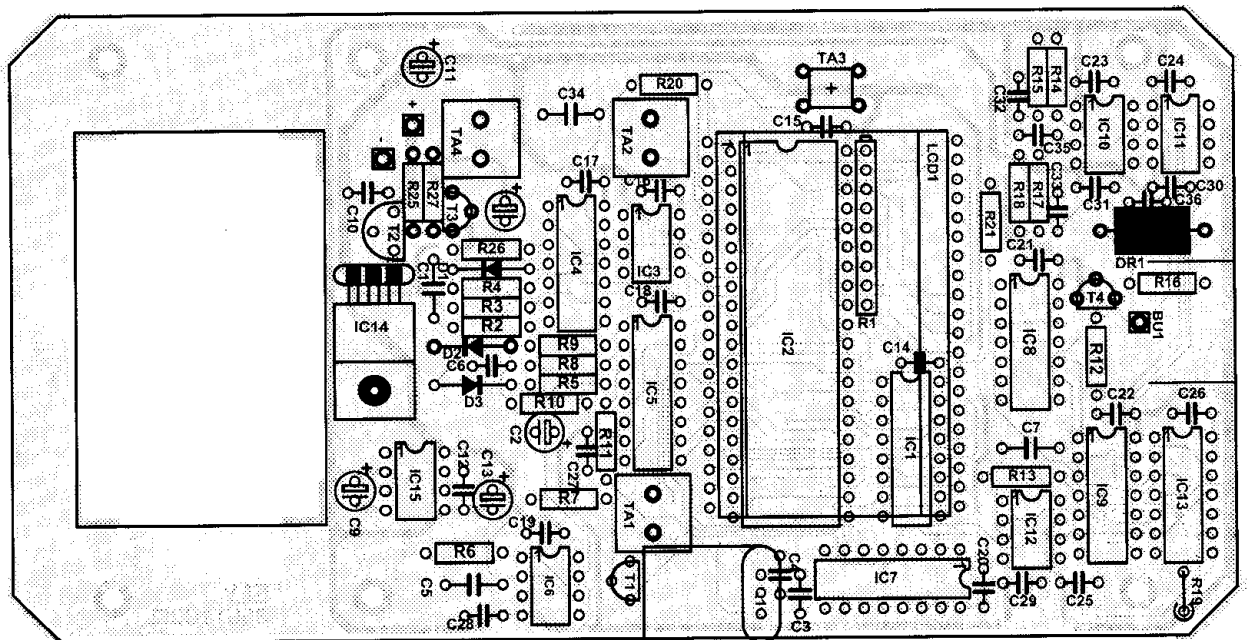
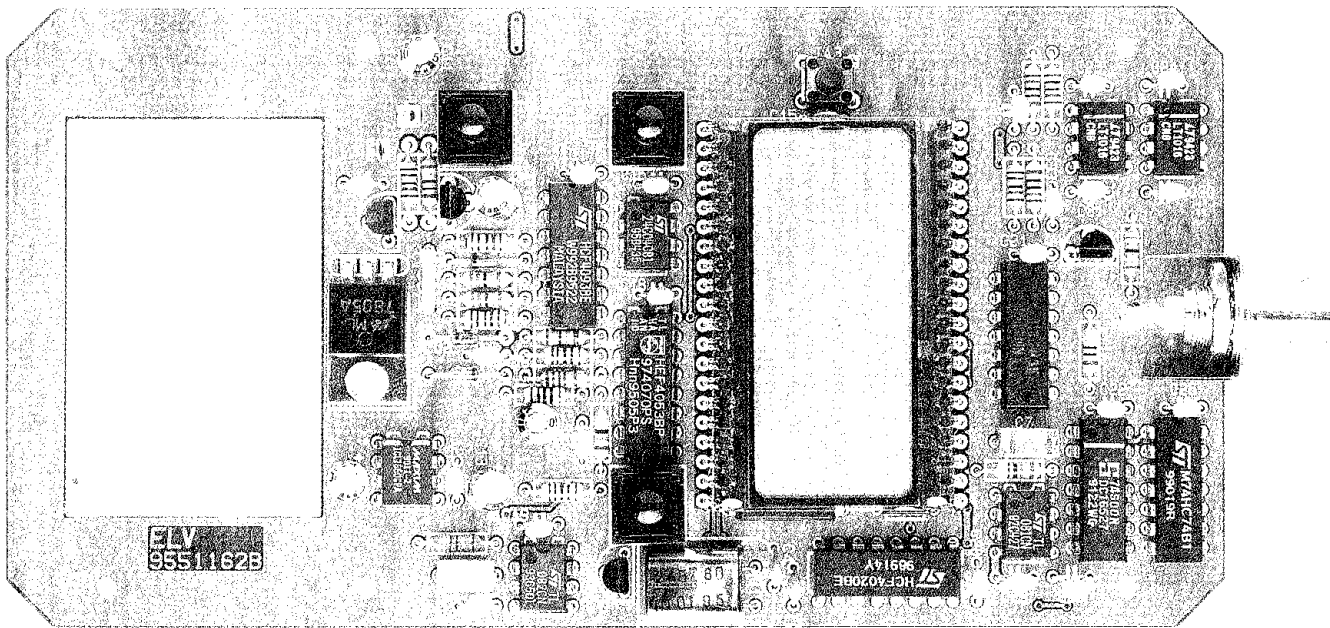
dem sich das Gerät beim Ausschalten befand.

Abgleich

Zum Abgleich eines bestimmten Kabeltyps werden 2 Referenzlängen genau dieses Kabels benötigt, deren Längen exakt bekannt sind. Hierbei sollte die eine Leitung möglichst kurz (mindestens aber 2 m) und die andere möglichst lang sein (je länger sie ist, desto genauer ist der Abgleich).

Das Kabellängen-Meßgerät wird eingeschaltet und der gewünschte Kabeltyp mit den entsprechenden beiden Tasten gewählt. Mit einem dünnen Stift muß nun die versenkt angeordnete Abgleichtaste durch die

Fertig aufgebaute Leiterplatte des Digital-Kabellängen-Meßgerätes mit zugehörigem Bestückungsplan



Bohrung links neben dem Display hindurch kurz betätigt werden, woraufhin auf dem Display ein Wert mit einem vorangestellten Minuszeichen erscheint. Mittels der beiden Taster, die beim Gedrückthalten eine Repeatfunktion besitzen, wird nun die bekannte Länge der kurzen Leitung eingestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Zuleitungen und der Adapter mit in die Messung eingehen.

Ist die Länge eingestellt und die Leitung angeschlossen, erfolgt nach erneuter Betätigung der Abgleichtaste die erste Referenzmessung, kenntlich durch Blinken des Minuszeichens. Im Anschluß an diese Messung erscheint auf dem Display ein neuer Wert, jetzt mit vorangestelltem Pluszeichen. Nun wird die lange Leitung angeschlossen und die genaue Länge mittels der Taster eingegeben. Eine weitere Betä-

tigung der Abgleichtaste führt die zweite Referenzmessung durch, kenntlich durch Blinken des waagerechten Striches des Pluszeichens. Nach Beendigung auch dieser Messung ist der Kabeltyp abgeglichen und die Abgleichparameter sind dauerhaft gespeichert. Das Gerät kehrt nun automatisch in die Normalfunktion, d. h. zur Anzeige der aktuellen Meßwerte zurück.

Schaltung

Den Kern der Schaltung des Kabellängen-Meßgerätes KM 1 bildet der integrierte Mikrocontroller IC 2 des Typs 87C51, der die Steuerung des gesamten Gerätes vornimmt. Über seine Ports P0, P2, die serielle Porterweiterung IC 1 sowie Teile von P1 steuert der Controller direkt das 3,5stellige LC-Display an. Die Portpins

P1.2 bis P1.4 dienen zur Abfrage der Tasten TA 1 bis TA 3. Zur dauerhaften Abspeicherung aller benötigten Parameter und Referenzwerte dient das serielle EEPROM IC 3, das über die Portpins P1.6 (SCL) und P1.7 (SDA) mit dem Prozessor verbunden ist.

Um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten, triggert die Backplane-Leitung des LC-Displays einen Watchdog, der im Falle des Ausbleibens dieses Signals (bei einem Programmabsturz durch äußere Einwirkungen) einen Reset am Controller auslöst und diesen damit neu startet.

Zur Erzeugung der zur Messung benötigten schmalen Impulse wird das 2,4576 MHz-Oszillatorsignal des Mikrocontrollers an Pin 18 ausgekoppelt und auf den Binärteiler IC 7 geleitet. Mittels des digitalen Schalters IC 5 C wählt der Controller je

Stückliste: Kabellängen-Meßgerät

Widerstände:

47Ω	R6
75Ω	R16
120Ω	R15, R17
330Ω	R12, R19
680Ω	R27
1kΩ	R7, R8, R10
2,2kΩ	R5
3,3 kΩ	R21
10kΩ	R2, R14, R18, R25, R26
47kΩ	R13
220kΩ	R3, R4
390kΩ	R11
470 kΩ	R20
680kΩ	R9
10kΩ/Array	R1

Kondensatoren:

4,7pF/ker	C35, C36
22pF/ker	C3, C4
10nF	C1, C34
100nF/ker	C6, C10, C12, C14-C33
100nF	C7
270nF	C5
2,2μF/63V	C2
10μF/25V	C9, C11, C13

Halbleiter:

CD4094	IC1
ELV9506	IC2
24C04	IC3
CD4093	IC4
CD4053	IC5
TL082	IC6
CD4020	IC7
74S04	IC8
74S00	IC9
LT1016	IC10, IC11
TL081	IC12
74HC74	IC13
ICL7660	IC15
L4940V5	IC14
BC548	T1, T3, T4
BC327	T2
1N4148	D1, D3
ZPD2,7V	D2

Sonstiges:

Quarz, 2,4576MHz	Q1
LC-Display, 3,5stellig	LCD1
Print-Taster, stehend, 20mm	TA1, TA2, TA4
Taster TS695	TA3
BNC-Einbaubuchse	BU1
1 Haltewinkel	
2 Lötstifte mit Lötöse	
1 Lötstift, 1,3mm	
1 Batterieclip	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 5mm	
1 Mutter, M3	
6 IC-Buchsenleisten, 20polig	
1 Gehäuse, gebohrt und bedruckt	
1 Plexiglasscheibe	
6 Knippingschrauben, 2,2 x 6,5mm	
1 Schaumstoffstück	

nach Meßbereich entweder das 153,6kHz- oder das 19,2kHz-Signal des Teilers IC 7 aus und leitet dieses über den Puffer IC 8 A der Nadelimpulsformung zu, die mit IC 8 F, B, E sowie IC 9 A aufgebaut ist.

Diese 10 ns breiten Nadelimpulse gelangen über den Inverter IC 8 D und den Treiber T 4 über die BNC-Buchse BU 1 auf die zu messende Leitung. Diese Nadelimpulse sowie die am unabgeschlossenen Ende der auszumessenden Leitung reflektierten Impulse werden von den Komparatoren IC 10 und IC 11 detektiert und über das NAND-Gatter IC 9 D auf das Flip-Flop IC 13 A geleitet. Der Komparator IC 10 detektiert dabei positive Impulse, d. h. den ausgesandten sowie im Falle einer offenen Leitung den reflektierten Impuls. Ist das Leitungsende hingegen kurzgeschlossen, wird der Impuls bekanntermaßen invertiert reflektiert, was dann der Komparator IC 11 erkennt.

Vor der Nadelimpulserzeugung werden die Flip-Flops IC 13 A und IC 9 B, C vom negativen Zustand der Taktleitung gelöscht. Beim Wechsel der Taktleitung von „low“ nach „high“ erzeugt die Nadelimpulsformung einen Impuls, der vom Komparator IC 10 erkannt wird und den High-Zustand am D-Eingang des Flip-Flops IC 13 A an den Ausgang Q schaltet.

Das Flip-Flop IC 9 B, C wird dadurch gesetzt und am D-Eingang des Flip-Flops IC 13 A liegt somit Low-Pegel an, der beim Eintreffen des reflektierten Impulses auf den Ausgang geschaltet wird. Weiterhin durch Mehrfachreflexionen eintreffende Impulse ändern den Zustand des Flip-Flop-Ausgangs nicht mehr. Am Ausgang des Flip-Flops liegt somit ein Rechtecksignal konstanter Frequenz, dessen Puls-Pausen-Verhältnis äquivalent zur Laufzeit des Impulses auf der auszumessenden Leitung ist.

Durch Mittelwertbildung mit R 13 und C 7 entsteht daraus eine der Leitungslänge entsprechende Gleichspannung am Ausgang von IC 12. Diese Spannung wird mit dem aus IC 6 und IC 5 aufgebauten und vom Mikrocontroller gesteuerten Dual-Slope-AD-Wandler gemessen. Daraufhin berechnet der Controller die Länge der angeschlossenen Leitung und gibt diese auf dem LC-Display aus. Um die Art des Leitungsabschlusses festzustellen, wird beim Eintreffen des reflektierten Impulses der Zustand des Komparators IC 10 im Flip-Flop IC 13 B gespeichert. Durch Abfragen dieses Flip-Flops erkennt der Controller, ob ein invertierter oder nicht-invertierter Impuls empfangen wurde und somit auch, ob die Leitung am Ende offen oder kurzgeschlossen ist.

Beim Einschalten des Gerätes über die Taste TA 4 schaltet der Transistor T 2 durch und versorgt über den Spannungsregler IC 14 die gesamte Schaltung. Sobald

der Controller seine Arbeit übernommen hat, schaltet er über seinen Portpin P1.5 und den Inverter IC 4 D den Transistor T 3 durch und überbrückt damit die Taste TA 4. 30 Sekunden nach der letzten Bedienung sperrt der Controller den Transistor T 3 über P1.5, und das Gerät schaltet damit ab.

Nachbau

Anhand des Bestückungsplanes und der Stückliste beginnen wir den Aufbau mit dem Einsetzen der Widerstände. Wie auch bei allen weiteren Bauteilen werden nach dem Verlöten auf der Leiterbahnseite überstehende Drahtenden so kurz wie möglich abgeschnitten, ohne dabei die Lötstellen selbst zu beschädigen.

Es folgt das Einsetzen der Kondensatoren und des Quarzes. Beim Einbau der Transistoren und Dioden ist auf die korrekte Polung zu achten.

Nun kann der Festspannungsregler, nachdem seine Beine nach hinten abgewinkelt sind, an der dafür vorgesehenen Stelle der Platine plaziert und mit einer M3x5mm-Schraube sowie einer M3-Mutter verschraubt und anschließend verlötet werden. Es folgen die Taster, die 3 Lötstifte sowie zwei 20polige Buchenleisten für die Anzeige. Abschließend sind noch die ICs unter Beachtung der korrekten Einbaulage einzusetzen und zu verlöten.

Die beiden seitlichen Laschen des trapezförmigen Bleches werden um 90° abgewinkelt und die BNC-Buchse so mit dem Blech verschraubt, daß sich der Anschlußpin der Buchse zwischen den seitlichen Blechen befindet. Nun wird das Blech auf der dafür vorgesehenen Stelle der Platine angelötet und der Anschlußpin der BNC-Buchse an dem Lötstift befestigt.

In die beiden Buchsenleisten für das LC-Display sind noch jeweils 2 weitere Buchsenleisten einzustecken, so daß sich insgesamt 3 Buchsenleisten übereinander befinden. Das LC-Display wird nun so eingesetzt, daß sich die halbkreisförmige Unterbrechung im schwarzen Rand der Anzeige auf der linken Seite befindet.

Nachdem auch der Batterieclip an den beiden Lötstiften angelötet ist, kann die Platine nach sorgfältiger Überprüfung auf eventuelle Bestückungsfehler und Lötbrücken hin in die Unterschale des Gehäuses eingelegt und verschraubt werden. Als dann ist die durchsichtige Plexiglasscheibe in die Öffnung der Oberschale einzukleben, um anschließend beide Gehäusehalbschalen miteinander zu verschrauben. Nachdem Ankleben des Schaumstoffstückes an den Batteriefachdeckel und dem Einsetzen der 9V-Blockbatterie ist das Kabellängen-Meßgerät betriebsbereit, wobei vor der ersten Messung der Abgleich in der beschriebenen Weise vorgenommen wird. 