



Mini-Logic-Analyzer MLA 1000

Der Mini-Logic-Analyzer MLA 1000 ermöglicht die Darstellung von 8 Kanälen mit einer Abtastrate von 50 μ s bis hin zu 3 Sekunden. Dank internem Speicher kann das Gerät auch bei ausgeschaltetem PC arbeiten.

Allgemeines

Zur Überprüfung von komplexen Vorgängen in der Digitaltechnik dienen Logic-Analysatoren. Insbesondere wenn Zeitabläufe genau zu analysieren sind, müssen in der Regel mehrere Kanäle gleichzeitig in Echtzeit erfasst und auf einem Bildschirm zur Anzeige gebracht werden. Eine Aufgabe, die oft sogar mit leistungsfähigen Speicheroszilloskopen nicht ohne Weiteres zu lösen ist. Hinzu kommt, dass Speicheroszilloskope auf Grund der hohen Kosten im Hobbybereich eher selten zur Verfügung stehen.

Im Bereich der Messtechnik ist auch das Angebot an Logic-Analysatoren groß. So gibt es im professionellen Bereich eine breite Palette von recht teuren Logic-Analysatoren. Von den häufig unzähligen Möglichkeiten, die derartige Geräte bieten, wird dann in der Praxis oft nur ein geringer Teil genutzt.

Technische Daten: MLA 1000

Abtastung:	8 Bit
Eingangsspegel:	- 5 V bis 42 V, Logisch „1“, wenn > 2,5 V
Abtastrate:	50 μ s bis 3 s im 50- μ s-Raster
Abtastgitter:	max. 2 μ s
Externer Takt:	möglich
Abtastverzögerung zum Takt:	19 μ s
Speichertiefe	max. 32 kB
Anschlüsse:	15-pol. Sub-D-Buchse (Eingänge) 9-pol. Sub-D-Buchse (RS 232 für PC) DC-Steckverbinder (Netzteil)
Datenübertragung:	RS 232 8 Bit, 2 Stopp-Bits, ungerade Parität 9600/19200/38400/57600/115200 Baud
Spannungsversorgung:	Steckernetzteil DC 12 V - 18 V/150 mA
Abmessungen (B x H x T):	167 x 88 x 32 mm
- Externe Triggerung	
- Pre-Trigger	
- Triggerung auf Triggerwort, einzelne Bits maskierbar	
- Online Aufzeichnung	
- Serieller Eingang für Testdatenempfang	

Das Angebot an preiswerten Geräten für den Hobbybereich ist schon erheblich geringer. Genau auf die Bedürfnisse des Hobbyanwenders ist nun der Mini-Logic-Analyzer MLA 1000 zugeschnitten, wobei der Funktionsumfang sich durchaus sehen lassen kann.

Die meisten PC-unterstützten Logic-Analysatoren erfordern während der Messung den ständigen Einsatz des PCs. Abgesehen von Laptops ist der PC dann ein recht sperriges Gerät auf dem Labortisch und muss unter Umständen erst dorthin transportiert werden. Der MLA 1000 arbeitet auch ohne PC, sodass nach einer Initialisierung vom PC aus dieser ausgeschaltet werden kann.

Bedienung und Funktion

Die Bedienung des MLA 1000 erfolgt vollständig über den PC, sodass das Gerät ohne Bedienelemente auskommt. Mit Hilfe eines Standard-V-24-Schnittstellenkabels erfolgt die Verbindung zum PC, und eine 15-polige Sub-D-Buchse steht zum Anschluss der Messeingänge zur Verfügung.

Zur Spannungsversorgung des Gerätes kann eine unstabilierte Gleichspannung zwischen 9 V und 18 V mit mindestens 300 mA Strombelastbarkeit dienen, die an die zugehörige Niederspannungsbuchse anzuschließen ist.

Als Anzeige-Elemente ist neben der Betriebs-LED noch eine weitere grüne LED vorhanden, die signalisiert, dass die Aufzeichnung läuft und eine rote Leuchtdiode zeigt die Triggerung des MLA 1000 an.

Der Start der Aufzeichnung kann auf verschiedene Arten erfolgen. Entweder wird vom PC aus ein Startsignal gegeben oder die Aufzeichnung durch ein externes Triggersignal oder einen universell einstellbaren Triggerwert ausgelöst.

Jeder beliebige Kanal kann dabei zur Triggerung genutzt werden. Es kann sowohl auf „High“ als auch auf „Low“ getriggert werden. Auch kann die Triggerung auf ein bestimmtes Triggerwort erfolgen, wobei die einzelnen Bits mit 0, 1 oder X (egal) maskierbar sind.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, einen Pre-Trigger-Wert einzugeben, der eine Triggerung erst nach Ablauf einer voreingestellten Anzahl von Abtastungen erlaubt. Bei sich wiederholenden Vorgängen kann dann auch der Verlauf der Eingangskanäle vor dem Triggerereignis betrachtet werden.

Solange die Aufzeichnung läuft, wird dies durch eine grüne LED am Gerät signalisiert. Eine zusätzliche rote LED zeigt die Triggerung des Gerätes an.

Nach Beendigung der gesamten Aufzeichnung erlischt die grüne LED, als Zei-

chen dafür, dass nun die Daten vom PC ausgelesen werden können.

Die Online-Aufzeichnung stellt einen weiteren Betriebs-Mode des MLA 1000 dar. In diesem Betriebs-Mode werden die Daten dann nicht intern gespeichert, sondern über die serielle RS-232-Schnittstelle direkt zum PC übertragen. Die Abtastzeit muss dabei größer als die Übertragungszeit eines Bytes sein.

Datenübertragung

Die Datenübertragung vom PC erfolgt standardmäßig mit 19.200 Baud. Für andere Baudraten muss am PC der entsprechende Baudraten-Befehl gesendet werden. Ist beim Anschluss an den PC die aktuelle Baudrate des MLA 1000 nicht bekannt, so werden nacheinander Befehle mit unterschiedlichen Baudraten gesendet, bis das Gerät sich meldet. Jeder Befehl vom PC wird in einem Rahmen bestehend aus SOH-Befehl, Summe und EOT gesendet.

Grundsätzlich muss die Übertragung vom PC zum Interface bytewise erfolgen. Nach jedem gesendeten Befehl muss auf ein Echo vom Interface gewartet werden, d. h. das Interface sendet nach der Verarbeitung eines Bytes dieses wieder zum PC zurück.

Die Bestätigung vom Gerät wird ebenfalls in einem entsprechenden Rahmen bestehend aus STX, Daten, Summe und ETX gesendet. Entweder besteht die Bestätigung aus ACK und Daten oder aus einem NAK und einer Fehlermeldung.

In den nachfolgenden Tabellen ist nun die Kommunikation zwischen dem MLA 1000 und dem PC dargestellt. Neben der Befehlsstruktur sind auch sämtliche Befehle und die vom Gerät kommenden Antworten aufgelistet.

Rahmen bei Befehlen vom PC zum Interface

<SOH> <Befehl> [Parameter] <Summe> <EOT>

<Summe> ist die negative Summe der Bytes <SOH>, <Befehl> und der Parameter. Werden alle Bytes von <SOH> bis <Summe> addiert und dieser Wert mit 255 (0FFh) undiert, so muss sich 0 ergeben. Bei jedem Byte der Parameter ist Bit 7 immer gesetzt!
Jeder Rahmen wird vom Interface mit einer Antwort quittiert.

Befehle vom PC

<Befehl> [Parameter]

Befehle: „0“ → Parameter abfragen
„1“ → Baudrate setzen
„2“ → Status abfragen
„3“ → Triggerbyte setzen
„4“ → Triggerung auslösen
„5“ → Abtastparameter setzen
„6“ → Abtastung starten
„7“ → Abtastung beenden
„8“ → Daten einlesen

Rahmen bei Daten vom Interface -> PC

<STX> [Daten] <Summe H> <Summe L> <ETX>

zwischen STX und ETX dürfen diese Zeichen nicht vorkommen, deshalb werden folgende Zeichen durch Zeichenfolgen ersetzt:

<STX> → <DLE> <DC2>
<ETX> → <DLE> <DC3>
<DLE> → <DLE> <SPACE>

<Summe H> <Summe L> ist die 16-Bit-Summe der einzelnen Bytes von <STX> und den <Daten>

Antworten vom Interface

<Antwort> [Daten]

Antworten:
<ACK> [Daten] → pos. Bestätigung und angeforderte Daten falls erforderlich
<NAK> <Fehlernummer> → neg. Bestätigung und Fehlercode

„0“ Parameter abfragen

Die Einstellparameter und der Status werden angefordert.

Als Antwort wird eine pos. Bestätigung mit folgenden Daten erwartet:

<Rate H> <Rate L> <Dauer H> <Dauer L> <Trigger H> <Trigger L> <Wert> <Maske> <Status>

<Rate H> → Bits 8-15 der Abtastrate
<Rate L> → Bits 0-7 der Abtastrate
<Dauer H> → Bits 8-15 der Anzahl der Abtastwerte nach Triggerung
<Dauer L> → Bits 0-7 der Anzahl der Abtastwerte nach Triggerung
<Trigger H> → Bits 8-15 der Anzahl der Abtastwerte vor der Triggerung
<Trigger L> → Bits 0-7 der Anzahl der Abtastwerte vor der Triggerung
<Wert> → Bits 0-7 des Triggerbytes
<Maske> → Bits 0-7 der Triggermaske
<Status> → Bit 0: Testdatenempfang aktiv
Bit 1: Extern Clock
Bit 2: Extern Trigger
Bit 3: Online Mode aktiv
Bit 4: Abtastung läuft
Bit 5: Triggerung möglich
Bit 6: Triggerung ist erfolgt

Die Abtastrate multipliziert mit 50 µs gibt die Zeit zwischen den einzelnen Abtastungen an und hat einen Wertebereich von 1 bis 65000 (50 µs·3,23 s).

Die Anzahl der Abtastwerte nach der Triggerung gibt an, wieviele Werte nach der Triggerung noch eingelesen werden, bevor die Abtastung stoppt.

Die Anzahl der Abtastwerte vor der Triggerung gibt an, wieviele Werte eingelesen werden müssen, bevor eine Triggerung möglich ist.

Ein Triggersignal wird ausgelöst, wenn die durch die Triggermaske freigegebenen Bits (=1) des Triggerbytes mit dem Eingangsbyte übereinstimmen.

Eine laufende Abtastung wird nicht beeinflusst!

„1“ Baudrate setzen

Als weiteres Byte folgt der Baudratenindex:

„0“ - 9600
„1“ - 19200
„2“ - 38400
„3“ - 57600
„4“ - 115200

Als Antwort wird nur eine pos. Bestätigung ohne Daten erwartet.

Die Baudrate wird erst nach der Antwort umgestellt.

Eine laufende Abtastung wird nicht beeinflusst!

Beispiel: „1“ „2“ → setzt eine Baudrate von 38400. Das Interface antwortet mit <ACK>

„2“ Status abfragen

Es wird der Status des Interfaces angefordert.

Als Antwort wird nur eine pos. Bestätigung mit nachfolgendem Statusbyte erwartet:

Das Statusbyte hat folgendes Format

Bit 0 - Testdatenempfang aktiv
Bit 1 - Extern Clock
Bit 2 - Extern Trigger
Bit 3 - Online Mode aktiv
Bit 4 - Abtastung läuft
Bit 5 - Triggerung möglich
Bit 6 - Triggerung ist erfolgt

Eine laufende Abtastung wird nicht beeinflusst!

„3“ Triggerparameter setzen

Als weiteres Byte folgen: <Wert> <Maske>
<Restbits>
(Bei allen Bytes ist Bit 7 immer gesetzt)

<Wert> → Bits 0-6 des Trigger bytes
<Maske> → Bits 0-6 der Triggermaske
<Restbits> → Bit 0: Ext Trigger aktiv
Bit 1: Bit 7 der Triggerbytes
Bit 2: Bit 7 der Triggermaske
Bit 3-6: frei

Als Antwort wird nur eine pos. Bestätigung ohne Daten erwartet.

Ein Triggersignal wird ausgelöst, wenn die durch die Triggermaske freigegebenen Bits (=1) des Triggerbytes mit dem Eingangsbyte übereinstimmen.

Eine laufende Abtastung wird bis auf die Triggerparameter nicht beeinflusst!

„4“ Triggerung auslösen

Das Interface wird zwangsgestriggert.

Als Antwort wird nur eine pos. Bestätigung mit nachfolgendem Statusbyte erwartet.

„5“ Abtastparameter setzen

Als weitere Bytes folgen:
<Rate H> <Rate L> <Dauer H> <Dauer L>
<Trigger H> <Trigger L> <Mode>
(Bei allen Bytes ist Bit 7 immer gesetzt)

<Rate H> → Bits 7-13 der Abtastrate
<Rate L> → Bits 0-6 der Abtastrate
<Dauer H> → Bits 7-13 der Anzahl der Abtastwerte nach der Triggerung
<Dauer L> → Bits 0-6 der Anzahl der Abtastwerte nach der Triggerung
<Trigger H> → Bits 7-13 der Anzahl der Abtastwerte vor der Triggerung
<Trigger L> → Bits 0-6 der Anzahl der Abtastwerte vor der Triggerung
<Mode> → Bit 0: Ext Clock aktiv
Bit 1: Online Betrieb aktiv
Bit 2: Bit 14 der Abtastrate
Bit 3: Bit 15 der Abtastrate
Bit 4: Bit 14 der Anzahl der Abtastwerte nach der Triggerung
Bit 5: Bit 14 der Anzahl der Abtastwerte vor der Triggerung
Bit 6: frei

Als Antwort wird nur eine pos. Bestätigung ohne Daten erwartet.
Die Abtastrate multipliziert mit 50 µs gibt die Zeit zwischen den einzelnen Abtastungen an und hat einen Wertebereich von 1 bis 65000 (50 µs-3,25 s).
Die Anzahl der Abtastwerte nach der Triggerung gibt an, wieviele Werte nach der Triggerung noch eingelesen werden, bevor die Abtastung stoppt.
Die Anzahl der Abtastwerte vor der Triggerung gibt an, wieviele Werte eingelesen sein müssen, bevor eine Triggerung möglich ist.
Die Summe aus der Anzahl der Abtastwerte nach der Triggerung und Anzahl der Abtastwerte vor der Triggerung darf den Wert 32768 (32 KB) nicht überschreiten.
Eine laufende Abtastung wird beendet!

„6“ Abtastung starten

Ein Abtastungszyklus wird gestartet.

Als Antwort wird nur eine pos. Bestätigung ohne Daten erwartet.

„7“ Abtastung beenden

Eine laufende Abtastung wird beendet.

Als Antwort wird nur eine pos. Bestätigung ohne Daten erwartet.

„8“ Dateninfo anfordern

Die Parameter der gespeicherten Daten werden gesendet.
Als Antwort wird eine pos. Bestätigung mit folgenden Daten erwartet:

<Anzahl H> <Anzahl L> <Trigger H>
<Trigger L>
<Anzahl H> → Bits 8-15 der Anzahl der Abtastwerte
<Anzahl L> → Bits 0-7 der Anzahl der Abtastwerte
<Trigger H> → Bits 8-15 der Triggerposition
<Trigger L> → Bits 0-7 der Triggerposition

Die Anzahl der Abtastwerte gibt an, wieviele Werte insgesamt eingelesen worden sind. Die Triggerposition gibt die Position des Triggerwertes an.

„L“ Datenblock Low (128 Byte) anfordern

Als weiteres Byte folgt: <Block>

<Block> → Bits 0-6: Blocknummer des Datenblocks
Bit 7: immer 1

Ein Datenblock von 128 Byte wird ab der angegebenen Blocknummer gesendet. Mit diesem Befehl können die Speicherblöcke 0 bis 127 (entspricht den Daten 0h-3FFFh) ausgelesen werden. Für die höheren Blöcke (Adressen) ist der Befehl „H“ zu verwenden.

Als Antwort wird eine pos. Bestätigung mit dem 128 Byte Datenblock erwartet.

„H“ Datenblock High (128 Byte) anfordern

Als weiteres Byte folgt: <Block>

<Block> → Bits 0-6: Blocknummer des Datenblocks
Bit 7: immer 1

Ein Datenblock von 128 Byte wird ab der angegebenen Blocknummer gesendet. Mit diesem Befehl können die Speicherblöcke 128 bis 255 (entspricht den Daten 4000h-7FFFh) ausgelesen werden. Für die niederen Blöcke (Adressen) ist der Befehl „L“ zu verwenden.

Als Antwort wird eine pos. Bestätigung mit dem 128 Byte Datenblock erwartet.

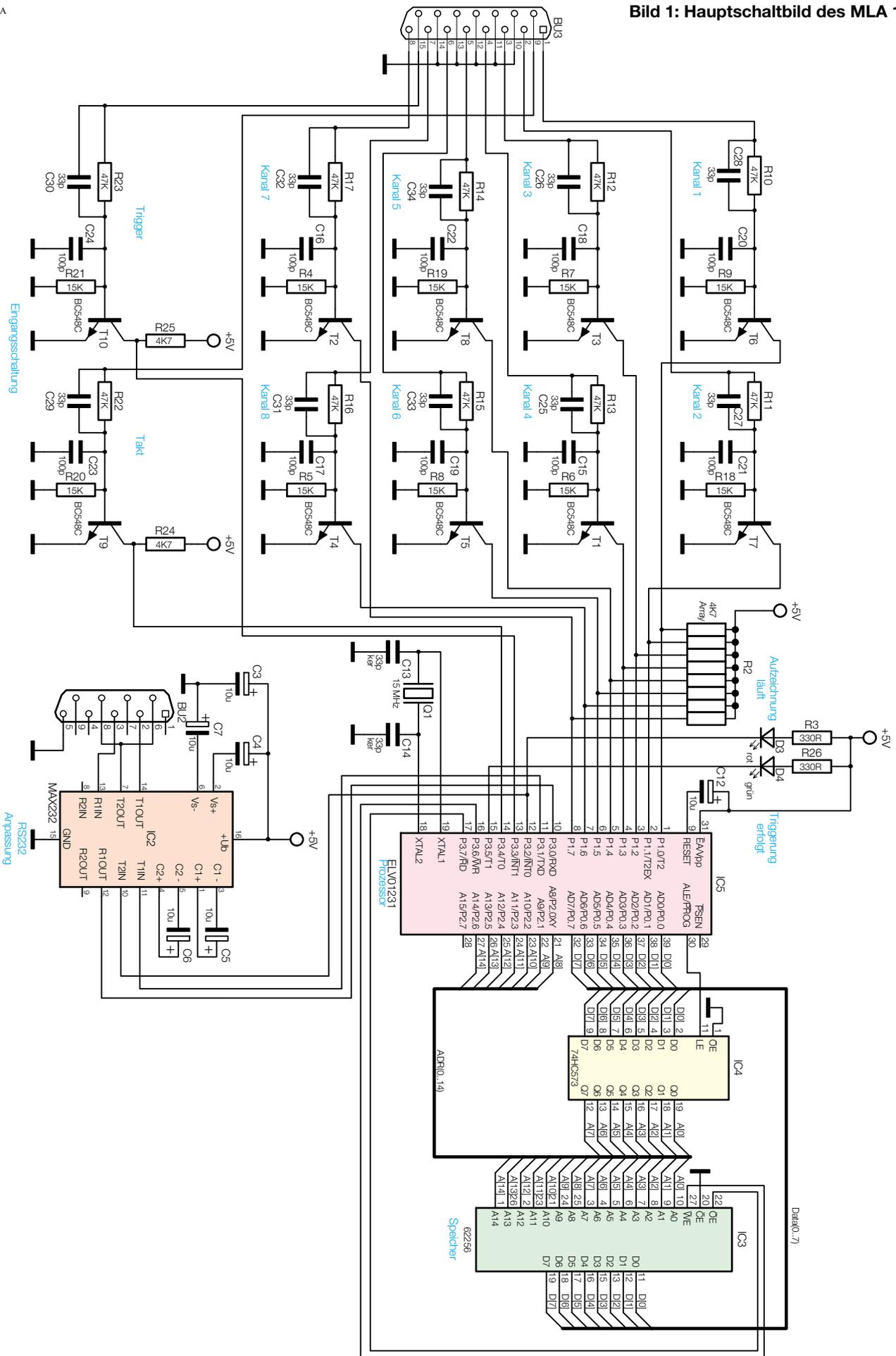
Schaltung

Während das Hauptschaltbild des Mini-Logic-Analyzers in Abbildung 1 zu sehen ist, zeigt Abbildung 2 die zugehörige Spannungsversorgung. Betrachten wir zuerst das Hauptschaltbild, wo der Single-Chip-Mikrocontroller IC 5 des Typs ELV 01231 das zentrale Bauelement ist. Der Controller übernimmt die gesamte Datenerfassung und -verwaltung sowie die Kommunikation mit dem PC.

Die zu messenden Eingangssignale der 8 Kanäle werden an die 15-polige Sub-D-Buchse BU 3 angeschlossen und gelangen zunächst auf 8 identisch aufgebaute Transistorstufen. Diese Transistorstufen haben 2 Aufgaben. Erstens erfolgt hier eine Pegelumsetzung und zweitens schützen die Transistorstufen den Prozessor vor zu hohen Eingangsspannungen. Alle Transistorstufen sind identisch aufgebaut, wobei die Eingangsspannungsteiler so dimensioniert sind, dass Spannungen zwischen -5 V und +42 V verarbeitet werden können. Spannungen, die größer als +2,5 V sind, werden dabei als logisch 1 interpretiert.

Ein externes Clocksignal kann an Pin 9 und ein externes Triggersignal an Pin 15 der 15-poligen Sub-D-Buchse zugeführt

Bild 1: Hauptschaltbild des MLA 1000



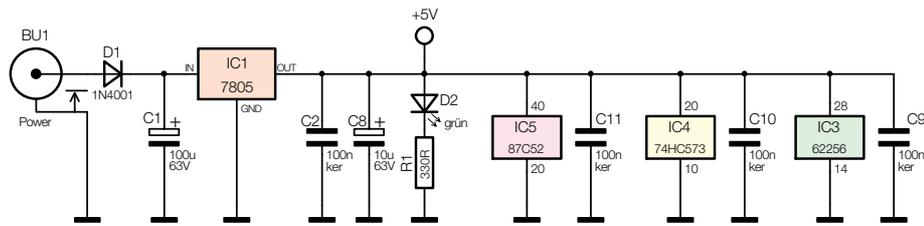


Bild 2: Spannungsversorgung des MLA 1000

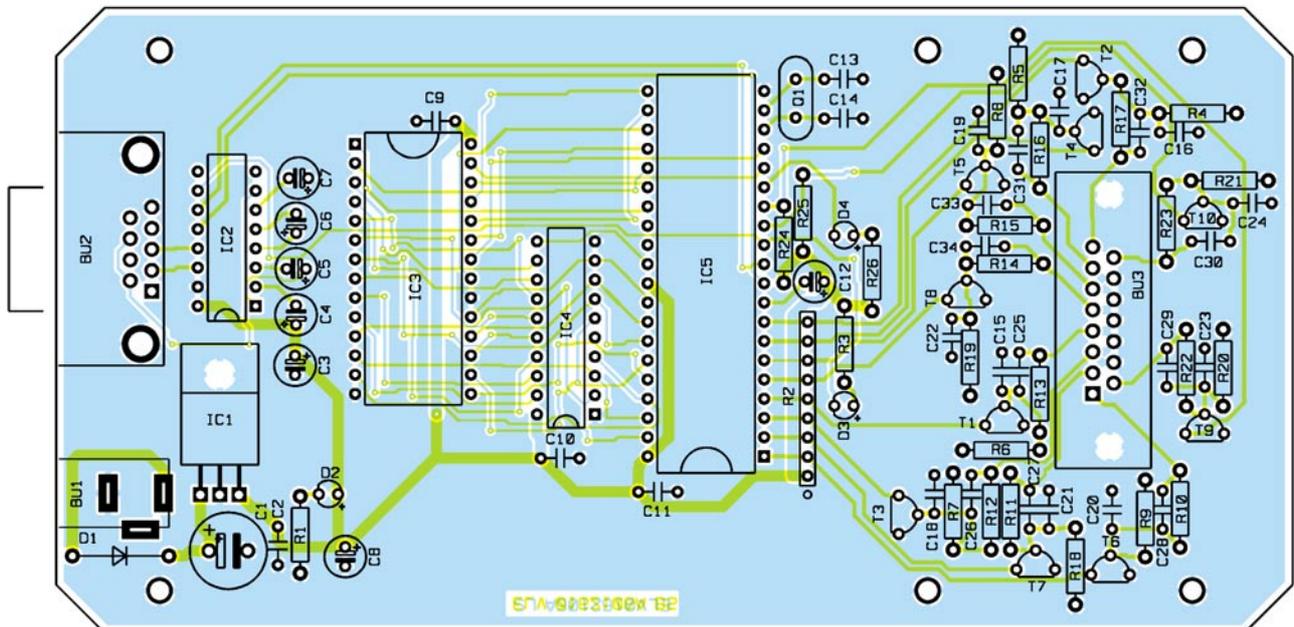
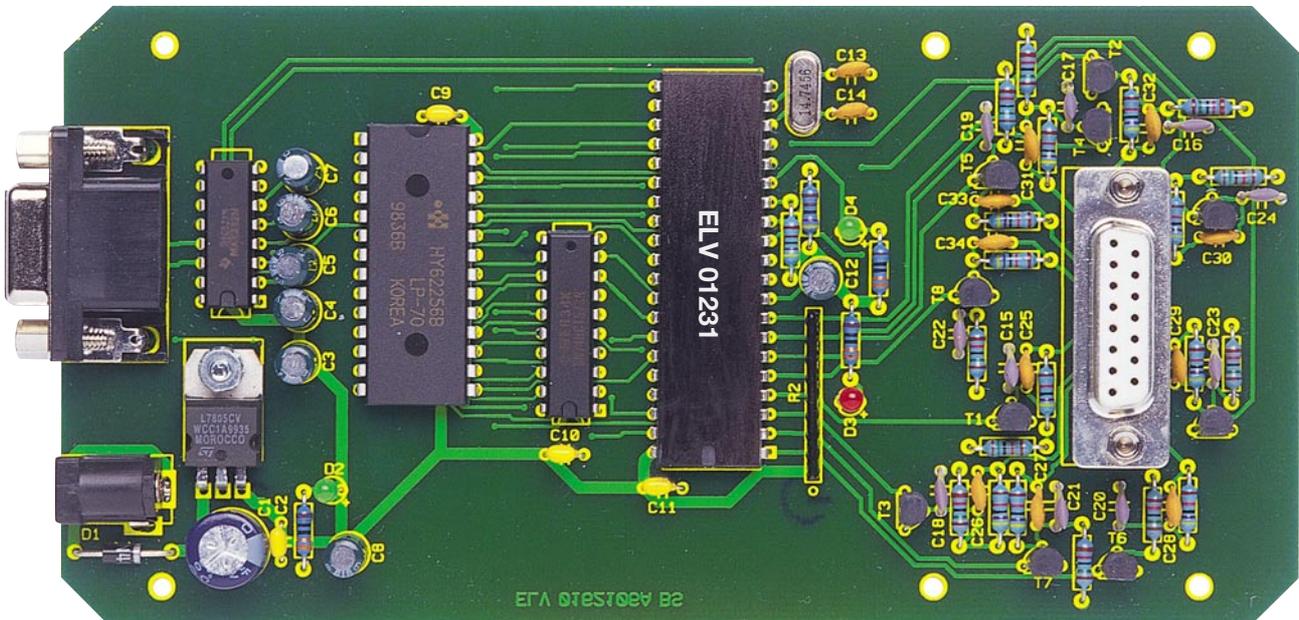
werden. Auch diese Signale gelangen über identische Transistorstufen zum zentralen Mikroprozessor (IC 5).

Am Prozessor sind die 8 Eingangskanäle mit Port 1.0 bis Port 1.7 verbunden. Das externe Clocksignal wird an Port 3.4 und das externe Triggersignal an Port 3.3 des Prozessors zugeführt.

Zur Datenspeicherung dient das externe 32-K-DRAM (IC 3) vom Typ 62256. Der Adress- und Datenbus des Controllers wird gemultiplext. Die Adressleitungen A 0 bis A 7 müssen daher im Latch IC 4 zwischen gespeichert werden.

Über eine Standard-RS-232-Schnittstelle wird die Verbindung zum PC herge-

stellt. Der Schnittstellentreiber des Typs MAX 232 (IC 2) nimmt die erforderlichen Pegelanpassungen vor und das Standard-Schnittstellenkabel ist an die 9-polige Sub-D-Buchse anzuschließen. Bei diesem Baustein sind an externen Beschaltungen lediglich die Elektrolytkondensatoren C 3 bis C 7 erforderlich.



Ansicht der fertig bestückten Platine des MLA 1000 mit zugehörigem Bestückungsdruck

**Stückliste:
Mini-Logik-Analyser MLA 1000**

Widerstände:

330Ω R1, R3, R26
4,7kΩ R24, R25
15kΩ R4-R9, R18-R21
47kΩ R10-R17, R22, R23
Array, 4,7kΩ R2

Kondensatoren:

33pF/ker C13, C14, C25-C34
100pF/ker C15-C24
100nF/ker C2, C9-C11
100µF/63V C1
10µF/63V C3-C8, C12

Halbleiter:

7805 IC1
MAX232 IC2
62256 IC3
74HC573 IC4

ELV01231 IC5
BC548C T1-T10
1N4001 D1
LED, 3 mm, grün D2, D4
LED, 3 mm, rot D3

Sonstiges:

Quarz, 14,745 MHz, HC49/U70 Q1
DC-Buchse, print BU1
SUB-D-Buchsenleiste, 9-polig,
print BU2
SUB-D-Buchsenleiste, 15-polig,
print BU3
1 Präzisions-IC-Fassung, 40-polig
2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 5 mm
1 Zylinderkopfschrauben, M3 x 8 mm
6 Knippingschrauben, 2,9 x 6,5 mm
1 Muttern, M3

1 Fächerscheiben, M3
2 Abstandsbolzen, M3 x 10 mm
1 SUB-D-Verriegelungsbolzen mit
M3-Gewinde (2er Set)
1 3,5"-Diskette, MLA1000-Software
1 Kunststoffgehäuse, schwarz,
bearbeitet
1 SUB-D-Stiftleiste, 15-polig,
Lötanschluss
1 SUB-D-Kunststoffgehäuse, 15-polig
1 Miniatur-Abgreifklemme, schwarz
10 Miniatur-Abgreifklemme, gelb
1 SUB-D-Verlängerungskabel, 9-polig
15cm Schaltdraht, blank, versilbert
50 cm flexible Leitung, ST1 x 0,22 mm²,
schwarz
50 cm Flachbandleitung, 10-adrig,
AWG28

Der interne Taktoszillator des Mikrocontrollers ist an Pin 18 und Pin 19 extern zugänglich. Neben dem Quarz Q 1 werden hier lediglich noch die beiden Keramik-Kondensatoren C 13 und C 14 benötigt.

Die Status-Anzeigen des Gerätes „Abtastung läuft“ (D 3) und „getriggert“ (D 4) sind mit Port 3.5 und Port 3.2 des Single-Chip-Mikrocontrollers verbunden.

Im Einschaltmoment sorgt der Elko C 12 für einen definierten Power-On-Reset.

Die Beschreibung des Hauptschaltbildes ist damit abgeschlossen, und wir wenden uns als nächstes der Spannungsversorgung in Abbildung 2 zu.

Als Spannungsquelle kann ein unstabiliertes Steckernetzteil mit 12 V bis 18 V und 300 mA Strombelastbarkeit dienen, das an die Niederspannungsbuchse BU 1 anzuschließen ist. Von hier aus gelangt die Spannung dann über die Verpolungsschutzdiode D 1 auf den Pufferelko C 1 und den Eingang des 5-V-Spannungsreglers IC 1. Ausgangsseitig stehen dann stabilisiert 5 V zur Spannungsversorgung zur Verfügung. Während der Elko C 8 Schwingneigungen am Ausgang des Reglers verhindert, dienen C 2 sowie C 9 bis C 11 zur hochfrequenten Störunterdrückung.

Nachbau

Der praktische Aufbau des Mini-Logic-Analysators MLA 1000 ist einfach, da ausschließlich konventionelle bedrahtete Bauelemente zum Einsatz kommen, die alle auf einer einzigen doppelseitig durchkontaktierten Leiterplatte Platz finden. Dank der doppelseitigen Durchkontaktierung sind keine Drahtbrücken erforderlich.

Die Bestückung wird dann entsprechend der Stückliste, des Bestückungsplanes und dem Bestückungsaufdruck auf der Leiterplatte vorgenommen.

Im ersten Arbeitsschritt sind die Anschlüsse der 1%igen Metallfilmwiderstände auf Rastermaß abzuwinkeln, von oben durch die zugehörigen Platinenbohrungen zu stecken und dann an der Platinenunterseite leicht anzuwinkeln. Alsdann wird die Platine umgedreht und alle Anschlüsse in einem Arbeitsgang verlötet. Die überstehenden Drahtenden sind danach, wie auch alle nachfolgend zu bestückenden bedrahteten Bauelemente, direkt oberhalb der Lötstellen abzuschneiden. Die Lötstellen selbst dürfen dabei nicht beschädigt werden.

Nun sind die Keramik-Kondensatoren an der Reihe, deren Anschlussbeinchen vor dem Verlöten möglichst weit durch die zugehörigen Platinenbohrungen zu stecken sind.

Bei den üblicherweise am Minuspol gekennzeichneten Elektrolytkondensatoren ist unbedingt die korrekte Polarität zu beachten. Falsch gepolte Elkos können sogar explodieren.

Nach dem Bestücken der Verpolungsschutzdiode D 1 mit korrekter Polarität sind die Transistoren einzubauen, wobei auch hier die Anschlüsse so weit wie möglich durch die zugehörigen Platinenbohrungen zu führen sind.

Der Spannungsregler IC 1 wird vor dem Verlöten mit einer Schraube M3 x 8 mm, Zahnscheibe und Mutter in liegender Position auf die Leiterplatte montiert.

Beim Einlöten der Niederspannungsbuchse BU 1 ist eine zu große Hitzeeinwirkung

auf das Bauteil zu vermeiden und bei den bei der 9-poligen Sub-D-Buchse BU 2 ist auf versehentliche Lötzinnbrücken zwischen den Pins zu achten.

Die Anschlusspins der 15-poligen Sub-D-Buchse BU 3 sind zuerst mit jeweils 1 cm langen Schaltdrahtabschnitten zu verlängern.

Danach werden mit Schrauben M3 x 5 mm zwei Abstandsbolzen M3 x 10 mm in die Leiterplatte montiert. Nun ist die Buchse so aufzusetzen, dass die Drahtenden durch die zugehörigen Platinenbohrungen ragen und mit zwei Sub-D-Verriegelungsbolzen festgesetzt werden können. Zuletzt bleibt dann nur noch das Verlöten der Drahtenden, die auf die richtige Länge zu kürzen sind.

Die integrierten Schaltkreise sind so einzulöten, dass die Gehäusekerbe des Bauelements mit dem Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmt.

An Bestückungsarbeiten bleiben jetzt nur noch die drei Leuchtdioden mit korrekter Polarität (der Anodenanschluss weist ein längeres Anschlussbeinchen auf) und einer Einbauhöhe von 19 mm, gemessen von der LED-Spitze bis zur Platinenoberfläche, einzulöten.

Nach einer gründlichen Überprüfung hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehler wird die Leiterplatte mit 6 Knippingschrauben 2,9 x 6,5 mm in die Gehäuseunterhalbmontiert.

Mit dem Einsetzen und Verschrauben des Gehäuseoberteils ist der Nachbau dann vollständig abgeschlossen.

Im zweiten Teil dieses Artikels stellen wir ausführlich die zugehörige Software vor.

