

Achtkanal- Logikanalysator

Kreativwettbewerb

B. JAHN

Ein Logikanalysator kann für viele Anwendungen in der Amateurpraxis sehr hilfreich sein, ob es nun um die Entwicklung eigener Schaltungen, um die Fehlersuche in digitalen Systemen oder um die Untersuchung des Verhaltens von komplexeren Digital-Schaltungen geht.

Daß ein solcher Vorsatz nicht unbedingt hohe Kosten verursachen muß, wenn man sich bei den technischen Daten etwas einschränkt, beweist der im Beitrag vorgestellte Achtkanal-Logikanalysator für Z 80-Rechner, hier softwaremäßig für den AC 1 konzipiert. Mit einem Achtkanal-Multiplexervorsatz ist auch der Anschluß an ein einfaches Einstrahlzilloskop möglich, um damit ebenfalls acht Kanäle gleichzeitig sichtbar zu machen.

Für meinen konkreten Bedarf habe ich den Logikanalysator mit folgenden technischen Daten realisiert:

- Abtastung von TTL-Pegeln mit einer Taktfrequenz von 5 MHz als zur Zeit maximaler Abtastrate (200 ns, variabel);
- Einlesen und Zwischenspeichern der Information in einem sRAM; damit ist eine beliebige Untersuchung des erfaßten Signalverlaufs möglich;

- Auswertung der Signale durch einen Mikrorechner oder einen 8-Kanal-Multiplexervorsatz an einem Einstrahlzilloskop. Ich habe den AC 1 eingesetzt, für den auch die abgebildete Software konzipiert ist - er steuert alle Funktionen des Logikanalysators

Rings um den sRAM - die Hardware

Das Kernstück der Schaltung bildet ein sta-

tischer RAM. Ich setzte einen U 6516 mit einer Zugriffszeit von 200 ns ein. Beim Einsatz schnellerer RAMs ist eine entsprechende Erhöhung der Abtastrate des Gesamtgeräts möglich.

Das Meßobjekt liegt im Modus „Daten schreiben“ über einen Bustreiber direkt an den Datenleitungen des sRAMs; letztere sind im Modus „Daten lesen“ zur Rechner-PIO durchgeschaltet. Die Anwahl des jeweiligen Datentreibers erfolgt durch den Schalter S2 bzw. eine Leitung des PIO-Ports B über ein statisches RS-Flipflop, das den entsprechenden Bustreiber freigibt. Die notwendige Taktfrequenz von 20 MHz erzeugt ein Taktgenerator nebst nachfolgender Teilerkette. Mit S1 ist der Taktgenerator abschaltbar (z. B. zur Einspeisung eines externen Takts). Mit Schalter S3 ist die Abtastrate einstellbar. Über eine Steuerlogik gelangt das so ausgewählte Signal zum Adressenzähler, der die Adressen A0 bis A10 für den RAM und A11 für die Statussignalisierung bildet.

Die Signale „RESET“ und „Start“ werden vom Rechner über zwei weitere Leitungen des PIO-Ports B gesteuert.

Der monostabile Multivibrator dient lediglich zur Anzeige des Schreib- und Lesezustands für den Bediener, da bei sehr geringen Abtastraten doch einige Zeit vergeht, bis die 2 048 Meßwerte gespeichert sind.

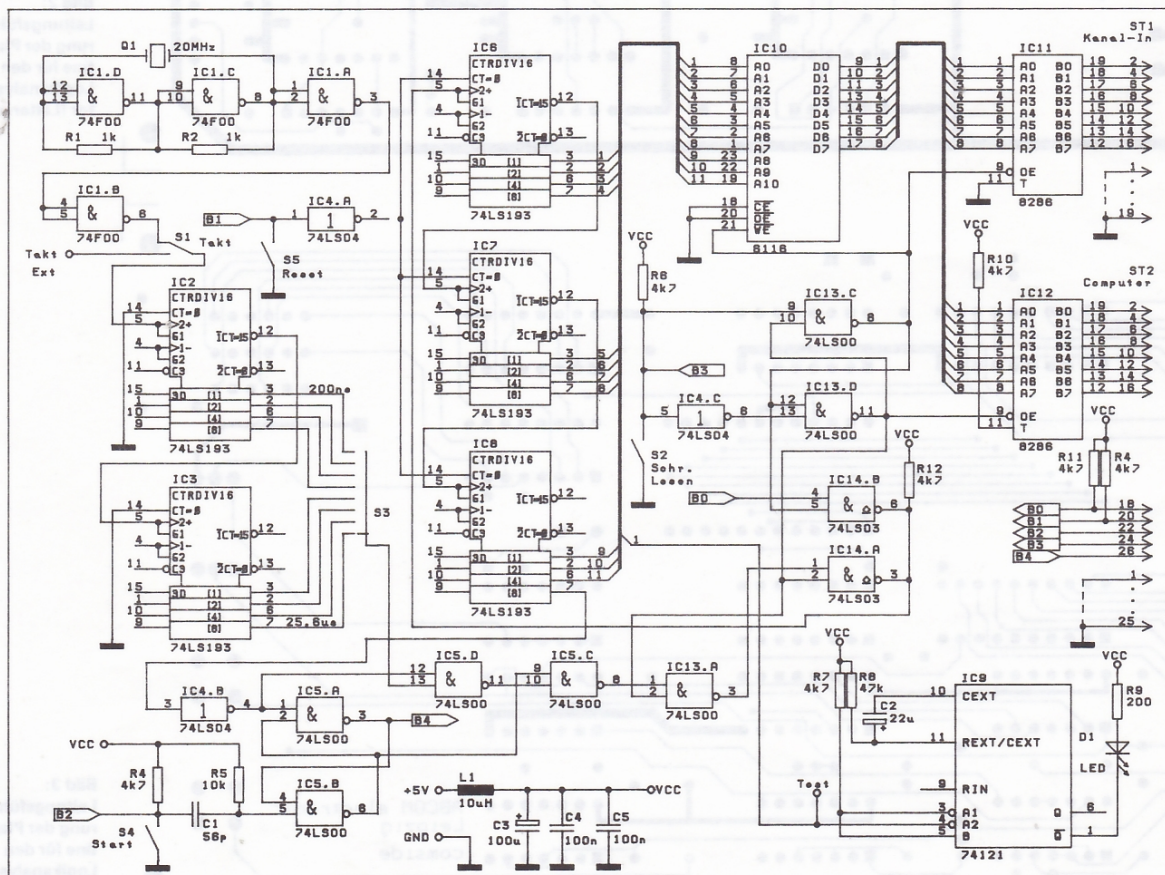


Bild 1: Stromlaufplan des Logikanalysators

Zum Lesen des RAM-Inhalts ist ein externer Zählimpuls an den Eingang „Zählimpuls ext.“ anzulegen. Bei Rechnerkopp- lung wird dieser über die PIO ausgege- ben.

Sollte es sich erforderlich machen, einen Start des Logikanalysators beim Vorhan- densein eines bestimmten, am Eingang lie- genden Datenworts vorzusehen, kann man den Eingang mit einem 8-Bit-Komparator, z. B. dem 74 LS 688, erweitern. Der Kom- parator vergleicht dabei ein mittels DIL-

Schalter vorher einzustellendes Datenwort mit den anliegenden Eingangsinformatio- nen. Bei Übereinstimmung wird der Aus- gang des Komparators (A = B) L-aktiv. Diese Information wird mit dem Eingang „Start“ des Logikanalysators verknüpft, und beim Anliegen der entsprechenden Bitfolge erfolgt der Start des Erfassungsab- laufs, der im folgenden detaillierter be- schrieben werden soll.

Schreiben und Lesen

Nach dem manuellen Einstellen der ge-

wünschten Abtastrate mit S3 (Stufen zu 200 ns; 400 ns; 800 ns; 1,6 μ s; 3,2 μ s; 6,4 μ s; 12,8 μ s und 25,6 μ s) und dem Einstellen des Schalters S2 auf „Schreiben“ übernimmt nun der Rechner die Steuerung des Analy- sators

- auf Schreiben schalten (bzw. Status te- sten);
- Reset für Adreßzähler ausgeben;
- Startimpuls ausgeben;
- ständig Statusleitung abfragen (ist der RAM vollständig beschrieben, schaltet die

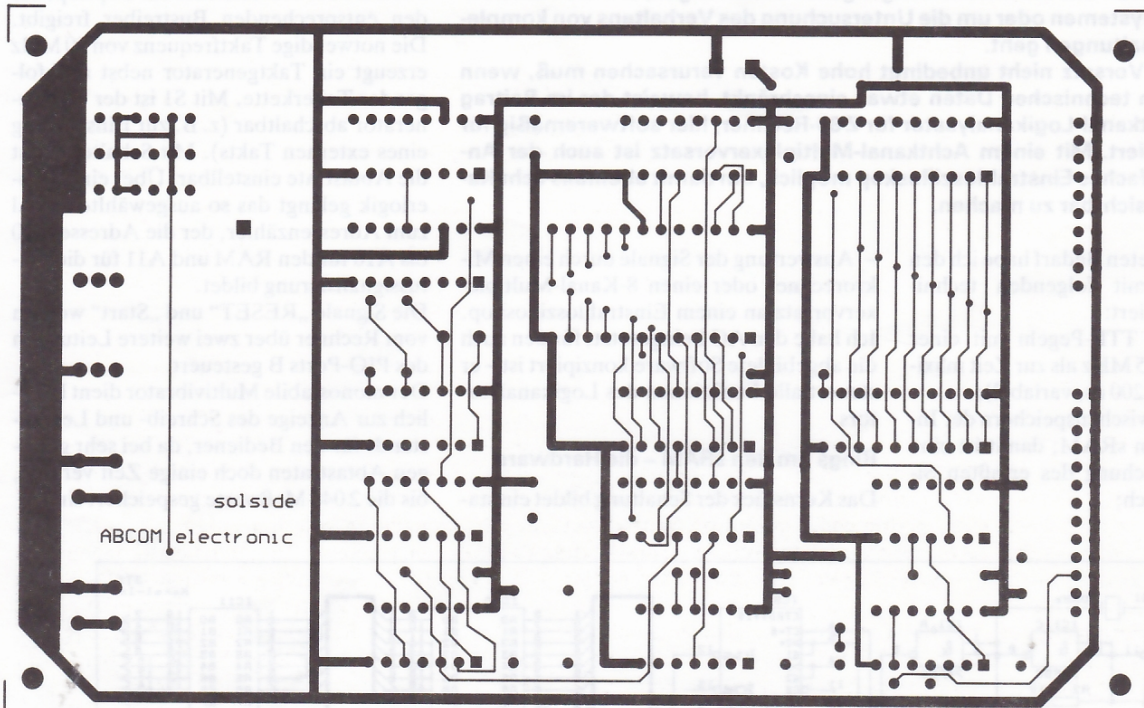


Bild 2: Leitungsführung der Platine für den Logikanalysator (Leiterseite)

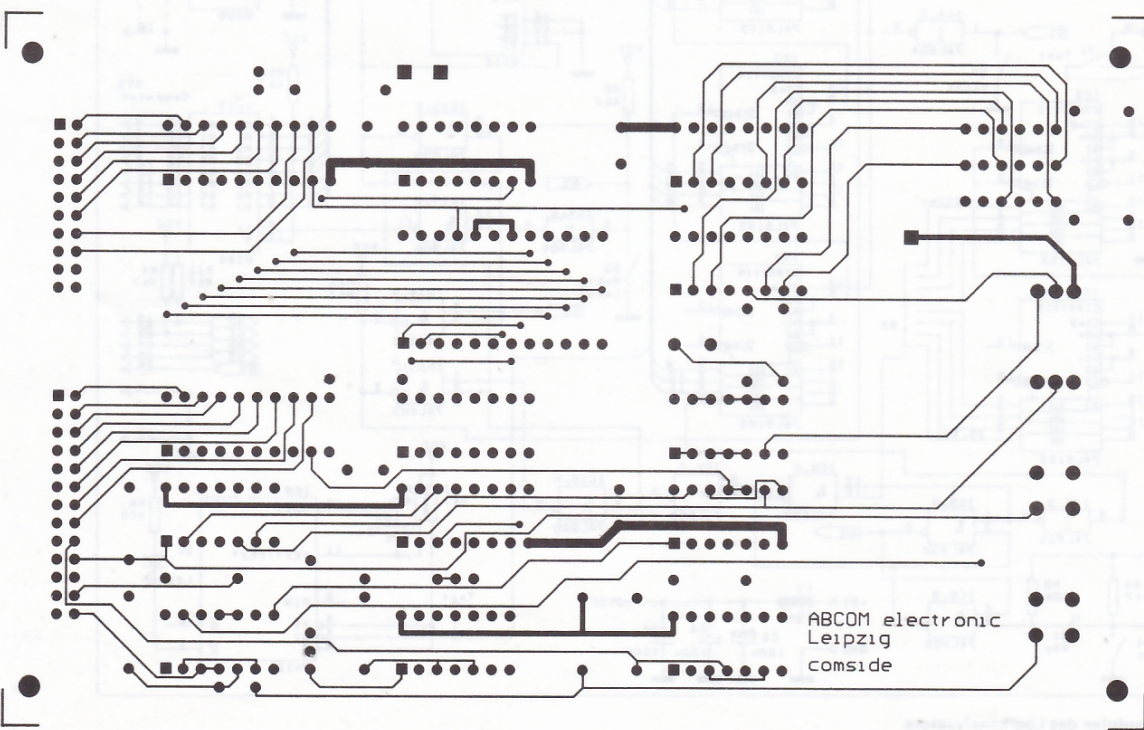


Bild 3: Leitungsführung der Platine für den Logikanalysator (Bestückungsseite)

Leitung A11 über eine Steuerlogik die Zählimpulse für den Adressenzähler ab; dies erkennt der Rechner durch die Pegeländerung der Statusleitung).

Die Änderung des Pegels auf der Statusleitung hat zur Folge:

- der Rechner schaltet auf Lesen um;
- er gibt den Reset für den Adreßzähler aus;
- er liest die Information aus dem sRAM aus und
- das Impuldiagramm der ersten 53 Byte erscheint auf dem Bildschirm.

Die Software

Die Software ist, wie gesagt, für den AC 1 geschrieben (das Assemblerlisting kann bei der Redaktion gegen 2,50 DM in Briefmarken mit plus 1,70 DM frankierten Rückumschlag angefordert werden, damit ist eine einfache Anpassung auch an andere Z 80-Geräte möglich). Sie belegt folgenden Speicherplatz:

2000H bis 23F3H: Programm Logikanalysator

2800H bis 2FFFH: Zwischenspeicher für den Bildinhalt

3000H bis 37FFH: Meßwertspeicher 1

3800H bis 3FFFH: Meßwertspeicher 2.

Das Programm verfügt über eine Bedienführung, die die Bedienung sehr vereinfacht. Nach dem Start auf Adresse 2000H erscheint ein Menübild ähnlich Bild 5 (die dort dargestellten Pegelverläufe erscheinen selbstverständlich erst nach einem Meßdurchlauf).

Die Arbeit mit dem Analysator

Zunächst ist der Analysator mit dem (ausgeschalteten) Rechner über ein 25poliges

Hexdump der Logik-analysator-Software

```

2000 18 0C 00 00 00 00 00 00 00 38 00 09 33 0D 31 02 * 2A *
2010 20 CD 3B 22 CD 38 22 CD 52 22 CD 22 DF 0E 32 * 30 *
2020 39 30 30 4C 49 4E 45 41 4C 20 2D 2D 3E 0E 32 38 * 20 *
2030 3C 20 3C 49 4E 45 41 4C 20 3C 49 4E 3E 32 38 * 2A *
2040 33 4D 45 53 53 45 4E 20 20 3C 20 4D 20 3E 0E 32 * 43 *
2050 38 34 36 4D 4F 4E 49 54 4F 52 20 3C 20 51 20 3E * 05 *
2060 0E 32 39 31 33 4C 45 53 45 4E 20 20 3C 20 4C * 26 *
2070 20 3E 0E 32 39 33 30 5A 45 49 54 3A 0E 32 39 34 * 11 *
2080 36 42 79 74 65 3A 0E 32 39 33 74 57 45 25 35 * 0E *
2090 52 20 3C 20 5A 2F 56 20 3E 0E 33 31 34 36 45 49 * 51 *
20A0 4E 47 41 42 45 3A 0E 33 31 30 30 64 79 6E 2E 35 * 11 *
20B0 33 20 42 69 74 20 61 75 73 77 65 72 74 65 6E 20 * 34 *
20C0 3C 23 44 20 3E AD 0E CD 0B 22 21 7A 11 65 AF 32 * 2A *
20D0 02 20 2A 03 20 DF 0E 32 39 33 35 A0 CD 9A 01 DF * DE *
20E0 0E 33 31 35 34 A0 CF D7 FE 56 CA B9 22 FE 5A CA * 22 *
20F0 0E 23 FE 09 28 25 FE 08 28 4B FE 4C 20 0C CD 38 * 29 *
2100 22 CD 52 22 CD A2 22 C3 8D 21 FE 51 CA 00 00 FE * 26 *
2110 03 D2 4A 03 0B 3E CF D3 09 3E F0 D3 3E F0 D3 * 3C *
2120 28 B0 3C 31 02 20 ED 5B 03 20 7B C6 01 27 5F 38 * DD *
2130 06 ED 53 03 20 18 03 14 18 F7 E1 2B E5 CD 0E 22 * B5 *
2140 CD 63 23 18 8D 3A 02 20 FE 00 28 86 3D 32 02 20 * 7D *
2150 ED 5B 03 20 7B D6 01 27 5F 38 06 ED 53 03 20 18 * FA *
2160 03 15 1B 77 E1 23 18 D4 CD 38 22 CD 52 22 CD A2 * 82 *
2170 22 3E 0D D3 09 3E 0F D3 09 3E 09 D3 09 3E 0F D3 * 2F *
2180 09 CD 97 02 DB 09 CB 67 28 FA CD 97 02 21 00 30 * B4 *
2190 01 00 08 11 00 00 ED 53 03 20 11 00 38 ED 53 08 * 1A *
21A0 20 3E 04 D3 09 3E 06 D3 09 1E 05 1D 20 FD DB 08 * 2A *
21B0 77 23 0B 78 B1 2B 0B FE 07 D3 09 1E 05 1D FD * 8D *
21C0 18 E3 21 00 30 ED 5B 08 20 01 00 08 ED B0 CD 1E * F3 *
21D0 22 06 08 C5 C1 05 28 18 C5 ED 5B 08 20 06 35 1A * 6F *
21E0 CB 0F 12 12 10 F9 06 8B 2B 10 FD CD 21 22 18 E4 * 55 *
21F0 07 D3 0A D3 09 3E 06 D3 09 1E 05 1D 20 FD DB 08 * 2A *
2200 D9 21 00 11 00 28 01 00 08 ED B0 D9 C3 A5 22 21 * 6D *
2210 00 28 11 00 10 01 00 08 ED B0 D9 C3 A5 22 21 * F9 *
2220 16 ED 5B 08 20 06 35 1A CB 47 20 08 0E F8 71 2B * A9 *
2230 13 10 F4 C9 0E FF 18 F6 DF 8C C9 3E 4F D3 0A 3E * 2D *
2240 07 D3 0A D3 09 3E 06 D3 09 1E 05 1D 20 FD DB 08 * 2A *
2250 09 C9 DF 0E 30 34 30 32 41 30 0E 30 37 30 32 41 * 2C *
2260 31 0E 31 30 30 32 41 32 0E 31 33 30 32 41 33 0E * 3D *
2270 31 36 30 32 41 34 0E 31 39 30 32 41 35 0E 32 32 * 0E *
2280 30 32 41 36 0E 32 35 30 32 41 37 0E 30 32 34 32 * 02 *
2290 4C F4 47 49 4B 2D 41 4E 41 4C 59 33 41 54 4F 52 * 6B *
22A0 A0 C9 21 7A 11 0E C0 06 18 11 40 00 7E 20 20 * 22 *
22B0 05 71 19 10 F7 C9 77 18 F9 CD 91 23 2A 03 20 7C * DF *
22C0 FE 20 20 0E DF 0E 33 30 33 30 45 4E 44 45 A0 C3 * 48 *
22D0 1D 20 DF 0E 33 30 33 30 20 20 20 A0 2A 05 20 * 43 *
22E0 22 08 20 7C D6 38 67 11 00 0B C6 01 27 5F 38 * 18 *
22F0 02 18 05 7A C6 01 27 57 2B 7C B5 20 ED ED 53 03 * 40 *
2300 20 ED 5B 08 20 21 F9 16 CD 25 22 C3 D1 21 CD 91 * D5 *
2310 23 21 00 30 11 00 38 01 00 08 ED B0 ED 5B 03 20 * DA *
2320 7B FE 04 D3 09 3E 06 D3 09 1E 05 1D 20 FD DB 08 * 2A *
2330 A0 C3 1D 20 DF 0E 35 30 33 30 20 20 20 20 A0 * 05 *
2340 05 20 06 6A 2B 10 FD 22 05 20 22 08 20 06 35 7B * CA *
2350 D6 01 27 5F 38 04 10 F7 18 A3 7A D6 01 27 57 10 * 02 *
2360 EE 18 9A 06 36 2A 05 20 2B 10 FD 7C D6 08 67 01 * 51 *
2370 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 * 00 *
2380 31 A0 7E CD 83 01 C9 DF 0E 32 39 35 31 20 20 * A0 *
2390 C9 CD 38 22 CD 52 22 CD A2 22 AF 32 02 20 C9 32 * AA *
23A0 07 20 CD 1D 01 3E 0D D3 09 3E 0F D3 09 3E 09 D3 * 10 *
23B0 09 3E 0F D3 09 DB 09 CB 67 28 0F AF 32 07 20 C3 * DF *
23C0 1D 20 DB 09 CB 67 28 0F AF 32 07 20 C3 0F 3E * DF *
23D0 00 ED 53 03 20 11 00 38 ED 53 08 20 3E 04 D3 09 * C2 *
23E0 3E 06 D3 09 DB 08 77 23 0B 78 B1 CA C2 1 3E 07 * B7 *
23F0 D3 09 18 EC FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF * 2E *
CRC D663
    
```

Canon-Kabel entsprechend dem Stromlaufplan zu verbinden. Danach legen Sie die zu untersuchende Information an den Eingang des Analysators und starten das Programm bei 2000H. Es erscheint zunächst das Menübild. Die Einleitung des Meßvorgangs erfolgt mit der Taste „M“.

Dabei wird die Information zunächst im sRAM gespeichert. Der Meßvorgang ist mit dem Erreichen der Adresse 2048 im Logikanalysator-RAM beendet. Danach erfolgt das Auslesen des Meßwertspeichers über den PIO-Port A in den Rechner.

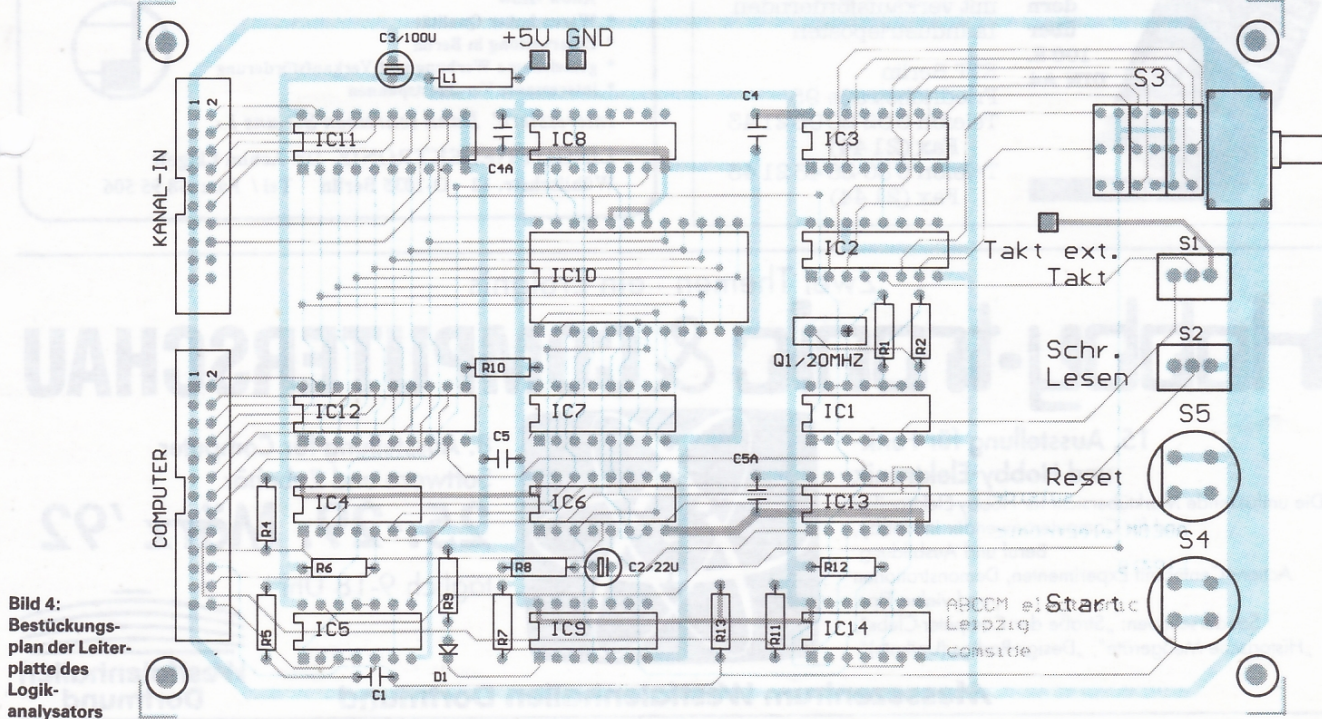


Bild 4: Bestückungsplan der Leiterplatte des Logik-analysators

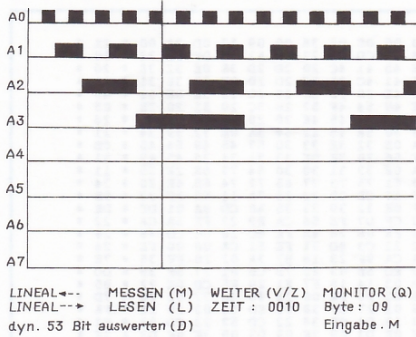


Bild 5: Menübild nach einem Meßdurchlauf

Das Programm beginnt nun mit der Auswertung der ersten 53 Byte des Speicherinhalts. Die Darstellung des H-Pegels erfolgt als weißes Grafikzeichen, und der L-Pegel erscheint als Tiefstrich. Die Auswertung der eingelesenen Informationen erfolgt byteweise. Da bei dieser Auswertung der Meßwertspeicher 1 „zerstörend“ gelesen wird, muß die Information im Meßwertspeicher 2 für weitere Auswertungen zwischengespeichert werden. Mit den Tasten „V“ und „Z“ ist ein seitliches Verschieben vorwärts und rückwärts im Speicher möglich. Das machte sich erforderlich, da der AC1 nur eine Pseudografik besitzt, die lediglich die Auswertung

von gleichzeitig 53 Byte möglich macht. Die restlichen Bildschirmpositionen je Zeile werden vom Diagrammaufbau belegt. Durch ein mit den Kursortasten links und rechts verschiebbares Lineal kann man nun die gesamte Kanalinformation entlang der senkrechten Lineallinie vergleichen. Das hierbei erfaßte Byte (links vom Lineal) wird in der Statuszeile bei „Byte:“ in Hex-Darstellung angezeigt. Die Anzeige bei „ZEIT:“ entspricht der Stellung des Lineals im Meßintervall (1 bis 2048). So lassen sich bei bekannten Abtastraten Zeiten zwischen bestimmten Informationen ermitteln. Beispielsweise ergibt eine Differenz von 3 bei einer Abtastrate von 5 MHz 600 ns Zeitdifferenz. Durch die Betätigung der Taste „L“ erfolgt ein erneutes Auslesen des Logikanalysators. Die Taste „D“ ermöglicht eine dynamische Betriebsart des Logikanalysators mit dem Rechner. Dabei wird ständig zwischen den Betriebsarten Meßvorgang im Logikanalysator sowie Anzeigen der ersten 53 Byte und wieder zurück in den Meßvorgang usw. gesteuert. Damit kann man besonders gut zeitkritische Vorgänge, u. a. auch bei Abgleicharbeiten, zeitnah verfolgen. Das Verlassen des Programms erfolgt schließlich mit „Q“.

Anmerkung der Redaktion: Für MC-Programmierer bietet sich hier auch die Möglichkeit des Abspeicherns bzw. Ladens ganzer Speicherinhalte auf ein externes Speichermedium, um so ggf. ganze Meßabläufe zu Vergleichs- und Demonstrationszwecken reproduzierbar zu machen.

Der Aufbau

Ich habe die aufgebaute Schaltung zusammen mit einem Achtkanal-Multiplexer in einem Gehäuse mit den Abmessungen 215 x 130 x 75 mm³ untergebracht und so ein kompaktes Vielzweckgerät realisiert. Die Stromversorgung kann sowohl vom Rechner aus als auch extern oder von der Meßschaltung her erfolgen. Die Verbindung zum Rechner wird mit einem 25poligen Canon-Steckverbinder realisiert, dessen Belegung sich aus dem Stromlaufplan Bild 1 ergibt. Um auch einen rechnerunabhängigen Betrieb realisieren zu können, sind an der Frontplatte schließlich noch Schalter für Schreiben und Lesen und je ein Taster für Reset und zum Start angebracht.

Das Leiterplattenlayout ist in den Bildern 2 und 3 gezeigt. Für seine Entwicklung danken wir unserem Leiterplattenhersteller, der Fa. ABCOM-electronic Leipzig.

ETT-Großhandel 

Ihr BERLINER Partner des Fachhandels

Katalog anfordern über 100 S. DIN A4 ... über 1000 Electronic-Artikel mit verkaufsfördernden la. Industrieposten

ETT Berlin
Friedrichstraße 95
Telefon 0 02-20 96 21 43
Fax (21 44)
Telefon 0 30-26 43 21 43
Fax (21 44)

 **gratis**

Auch für Sie kann das Hobby zum Beruf werden!

Wir suchen weitere Franchise-Partner als selbständige Unternehmer im ELEKTRONIK-Fachhandel für elektronische Bauelemente, Zubehör, Fachliteratur, Computer-Hard- und Software.

und Partner als Leiter von Bestellannahmen und Beratungszentren für unseren Elektronikversandhandel (nebenberuflich möglich).

Wir bieten Ihnen:

- * Know-How
- * Waren hoher Qualität
- * Einarbeitung in Berlin
- * gemeinsame Werbung und Verkaufsförderung
- * interessante Verdienstspannen



Interessiert? Dann schreiben Sie uns!

LINGOTT-ELEKTRONIK Dr. Achim Lingott
Wühlischstr. 12 O-1035 Berlin Tel / Fax: 58 95 506

Zwei Themen - ein Ereignis

Hobby-tronic & COMPUTERSCHAU

15. Ausstellung für Funk- und Hobby-Elektronik

Die umfassende Marktübersicht für Hobby-Elektroniker und für Computeranwender in Hobby, Beruf und Ausbildung.

Actions-Center mit Experimenten, Demonstrationen und vielen Tips.

Sonderschauen: „Straße der Computer-Clubs“, „Historische Meßgeräte“, „Design-Radios (Unikate)“.



8. Ausstellung für Computer, Software und Zubehör

25.-29. März '92

täglich 9-18 Uhr

Messezentrum Westfalenhallen Dortmund

