

RPB**electronic-taschenbücher
Titelverzeichnis****RPB**

Jeder Einfach-Band umfaßt etwa 60–70 Seiten, enthält bis zu 70 Bilder und Tabellen. Mehrfach-Bände entsprechend. Die Nummer vor dem Titel ist die Bestellnummer. Preisänderungen und Liefermöglichkeiten vorbehalten.

Preise: Einfachband (•) DM 5.80; Doppelband (••) DM 8.80; Dreifachband (•••) DM 10.80.

- 4 •• Der Hobby-Elektroniker lernt messen (Nöhrmann) 2. Aufl.
- 5 •• Brand- und Einbruchmeldeanlagen (Bartels). 2. Auflage
- 8 • Antennen für Rundfunk- und Fernseh-Empfang (Mende). 15. Aufl.
- 8 ••• Kleines ABC der Elektronik-Orgel (Wuschek) 2. Auflage
- 9 ••• Tonbandgeräte-Praxis (Jung-hans). 13. Aufl.
- 11 ••• Mikrofone (Kühne). 9. Aufl.
- 16 ••• Widerstandskunde für Elektroniker (Hofmeister). 7. Aufl.
- 18 ••• Optoelektronik (Ratheiser/Pfeiler). 2. Auflage
- 20 •• Methodische Fehlersuche in Rundfunkempfängern (Renardy/Lummer). 16. Aufl.
- 22 ••• Amateur-Funkfern-schreibtechnik RTTY (Plötsch). 2. Aufl.
- 22 ••• Kleines ABC der Elektroakustik (Büscher). 7. Aufl.
- 26 ••• UHF-Amateurfunk-Antennen (Reithofer) 2. Aufl.
- 32 ••• DX-Vademecum (Best)
- 33 ••• Elektronische Voltmeter (Lil-mann/Pelka)
- 34 ••• Von der Mengenlehre zur Schaltalgebra (Siegfried). 2. Auflage
- 36 ••• BSB- und ISB-Technik (Pelka). 9. Aufl.
- 36 •• Fachwörter der Elektronik. 3. Aufl.
- 38 ••• KW- und UKW-Amateurfunk-Antennen (Diefenbach). 12. Aufl.
- 38 ••• Sendertabelle (Schneider/Red-lich). 4. Aufl.
- 38 ••• Prakt. Antennenbau (Mende). 17. Aufl.
- 41 •• Kleine Fernseh-Bildfehler-Fibel (Räbe/Kirsch). 3. Aufl.
- 42 ••• Elektroflug (Bruß). 2. Aufl.
- 44 ••• Schaltalgebra im Experiment (Glösmann)
- 46 •• Der Hobby-Elektroniker ätzt seine Platinen selbst (Nöhrmann).
- 48 ••• Morselehre. (Diefenbach). 11. Aufl.
- 48 ••• Funk-Entstörungs-Praxis (Möndes). 9. Aufl.
- 60 ••• Die Widerstand-Kondensator-Schaltung (Schneider). 7. Aufl.
- 64 ••• Einführung in die Operationsverstärker-Technik (Hirschmann). 2. Aufl.
- 65 ••• Operationsverstärker-Anwendung (Hirschmann). 2. Auflage
- 68 ••• Kleine Elektronik-Formelsammlung (Rose). 15. Aufl.
- 69 ••• Integrierte Schaltungen in Frage und Antwort (Hibberd). 2. Aufl.
- 70 •••• Laser, Maser, Hologramme (Ferretti)
- 73 ••• Wie liest man eine Schaltung? (Benda). 3. Auflage
- 82 ••• Was ist ein Mikroprozessor? (Pelka). 4. Aufl.
- 83 ••• Mikrofon-Aufnahmetechnik (Praetzel/Warneke). 2. Aufl.
- 84 ••• Fernsehantennen-Praxis (Mende). 14. Aufl.
- 85 •••• HiFi-Schaltungs- und Baubuch (Kühne/Horst). 9. Aufl.
- 87 ••• Methodische Fehlersuche in der Industrie-Elektronik (Benda). 2. Aufl.
- 88 ••• Schliche und Kniffe für Radiopraktiker (Kühne). 7. Aufl.
- 90 •• Netzgeräte mit ICs (Sehrig). 2. Aufl.
- 92 •••• Einfache Experimente mit digitalen Schaltgliedern (Wirsum). 2. Aufl.
- 93 ••• Schaltungen für die Modellfernsteuerung (Bruß). 8. Aufl.
- 94 ••• Fliegen mit Modellhubschraubern (Snitjer)
- 96 •• Abkürzungen aus der Elektronik (Freyer)
- 98 ••• Jedermann-Funk (Kriebel/Rockrohr). 3. Aufl.
- 99 •••• Wie arbeite ich mit dem Elektronenstrahl-Oszilloskop? (Sutane/Wißler). 10. Aufl.
- 100 ••• Daten- und Tabellensammlung für Radiopraktiker und Elektroniker (Mende). 4. Aufl.
- 101 •••• Elektronische Orgeln und ihr Selbstbau (Böhm). 7. Aufl.
- 102 ••• Elektronische Bauelemente – einfach geprüft im Hobby-Labor (Nöhrmann)

Robert Schröder

Sequencer – ein Musikcomputer(?)

Eine einfache Anleitung zum
preiswerten Selbstbau eines
Musikcomputers

Mit 41 Abbildungen

Franzisk

Nr. 150 der RPB-electronic-taschenbücher

GIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Schröder, Robert:

sequencer, ein Musikcomputer(?) Eine einfache Anleitung zum preiswerten Selbstbau e. Musikcomputers / Robert Schröder. — München, Franzis, 1980.

([RPB-Elektronik-Taschenbücher] RPB-electronic-taschenbücher; Nr. 150)

ISBN 3-7723-1501-1

© 1981 Franzis-Verlag GmbH, München

sämtliche Rechte — besonders das Übersetzungsrecht — an Text und Bildern vorbehalten. Fotomechanische Vervielfältigungen nur mit Genehmigung des Verlages. Jeder Nachdruck, auch auszugsweise, und jede Wiedergabe der Abbildungen, auch in veränderterem Zustand, sind verboten.

Druck: Franzis-Druck GmbH, Karlstraße 35, 8000 München 2
printed in Germany. Imprimé en Allemagne.

ISBN 3-7723-1501-1

Vorwort

Besonders in den letzten Jahren hat sich die Elektronik immer mehr in den Vordergrund unseres Lebens gedrängt. Durch den enormen Fortschritt ist unser Dasein ohne Elektronik undenkbar geworden. Dem Laien erscheint dies wahrscheinlich etwas übertrieben oder unmöglich, aber fast jeder Gegenstand ist heutzutage mit Hilfe von elektronischen Schalt- und Regeleinheiten nergestellt worden, und einen durchschnittlichen Haushalt ohne elektronische Geräte wird man wohl nicht mehr finden.

Elektronik findet nicht nur Anwendung als technisches Arbeits- oder Hilfsmittel, sondern auch zur Gestaltung von Freizeit und Unterhaltung. Wie vieles andere, ist auch die Musik in den letzten Jahren sehr in Abhängigkeit von unserer modernen Technik geraten.

Seit noch nicht all zu langer Zeit ist es möglich, auf elektronischem Wege die Klangfarben aller herkömmlichen Musikinstrumente zu reproduzieren. Den ersten Schritt hierzu machte einst die elektronische Orgel, die wohl heute noch zu den beliebtesten Musikinstrumenten zählt und jedem Leser bekannt sein dürfte. Die ersten Abweichungen von festen Klangregistern erzielte man einst mit dem Trautonium, dessen Arbeitsweise hier aus Platzgründen nicht weiter beschrieben werden soll. Die bisher perfekteste Lösung entdeckte der Amerikaner R. Moog. Er entwickelte den uns heute bekannten Moog Synthesizer und eröffnete gleichzeitig damit eine neue Ära.

Ihm folgten zahlreiche Hersteller mit dem Bestreben, Moog's Perfektion zu verbessern. Hinsichtlich der elektronischen Schaltungskonzepte ereignete sich jedoch so gut wie nichts. Das derzeitige Ergebnis aus der einst simplen Absicht, Klangspektren künstlich nachzubilden, ähnelt mehr einem Computer, als einem Musikinstrument.

Synthesizer in Studioausführung sind heute in der Lage, eine Komposition selbständig aufzubauen oder vorprogrammierte Melodieabläufe, Klangfarbenverläufe und Dynamikstrukturen

beliebig oft zu wiederholen. Diese spezielle Programmierungselektronik beschreibt man als Sequencer. Mit diesem Gerät ist einem einzelnen Musiker die Möglichkeit gegeben, ein ganzes Orchester zu ersetzen.

Dies klingt zwar ganz schön, aber aus Kostengründen können sich nur sehr wenige Interessenten dieses Gerät erlauben – und ein Instrument sollte benutzt werden und nicht zum Zeichen des technischen Fortschrittes als Ausstellungsgegenstand dienen –.

Dieses Argument ließ dieses Baubuch entstehen. Aus verständlichen Gründen der enormen Ausbaufähigkeiten wurden die Anregungen zum Bau eines Sequencer's auf das Maß für ein Gerät mittlerer Größenordnung gehalten. Dadurch wird gleichzeitig erreicht, daß der Nachbau einerseits dem Laien keine Schwierigkeiten bereitet und andererseits den erfahrenen Praktiker zum selbständigen Ausbau verleitet.

Ich hoffe, daß mein in diesem Band festgehaltenes Wissen jeden Leser zufriedenstellt und keine Fragen offen läßt.

Viel Erfolg!

Robert Schröder

Inhalt

1	Einleitung	7
1.1	Elektronik heute	7
1.2	Musik-Synthesizer – Aufbau und Arbeitsweise	7
2	Der Sequencer	10
2.1	Was ist ein Sequencer?	10
2.2	Einsatzbereiche und Sequencer-Typen	10
2.3	Die Steueraufgaben eines Sequencers	11
2.4	Elektronische Vorkenntnisse – JA oder NEIN?	11
3	Hinweise und Vorbereitungen	12
3.1	Zum Thema Materialbeschaffung	12
3.2	Tips zur Platinenbestückung	12
3.3	Daten und Austauschhinweise für Bauelemente	13
3.4	Symbolische Schaltzeichen in der Praxis	14
3.5	Mechanische Aufbauhinweise	14
3.6	Blockschaltbild des Sequencers	17
3.7	Interne Verdrahtung der Bauabschnitte	22
4	Bauanleitung – Sequencers	25
4.1	Clock-Oszillatoren	25
4.2	Abtast-Elektronik	31
4.3	Signal-Auswertung	38
4.4	Spannungsmischer und Steuerspannungsausgänge	47
4.5	Netzteil	54
5	Erweiterungsschaltungen	60
5.1	Auszählung	61
5.2	Vergleicher und Auswerter	70
5.3	Impulsspeicher-Modul	77
6	Sequenceranschluß an den Musik-Synthesizer	89
7	Anhang	95
7.1	Ausbau- und Erweiterungsmöglichkeiten	95
7.2	Vorschau auf weitere Veröffentlichungen	95
7.3	Umsetzung von codierten Schriften	96
7.4	Erklärung von Fachausdrücken und Fremdwörtern	97
	Sachverzeichnis	105

Wichtiger Hinweis

Die in diesem Buch wiedergegebenen Schaltungen und Verfahren werden ohne Rücksicht auf die Patenlage mitgeteilt. Sie sind ausschließlich für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt und dürfen nicht gewerblich genutzt werden*).

Alle Schaltungen und technischen Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag und der Autor sehen sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, daß sie weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen können. Für die Mitteilung eventueller Fehler sind Autor und Verlag jederzeit dankbar.

*) Bei gewerblicher Nutzung ist vorher die Genehmigung des möglichen Lizenzinhabers einzuholen.

1 Einleitung

1.1 Elektronik heute

Die musikalische Entwicklung wird heute weitgehendst durch elektronische Geräte, wie zum Beispiel Effektgeräte, Filter, Verfremdungsgeräte usw. beeinflußt und geführt. Man spricht zwar immer von einer naturgetreuen Wiedergabe einer Musikaufzeichnung, ist aber gleichzeitig etwas dagegen, da durch die derzeitigen aufnahmetechnischen Gerätschaften die Originalklangfarbe des jeweiligen Instrumentes wesentlich verbessert wird – und dieses Bestreben sollte man nicht vernachlässigen –.

1.2 Musik.-Synthesizer – Aufbau und Arbeitsweise

Ein „Instrument“, das alle herkömmlichen Musikinstrumente ersetzt oder treffender formuliert, nachahmen kann, ist der sogenannte *Musik-Synthesizer*.

Die meisten Leser werden dieses Gerät sicherlich schon kennen. Für den Laien müßte man erst ein weiteres Buch veröffentlichen, ehe er das Instrument verstehen würde. Eine grobe Übersicht kann jedoch in einigen Zeilen gegeben werden, damit auch der Hobbyelektroniker, ohne musikalische Kenntnisse zu besitzen, dieses Buch verwerten kann.

Sollten Sie, meine lieben Leser, einmal den Wunsch haben, mehr über Synthesizer kennen zu lernen, so kann ich auf eine sogenannte Synthesizer-Schule verweisen. 1978 ist diese Schule, es ist übrigens die einzigste in Europa, von dem wohl bekanntesten Anwender des Synthesizer's, Klaus Schulze, gegründet worden. Die genaue Adresse kann unter Zusendung eines Freiumschlages gerne mitgeteilt werden.

Nun zu der besagten Synthesizer-Kurzbeschreibung. Der Musik-Synthesizer besitzt eine große Anzahl einzelner *Moduln*, die in dem Blockschema *Abb. 1.2.1* dargestellt sind.

Diese Moduln werden extern durch *Steckverbinder*, die sogenannten *Patchcord's*, verbunden. Die Verbindungslinien zwischen den einzelnen Moduln in *Abb. 1.2.1* sind nur von symbolischer Bedeutung. Sie sollen verdeutlichen, daß alle Moduln

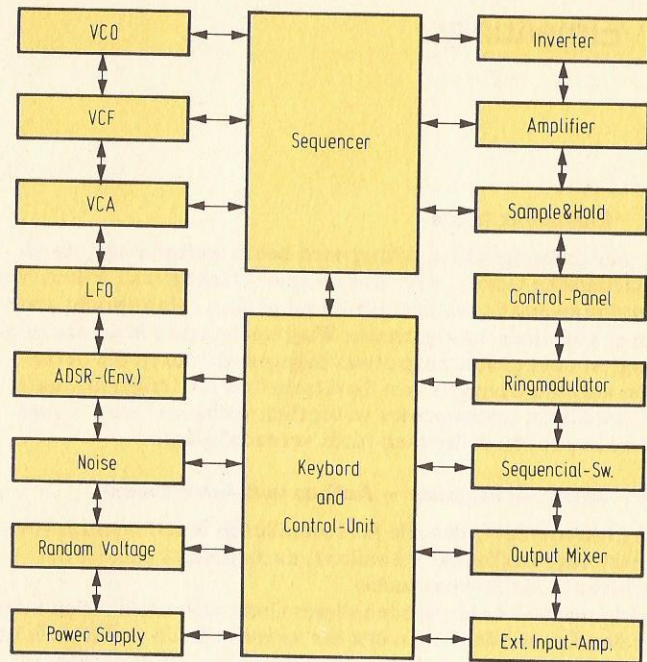


Abb. 1.2.1 Schematischer Aufbau eines Modul-Synthesizers

untereinander durch die schon beschriebenen Patchcord's koppelungsfähig sind. Durch diese flexible Variationsmöglichkeit können sich eine unendlich große Anzahl von Reproduktionen und Synthesen verwirklichen lassen.

Welche Aufgabe erfüllen diese Moduln?
Grundsätzlich kann man die Einheiten eines Musik-Synthesizer's in drei Kategorien unterteilen: Steuerspannungserzeugung, Frequenzerzeugung und die gegenseitige Manipulation von Frequenz und Steuerspannung. Die Frequenzerzeugung erfolgt durch die VCO's und LFO's. VCO's sind hochkonstante span-

nungsgesteuerte Oszillatoren, also Spannungs- zu Frequenz-Umsetzer. Eine zugeführte *lineare* Steuerspannung erhält durch eine spezielle Elektronik einen *exponentiellen* Verlauf und wird anschließend zu Frequenzen innerhalb des menschlichen Hörbereiches verarbeitet. Die LFO's erfüllen die gleiche Aufgabe, wie die VCO's. Ein Unterschied besteht jedoch in den Frequenzbereichen und in ihrer Anwendung. Ein LFO erzeugt nur Schwingungen zwischen 0,05 Hz und 20 Hz in Form von *Sinus*-, *Dreieck*- und *Rechtweck*wellen. Sein Aufgabenbereich ist überwiegend für Manipulationen und Steuerungen anderer Moduln vorgesehen.

Der „Rohklang“ der Oszillatoren muß nun, um die eigentlichen Klang- und Dynamikmuster verschiedener Instrumente zu erhalten, mit Hilfe der VCF's, das sind spannungsgesteuerte Filter, und der VCA's, spannungsgesteuerte Verstärker, bearbeitet werden.

Die Ansteuerung der bisher beschriebenen Moduln erfolgt mit den bereits erwähnten Steuerspannungen. Die Erzeugung dieser Spannungen erfolgt überwiegend durch eine Tastatur, die in der Fachsprache mit dem englischen Wort „Keyboard“ bezeichnet wird. Das äußere Bild dieser Tastatur erinnert uns gleich an ein Klavier oder Piano. Ein erheblicher Unterschied liegt jedoch in der recht unterschiedlichen Aufgabenerfüllung. Während die Pianotaste auf mechanischem Wege eine Saite anschlägt und diese zum Schwingen anregt, wird bei der Synthesizertaste eine exakte Spannung durchgeschaltet, die dann als Steuerspannung zur Verfügung steht.

2 Der Sequencer

2.1 Was ist ein Sequencer?

Die Spannungserzeugung durch ein Keyboard ist nun die Ursprungslösung. Eine andere Möglichkeit hierzu ist zum Beispiel die Anwendung eines sogenannten „*Sequencer's*“.

Dieses Gerät ist in der Lage, mehrere Spannungen verschiedener Größen zu speichern, und sie zu jeder Zeit in beliebiger Geschwindigkeit und in nachträglich einstellbaren Variationen den spannungsgesteuerten Einheiten zuzuführen. Dabei ist die Höhe der zu speichernden Werte ungefähr mit den Ausgangswerten des Keyboard's vergleichbar.

2.2 Einsatzbereiche und Sequencer-Typen

Nicht jeder Sequencer ist für jede Musikrichtung oder jeden Anwendungsbereich brauchbar. Hier soll eine kurze Information für Ausführungen und die daraus resultierenden Anwendungsbereiche gegeben werden. Die ersten Modelle der Sequencer bestanden aus einer Reihe von Spannungsreglern, die nacheinander abgetastet und die dort anstehenden Spannungswerte den spannungsgesteuerten Moduln zugeleitet wurden. Diese Art ist im Prinzip auch heute noch die idealste und meistgefragteste Lösung. Natürlich sind im Laufe der Zeit erhebliche Verbesserungen und Erweiterungen entstanden, die an anderer Stelle noch näher beschrieben werden.

Wenn man das Verhältnis Preis zu Anwendungsmöglichkeiten einmal betrachtet, so wird man bei einer Anschaffung ungeahnte Probleme entdecken. Möchte man einen für jeden Anwendungsbereich idealen Sequencer, der mit *Mikroprozessoren* aufgebaut ist, dann muß man schon ungefähr 8.000 DM anlegen. Eine Normalausführung für 2.000 DM bietet nur sehr begrenzte Möglichkeiten, wenn es um's Life-spiel geht, bei dem ein rascher Melodiewechsel möglich sein muß. Seine überwiegende Benutzung findet er in Studios und bei Amateurmusikern.

Eine andere, zum Life-spiel ideale Variante bietet der ein-spielbare Sequencer. Seine Spannungsprogramme können nicht

frei mit den beschriebenen Spannungsreglern eingestellt werden. Hier wird die gewünschte Melodie mit dem Keyboard eingespielt und anschließend als *Sequence* abgerufen. Auch hierbei kann die eingespielte Melodie auf vielfältige Weise nachträglich manipuliert werden. Aber auch hier gibt es Einschränkungen, die das Gerät zum Beispiel für die Erzeugung von „*Elektronischer Musik*“ völlig unbrauchbar machen.

Die zuerst beschriebene Art erlaubt die Verwirklichung von derart komplizierten Melodiemustern, wie sie von Hand unmöglich zu realisieren sind. Auch die Auswertungsfähigkeit einer einzigen *Sequence* ist bei dem ersten Typ bedeutend größer, da mehrere Steuerspannungsausgänge vorhanden sind, die unabhängig voneinander manipuliert werden können.

Ein kurzer Vergleich läßt nun schon erkennen, daß vor einer Anschaffung dieses Gerätes der Anwendungsbereich festliegen sollte.

2.3 Die Steueraufgaben eines Sequencers

Wie wir nun schon wissen, übernimmt der Sequencer die Steueraufgaben der Tastatur. Zu den Spannungsausgängen besitzt ein Sequencer auch noch sogenannte „*Trigger-Ausgänge*“. Diese werden zur Einleitung, auch Triggerung genannt, einer *Hüllkurve* (englisch = *envelope*) oder zur Steuerung eines synchron laufenden Sequencer's benutzt. Die Kurvenform dieser Trigger-Impulse sind Rechteckschwingungen mit sehr geringer *Pulsweite*.

2.4 Elektronische Vorkenntnisse – Ja oder Nein?

Im Vorwort wurde bereits angedeutet, daß die in diesem Buch veröffentlichte Bauanleitung einem Sequencer mittlerer Größenordnung mit den Eigenschaften einer Studioausführung entspricht. Um die Funktion der elektronischen Vorgänge und Abläufe erkennen zu können, sind schon praktische Erfahrungen auf dem Gebiet der *digitalen*- und *analogen* Technik eine Voraussetzung. Vorkenntnisse sind zu einem funktionsgerechten Zusammenbau aber nicht erforderlich. Wer schon einmal einige kleine Schaltungen zusammengelötet hat, und das hat bestimmt schon jeder, der kann sich mit ruhigem Gewissen an den Bau des Sequencer's begeben. Die Bauanleitungen des Gerätes sind bis ins kleinste Detail und für Jeden verständlich genug beschrieben.

3 Hinweise und Vorbereitungen

3.1 Zum Thema Materialbeschaffung

Die Bauteilkosten für den Bau des Gerätes sind trotz der gedehnten Anwendungsfähigkeit auf ein Minimum gehalten. Da die Bauteilauswahl bei der Schaltungskonzeptierung nach allgemein handelsüblichen und besonders preiswerten Halbleitern erfolgte, dürfte die Materialbeschaffung keine besonderen Schwierigkeiten bereiten. Sollte es trotzdem zu Bauteilproblemen kommen, ist der Verfasser gerne zur Aushilfe bereit.

3.2 Tips zur Platinenbestückung

Einige praktische Hinweise für den Aufbau der Schaltungen können sehr oft eine Nichtfunktion der Elektronik verhindern. So ist die Wahl des richtigen *Basismaterials* schon der erste Schritt zum professionellen Aufbau. Hierfür eignet sich aus Erfahrungsgründen Epoxyd-Glasfaser-Material. Es ist zwar etwas kostspieliger als normale Hartpapier-Zuschneide, garantiert aber einen exakteren und saubereren Aufbau der Schaltungen. Eine günstige Größe ist bei *Europakarten*-Formate gegeben. Zur Herstellung der Leiterbahnen ist das Foto-Positiv-Verfahren hinsichtlich Preis und Präzision sehr empfehlenswert. Nach dem Ätzwang mit Eisen-III-Chlorid verhindert eine Lötackschicht die Oxydation der Kupferbahnen und erleichtert gleichzeitig die Lötvorgänge.

Beim Auflöten der Bauteile beginnt man immer mit den Widerständen und Dioden, anschließend IC-Fassungen, Kondensatoren, Steckstifte und Anschlußleisten, Transistoren usw. .

Es ist unbedingt darauf zu achten, daß die Elektrolyt-Kondensatoren, kurz Elko genannt, mit der richtigen Polung (+/-), die IC-Fassungen mit der Einkerbung zur ordnungsgemäßen Seite und die Bauteile nicht zu heiß eingelötet werden.

Um Überhitzungen zu vermeiden, kühlt man die Bauelemente am Besten während des Lötvorganges mit Kältespray oder, falls nicht zur Hand, man leitet die Wärme mit einer Zange oder Pinzette ab. Die an der Platinenunterseite überstehenden Drahtenden werden

abgeschnitten. Kalte Lötstellen sollten, um die Funktion des Gerätes nicht in Frage zu stellen, möglichst vermieden werden. Hierzu helfen bereits ordnungsgemäße Lötgeräte. Ein LötKolben von 15 bis 30 Watt und 60%-iges Lötzinn sollten schon benutzt werden.

Höchste Vorsicht ist beim Umgang mit den integrierten Schaltungen geboten. Die Verwendung von *C-MOS*-Schaltkreisen ist gegenüber *TTL*-Bausteinen, die weniger empfindlich sind, in vielen Hinsichten vorteilhafter. Wegen der großen Eingangsempfindlichkeit der *C-MOS-IC*'s dürfen die Anschlußbeine nicht berührt werden, da dies eine sofortige Zerstörung zur Folge hätte. Erst, wenn alle Arbeiten an den Platinen abgeschlossen sind und eine letzte Überprüfung auf die Richtigkeit des Aufbaues erfolgt ist, dürfen die integrierten Bausteine mit aller Vorsicht eingesetzt werden. Auf die Benutzung der IC-Fassungen darf keinesfalls verzichtet werden, da die Berührung mit einem LötKolben ohne *galvanischer Trennung* vom Netz ebenfalls zur Zerstörung führt.

3.3 Daten und Austauschhinweise für Bauelemente

Austauschhinweise für integrierte Schaltkreise können nicht gegeben werden, da eventuelle Ersatztypen entweder in den Daten erheblich abweichen, oder aber nicht *Pinkompatibel* sind. Die Dimensionierung der *Basis*-Vorwiderstände bei Schalttransistoren, zum Beispiel bei der großen Anzahl der Leuchtdioden-Treiber, kann sehr großzügig vorgenommen werden. Hierbei ist jedoch der angegebene Wert von 47 K Ω keinesfalls zu unterschreiten, da sonst die Belastung der IC-Ausgänge, die international mit *FAN-OUT* bezeichnet wird, zu groß wäre. Der höchst zulässige Widerstandswert darf nicht größer als 80 K Ω sein. Auch bei der Wahl der Schalttransistoren sollte man sich keinerlei Gedanken machen. Einfache und preiswerte NPN-Typen, die den TUN-Daten entsprechen, werden oft für einige Pfennige angeboten und erfüllen hier voll und ganz ihren Zweck. Zu den verwendbaren Typen zählen zum Beispiel folgende Transistoren: BC-107, BC-108, BC-109, BC-172, BC-173, BC-182, BC-183, BC-237, BC-238, BC-239, BC-547, BC-548, BC-549 usw. .

Kondensatoren mit 35 Volt Prüfspannung reichen für die Schaltungen vollkommen aus. Widerstände sollten, wenn nicht anders angegeben, mit 0,33 Watt belastbar sein und einen Toleranzbereich von nicht mehr als 5% aufweisen.

Erfahrene Praktiker werden wissen, daß Halbleiter der gleichen Art, jedoch von verschiedenen Herstellerfirmen, oft mit unterschiedlichen Bezeichnungen auf den Markt gebracht werden. Dem Anfänger sei an dieser Stelle zur Information gesagt, daß dies jedoch nichts mit den technischen Daten der Bauelemente zu tun hat. So ist zum Beispiel der bekannte Operationsverstärker $\mu A-741$ auch als LM-741, MC-741, MIC-741, RM-741, SN-72741 usw. erhältlich. Ebenso werden C-MOS-Bausteine der gleichen Ausführungen mit verschiedenen Auszeichnungen angeboten. So sind zum Beispiel Bausteine der CD-Serie, also CD-4011, völlig gleichwertig mit den IC's, TP-4011, CA-4011 usw. Die in den Schaltungen oft benutzte Universaldiode 1N4148 kann durch die Typen 1N914, BA-127, BA-217 und BAY-61 ersetzt werden.

3.4 Symbolische Schaltzeichen in der Praxis

In Schaltbildern sind Transistoren, Dioden, integrierte Schaltungen usw. überwiegend symbolisch eingezeichnet. Nun weisen jedoch die Schaltzeichen gegenüber den Halbleiter-Anschlüssen in der Praxis völlig andere Formen auf. Der erfahrene Anwender wird hier die nötigen Erfahrungen zum Anschluß dieser Bauelemente besitzen. Die nachfolgend in *Abb. 3.4.1* aufgeführten Schaltsymbole und ihre Anwendung in der Praxis sollen auch dem Laien die letzten Unklarheiten beseitigen.

3.5 Mechanische Aufbauhinweise

Nachdem alle Platinen hergestellt, bestückt und überprüft sind, beginnt die Arbeit mit Anschluß, Verdrahtung, Frontplattenherstellung, Endmontage usw. Obwohl diese Reihe von Arbeiten zunächst ziemlich problemlos erscheint, so ist doch einiges, was für eine spätere praktische Bedienung und gute Übersicht der Gerätefunktion von großer Bedeutung ist, vorher zu überlegen und zu beachten.

So ist zum Beispiel die Aufteilung der Frontplatte sehr wichtig für eine schnelle und kompakte Übersicht der Bedienungselemente. Da der Sequencer eine enorme externe Flexibilität besitzt, sollte man schon etwas den Gestaltungsvorschlägen aus diesem Buch nachkommen. Sicherlich wird jeder Leser eigene Vorstellungen der Frontaufteilung verwirklichen wollen,

Schaltzeichen:	Praxis:	Bemerkung:
		Universal-Diode 1N4148. A = Anode K = Kathode Kathode ist gekennzeichnet.
	Seitenansicht: Ansicht von unten 	Leuchtdiode (Abk. = LED) A = Anode K = Kathode
	 Ansicht von unten	NPN-Transistor B = Basis C = Kollektor E = Emitter
		Die so gekennzeichneten Leitungen sagen aus, daß die links befindlichen Bauelemente auf der Front befestigt und durch Verbindungsleitungen mit der Platine verbunden werden müssen.
	- Draufsicht - <ul style="list-style-type: none"> $\mu A-741$ Operationsverstärker 2 = invertierender Eingang 3 = nichtinvertierender Eingang 4 = negative Versorgung (-U_B) 6 = Ausgang 7 = positive Versorgung (+U_B) 	
		Leitungsenden, die zur rechten Schaltbildseite hin mit einem Pfeil versehen sind, werden nicht extern herausgeführt, sondern intern zwischen den Platinen verbunden.
		Den Schaltbildern ist häufig diese Bezeichnung zu entnehmen. Diese Anschlüsse sind im Layout bereits zu einem Knotenpunkt gesammelt und werden als gemeinsame Leitung zum Netzteil geführt.

Abb. 3.4.1 Symbolische Schaltzeichen in der Praxis

aber aus Erfahrungsgründen können die vorgeschlagenen Anordnungen als ideal angesehen werden.

Falsche Plazierungen der Schalt- und Regelorgane, insbesondere der optischen Kontroll-Einheiten, können sehr rasch zu Verwirrungen und falscher Bedienung des Gerätes führen.

Mit Absicht wurde mit der Anzahl der Leuchtdioden-Anzeigen und der Ein- bzw. Ausgänge nicht gespart. Ein solches Gerät erfordert wegen der recht umfangreichen und komplizierten Elektronik eine ausreichend optische Kontrolle, um Fehlverhalten oder falsche Programmierung rechtzeitig zu erkennen und zu korrigieren.

Bei modularen Synthesizern bestimmt die Anzahl der Ein- und Ausgänge weitestgehend den Ausbaubereich und die Möglichkeiten. Aus diesem Grunde wurde für jedes auswertungsfähige Signal ein Ausgang geschaffen. Für die Funktion des Sequencers in Zusammenhang mit kleineren Synthesizern müssen diese Buchsen jedoch nicht unbedingt belegt werden.

Wenn man vor dem Bau des Sequencers die überflüssig erscheinenden Ein- und Ausgänge im Schaltbild erkennt und schon einige elektronische Grundkenntnisse besitzt, so kann man diese Einheiten ohne weiteres in Zusammenhang mit den zugehörigen Pufferstufen, die größtenteils mit dem als Spannungsfolger geschalteten Operationsverstärker $\mu A-741$ aufgebaut sind, ausklammern. Die Praxis zeigt jedoch, daß man bestimmt zu einem späteren Zeitpunkt auf diese Elemente angewiesen sein wird.

Falls nicht anders angegeben, sollte man auf die Verwendung von Klinkenbuchsen mit 6,3 mm Durchmesser nicht verzichten. Sie sind sehr robust, preiswert und für Synthesizer international als Norm angesehen.

Ein- und Ausgänge für externe BCD-Verbindungen sind wegen der Leitungszahl mit fünfpoligen Diodenbuchsen zu bestücken. Wer beim Einkauf der Buchsen nicht auf einige Pfenninge zu sehen braucht, sollte an die Verwendung von schraubbaren Diodenbuchsen und Steckern denken. Diese Sorte verhindert ein versehentliches Herausziehen der Verbindungsleitungen und garantiert gleichzeitig einen ausgezeichneten und einwandfreien Kontakt zwischen Stecker und Buchse. Um eine verfälschte Datenübertragung von den BCD-Ausgängen zu den BCD-Eingängen zu vermeiden, ist unbedingt auf stets richtige Belegung der Buchsen- und Steckerpinne zu achten.

Hinweise zum elektronischen Aufbau und zur Platinenherstellung wurden bereits in Abschnitt 3.2 gegeben.

Als Frontmaterial eignet sich sehr gut 1,5 mm starkes Aluminiumblech oder Epoxyd-Basismaterial in entsprechender Größe. Beide Werkstoffe erfüllen gleichzeitig die Aufgabe für die Abschirmung zur Frontseite hin, wenn sie an geeigneter Stelle mit Masse verbunden werden.

Nach den Lochbohrungen für die nötigen Bedienungselemente kann man, um den Sequencer etwas professionell zu gestalten, die Frontplatte mit schwarzer Sprühfarbe, die in jedem größeren Kaufhaus erhältlich ist, beschichten und anschließend die Aufschriften mit Transferschriften, das sind selbstklebende Folienbuchstaben, auftragen. Zum Schutz gegen Verschleiß und Kratzer besprüht man die gefertigten Frontplatten nun noch mit Plastik-Spray, das sicherlich jedes Elektronikgeschäft zum Verkauf anbietet.

Bei der Montage der Buchsen, Schalter und Potentiometer sollte man Federringe nicht fehlen lassen, da sich die Elemente sonst mit der Zeit lösen würden.

Die Platinen der einzelnen Baugruppen werden mit Abstandhülsen auf den zuvor mit selbstklebender Aluminium-Abschirmfolie beschichteten Geräteboden aufgeschraubt. Die interne Verbindung der Platinen erfolgt nach dem *Verdrahtungsplan* nach *Abschnitt 3.7*.

Es kann nicht oft genug auf die übergroße Empfindlichkeit der C-MOS-Bausteine hingewiesen werden. Auch bei den Montagearbeiten, wie interne Platinenverbindungen und Verbindungsherstellung zwischen Platinen und Bedienungselemente, bei denen ein Lötkolben benutzt wird, dürfen die integrierten Schaltungen noch nicht eingesetzt sein.

Um eventuelles späteres Fehlverhalten der Schaltung bereits bei der Montage ausschalten zu können, ist auf die Platzierung des Netztransformators sehr zu achten. Hierbei sollte der Abstand zwischen Platinen und Trafo so groß wie nur eben möglich gehalten werden.

3.6 Blockschaltbild des Sequencer's

Bevor wir nun zum Schaltungs- und Bauteil übergehen, ist eine Betrachtung des Gerätes im Blockschaltbild sehr nützlich, um die einzelnen Schaltungsgruppen besser verstehen und zu einer Ein-

heit, dem fertigen Sequencer, koppeln zu können. Die Abb. 3.6.1 zeigt nun die Gesamtschaltung im Zusammenhang.

Der hier beschriebene Sequencer enthält zehn Einzelschritte, auch Step's genannt, die jedoch am Ausgang des Gerätes durch eine entsprechende Schaltungsanordnung als zwei mal zehn Schritte zur Verfügung stehen.

Das Herz der Elektronik bildet der Dezimalzähler CD-4017, dessen zehn Ausgänge, 0 bis 9, mit jeder ansteigenden *Taktflanke*, die am Takteingang *CL* (*CL = Clock*) angelegt wird, nacheinander auf *High-Potential* gelegt beziehungsweise weitergeschoben werden. Die jeweils restlichen neun Ausgänge liegen dann auf *Low-Potential*. Diese zehn Ausgänge werden nun zur optischen Anzeige über Leuchtdioden-Treiber einer LED-Reihe mit insgesamt zehn Leuchtdioden, für jeden Ausgang also ein LED, zugeführt.

Weiterhin werden die Dezimalzählerausgänge zur Erzeugung der Tonspannungen benötigt. Um eine zu große Belastung der Ausgänge zu vermeiden, werden die Treiber CD-4010 hinzugeschaltet. Es ist erkennbar, daß mehrere Treibereinheiten parallel von den Zählerausgängen angesteuert werden. Auf diese Weise entsteht die Möglichkeit, aus den vorhandenen zehn Ausgängen des Dezimalzählers 20, 30, 40 oder mehr unabhängig voneinander regelbare Step's zu erzeugen. Den Treibern CD-4010 folgen nun die Potentiometer zur Spannungsreglung und die dazugehörigen Dioden zur Mischung oder Sammlung der jeweiligen zehn Reglglieder. Diese zwei, oder bei weiterem Ausbau drei oder mehr, Sammelpunkte werden nun dem IC CD-4016 zugeführt.

Der integrierte Baustein CD-4016 enthält vier *bilaterale Schalter*, mit denen Spannungen wie bei einem Relais, nur auf elektronischer Basis, durchgeschaltet oder zurückgehalten werden können. Je nach Ansteuerung dieser elektronischen Schalter kann man zum Beispiel zuerst die zehn Spannungswerte an Eingang eins und danach die zweiten zehn Werte durchschalten. So stehen am Ausgang des IC 4016 bis zu 20 verschiedene Spannungen an, obwohl der Dezimalzähler nur eine Kapazität von zehn Step's besitzt. Diese Schaltungsart, die unzählig variiert werden kann, wird in der Fachsprache mit *Sequential-Switch* bezeichnet. Die Ansteuerung dieser Sequential-Switches muß nicht unbedingt durch externen Steuerungen erfolgen, sondern kann auch intern durch eigene Steuerungen geschehen. Nach der Spannungsauswahl durch die bilateralen Schalter 4016 können die Span-

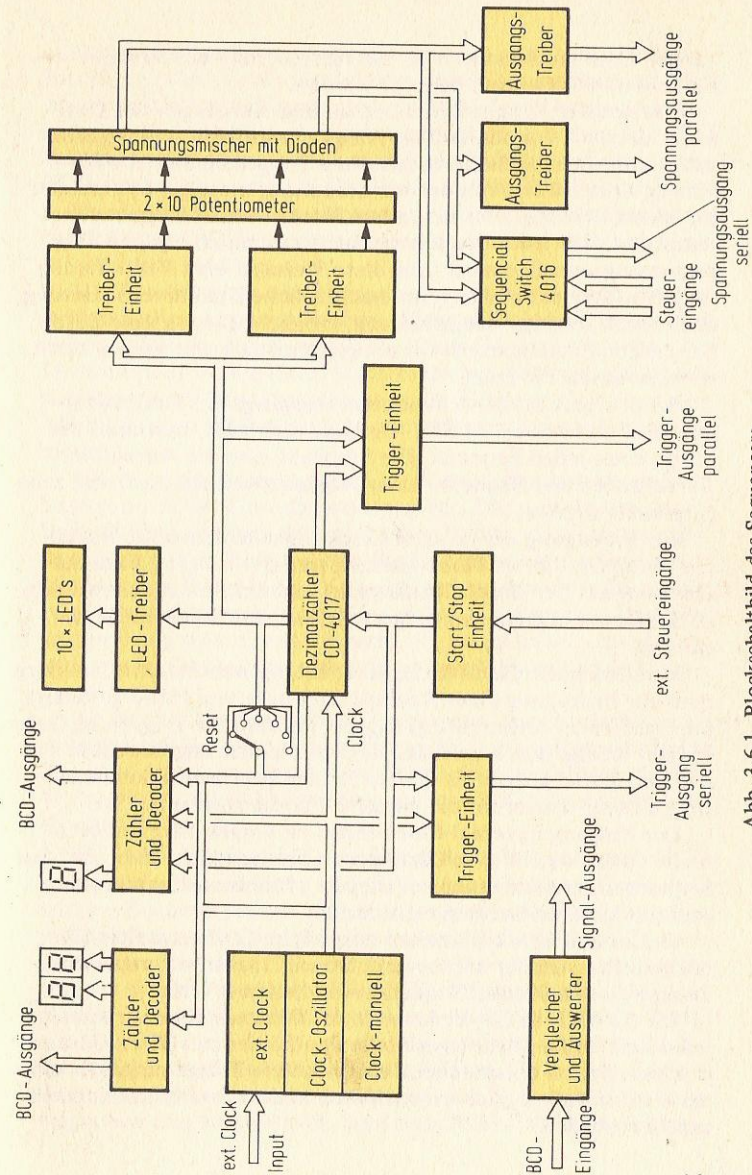


Abb. 3.6.1 Blockschaltbild des Sequencers

nungen über Treiberstufen für die Ansteuerung der Synthesizer-Einheiten, VCO's usw., benutzt werden.

Eine weitere Schaltungseinheit an den Ausgängen des Dezimalzählers 4017 moduliert die Ausgangszustände zu Triggerimpulsen um. Bekanntlich werden diese Triggerimpulse zur Einleitung einer Hüllkurve oder zur Steuerung sonstiger Synthesizer-Einheiten benötigt. Der besondere Vorteil dieser Triggeraufbereitung ist, daß jeder Sequencerschritt mit einem eigenen Triggerausgang versehen wird. Auf diese Weise ist eine Veränderung für jeden Ton, sei es durch unterschiedliche Hüllkurvensteuerung oder durch sonstige Beeinflussung, möglich. Diese kleine Zutat befreit den Sequencer bereits ein großes Stück von seinem sonst so *monotonen* Eindruck.

Ein Stufenschalter, der die zehn Ausgänge des Dezimalzählers 4017 mit dessen RESET-Eingang verbindet, bestimmt die Länge einer jeden Sequenz. Die Stepzahl, also die Anzahl der Tonschritte einer Sequenz, kann folglich zwischen zwei und zehn eingestellt werden.

Zur Erzeugung der nötigen Clock-Signale dienen die Einheiten *Clock-Oszillator*, *Clock-Manuell* und der Eingang *External-Clock-Input*. Der *Clock-Oszillator* ist eine selbständig schwingende Schaltung, die eine stufenlos regelbare Rechteckfrequenz erzeugt.

Der Abschnitt *Clock-Manuell* ist hingegen nicht aktiv, sondern muß zur Erzeugung einer Rechteckfrequenz von Hand gesteuert, oder treffender formuliert, getriggert werden. Die Triggerung dieser Einheit erfolgt durch zwei auf der Frontplatte angebrachten Taster, bei denen jeweils ein Taster für den positiven Flankenanstieg und ein Taster für die negative Flanke vorgesehen ist.

Der Eingang *External-Clock-Input* ist vorgesehen, um eventuelle vorhandene Clock-Oszillatoren hier anzuschließen und den Sequencer extern zu steuern. Dies ist oftmals zur Synchronisation mit anderen Geräten erforderlich.

Der zu den Clock-Einheiten zugehörige Stufenschalter läßt nur jeweils einer der drei besprochenen Clockschaltungen den Zugang zu den übrigen Sequencer-Einheiten offen.

Die START/STOP-Elektronik des Dezimalzählers erlaubt zu jeder Zeit und an beliebiger Stelle den Zähler zu starten oder zu stoppen. Durch entsprechend eingerichtete Triggereingänge kann diese Information auch extern durch andere Synthesizermoduln gegeben werden.

Die einstellige Sieben-Segment-Anzeige mit dazugehöriger Schaltung zählt jeweils die Schritte einer Sequenzlänge ab. Dies wäre eigentlich überflüssig, da die Anzahl der Schritte ohnehin schon an den zehn Leuchtdioden und an der Stellung des RESET-Schalters erkennbar sind. Es ist jedoch auch noch ein zugehöriger BCD-Ausgang zu ersehen. Die Daten, die für den Betrieb dieser Sieben-Segment-Anzeige notwendig sind, stehen gleichzeitig an dem besagten BCD-Ausgang an und werden zur späteren Weiterverarbeitung benötigt.

Das Blockschema enthält noch eine weitere, jedoch zweistellige Sieben-Segment-Anzeige. Diese zählt jeden Beginn einer neuen Sequenz, also immer dann, wenn die erste der zehn Leuchtdioden aufleuchtet. Nach Erreichen des maximalen Zählstandes von 99 Sequenzen beginnt die Zählung wieder bei eins. Auch hier sind BCD-Ausgänge zur weiteren Auswertung vorgesehen.

Die bis jetzt besprochenen Einheiten stellen bereits einen Sequencer in der Grundausrüstung dar. Die weitere Beschreibung der Schaltungen ist nur für den Ausbau des Gerätes mit Spezialeinheiten, nicht jedoch für die Funktion der Grundausrüstung von Bedeutung. Die wohl interessanteste Ausbaueinheit zeigt gewiß der sogenannte *Vergleicher & Auswerter*. Diese Baugruppe kann man eigentlich nicht oft genug bauen. Hierdurch wird ein Sequencer erst richtig in seinen Möglichkeiten ausgenutzt.

An den vorhandenen BCD-Eingängen dieser Einheit kann man zum Beispiel die eben besprochenen BCD-Ausgänge der Sieben-Segment-Anzeigen anschließen. Durch fest einstellbare Zahlenwerte wird ermöglicht, den Sequencer selbständig starten oder stoppen zu lassen.

Als kleines Beispiel sei gesagt, daß das Gerät sich nach 26 Sequenzläufen ausschalten, weil vielleicht ein anderes Gerät mit anderer Sequenz starten soll. Man stellt nun den fest einstellbaren Zahlenwert der *Vergleicher-Auswerter* Einheit auf 26 und startet den Sequencer. Da die Sequenzläufe digital ausgezählt und die hierdurch entstehenden BCD-Informationen dem *Vergleicher-Auswerter* extern zugeleitet werden, enthält die Einheit nun die Soll-daten, das ist 26, und die Ist-daten, die sich durch den Betrieb des Sequencers ständig ändern. Die beiden Zahlenwerte werden nun von diesem Modul, der Name sagt es schon, verglichen und ausgewertet. Sind nun beide Zahlenwerte iden-

tisch, so erkennt das Modul dieses Ereignis und leitet dem zuständigen Signalausgang diese Information zu. Diese Information kann nun zur Steuerung anderer Einheiten genutzt werden. Ein sehr interessantes Zusatzmodul bildet die Speichereinheit. Da dies jedoch bereits ein kleiner Schritt in die Technik der Mikroprozessoren bedeutet und für den Laien nicht vertretbar ist, wurde dieser Abschnitt bewußt nicht in das Blockdiagramm eingetragen. Die Schaltung mit genauer Beschreibung ist jedoch für den erfahrenen Anwender in *Abschnitt 5.3* berücksichtigt.

3.7 Interne Verdrahtung der Bauabschnitte

Nach Fertigstellung der Bauabschnitte 4.1 bis 4.5 und 5.1 bis 5.3 beginnen die internen Verdrahtungsarbeiten. Die hierzu nötigen Voraussetzungen, wie Abschirmung des Gehäuses, ordnungsgemäße Trafoplazierung, Platinenmontage usw. wurden bereits in den vorhergegangenen Abschnitten ausreichend besprochen.

Aus *Abb. 3.7.1* ist zu erkennen, daß nicht alle in diesem Band aufgeführten Baugruppen eingetragen sind. Dies dürfte auch kaum erforderlich sein, da die Abschnitte 5.2 und 5.3 intern nur an die Versorgungsspannungen angeschlossen werden. Es handelt sich bei den letzten beiden Schaltungsabschnitten also um vollständig unabhängige Einheiten, die nur extern mit den restlichen Sequenereinheiten gekoppelt werden.

Bei den Verdrahtungsarbeiten beginnt man mit den Verbindungen zum Netzteil. Hierbei sollte man keinesfalls die einzelnen Platinen in Form einer Kette verbinden, um so einige Zentimeter Leitung oder etwas Arbeit einzusparen. Bei Nichteinhaltung dieses Vorschlages könnten ungewollte Verkopplungen und die daraus folgenden Schwierigkeiten, wie zum Beispiel Fehltriggerungen, gegenseitige Manipulationen zwischen den einzelnen Baugruppen, oder im ungünstigsten Fall sogar eine Nichtfunktion des Gerätes hervorgerufen werden. Es ist also sehr wichtig, jeden Bauabschnitt direkt und auf den kürzesten Weg mit dem Netzteil zu verbinden. Auch sollte man den Transformator und die Netzzuleitung möglichst weiträumig umgehen, da Streufelder ebenfalls nachteilige Wirkungen auf die Elektronik haben können. Bei sehr enger Aufbauweise ist es sogar empfehlenswert, Transformator und wechselspannungsführende Leitungen mit Alumi-

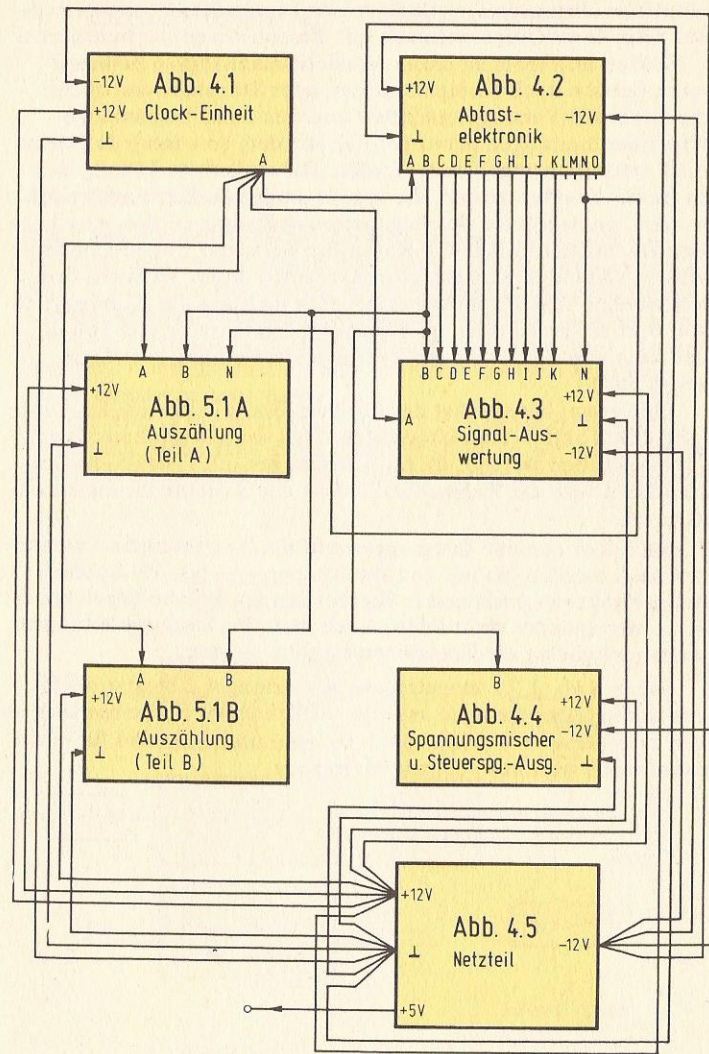


Abb. 3.7.1 Interne Verdrahtung der Bauabschnitte

niumfolie abzuschirmen. Diese Abschirmung erfüllt jedoch auch nur dann ihren Zweck, wenn sie mit Massepotential verbunden ist.

Sollten nun trotz all dieser Vorsichtsmaßnahmen beim späteren Betrieb noch Komplikationen oder Störungen auftreten, die durch die Versorgungseinheit und den betriebsspannungsführenden Leitungen hervorgerufen werden, so kann jede Platine noch zusätzlich abgeblockt werden. Die einfachste Lösung hierzu bieten Kondensatoren, die jeweils an den Stellen angebracht werden, an denen die Betriebsspannung Zugang zu den jeweiligen Bauabschnitten findet. Die Kapazitätswerte der Entstörkondensatoren (Abblock-Kondensatoren) müssen durch Versuche ermittelt werden. Aus Erfahrung eignet sich meistens ein Kondensator von $0,68 \mu\text{F}$ und / oder ein Elektrolytkondensator von $100 \mu\text{F}$, der dann von der jeweiligen Versorgungsspannung zur Masse gelegt wird.

Eine etwas bessere Art der Problemlösung bietet die Entkopplung durch aktive Transistorstufen. Dies sollte jedoch nicht weiter besprochen werden, da bei Schaltungen mit C-MOS-Aufbau ohnehin schon die Wahrscheinlichkeit der Störeinwirkung enorm klein ist.

Nachdem nun alle Baugruppen mit der Netzteilplatine verbunden sind, werden die mit den Buchstaben -A- bis -O- bezeichneten Punkte angeschlossen. Hierbei werden gleiche Bezeichnungen untereinander verbunden. Auch diese Verbindungsleitungen sollten möglichst die Transformatornähe meiden.

Die in *Abb. 3.7.1* eingetragene Abbildung 4.2 besitzt noch drei Anschlüsse, die nicht mit den vorhandenen Einheiten verbunden sind. Diese Vorrichtungen, -L-, -M- und -O-, sind für einen eventuellen weiteren Ausbau vorgesehen.

4 Bauanleitung – Sequencer

4.1 Clock-Oszillatoren

Die Clock-Einheiten bilden die notwendigen Impulse, um das Herz des Sequencer's schlagen zu lassen. Das Blockschaltbild in *Abb. 4.1.1* zeigt den Aufbau dieser Schaltung. Die grundsätzliche Funktionsbeschreibung wurde bereits in der Kurzbeschreibung der Gesamtschaltung in Abschnitt 3.6, *Abb. 3.6.1*, wiedergegeben. Alle Einzelheiten sind der nachfolgenden Schaltungsbeschreibung zu entnehmen.

Aus *Abb. 4.1.2* ist der zu *Abb. 4.1.1* zugehörige Schaltplan ersichtlich. Der eigentliche Clock-Oszillator ist mit dem C-MOS-Schaltkreis CD-4011, der vier *NAND-Gatter* enthält, aufgebaut.

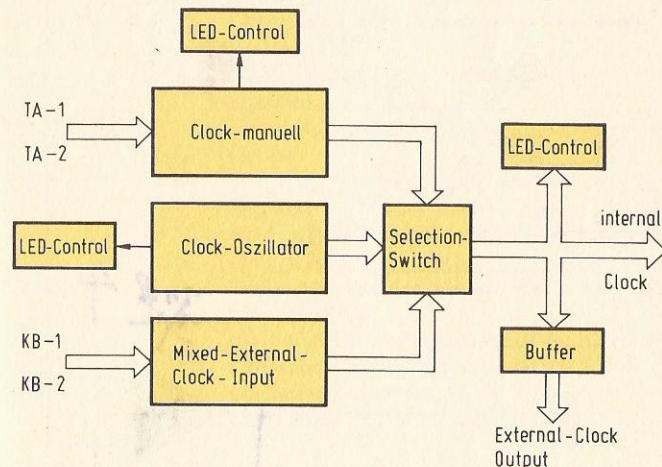


Abb. 4.1.1 Blockschaltbild für die Clock-Einheit

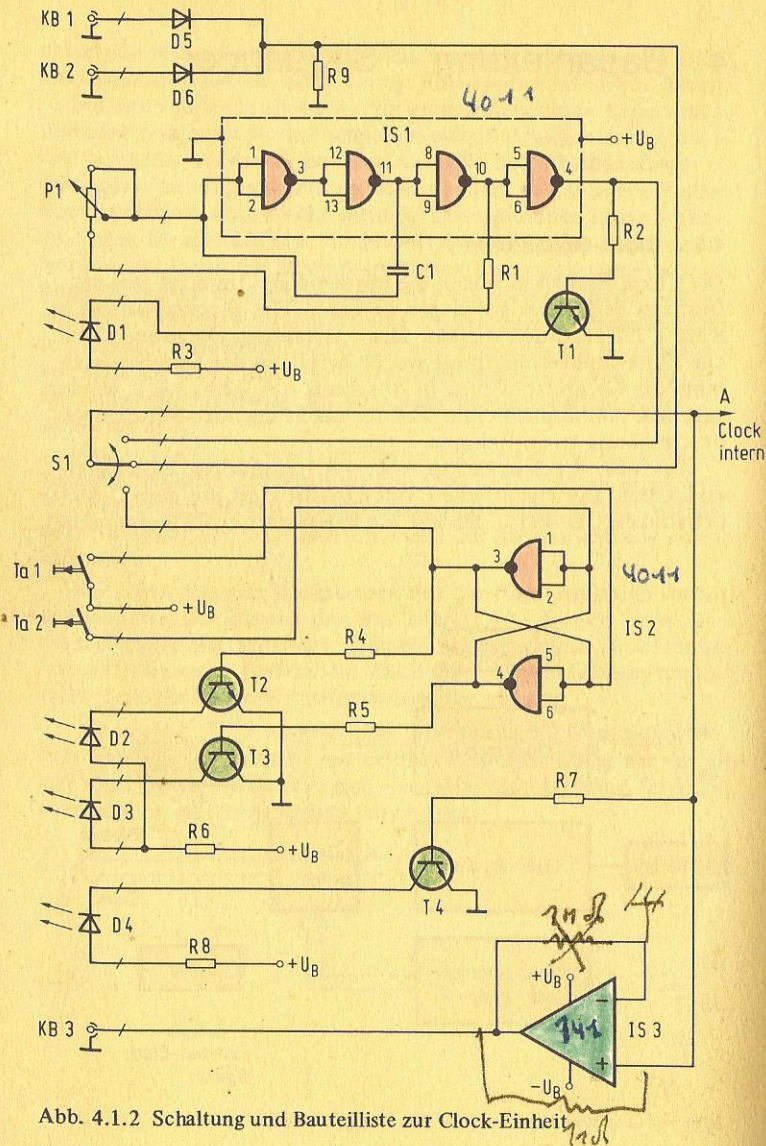


Abb. 4.1.2 Schaltung und Bauteilliste zur Clock-Einheit

Stückliste zu Abb. 4.1.2

R-1	51 K Ω
R-2/4/5/7	47 K Ω
R-3/6/8	680 Ω
R-9	10 K Ω
P-1	1 M Ω -Lin.
C-1	1 μ F (kein Elko)
D-1/2/3/4	Leuchtdiode
D-5/6	1N4148/1N914 o. ä.
T-1/2/3/4	TUN
IC-1/IC-2	CD-4011
IC-3	μ A-741
S-1	Stufenschalter 3 x 1 Kontakte
TA-1/2	Taster 1-pol. Ein
KB-1/2/3	Mono-Klinkenbuchse 6,3 mm Φ

Zusammenfassende Beschreibung der externen Regeleinheiten:

KB-1 und KB-2	Mischbare Eingänge zur externen Sequencer-Steuerung (External-Clock-Input)
P-1	Frequenzeinstellung des internen Clock-Oszillators
D-1	Optische Kontrollanzeige zur Oszillator-Frequenz
S-1	Wahlschalter für die verschiedenen Clock-Signale
KB-3	Clock-Ausgang zur Synchronisation anderer Geräte
TA-1	Taster zur Erzeugung des manuellen Clock-Signals. Bei Niederdrücken dieses Tasters wird ein positives Signal erzeugt und wird somit als SET-Funktion bezeichnet.
TA-2	Taster wie vor, jedoch zur Rücksetz-Funktion (RESET)
D-2	Optische Funktionskontrolle zu TA-1
D-3	Optische Funktionskontrolle zu TA-2
D-4	Optische Kontrolle für die Clock-Frequenz, die jeweils den Sequencer steuert.

Das aus C1 und P1 gebildete RC-Glied bestimmt die Frequenz der Oszillatorschaltung. Durch den veränderbaren Widerstand P1 steht am Ausgang des Schwingkreises eine regelbare Rechteckfrequenz zur Verfügung, die über den Clock-Wahlschalter S1 als sogenanntes Clock-Signal genutzt werden kann.

Zur optischen Funktionskontrolle der Clock-Impulse ist dem Ausgang des Oszillators über der mit R2 und T1 aufgebauten Schaltstufe eine Leuchtdiode zugeschaltet.

Die manuelle Erzeugung des Clock-Signals erreicht man durch die Anwendung einer allgemein bekannten *Flipflop*-Stufe. Das mit den NAND-Gattern aus IC-2 aufgebaute Flipflop wird mit den Tastern TA-1 und TA-2 gesetzt (engl. SET) und zurück gesetzt (engl. RESET). Dies ist vielleicht eine etwas aufwendige Art der Impulserzeugung, ist jedoch für prellfreie Signale unvermeidbar. Bei niederdrücken des SET-Tasters TA-1 entsteht am Ausgang der Schaltung eine exakt ansteigende Taktflanke, die auch durch mehrmaliges Drücken des selben Tasters nicht verändert werden kann. Erst, wenn der RESET-Taster in Funktion gebracht wird, wechselt der Ausgang dieser Stufe von High- auf Low-Potential. Nun kann der SET-Taster S1 erneut durch Betätigung eine ansteigende Taktflanke, die über den Clock-Wahlschalter S1 zur Weiterverarbeitung verfügbar ist, abgeben.

Die Tasterfunktion, oder besser gesagt, der augenblickliche Zustand des Flipflop's wird zur optischen Orientierung über die mit R4/T2 und R5/T3 aufgebauten Schaltverstärker durch die Leuchtdioden D2 und D3 angezeigt. Hierbei wird bei der SET-Funktion die Leuchtdiode D2 und bei RESET D3 in Betrieb gesetzt. Die Eingänge External Clock Input, KB1 und KB2, ermöglichen eine Steuerung des Sequencer's durch extern zugeführte Steuerimpulse. Es ist jedoch dringendst darauf zu achten, daß die externen Clock-Signale unbedingt mit den Daten von C-MOS-Bausteinen identisch sein müssen, da anderenfalls eine Nichtfunktion, oder bei Überspannung sogar eine Zerstörung der Schaltungseinheit zur Folge hätte. Das anliegende externe Clock-Signal muß rechteckförmig sein und darf eine positive Amplitudenspitze von maximal 10 Volt nicht überschreiten. Sollte jedoch die zur Verfügung stehende Clockfrequenz den C-MOS-Bedingungen nicht gerecht werden, so muß eine sogenannte Anpassungsstufe, die in Abschnitt 6.1 dargestellt ist, zwischengeschaltet werden. Erwähnenswert sei noch der Vorteil der Mischmöglichkeit von zwei verschiedenen externen Clock-

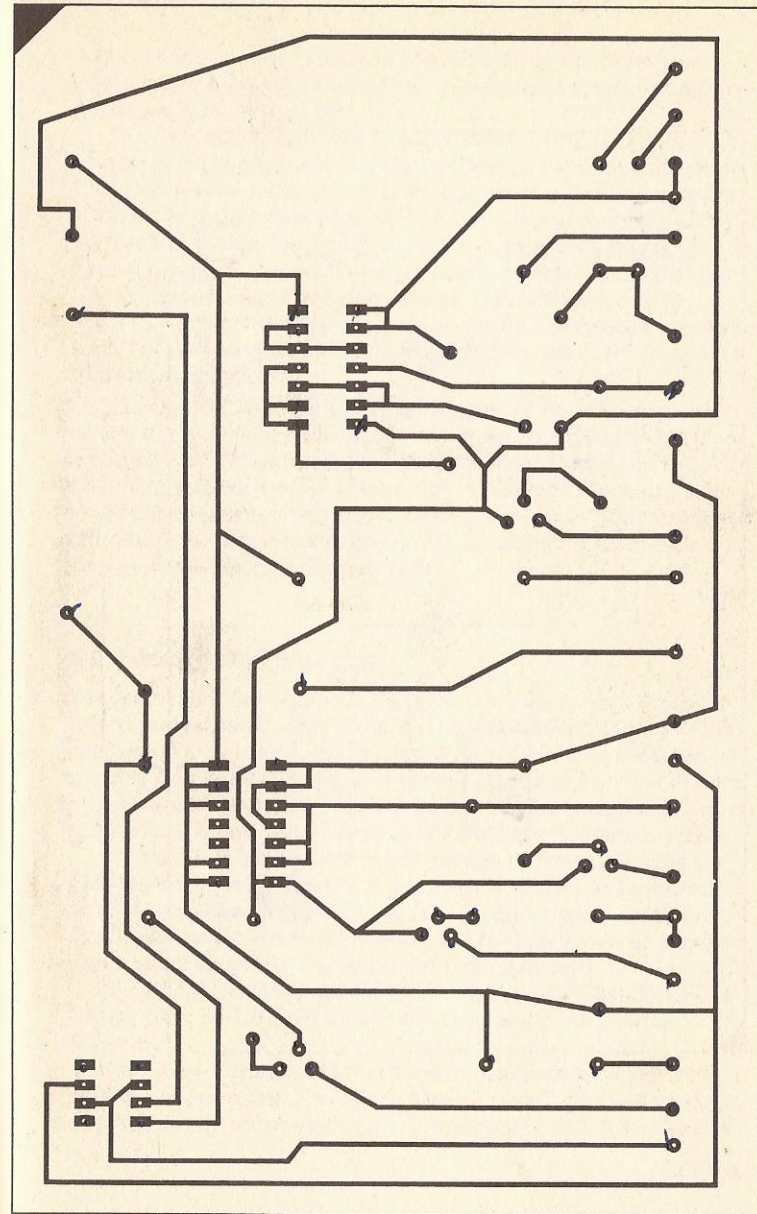


Abb. 4.1.3 Layout zur Clock-Einheit

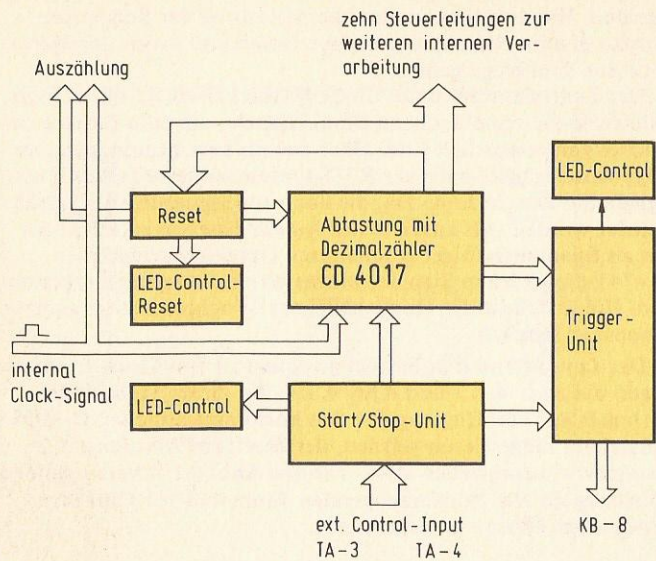


Abb. 4.2.1 Blockschaltbild zur Abtast-elektronik

Trigger-Impulse in *serieller* Form abgibt. Die eingezeichneten Leuchtdiodentreiber sind, wie aus der vorherigen Schaltung schon bekannt ist, zur optischen Kontrolle vorgesehen.

In Abb. 4.2.2 zeigt die Zeichnung den Schaltplan für die Abtast-Elektronik.

Über die Taster TA-3 und TA-4 in der Start/Stop-Einheit wurde bereits in der Beschreibung des Blockschaltbildes Abb. 4.2.1 genügend ausgesagt. Die Triggereingänge KB-4 und KB-5 ermöglichen die Eingabe von Start- und Stop-Informationen durch andere Geräte, Sequencer oder Synthesizer-Moduln, in Form von Impulsen jeglicher Kurvencharakteristik. Wichtig für eine einwandfreie Triggerung ist nur, daß der Zustand des Signals bei Nichttriggerung gleich Null Volt beträgt und bei Triggerung auf ein Spannungspotential von mindestens +4 Volt ansteigt. Dabei ist die Impulslänge nicht maßgebend. Auch, wenn der Zustand

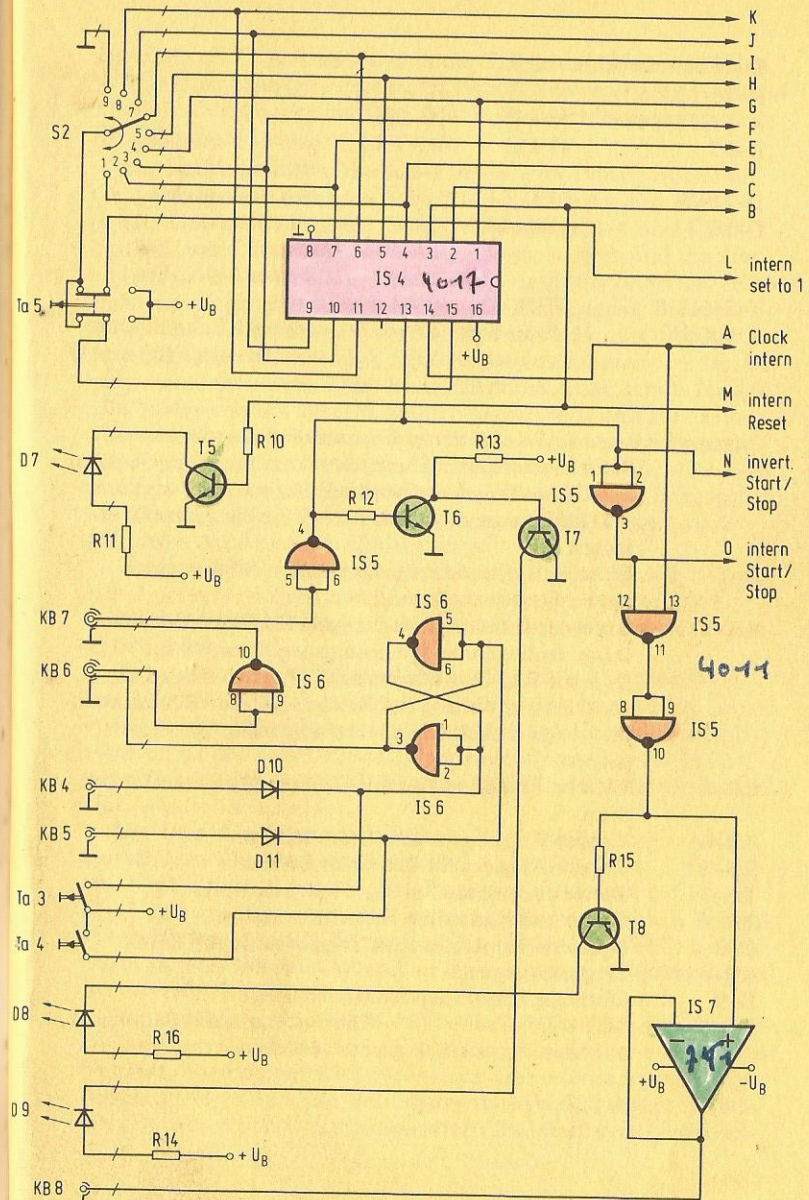


Abb. 4.2.2. Schaltung und Bauteilliste zur Abtast-elektronik

Stückliste zu Abb. 4.2.2

R-10/12/15	47 kΩ	IC-4	CD-4017
R-11/16/14	680 Ω	IC-5/6	CD-4011
R-13	47 kΩ	IC-7	μA-741 mini Dip
		S-2	Stufenschalter
D-7/8/9	LED		9 X 1 Kontakte
D-10/11	1N4148		eine Ebene
		TA-3/4	Taster 1-pol. Ein
		TA-5	Taster 2-pol. Um
T-5/6/7/8	TUN		
KB-4/5/8	Mono-Klin- kenbuchse	TA-6/7	Mono-Klinkenbuchse mit Schalter 6,3 mm Ø
	6,3 mm Ø		

Zusammenfassende Beschreibung der externen Regeleinheiten:

S-2	Stufenschalter zur Längenbestimmung einer Sequenz. Die Einstellung kann von mindestens zwei bis zum Maximum von zehn Schritte (Steps) je Sequenz erfolgen.
D-7	Diese optische Anzeige zeigt jeden Beginn einer neuen Sequenzfolge an.
KB-7	Externer Informations-Eingang für Start-/Stop-Befehle. Anliegender Spannungspegel von +4 bis +10 Volt = START. Anliegendes O-Potential wird als Stop-Info gewertet. Bei Belegung dieser Buchse wird die übrige Start/Stop-Elektronik außer Betrieb gesetzt.
KB-6	Gleiche Funktion wie KB-7, jedoch im invertierten Sinn.
KB-4	Trigger-Eingang für den Start-Befehl.
KB-5	Trigger-Eingang für den Stop-Befehl.
TA-3	Taster zur manuellen Start-Information.
TA-4	Taster zur manuellen Stop-Information.
D-8	Optische Kontrolle zum Trigger-Ausgang KB-8.
KB-8	Trigger-Ausgang.
D-9	Optische Start/Stop-Kontrollanzeige
TA-5	SET to 1 - Taster Hiermit kann der Sequencer auf Step eins zurück gesetzt werden.

des externen Triggersignals nach der Triggerung wieder auf Null Volt abfällt, bleibt der durch den Impuls hervorgerufene Zustand erhalten. Der Triggereingang KB-4 ist für Start-Impulse und KB-5 für Stop-Impulse vorgesehen.

Die Eingänge KB-6 und KB-7 erfüllen im Prinzip auch nur die Aufgaben der externen Start/Stop-Bedienung. Ein grundlegender Unterschied zu den Triggereingängen KB-4 und KB-5 besteht in der Form der Informationssignale. Während die Steuereingänge KB-4 und KB-5 nur einer Triggerung bedürfen, benötigen die Eingänge KB-6 und KB-7 ein Dauersignal. Diese Eingänge sind mit Klinkenbuchsen ausgestattet, die mit einpoligen Ausschaltern versehen sind. Bei Belegung einer dieser beiden Eingänge wird automatisch die Start/Stop-Steuerung durch Trigger und Taster von der übrigen Elektronik getrennt und somit unwirksam gemacht. Solange, wie nun beispielsweise an Eingang KB-7 ein High-Signal mit mindestens +4 Volt anliegt, wird dies als Start-Information für den Dezimalzähler CD-4017 angesehen. Ein Low-Signal mit Null Volt am Eingang KB-7 bewirkt ein sofortiges Anhalten der Zählereinheit.

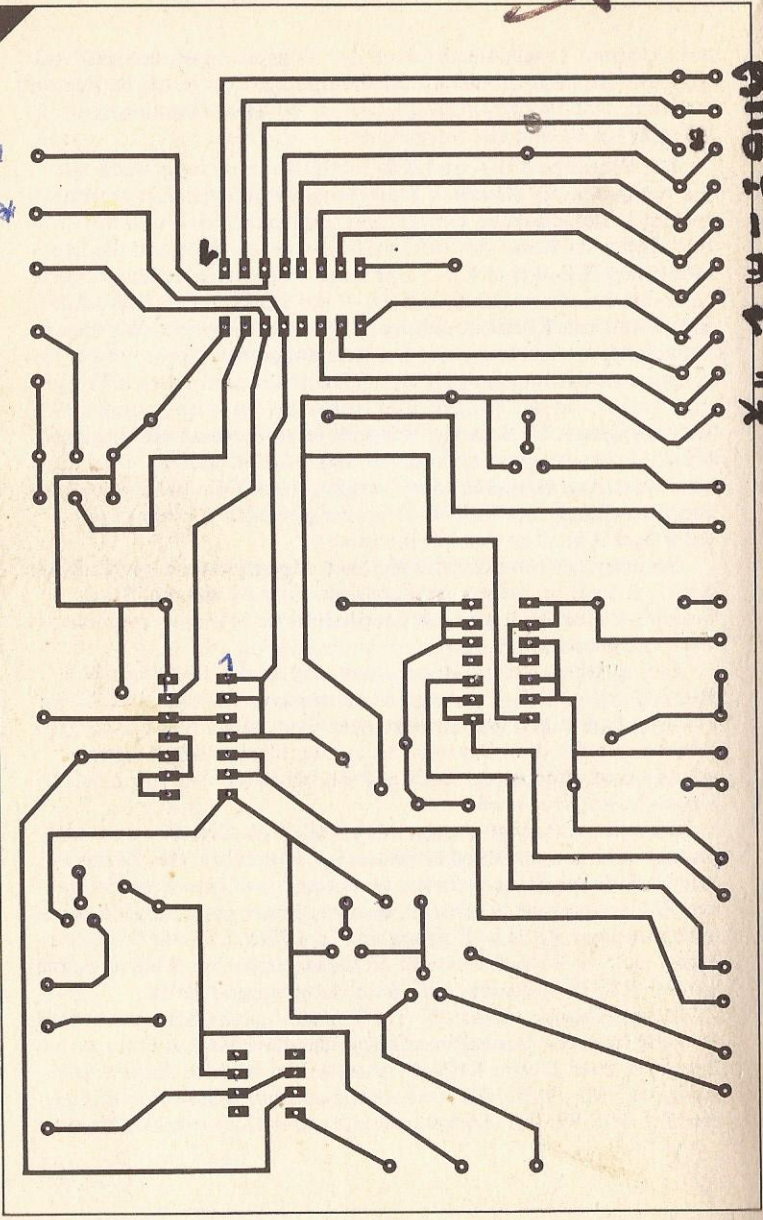
Eingang KB-6 besitzt die gleichen Eigenschaften wie Eingang KB-7, jedoch im invertierenden Sinn. Hier ist also ein Startbefehl bei Null Volt und ein Stopbefehl bei +4 V bis maximal +10 V gegeben.

Zur optischen Start/Stop-Erkennung ist die Treibereinheit R-12/T-6/R-13/T-7 mit einer Leuchtdiode zugeschaltet. Dieser etwas aufwendigere Schaltverstärker dient gleichzeitig als Signalinverter, da die dem Dezimalzähler zugeführten Start-Signale negativ sind, die Leuchtdiode jedoch bei einer Startinformation eingeschaltet sein muß.

Die zehn Ausgänge des Bausteins IC-4 werden nun zunächst einmal dem neunstufigen Schalter S-2 zugeführt. Der Zentralanschluß dieses Stufenschalters kann nun wahlweise auf jeden der Zählerausgänge geschaltet werden. Führt man diesen Zentralanschluß dem RESET-Eingang an Pin 15 des CD-4017 zu, so ergibt sich im Betriebszustand an dieser Stelle ein Rücksetzsignal, wo der RESET-Schalter auf einen Ausgang gestellt ist.

Die zugehörige Einheit R-10/T-5 ermöglicht der Leuchtdiode D-7 die optische Funktionsanzeige für jeden Beginn einer neuen Sequenz, eben diesen RESET-Impuls. Der interne Steuersignalausgang - M - ist für die Versorgung anderer Sequencer-Einheiten mit dem RESET-Signal reserviert. Bei einer eventuellen ex-

Bh
N



200-1000

Abb. 4.2.3 Layout zur Abtast-Elektronik

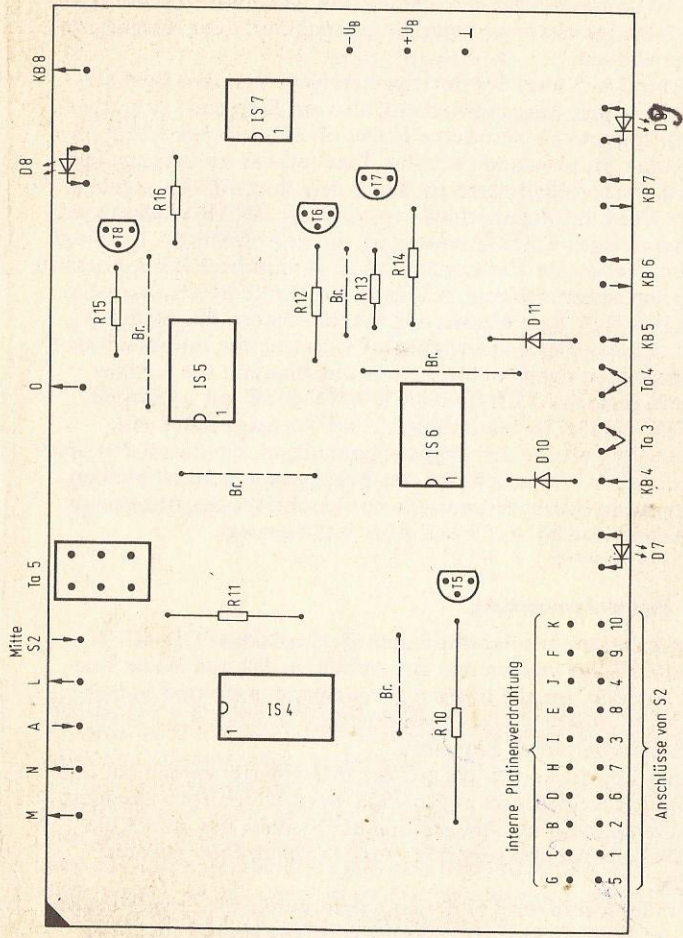


Abb. 4.2.4 Positionsplan zur Abtast-Elektronik

ternen Nutzung des RESET-Impulses kann ohne weiteres ein zusätzlicher Ausgang geschaffen werden. Der Anschluß erfolgt an R-10 und muß über eine Pufferstufe, ideal wäre ein als Spannungsfolger geschalteter Operationsverstärker, dem Ausgang zugeführt werden.

Taster TA-5 setzt bei Betätigen zu jeder Zeit den Dezimalzähler in seinen Ausgangszustand, also auf Step eins, zurück. Hierbei spielt es absolut keine Rolle, ob der Sequencer sich im Start- oder Stopzustand befindet. Eine interne Versorgung anderer Sequencer-Schaltungen ist durch den Ausgang -L- gegeben.

Der Verdrahtungsanschluß -A- versorgt die Abtastelektronik mit den nötigen Clock-Frequenzen, die in Abschnitt 4.1 erzeugt werden. Neben der Versorgung des IC-4 wird auch die sogenannte Triggeraufbereitung (engl. = Trigger-Unit) mit diesen Clock-Signalen beliefert. Eine Einheit aus NAND-Gatter, die das IC-5 bildet, vergleicht die anstehenden Clock-Impulse mit den Start-/Stop-Informationen, wertet sie aus und übergibt die fertigen Triggersignale der LED-Einheit R-15/T-8/D8 zur optischen Anzeige. Parallel hierzu ermöglicht der Ausgang KB-8 eine externe Verwertung der Trigger-Spannungen, die durch den Spannungsfolger IC-7 hinsichtlich der Belastung sehr stabil bleiben.

Layout und Bestückungsplan zur beschriebenen Abtastelektronik sind in *Abb. 4.2.3* und *Abb. 4.2.4* gezeigt.

4.3 Signal-Auswertung

Die in Bauabschnitt 4.2 durch den Dezimalzähler CD-4017 erzeugten Steps müssen nun auf vielfältige Art und Weise bearbeitet werden, um die nötigen Steuerspannungen und Steuerimpulse zu erhalten. Das Blockschaltbild in *Abb. 4.3.1* zeigt die hierzu erforderlichen Einheiten.

Zehn Leuchtdioden, die auf der Frontplatte waagrecht und in richtiger Reihenfolge angeordnet werden, erlauben zunächst einmal eine optische Überprüfung der Signale, die durch die Leuchtdiodentreiber verstärkt, vom Dezimalzähler geliefert werden.

Parallel hierzu wird in der Impulsformung der Trigger-Einheit für jedes Step ein eigenes Trigger-Signal aufbereitet und über Klinkenbuchsen zur externen Verwertung zugänglich gemacht. Die Möglichkeit, für jeden Sequencer-Schritt ein separates Triggersignal zur Verfügung zu haben, verleiht dem Gerät vielfältige

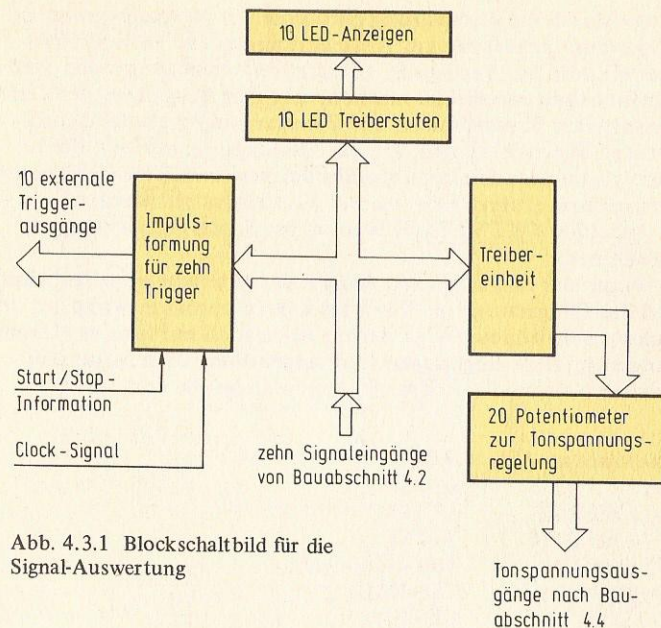


Abb. 4.3.1 Blockschaltbild für die Signal-Auswertung

Manipulationen verschiedener Arten innerhalb einer Sequenz. So kann zum Beispiel jedem erzeugten Ton eine andere Klang- oder Lautstärkestruktur zugeordnet werden.

Die Treibereinheiten erfüllen mehrere Aufgaben gleichzeitig. Die wichtigste Aufgabe dieser Schaltung liegt in der Aufspaltung von zehn Eingangssignalen, die parallel zu den LED-Treibern und der Trigger-Impulsformung vom Dezimalzähler 4017 geliefert werden, zu 20, oder bei der Verwendung von mehreren Treibern 30, 40 oder mehr Ausgangssignalen.

Weiterhin wird durch den Einsatz der Treibereinheiten eine möglichst kleine Belastung der Dezimalzählerausgänge und damit auch eine einwandfreie Funktion der integrierten Schaltung gewährleistet.

Die durch die Aufspaltung entstandenen 20 Ausgangssignale stehen nun im Rohbau zur Ansteuerung der externen Synthesizer-Moduln zur Verfügung. Um die frequenzerzeugenden Steuerspannungen variabel zu machen, sind den Ausgängen der Treiber-einheiten Potentiometer zur Tonspannungsreglung nachgeschaltet. Hiermit können nun die Ausgangsspannungen, die bei Ansteuerung der Treiber ungefähr der positiven Betriebsspannung entsprechen, stufenlos bis zu null Volt eingestellt werden.

Aus Abb. 4.3.2 ist die Schaltung der *Signal-Auswertung* zu entnehmen.

Wegen der enorm großen Anzahl der externen Regeleinheiten sind die Triggerausgänge KB-9 bis KB-18 ausnahmsweise auf der rechten Schaltbildseite, an der im Normalfall nur interne Verbindungsanschlüsse eingetragen sind, angeordnet. Man sollte sich hierdurch also nicht in Zweifel versetzen lassen.

Stückliste zu Abb. 4.3.2

R-17	680 Ω
R-18 bis R-27	47 kΩ
R-28 bis R-37	220 Ω
P-2 bis P-21	100 kΩ Linear
IC-8/9/10/11	CD-4010
IC-12/13/14	CD-4081
T-9 bis T-18	TUN
D-12 bis D-21	LED
KB-9 bis KB-18	Mono-Klinkenbuchse 6,3 mm Ø

Hinweise zu den externen Regeleinheiten (Schaltungsabschnitt 4.3)

D-12 bis D-21	Leuchtdioden in waagerechter Anordnung zur Funktionskontrolle und Orientierung
KB-9 bis KB-18	Zehn parallele Trigger-Ausgänge, die waagrecht und parallel zu den Leuchtdioden montiert werden!
P-2 bis P-21	Zwei parallel zueinander angeordnete Potentiometerreihen zur Bestimmung der gewünschten Spannungswerte. Reihe Eins ist für CV-1- und Reihe Zwei für CV-2-vorgesehen.

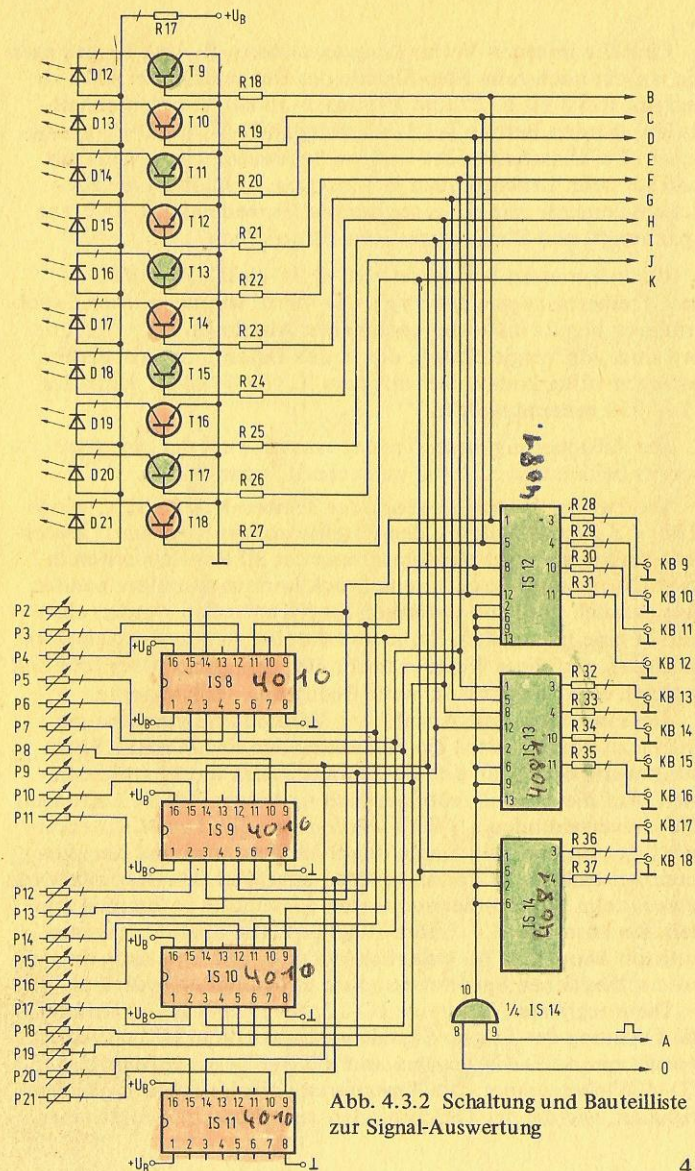


Abb. 4.3.2 Schaltung und Bauteilliste zur Signal-Auswertung

Über die internen Verbindungsanschlüsse -B- bis -K- gelangen die vorerst noch zehn Step-Signale des Dezimalzählers 4017 zu den mit R-18 bis R-27 und T-9 bis T-18 aufgebauten Schaltstufen, die den Betrieb der Leuchtdioden D-12 bis D-21 ermöglichen. Bei Einschalten des fertigen Sequencer's ist jeweils nur eine der zehn Leuchtdioden in Funktion, deshalb ist für alle Leuchtelemente nur ein gemeinsamer Vorwiderstand, R-7, zur Spannungs- und Strombegrenzung erforderlich.

Die integrierten Schaltkreise IC-8, IC-9, IC-10 und IC-11 sind Treiberbausteine des Typ's CD-4010, wie sie in ihrer Zweck-erfüllung bereits im vorhergegangenen Abschnitt 4.3.1 beschrieben sind. Als Vergleichstyp, der in den Daten und Anschlußbelegungen völlig kompatibel mit dem IC CD-4010 ist, kann das CD-4050 genannt werden.

Die Ansteuerung dieser Treiberbausteine erfolgt, wie uns bereits bekannt ist, zu zwei mal zehn IC's parallel.

Die zwei mal zehn Ausgänge der Treiber-IC's werden, wie in *Abb. 4.3.3* dargestellt ist, den Potentiometern zugeführt. Zweckmäßigerweise erfolgt die Anordnung der 20 Regeleinheiten in zwei Gruppen mit jeweils zehn Stück horizontal untereinander, also parallel. Die zehn optischen Step-Kontrollen werden ebenfalls in eine horizontale Reihe und parallel zu den Regelgliedern montiert. Auf diese Weise entsteht eine kompakte Übersicht und sogleich eine möglichst schnelle Bedienung der Elemente.

Um eine sehr große Anzahl von Verbindungsleitungen einsparen zu können, wird die Sammlung der einstellbaren Spannungswerte bereits an den Spannungsreglern direkt vorgenommen. Auf diese Weise erübrigen sich in diesem Fall 18 Leitungen. Die Universaldioden 1N4148 werden, wie die *Abb. 4.3.3* erkennen läßt, mit den Anoden an den Schleifern, das sind die mittleren Anschlüsse der Potentiometer, angelötet. Die Kathoden von jeweils zehn Regeleinheiten werden gemeinsam verbunden und dem Bauabschnitt 4.4 intern zugeführt. Die Spannungssammlung mit Dioden ist für eine rückwirkungsfreie Mischung der unterschiedlichen Spannungssignale unbedingt erforderlich.

Die integrierten Bausteine IC-12, IC-13 und IC-14 sind für die Formung der Trigger-Signale verantwortlich. IC's enthalten jeweils vier AND-Gatter und sind mit der Typenaufschrift CD-4081 bezeichnet. Die Ansteuerung erfolgt mit den gleichen Signalen, wie die der Leuchtdioden- und Tonspannungstreiber.

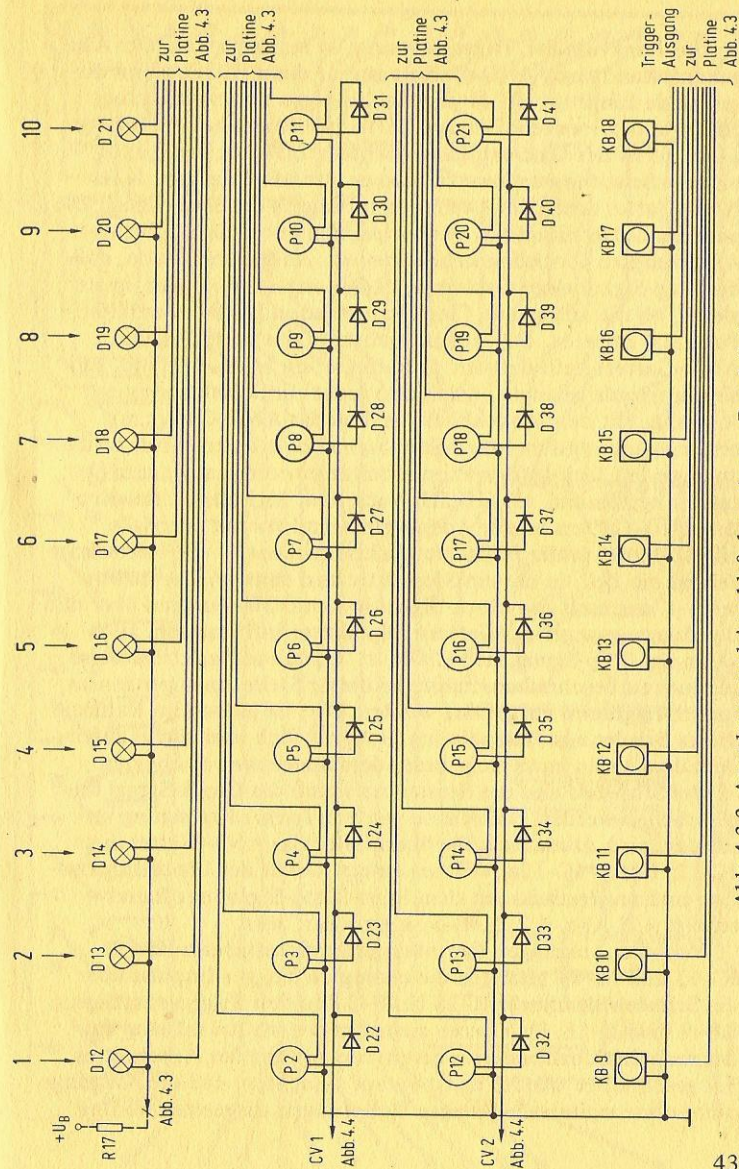


Abb. 4.3.3 Anordnung und Anschluß der externen Regelglieder

Die Funktion der Triggerformung ist recht einfach. Der Ausgangszustand eines AND-Gatters ist nur dann HIGH, wenn dessen beide Eingänge HIGH sind. Ist hingegen nur ein Eingang HIGH und der andere Eingang LOW, oder sogar beide Eingänge LOW, so ist der Gatterausgang ebenfalls LOW. In der Praxis unserer Schaltung umgesetzt sieht es nun wie folgt aus. Jedes AND-Gatter erhält an jeweils einen Eingang ein Step-Signal. Die anderen Gatter-Eingänge werden parallel mit dem in Abschnitt 4.1 erzeugten Clock-Signal angesteuert. Ausgehend davon, daß das Step-Signal eines Gatters mit LOW angesteuert wird, ist es gleich, ob die anliegende Clock-Information LOW- oder HIGH-Potential aufweist. Der Ausgangszustand des betreffenden AND-Gatters befindet sich dann immer im LOW-Zustand. Ein Triggerimpuls gelangt folglich also nicht zum dazugehörigen Ausgang. Mit dem Augenblick, in dem das AND-Gatter mit einem spannungsführenden Step-Signal angesteuert wird, ist die anliegende Clock-Information schaltungsbedingt auch zunächst spannungsführend, also HIGH. Nach dem logischen Verhalten des AND-Gatters ist der Ausgangszustand vorerst ebenfalls HIGH. Exakt in der Hälfte der Taktschrittzeit, – die Taktschrittzeit ist die Zeit, in der ein Step aktiv und dann wieder inaktiv wird –, wechselt das Clock-Signal in den LOW-Zustand über und der Ausgangspegel des Gatters folgt dieser Information, auch wenn das Step-Signal nicht HIGH ist. Um diese Funktionsweise genauer zu beschreiben, müßte an dieser Stelle ein sogenanntes Impulsdiagramm aufgeführt werden. Dies ist jedoch im Rahmen dieses Bandes aus Platzgründen nicht möglich und dürfte außerdem dem Laien auch nicht besonders interessant erscheinen.

Bei Stop-Zustand des Sequencer's muß das Clock-Signal unterbrochen werden, damit eine weitere Trigger-Erzeugung vermieden wird. Diese Aufgabe übernimmt das AND-Gatter aus IC-12, Gatter IC-12a, welches einerseits mit der Clock-Information und andererseits mit dem Start-/Stop-Signal aus Bauabschnitt 4.2, Abb. 4.2.2, IC-5, angesteuert wird.

Von den Ausgängen der integrierten Schaltkreise IC-12, IC-13 und IC-14 gelangen die erzeugten Trigger-Impulse über die Schutzwiderstände R-28 bis R-37 zu den Triggerausgängen KB-9 bis KB-18, über deren ausnahmsweisen Anordnung auf der rechten Schaltbildseite bereits am Anfang des Abschnittes 3.4 geschrieben wurde. Es ist darauf zu achten, daß die Ausgänge nicht ohne weiteres beliebigen Belastungen ausgesetzt werden

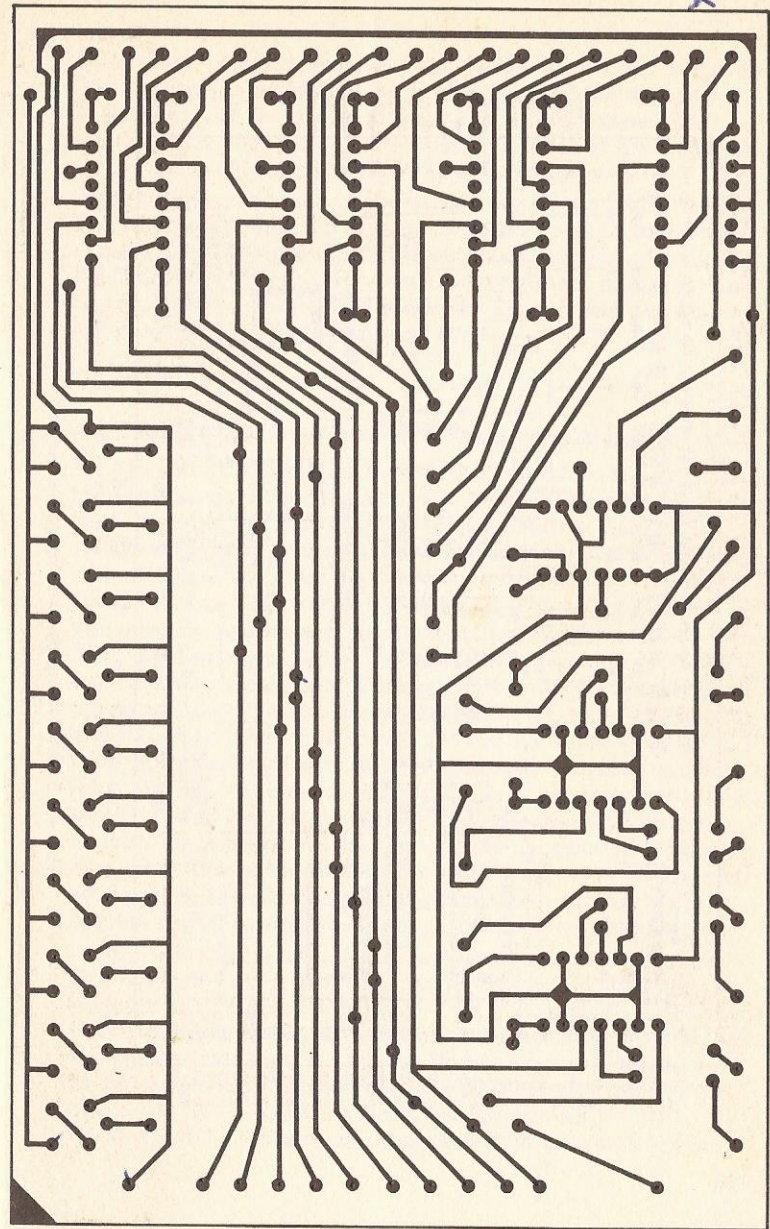


Abb. 4.3.4 Layout zur Signal-Auswertung

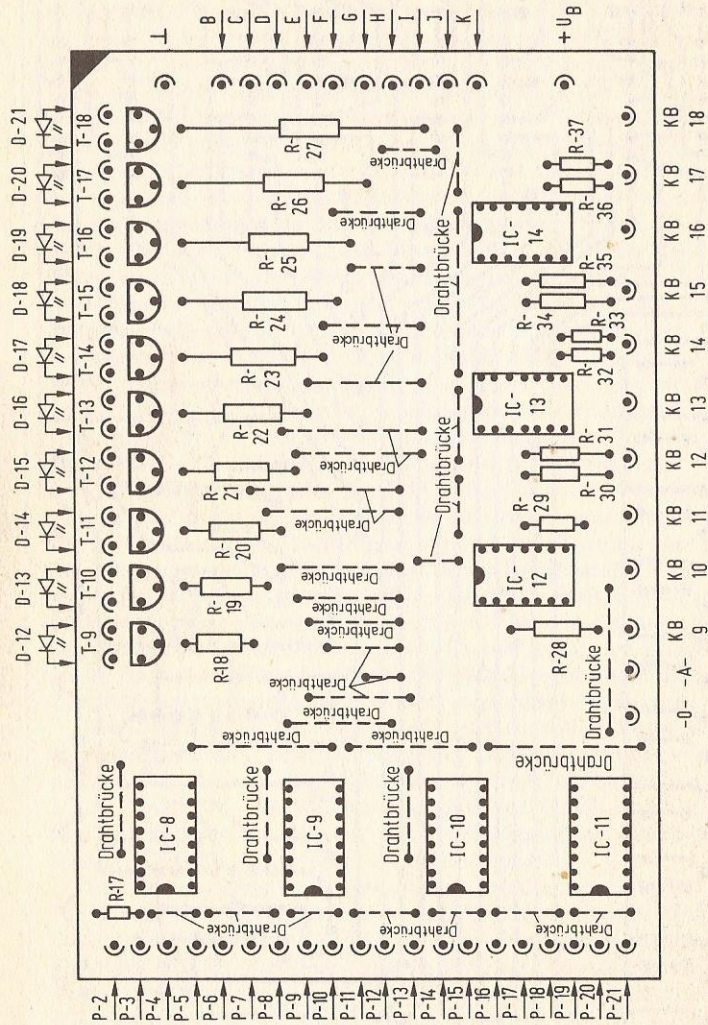


Abb. 4.3.5 Bestückungsplan zur Signal-Auswertung

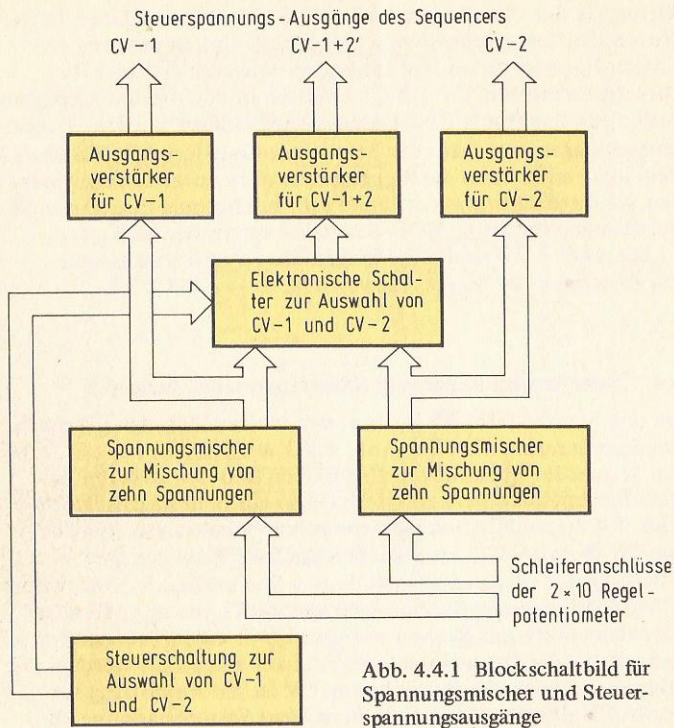
dürfen, da den Ausgängen der C-MOS-Schaltkreise keine Puffer-Stufen (Buffer) nachgeschaltet sind. Soll eine Benutzung der Trigger-Impulse für andere Einheiten, wie zum Beispiel Hüllkurvengeneratoren, erfolgen, so müssen unbedingt die Anpassungsstufen aus Bauabschnitt 6.1 zwischengeschaltet werden. Triggerausnutzungen innerhalb der Sequencer-Einheiten können ohne Bedenken auch ohne die Anpassungsstufen vorgenommen werden, da die Eingangswiderstände sehr hochohmig und damit die Belastungen für die C-MOS-Bausteine vertretbar sind.

Die Abb. 4.3.4 und 4.3.5 zeigen das *Layout* und den *Bestückungsplan* der Signal-Auswertung.

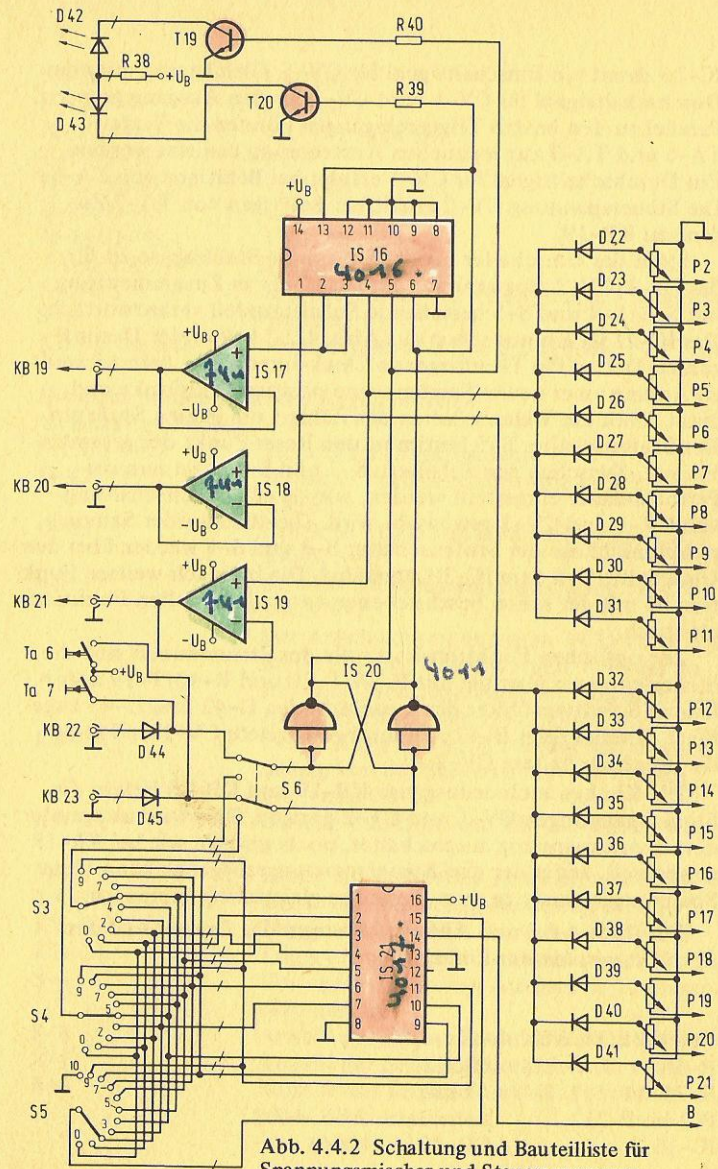
4.4 Spannungsmischer und Steuerspannungs-Ausgänge

An den Sammelpunkten der mit den Universaldioden aufgebauten Spannungsmischer aus Abb. 4.3.3 werden nun die fast fertigen Sequencer-Spannungen abgegriffen und den äußeren Ansprüchen entsprechend zubereitet. Die aus dem *Blockschaltbild* Abb. 4.4.1 ersichtlichen elektronischen Schalter zur Auswahl von CV-1 und CV-2 ermöglichen die freie Wahl zur Durchschaltung der beiden voreinstellbaren Spannungsgruppen, wobei CV-1 die Sequencer-Spannungen ausdrückt, die mit den zehn Potentiometern der Reihe Eins, und CV-2 die Sequencer-Spannungen aus der Potentiometerreihe Zwei eingestellt werden. Die international übliche Bezeichnung CV ist die Abkürzung für Control Voltage und wird mit dem Wort Steuerspannung übersetzt. Mit der Steuerschaltung zur Auswahl von CV-1 und CV-2 werden die elektronischen Schalter angesteuert. Interne und externe Vorrichtungen erlauben individuelle manuelle und automatisierte Auswahlmöglichkeiten. Über drei Ausgangsverstärker gelangen die Sequencer-Spannungen zu den Ausgängen und können zur Steuerung der Synthesizer-Moduln genutzt werden.

Der *Schaltungsaufbau zur Steuerspannungs-Einheit* ist der Abb. 4.4.2 zu entnehmen. Die auf der rechten Schaltbildseite eingezeichneten Potentiometer P-2 bis P-21 und die zugehörigen Universaldioden D-22 bis D-41 werden nach Abb. 4.3.3 auf der Frontplatte montiert. IC-16 enthält vier bilaterale Schalter, die im Blockschaltbild als elektronische Schalter zur Auswahl von CV-1 und CV-2 eingetragen und beschrieben sind. IC-17, IC-18 und IC-19 bilden die Ausgangsverstärker zur Stabilisie-



nung der erzeugten Steuerspannungen. Der Klinkenbuchsenausgang KB-19 liefert, je nach Ansteuerung des integrierten Schaltkreises IC-16, wahlweise die fertige Steuerspannung CV-1 oder CV-2. Die Ansteuerung des IC-16 ist sehr unterschiedlich möglich. Der Umschalter S-6 bestimmt die Ansteuerart zunächst einmal automatisch oder manuell und extern. Ausgehend von der manuell/externen Schalterstellung sind die Eingänge KB-22 und KB-23 für die Steuerspannungsauswahl zuständig. Ein an KB-22 angelegter Triggerimpuls kippt das als Flipflop aufgebaute IC-20 um. Der Ausgang des IC-20 steuert einen Eingang des IC-16 an und schaltet somit CV-2 zum Klinkenbuchsenausgang KB-19 durch. Ein positiver Triggerimpuls an KB-23 setzt das Flipflop IC-20 in dessen Ausgangszustand zurück und liefert



IC-16 damit ein Einschaltssignal für CV-1. Gleichzeitig mit dem Durchschaltssignal für CV-1 wird CV-2 für den Ausgang gesperrt. Parallel zu den beiden Triggereingängen können die Taster TA-6 und TA-7 zur manuellen Ansteuerung benutzt werden. Ein Durchschaltssignal für CV-1 erfolgt bei Betätigen von TA-6. Die Steuerspannung CV-2 erhält bei Betätigen von TA-7 Zugang zu KB-19.

Steht der Umschalter S-6 in Automatic-Stellung, so ist für die CV-1/CV-2 Auswahl nur der aus IC-21 in Zusammenhang mit S-3, S-4 und S-5 bestehende Schaltungsteil verantwortlich. Das IC-21 ist ein uns schon aus Abb. 4.2.2 bekannter Dezimalzähler. Der an Pin 14 anliegende Clock-Impuls -B- liefert jeweils zu Anfang einer neuen Sequenz eine positive Taktflanke und leitet somit ein Weiterschalten des Zählers um je eine Stufe ein. Der Stufenschalter S-5 bestimmt den Reset-Punkt der gesamten Einheit. Zwischen den Schaltern S-3 und S-4 kann nun die Periodendauer eingestellt werden, wie sie zur Durchschaltung von CV-1 und CV-2 gewünscht wird. Die Mittel- oder Sammelpunktanschlüsse der Stufenschalter S-3 und S-4 werden über den Umschalter S-6 dem IC-20 zugeführt. Die hiernach weitere Funktion ist mit der schon beschriebenen extern/manuellen Funktion identisch.

Zur optischen Funktionskontrolle der Steuereinheit sind die Steuerleitungen über die mit R-39/T-20 und R-40/T-19 aufgebauten Schaltverstärker den Leuchtdioden D-42 und D-43 zugeführt. Hierbei zeigt D-42 die durchgeschaltete CV-1 und D-43 die durchgeschaltete CV-2 an.

Die Klinkenbuchsenausgänge KB-19 und KB-20 liefern die Steuerspannungen CV-1 und CV-2 parallel. Hier wird also weder eine Steuerspannung ausgeschaltet, noch wird sie wie bei KB-19 gewechselt. Jeder der drei Steuerspannungsausgänge kann ohne Spannungsverluste ca. vier Einheiten gleichzeitig ansteuern.

Die Abb. 4.4.3 und Abb. 4.4.4 zeigen das *Layout* und den *Bestückungsplan* der Einheit.

Stückliste zu Abb. 4.4.2

R-38	680 Ω
R-39/40	47 kΩ
P-2 bis P-21	siehe unter Abb. 4.3.2
IC-16	CD-4016 (4066)

IC-20	CD-4011
IC-21	CD-4017
IC-17 bis IC-19	μA-741 mini Dip
T-19/T-20	TUN
D-22 bis D-41	1N4148
D-42/D-43	LED
D-44/D-45	1N4148
TA-6/TA-7	Taster 1-pol. Ein
S-3/4/5	Stufenschalter 12X1 Kontakte / 1-ne Ebene
S-6	Schalter 2-pol. UM
KB-19 bis KB-23	Mono-Klinkenbuchse 6,3 mm Ø

Hinweise zu den externen Regeleinheiten (Schaltungsabschnitt 4.4)

P-2 bis P-21	Siehe Schaltungsabschnitt 4.3
D-42	Optische Funktionskontrolle zu KB-23, TA-6, S-3
D-43	Optische Funktionskontrolle zu KB-22, TA-7, S-4
KB-19	Serieller Steuerspannungsausgang für CV-1 und CV-2. Der Anschluß von externen VCO's usw. kann direkt vorgenommen werden. Die hier anstehende Steuerspannung ist abhängig vom Anzeigezustand von D-42/D-43.
KB-20	Dieser Ausgang liefert ständig und unabhängig von der Steuereinheit die Steuerspannung CV-2.
KB-21	Gleiche Funktion wie KB-20, jedoch für CV-1.
TA-6	Taster zur manuellen Auswahl von CV-1
TA-7	Taster zur manuellen Auswahl von CV-2
KB-22	Trigger-Eingang mit Funktion von TA-7
KB-23	Trigger-Eingang mit Funktion von TA-6
S-6	Umschalter zwischen Automatic- o. Manuellsteuerung
S-3	Anzahl der Sequenzdurchläufe für CV-1
S-4	Anzahl der Sequenzdurchläufe für CV-2
S-5	Summe der Sequenzdurchläufe von CV-1 plus CV-2.

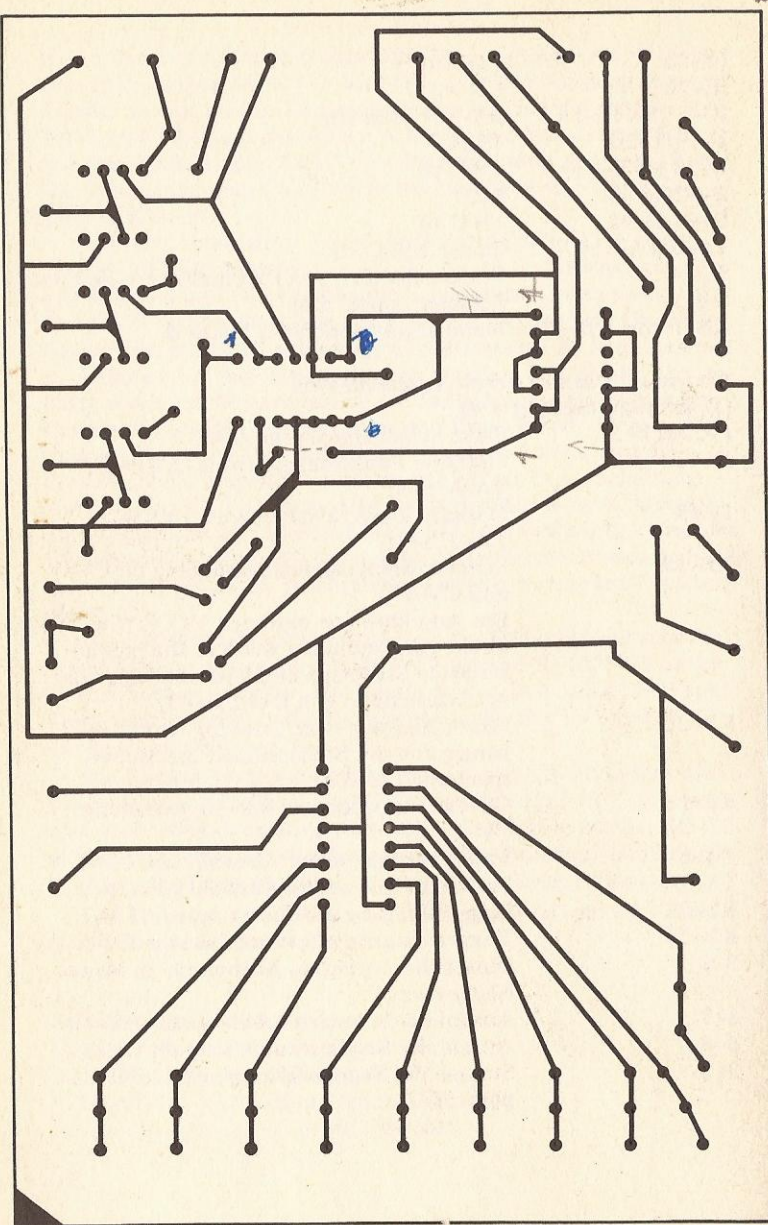


Abb. 4.4.3 Layout für Spannungsmischer und Steuerspannungsausgänge

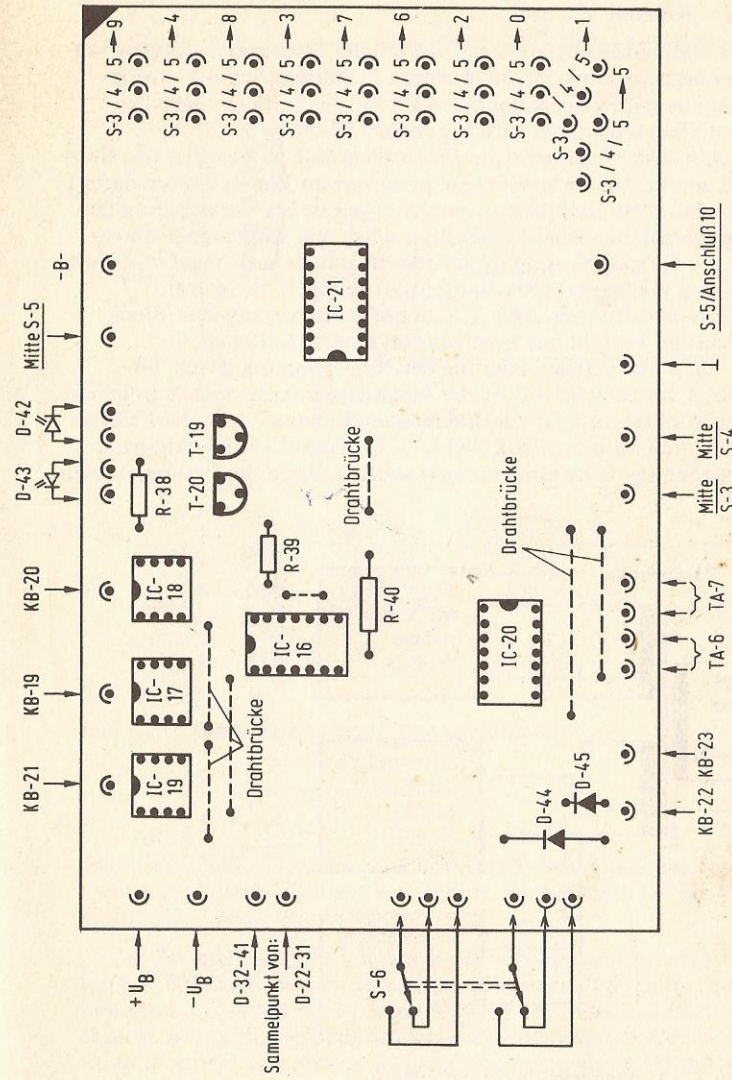


Abb. 4.4.4 Positionsplan für Spannungsmischer und Steuerspannungsausgänge

4.5 Netzteil

Das Netzteil liefert alle zum Betrieb des Sequencers nötigen Versorgungsspannungen. Die moderne Schaltungstechnik ermöglicht einen überaus einfachen Aufbau, der trotz der geringen Bauteilkosten enorm gute Ergebnisse bietet.

Aus Abb. 4.5.1 geht das *Blockschaltbild* für das gesamte Netzteil hervor. Die unterbrochen gezeichneten Linien deuten darauf hin, daß diese Stabilisierungsschaltung nur bei Verwendung des Impulsspeicher-Moduln benötigt wird. Die Ausgangsspannung für die übrigen Moduln ist auf jeweils positiv und negativ 12-Volt, auf den Massepunkt (Nullpotential) bezogen, festgelegt.

Die Schaltung in Abb. 4.5.2 zum vorhergegangenen Blockschaltbild besteht aus einer sehr einfachen Aufbauweise.

Nach der Transformierung der Netzspannung durch TR-1 erfolgt die Gleichrichtung der Wechselspannung mittels Brückengleichrichter und der anschließenden Siebung durch die Elektrolyt-Kondensatoren (ELKO's) C-2, C-4 und C-6. Die hiernach anstehenden Gleichspannungen werden durch die Festspannungs-

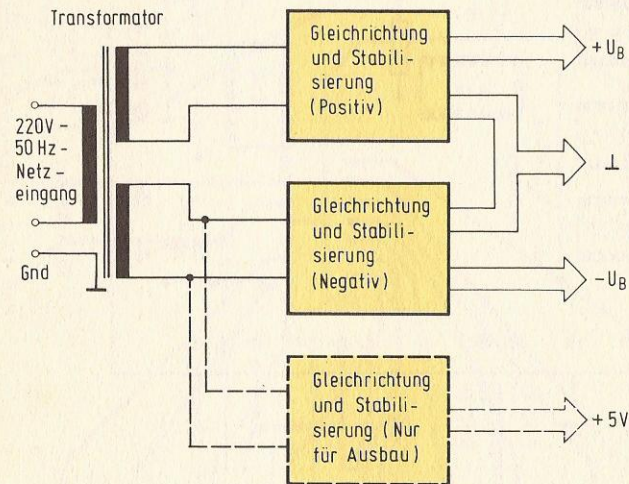


Abb. 4.5.1 Blockschaltbild zum Netzteil

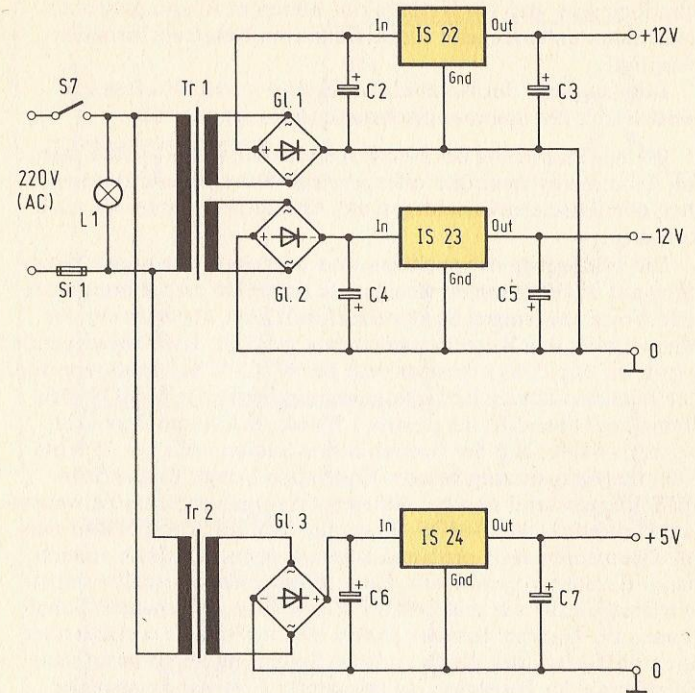


Abb. 4.5.2 Schaltung und Bauteilliste zum Netzteil

regler IC-22, IC-23 und IC-24 stabilisiert. Die Ausgänge der sogenannten Stabi's liefern die fertigen Spannungen für die Versorgung der Sequencer-Moduln.

Das Netzteil ist mit ungefähr 1-A- je Ausgangsspannung belastbar. Diese Belastbarkeit reicht durchaus auch noch für weitere Moduln aus, da die Stromaufnahme bei C-MOS-Schaltungen überaus gering ist. Befestigt man die Festspannungsregler auf einen entsprechend großen Kühlkörper, so steigt die Höchstbelastbarkeit auf ungefähr 1,5-A- an. Es dürfte ja wohl selbstver-

ständig sein, daß ein Netzteil mit höherem Ausgangsstrom auch einen entsprechend dimensionierten Netztransformator benötigt.

Die Ausgänge der Netzteilplatine sind kurzschlußfest und hinsichtlich der Spannungsschwankungen sehr stabil.

Bei der Platzierung des Netztransformators TR-1 sollte man, um Brummeinstreuungen oder sonstige Störeinflüsse zu vermeiden, den Abschirmvorschlägen aus Abschnitt 3.5 und 3.7 nachkommen.

Die Festlegung der positiven und negativen Versorgungsspannung auf 12-Volt wurde weniger als Anschluß an die internationale Norm bei einigen Synthesizerfabrikaten, als vielmehr zur Vermeidung von Bauteilzerstörungen gewählt. Die überwiegende Norm bei Musik-Synthesizer liegt bei ± 15 V Betriebsspannung. Die höchst zulässige Betriebsspannungsgrenze für C-MOS-Bausteine liegt ebenfalls bei positiv 15 Volt. Erfahrene Praktiker werden wissen, daß der Betrieb dieses Sequencer's bei 15 Volt Versorgungsspannung bessere Ergebnisse bringt, da der Störspannungsabstand sich bei höherer Versorgungsspannung wesentlich verbessert, die C-MOS-Bausteine exakter arbeiten und sich im allgemeinen auch problemlos mit anderen, käuflich erwerblichen Geräten koppeln läßt. Diese Eigenschaften treffen selbstverständlich für alle mit C-MOS-Bausteinen aufgebauten Schaltungen zu. Darüber hinaus erkennt der erfahrene Praktiker aber auch die Gefahr der durch zu hohe Spannung hervorgerufenen Zerstörung der Bausteine, da preiswerte Festspannungsregler nur selten exakt ihre angegebene Ausgangsspannung abgeben. Die Toleranzen weichen hierbei nicht selten um ± 1 V. von den aufgedruckten Werten ab, und eine Spannungsversorgung mit 16 Volt ist schon überaus kritisch für die C-MOS-Schaltkreise.

Sollte sich der eine oder andere doch für die internationale Norm entscheiden, was sicherlich nicht falsch sein dürfte, so sollten die Festspannungsregler vor ihrem Einbau auf eventuelle Toleranzen überprüft werden.

Eine Änderung oder Anpassung innerhalb der Sequencer-Elektronik ist nicht erforderlich, da die Konzeption der Schaltungen für Betriebsspannungen von 12 Volt bis 15 Volt ausgelegt ist. Dies erklärt auch die etwas zu groß bemessenen Vorwiderstände bei den Leuchtdioden-Anzeigen, die mit 680Ω ange-

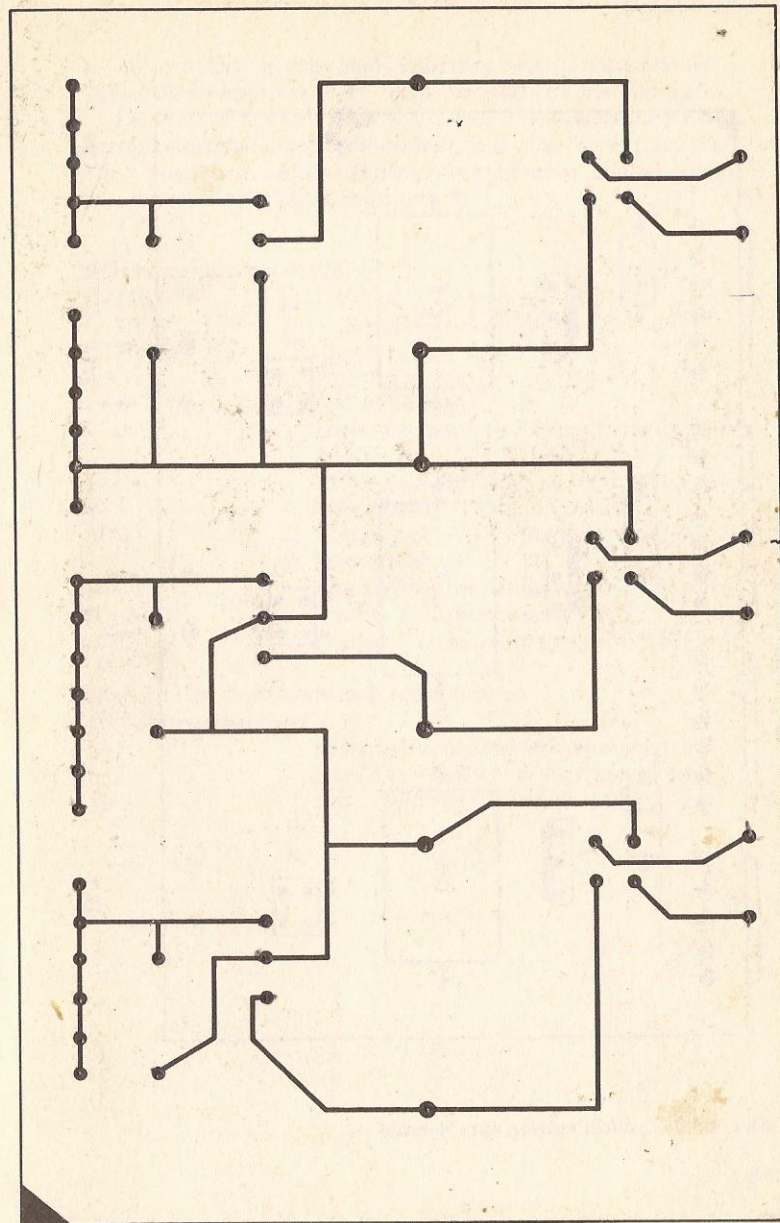


Abb. 4.5.3 Layout zum Netzteil

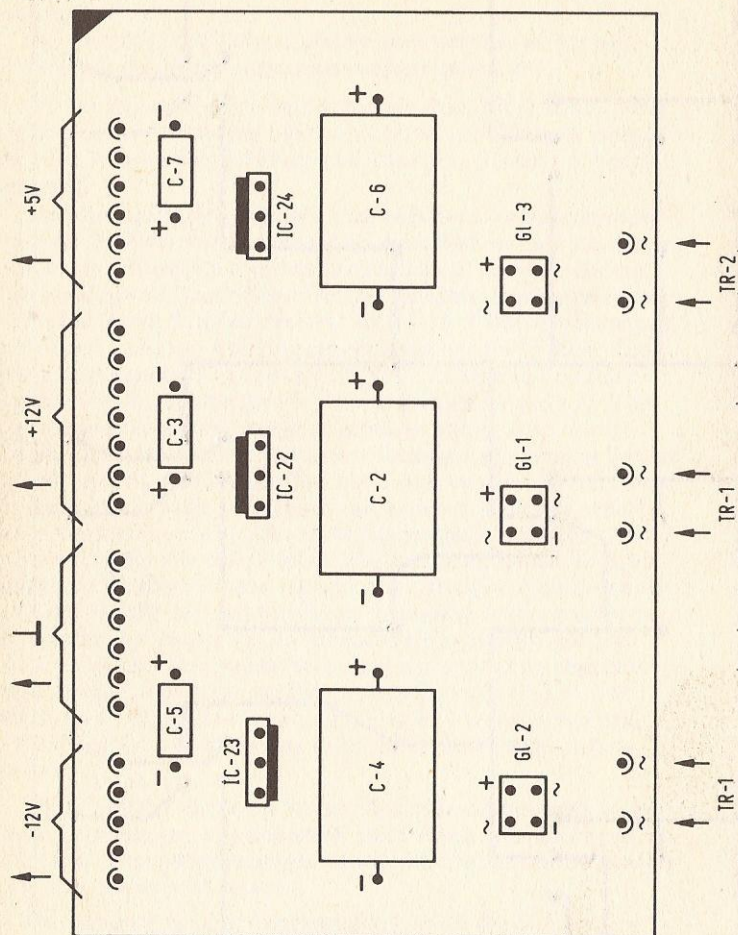


Abb. 4.5.4 Bestückungsplan zum Netzteil

geben sind. Bei einer Betriebsspannung von 12 Volt reichen Widerstände mit dem Wert 300Ω bis 400Ω vollständig aus.

Die Abb. 4.5.3 und Abb. 4.5.4 zeigen das *Layout* und den *Bestückungsplan* zur Netzteil-Elektronik. Der Netztransformator TR-1 wird nicht auf der Platine untergebracht, sondern an geeigneter Stelle im Gehäuse montiert.

Stückliste zu Abb. 4.5.2

C-2/4/6	2.200 μF / 25 Volt (ELKO)
C-3/5/7	10 μF / 16 Volt (ELKO)
GL-1/2/3	Gleichrichter B-40/C-1500
TR-1/2	Transformator 2 X 15 V / 1 X 9 V / 3 A (120 VA)
	oder zwei getrennte Transformatoren mit:
	2 X 15 V / 2 X 1 A und 1 X 9 V / 1 A
L-1-	220-Volt-Kontrollampe für Frontmontage
S-7-	Netzschalter 1-pol. Ein/Aus
SI-1-	Sicherung (1-A-) mit Halterung für Frontmontage
IC-22	Negativ-Festspannungsregler 12 V / 1 A
IC-23	Positiv- Festspannungsregler 12 V / 1 A
IC-24	Positiv- Festspannungsregler 5 V / 1 A

Hinweise zu den externen Regeleinheiten

(Schaltungsabschnitt 4.5)

L-1	Kontrollleuchte für Betriebszustand
S-7	Ein-/Aus-Schalter für Netzspannung
SI-1	Netzsicherung für Fronteinbau

5 Erweiterungsschaltungen

Ein Sequencer ist nicht gleich ein Sequencer, wenn man einmal die Möglichkeiten betrachtet, die als Erweiterungen beziehungsweise Zusatzmoduln wertvolle Hilfen und Automatisierungen bieten. Die unendlich große Anzahl von Zusätzen, die die Steuerung eines oder mehrerer Sequencer übernehmen, stammen überwiegend aus der rechnenden Elektronik ab. Bis hinauf zur modernsten Technik, die zur Zeit von den Mikroprozessoren geformt wird, erstreckt sich die Aufbauweise dieser Einheiten. Frei programmierbare Clock-Oszillatoren, denen je nach Größe einige tausend Clock-Impulse im Rhythmus eingespeichert und beliebig oft abgerufen werden können, programmierbare Timer, die zum Beispiel für zeitlich bestimmte Start- und Stop-Programme eingesetzt werden können, Sequenzfolgespeicher, die zu bestimmten Zeiten die gewünschten Sequenzen abrufen, Auszähl-Einheiten, die alle Vorgänge innerhalb eines Sequencer's erfassen und in digitalen Coden zur weiteren Auswertung bereitstellen, Signalinverter und Vergleicherstufen sind nur wenige von vielen Zusatzmoduln, die dem Musiker die Arbeit während des musizierens sehr erleichtern. Es ist ja wohl nicht unbekannt, daß ein Musik-Synthesizer enorm viele Einstellungen und Umprogrammierungen für ein abwechslungsreiches Spielen benötigt.

Natürlich können in diesem Band nicht alle Erweiterungsschaltungen besprochen werden, da die Beschreibung für Funktion und Bedienung weitaus größer ist, als die Schaltung selbst.

Bei der Selbstgestaltung weiterer, nicht in diesem Band beschriebenen Zusätze sollte man vor der Planung eingehend über die Aufgabenerfüllung und dem effektiven Sinn der neuen Einheit nachdenken. Oft ist es so, daß schon vorhandene Moduln nur durch äußere Umbelegung der Verbindungsleitungen (Patchcord's) den gewünschten Zweck erfüllen. So kann zum Beispiel eine Vergleicher-Einheit die Steueraufgaben eines Timer's übernehmen. Auf den ersten Blick gesehen fragt man sich nun, wozu denn einen Timer bauen, wenn der Vergleicher dessen

Anforderungen entspricht. Bei weiterer Betrachtung der beiden Moduln wird erst klar, daß in speziellen Aufgabenbereichen jede Einheit ihre Vor- und Nachteile aufweist.

5.1 Auszählung

Eine der schon angedeuteten Erweiterungsschaltungen ist die sogenannte Auszählung. Hierbei werden zum Beispiel die Schritte jeder Sequenz digital ausgezählt, optisch angezeigt und in codierter Schrift, dem BCD-Code, einem Ausgang zur externen Verwertung zugeführt. Eine weitere Aufgabe der Auszählung ist die Zählung der schon beendeten Sequenzen. Auch diese Daten werden in mathematischen Zahlen angezeigt und gleichzeitig als BCD-Code einem dazu vorgesehenen Ausgang zugeführt.

Die Weiterverarbeitung der digitalen Werte ist auf vielfältige Art und Weise möglich. Von diesen Datenausgängen, die die einzigen digital-codierten Eingriffsstellen in das Gerät liefern, können alle anderen Erweiterungsschaltungen abhängig gemacht werden.

Obwohl die Sequenz-Auszählung und die Step-Auszählung zwei unabhängig voneinander arbeitende Einheiten sind, kann das gewünschte Endresultat aus beiden Moduln in Abhängigkeit von den Daten dieser Einheiten gebracht werden.

Betrachtet man einmal den Fall, daß der Sequencer nach exakt zehn Durchläufen und drei Steps stoppen soll, so ist die Sequenzzählung für die ganzen Sequenzläufe und die Stepauswertung für die drei Einzelschritte verantwortlich. Ein weiteres Anwendungsbeispiel für die Auszählung wurde bereits in der Beschreibung des Gesamtblockschaltbildes in Abschnitt 3.6 gezeigt.

Die *Abb. 5.1.1* zeigt das gesamte *Blockschaltbild der Auszähl-einheit*. Die Zusammenfassung der Teile -A- und -B- ist als eine Alternativlösung anzusehen, da es ja nun zwar zwei getrennte Einheiten sind, eigentlich aber zusammen gehören.

Der Schaltungsteil -A- zählt die Sequenzlänge aus. Die hierzu nötigen Clock- und Reset-Informationen werden intern von den Schaltungsabschnitten 4.1, Clock-Einheit, und 4.2, Abtast-Elektronik, geliefert. Die einzige Schnittstelle zur Außenwelt wird durch den externen BCD-Code-Ausgang gegeben.

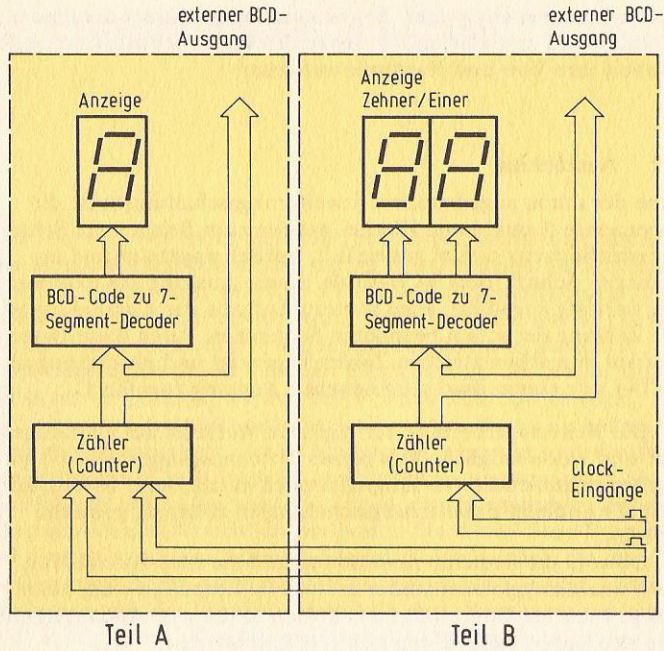


Abb. 5.1.1 Blockschaltbild zur Auszähleinheit (Teil A + B)

Der Schaltungsteil -B- ist für die Zählung der Sequenzläufe zuständig. Auch hier werden die nötigen Informationen zur Auszählung intern zugeleitet.

Aus Abb. 5.1.2 ist nun das Schaltbild zum Schaltungsteil -A- ersichtlich. Die Verwendung von nur einer einstelligen 7-Segment-Anzeige ist hier aus Gründen des sonst doppelten Aufwandes für Zähler (Counter) und Dekoder vorgezogen worden. Der einzige Nachteil hierbei liegt nur in der etwas abweichenden Anzeigeart der ausgezählten Daten. Eine Sequenz beginnt nun nicht mit der Zahl 1, sondern mit 0. Der zehnte Schritt wird

nicht mit der Zahl zehn, sondern mit neun optisch wiedergegeben, da sonst nur für den letzten Sequenzschritt eine zweistellige Siebensegment-Anzeige erforderlich wäre.

Das in Abb. 5.1.2 eingetragene IC-27 vergleicht die durch Leitung A und B übermittelten Daten und bildet aus diesem Resultat den Rücksetzimpuls für die Zählinheit.

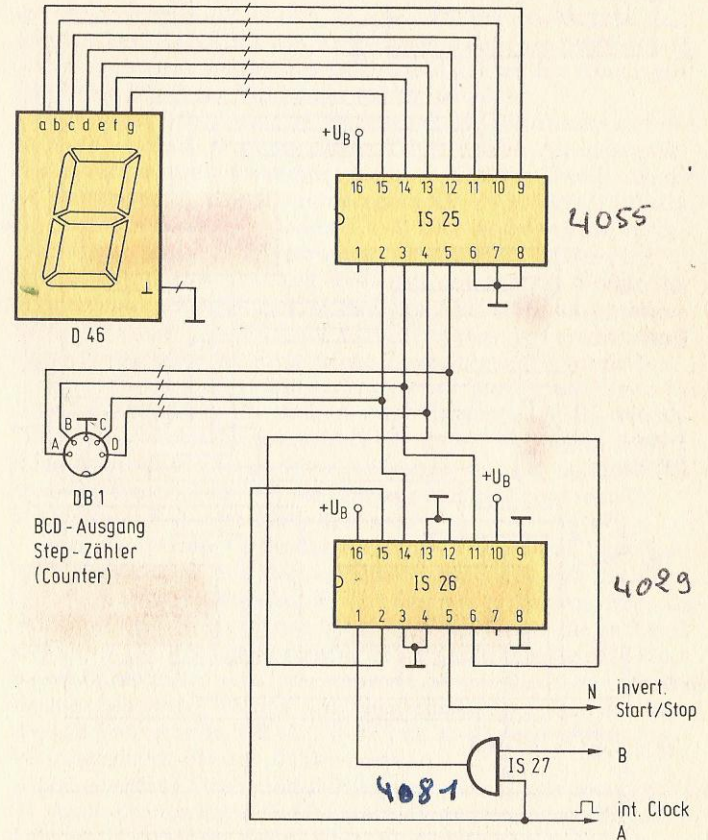


Abb. 5.1.2 Schaltung zum Teil -A-

Abb. 5.1.4 Layout zur Auszähleinheit für Teil A + B

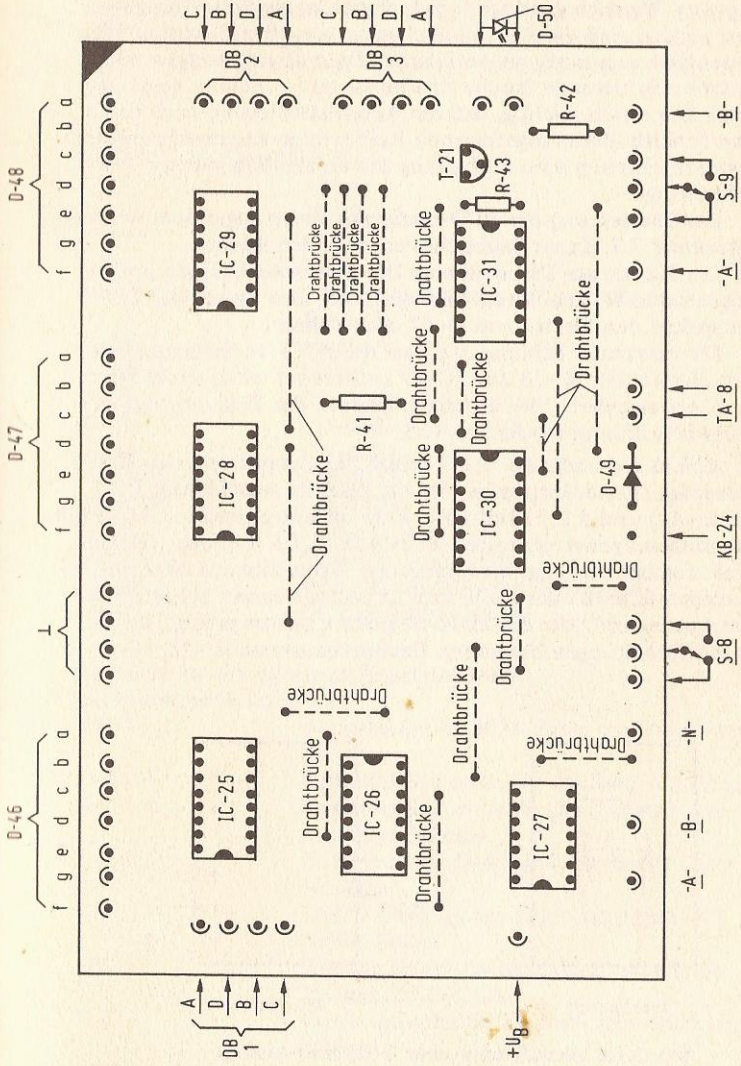
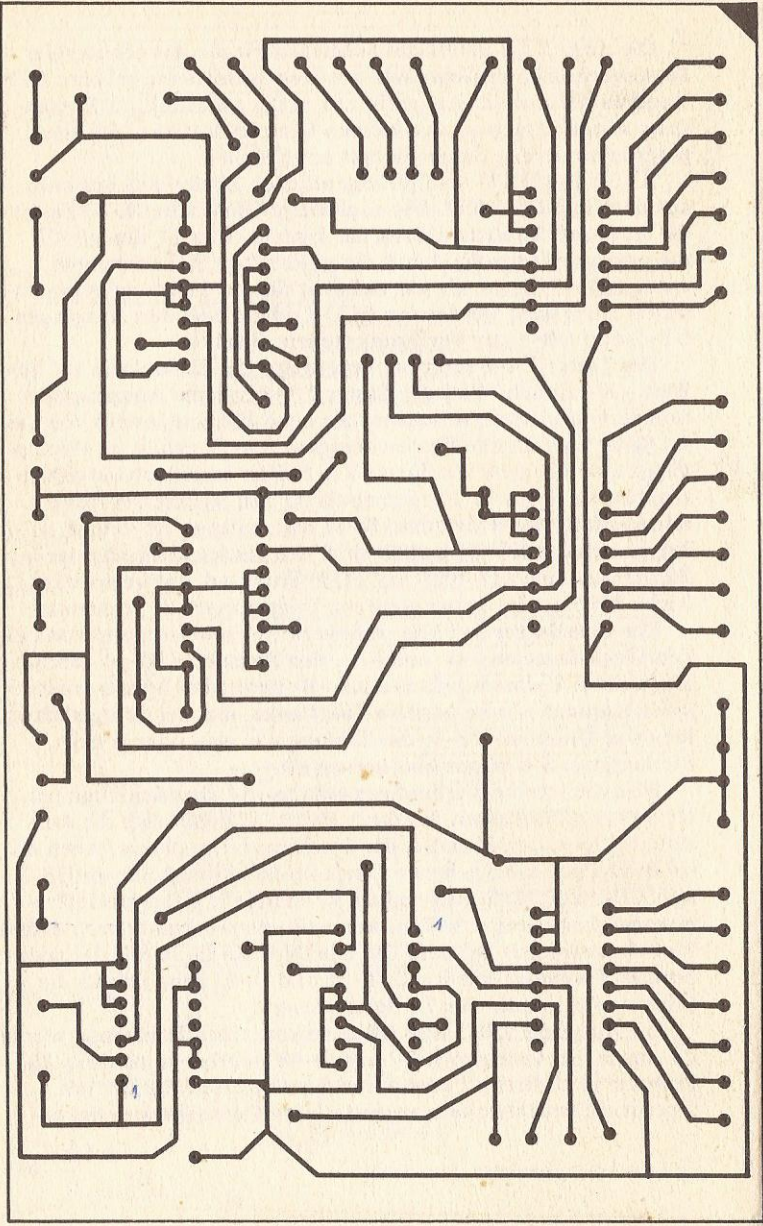


Abb. 5.1.5 Positionsplan zur Auszähleinheit (Teil A + B)

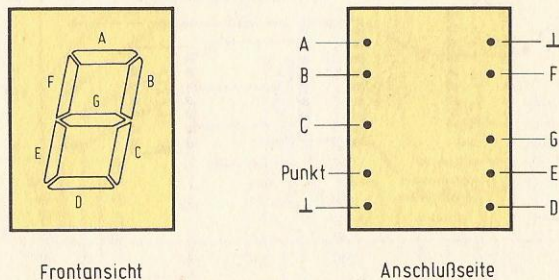
reits in der Gesamtbeschreibung in Abschnitt 3.6 beschrieben worden. Wiederholend sollte jedoch nochmals darauf hingewiesen werden, daß die Anschlußbelegung von allen Buchsen völlig identisch sein muß, um verfälschte Datenübertragungen und daraus resultierende falsche Ergebnisse zu vermeiden. Es ist jedoch keinesfalls wichtig, daß die Anschlußbelegung nach der in den Schaltbildern eingetragenen Reihenfolge vorgenommen wird, sondern vielmehr eine Einhaltung der einmal begonnenen Anschlußfolge.

Die *Übersetzung der BCD-codierten Daten* kann dem Anhang, *Abschnitt 7.3*, dieses Baubuches entnommen werden.

Die Signale am Datenausgang DB-2 entsprechen den optisch angezeigten Werten durch Anzeige D-48, also Einer, und DB-3 entspricht den Werten von D-47, also Zehner.

Die maximale Zählung, die über die BCD- zu Siebensegment-decoder/treiber IC-28 und IC-29 aufbereitet wird, reicht bis zum Anzeigewert -99-. Hiernach beginnt der Zählvorgang bei Aufwärtszählung wieder bei Null.

Abb. 5.1.4 und Abb. 5.1.5 zeigen das *Layout* und den *Positionsplan (Bestückungsplan)* für die gesamte Auszählung 5.1.2 (Teil -A-) und 5.2.2 (Teil -B-). Zum ordnungsgemäßen *Anschluß der Siebensegment-Anzeigen* ist in Abb. 5.1.6 die Identifikation einer solchen Anzeige wiedergegeben. Beim Einkauf dieser Anzeigeelemente muß oder sollte man unbedingt darauf achten, daß die Ansteuerung der einzelnen Segmente positiv erfolgt, da die in den Schaltungen benutzten Decoderbausteine IC-25, IC-28



Frontansicht

Anschlußseite

Abb. 5.1.6 Identifikation einer 7-Segment-Anzeige

und IC-29 sogenannte „*activ high*“ Ausgänge besitzen. Für den Verkäufer reicht hierbei die Aussage „mit gemeinsamer Kathode“ vollkommen aus. Typen mit gemeinsamer Anode, äußerlich lassen sie sich nicht oder nur selten unterscheiden, sind völlig unbrauchbar.

Stückliste zu Abschnitt 5.1

R-41	10 k Ω
R-42	47 k Ω
R-43	680 Ω
T-21	TUN
D-46/47/48	7-Segment-Anzeige mit gemeinsamer Kathode
D-49	1N4148
D-50	LED
IC-25	CD-4055
IC-26	CD-4029
IC-27	CD-4081
IC-28/IC-29	CD-4055
IC-30/IC-31	CD-4029
TA-8	Taster 1-pol. Ein
S-8 / S-9	Schalter 1-pol. UM
KB-24	Mono-Klinkenbuchse 6,3 mm \varnothing
DB-1/2/3	Dioden-Einbaubuchse 5-pol.

Hinweise zu den externen Regeleinheiten

(Schaltungsabschnitt 5.1)

DB-1	Ausgabe der in BCD-Form umgewandelten Steps
D-46	Optische Kontrolle für die Step-Auszählung
D-47	Optische Kontrolle für die Sequenz-Auszählung (Zehner)
D-48	Funktion wie D-47, jedoch für die Einer-Anzeige
DB-2	Daten-Ausgang der Einer-Anzeige D-48 (BCD-Code)
DB-3	Gleiche Funktion wie DB-2, jedoch für Zehner (BCD-Code)
S-8	Funktionsschalter für Auf- oder Rückwärtszählen

TA-8	Hiermit kann die Zählleinheit auf 00 gesetzt werden
KB-24	Gleiche Funktion wie TA-8, jedoch für externe Triggerung
S-9	Funktionsschalter zur Auswahl zweier Zählsignale Stellung -A- = Zählung der Sequenzdurchläufe Stellung -B- = Zählung der Clock-Impulse (max. bis 99)
D-50	Anzeige-LED zur optischen Kontrolle zur durchgeschalteten Steuerfrequenz

5.2 Vergleichler und Auswerter

Der sogenannte Vergleichler und Auswerter ist wohl das vielseitigste Modul innerhalb dieses Bandes. Trotz der überaus großen Angebotszahlen für Synthesizer-Moduln ist ein Spezial-Modul dieser Art nicht auf dem Musikmarkt erhältlich.

Auf eine umfangreiche Anwendungsbeschreibung für diese Einheit kann hier wohl verzichtet werden, da diese bereits in der Gesamtbeschreibung des Sequencers in Abschnitt 3.6 gegeben ist.

Bei der Betrachtung des *Blockschaltbildes* Abb. 5.2.1 läßt sich zunächst einmal eine zweistellige Vergleichereinheit, für Einer und Zehner erkennen. Die zugehörigen Stufenschalter erlauben über eine bestimmte Anordnung von Dioden, der Dioden-Matrix, Festzahlenwerte zwischen null und 99 einzustellen. Die parallel hierzu eingegebenen Daten an den BCD-Eingängen werden in den Vergleichlerstufen mit den Festwerten verglichen, ausgewertet und zunächst einmal zur optischen Kontrolle mit jeweils drei Leuchtdioden angezeigt. Parallel zu den Leuchtdioden sind Vergleichler-Ausgänge, die das Vorergebnis „größer als“, „kleiner als“ und „gleich mit dem Vergleichswert“, liefern.

Ein weiterer Schaltungsteil vergleicht nun wiederum die Zwischenergebnisse der Einer-/Zehner-Vergleicher und fügt sie zu einem Endergebnis zusammen.

Ziemlich umfangreich und dennoch, von der Logik her gesehen, sehr einfach und verständlich ist das Schaltbild für den *Vergleicher u. Auswerter* in Abb. 5.2.2.

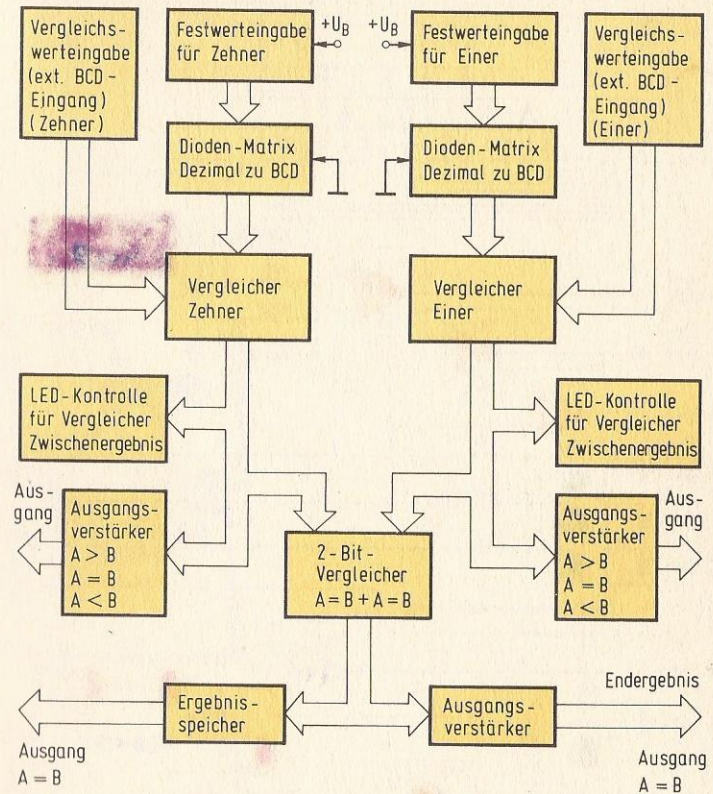


Abb. 5.2.1 Blockschaltbild zur Vergleichler & Auswerter-Einheit

Das zu erkennende Freifeld mit der gestrichelten Umrandung enthält exakt die gleiche Elektronik, wie sie der ebenfalls gestrichelt umrahmte obere Schaltungsteil aufweist.

Das Kernstück dieser Einheit bildet eine Vergleichereinheit, die mit den Komparator-IC's CD-4063 aufgebaut ist. Diese Bau-

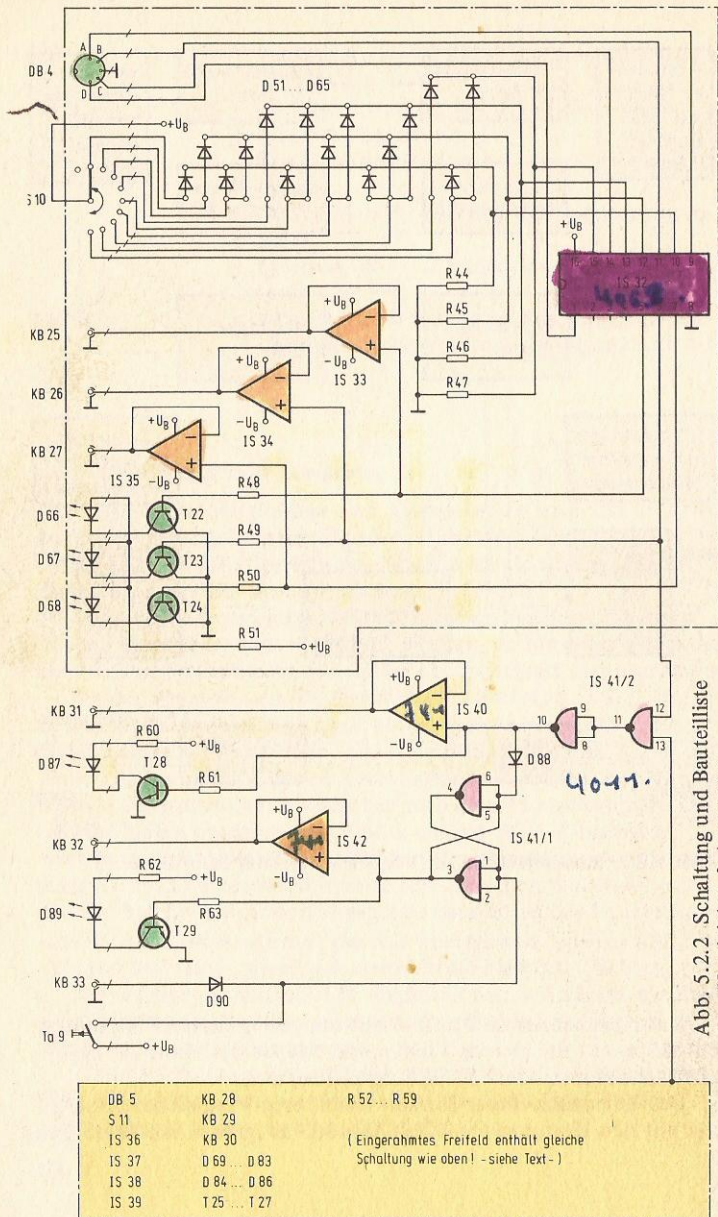


Abb. 5.2.2 Schaltung und Bauteilliste zum Vergleichler & Auswerter

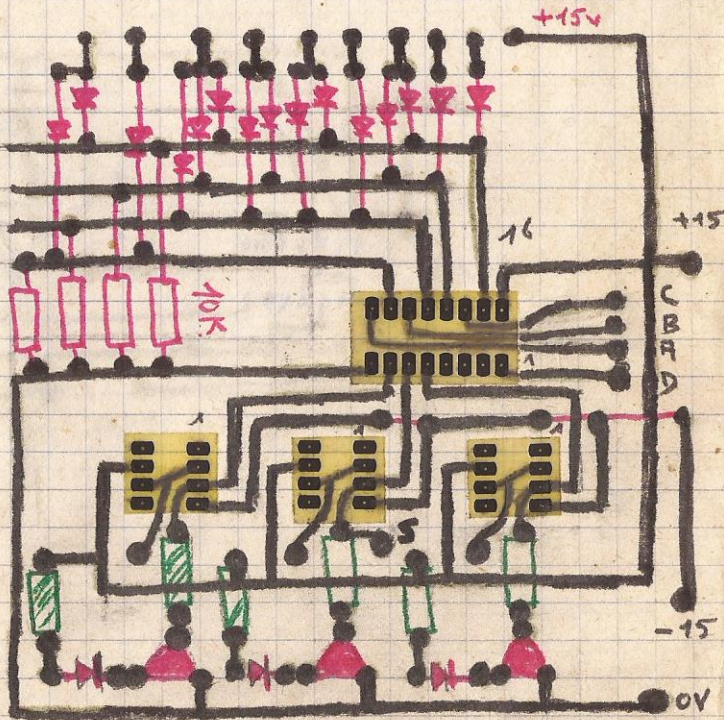
DB 5	KB 28	R 52... R 59
S 11	KB 29	
IS 36	KB 30	(Eingerahmtes Freifeld enthält gleiche Schaltung wie oben! - siehe Text -)
IS 37	D 69... D 83	
IS 38	D 84... D 86	
IS 39	T 25... T 27	

Stückliste zu Abb. 5.2.2

R-44 bis R-47	10 kΩ
R-52 bis R-55	10 kΩ
R-48 bis R-50	47 kΩ
R-56 bis R-58	47 kΩ
R-51/59/60/62	680 Ω
R-61/63	47 kΩ
D-51 bis D-65	1N4148
D-69 bis D-83	1N4148
D-88/90	1N4148
D-66 bis D-68	LED
D-84 bis D-86	LED
D-87/89	LED
T-22 bis T-29	TUN
IC-32/IC-36	CD-4063
IC-33/34/35/37/ 38/39/40/42	μA-741 (mini Dip)
IC-41/1 + 41/2	CD-4011
DB-4/5	Dioden-Einbaubuchse 5-polig
S-10/11	Stufenschalter 10 X 1 Kontakte 1ne Ebene
KB-25 bis KB-33	Klinkenbuchse 6,3 mm Ø
TA-9	Taster 1-pol. Ein

Hinweise zu den externen Regeleinheiten (Schaltungsabschnitt 5.2)

S-10	Stufenschalter 0 bis 9 zur Festwerteeinstellung der Einer
S-11	Gleiche Funktion wie S-10, jedoch für Zehner
DB-4	Externer BCD-Eingang für die Einer-Vergleichswerte
DB-5	Externer BCD-Eingang für die Zehner-Vergleichswerte
KB-25	Zwischenergebnisausgabe für Einer A > B
KB-26	Zwischenergebnisausgabe für Einer A = B
KB-27	Zwischenergebnisausgabe für Einer A < B
KB-28	Zwischenergebnisausgabe für Zehner A > B
KB-29	Zwischenergebnisausgabe für Zehner A = B
KB-30	Zwischenergebnisausgabe für Zehner A < B



— CIRCUIT COTÉ COMPOSANTS

D-66	Optische Funktionskontrolle zu Ausgang KB-25
D-67	Wie vor, jedoch zu Ausgang KB-26
D-68	Wie vor, jedoch zu Ausgang KB-27
D-84	Wie vor, jedoch zu Ausgang KB-28
D-85	Wie vor, jedoch zu Ausgang KB-29
D-86	Wie vor, jedoch zu Ausgang KB-30
KB-31	Ausgang für Endergebnis $A = B$
D-87	Optische Funktionskontrolle zu KB-31
KB-32	Ausgang für gespeichertes Endergebnis
D-39	Optische Funktionskontrolle zu KB-32
KB-33	Trigger-Eingang zur Löschung des gespeicherten Signals
TA-9	Manuelle Löschung des Endergebnis-Speichers

steine vergleichen zwei mal vier logische Zustände, die, als *BCD-Code* umgeformt, an den IC-Anschlüssen eins und neun bis 15 angelegt werden. Die Ausgänge fünf, sechs und sieben der integrierten Schaltung liefern, je nach Daten an den Eingängen, drei verschiedene Informationen. Eine dieser drei Informationen sagt aus, daß die anliegenden Daten $-A-$ größer sind, als die Daten an den Eingänge $-B-$. Der zweite Ausgang liefert ein Signal, wenn Eingang $-A-$ gleich Eingang $-B-$ ist. Der letzte Ausgang, man kann es sich wohl schon denken, wird aktiviert, wenn Dateneingang $-B-$ im Gegensatz zu Dateneingang $-A-$ größere Informationswerte aufweist.

Die Dateneingänge $-A-$, Anschlußpinne 10/12/13 und 15 werden mit fest einstellbaren Dateninformationen, die an den Stufenschaltern S-10 und S-11 vorgegeben werden können, versorgt. Das Netzwerk mit den Universaldioden 1N4148 D-51 bis D-65 und D-69 bis D-83 dient zur Dekodierung, der Umsetzung von Dezimalwerten in BCD-codierten Daten. Die Daten an den IC-Eingängen $-B-$, die mit den Festwerten verglichen werden sollten, gelangen über die hierzu vorgesehenen Dateneingänge DB-4 und DB-5 an die Komparatoren.

Bei Nichtbelegung dieser externen BCD-Eingänge werden die IC-Anschlüsse der B-Eingänge automatisch durch die Widerstände R-44 bis R-47, für IC-32, und R-52 bis R-55, für IC-36, auf

LOW-Potential gelegt. Versehentliche Störspannungseinwirkungen auf die unbelegten IC-Anschlüsse werden so vermieden.

Die Ergebnisse aus den eingegebenen Daten, sie werden mit $A < B$, $A = B$ und $A > B$ umschrieben, werden zunächst einmal über die Treibereinheiten R-48 bis R-50/T-22 bis T-24 und R-56 bis R-58/T-25 bis T-27 den Leuchtdioden D-66 bis D-68 und D-84 bis D-86 zur optischen Funktionskontrolle zugeführt. Parallel hierzu sind den Ausgängen der Vergleich-Bausteine sogenannte Ergebnis-Ausgänge zugeschaltet. Diese Informationsausgänge können, im Gegensatz zu den bisherigen Sequencer-Ausgängen, ohne weitere Bedenken belastet werden, da die hierzu notwendigen Ausgangsverstärker bereits vorgesehen sind. Aufgebaut sind diese Ausgangsstufen, IC-33 bis IC-35 und IC-37 bis IC-39, mit dem Operationsverstärker $\mu A-741$, der, hier als Spannungsfolger geschaltet, bestens den Anforderungen nachkommt.

Die bisherige Schaltungsbeschreibung beschäftigt sich ausschließlich mit der Auswertung der Einer, und unabhängig davon mit der Zehner-Auswertung. Um nun zu einem endgültigen Resultat aus Festwert und Vergleichswert zu gelangen, müssen diese – wir nennen sie einmal Zwischenergebnisse –, nochmals untereinander verglichen und ausgewertet werden. Da es sich hierbei nur um zwei zu vergleichende Informationen handelt, nämlich $A = B$ der Einer und $A = B$ der Zehner, ist die Realisation sehr einfach. Einem NAND-Gatter, dessen Funktion wir bereits im Schaltungsabschnitt 4.1 kennengelernt haben, werden die beiden $A = B$ -Informationen eingegeben. Wenn nun die Einer-/Zehner-Vergleichsinformationen, $A = B$ -Werte, gleichwertig mit den eingestellten Einer-/Zehner-Festwerten sind, so erhält das NAND-Gatter IC-41/2 an beiden Eingängen ein HIGH-Signal und schaltet nach seinen logischen Verhalten den Ausgang auf LOW-Potential.

Das nachfolgende NAND-Gatter invertiert diese logischen LOW-Pegel und liefert an dessen Ausgang somit ein spannungsführendes Signal.

Das am Ausgang dieser Inverterstufe anstehende Endresultat aus Festwert und Vergleichswert steht nun über dem Ausgangsverstärker, IC-40, am Klinkenbuchsen-Ausgang KB-31 zur Einleitung der gewünschten Vorgänge zur Verfügung.

Als optische Funktionskontrolle zum Endergebnis wird das Ausgangssignal über den Schaltverstärker R-61/T-28 der Leuchtdiode D-87 zugeführt.

Als Einheit zur Signal-Speicherung könnte man die letzte Stufe der Vergleichler und Auswerter-Schaltung bezeichnen. Der Zustand des Ausganges für das Endresultat ändert sich laufend von HIGH- nach LOW-Potential und umgekehrt. Bei ungleichen Zahlenverhältnissen zwischen Festwertangaben und Vergleichswertdaten ist der Zustand LOW, bei gleichen Datenverhältnissen wechselt der Pegel auf HIGH und anschließend bei ungleichen Werten wiederum auf LOW-Potential. Möchte man nun den positiven Spannungspegel auch nach dem Wechsel nach LOW beibehalten, so muß man den eben genannten Signal-Speicher hinzuschalten.

Das Arbeitsprinzip einer solchen Schaltung ist recht einfach. Eine mit einem NAND-Gatter aufgebaute Flipflop-Stufe, IC-41/1 - Anschlüsse eins bis sechs, wird über die Universaldiode D-88 mit dem Signal des Endresultats angesteuert. Wechselt zum Beispiel das Ergebnissignal von LOW- nach HIGH-Potential, dann wird das Flipflop getriggert (umgekippt). Der Ausgang KB-32 liefert nun zunächst einmal genau wie Ausgang KB-31 ein Signal mit positivem Charakter. Ändert sich das Endergebnis nun zum LOW-Pegel hin, so wird dieses LOW von der Diode D-88 nicht zum Flipflop durchgelassen und der High-Pegel an Ausgang KB-32 bleibt bestehen.

Das Endergebnis bleibt jetzt solange gespeichert, bis der erforderliche Rücksetz-Impuls (RESET) gegeben wird. Dies kann einmal durch den RESET-Taster TA-9 oder durch den externen Trigger-Eingang KB-33 hervorgerufen werden.

Der Pegelzustand an Ausgang KB-32 wird durch die Anzeigeeinheit R-62/T-29 und Leuchtdiode D-89 optisch dargestellt.

Ein Layout mit Bestückungsplan für diese und die nachfolgende Schaltung soll hier nicht angeschlossen werden, da gewiß fast jeder Praktiker erst einmal das Grundgerät bauen und eingehend testen möchte.

Als Abschluß des Schaltungsabschnittes Vergleichler und Auswerter soll jedoch zur besseren Übersicht eine Stückliste der benötigten Bauteile und ein *Vorschlag für die Frontplattengestaltung* dieser Einheit aufgeführt sein.

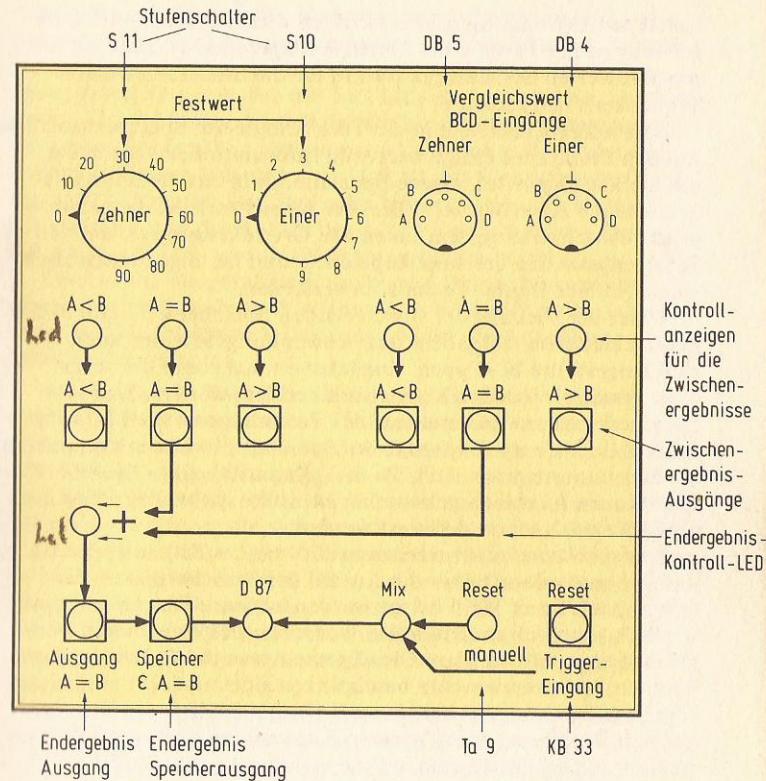


Abb. 5.2.3 Frontplattengestaltung zum Vergleichler & Auswerter

5.3 Impulsspeicher-Modul

Der letzte Schaltungsabschnitt dieses Bandes beschäftigt sich bereits mit der fortgeschrittenen Elektronik. In der Computer-Elektronik findet eine sehr große Anzahl verschiedener Speicher-

bausteine Anwendung. Einen Großteil dieser Speicher-IC's, sie gehören zu der Familie der *Statischen Speicher*, ist auch ohne nennenswerten Schaltungsaufwand für die Steuerung unseres Sequencer's einsetzbar.

Eine kurze Einleitung in die Technologie der Speicherbausteine soll den Praktikern einige wertvolle Informationen vermitteln, um hieraus abgeleitet, eigene Spezialmoduln zur Steuerung des Sequencer's zu entwickeln. Darüber hinaus verleiht die nachfolgende Umschreibung dem Laien alle Grundkenntnisse, um den Schaltungsaufbau des Impulsspeichers und im allgemeinen auch einen Teil der Digital-Technik zu verstehen.

Unter der Vielzahl der verschiedenen Speicher-IC's gibt es für unterschiedliche Aufgaben- und Anwendungsbereiche auch speziell hergestellte IC-Typen. Zunächst einmal sollte der schon oben erwähnte Ausdruck „Statisch“ erklärt werden. Statische Speicherbausteine basieren auf der Technik von vielen *Flipflop*-Stufen, die, je nach Kapazität des Speichers, in einem kompakten IC-Baustein integriert sind. Da die „Kapazität eines Speichers“ bereits zum Ausdruck gekommen ist, sollte dieser Begriff an dieser Stelle auch schon definiert werden.

Speicherkapazitäten werden in *Bit* (engl. = Bit) ausgedrückt und geben Auskunft über die Anzahl der Speicherplätze, die extern nach freier Wahl belegt werden können. Die Anzahl dieser Bit's kann den individuellen Wünschen des Anwenders weitgehend angepaßt werden. Die allgemein von der Industrie angebotenen Speicherelemente beschränken sich zunächst einmal auf eine ganz bestimmte Anzahl von Bit's. Abgesehen von den integrierten Bausteinen mit kleineren Kapazitäten, die auch in TTL-Ausführung erhältlich sind, ist die Gliederung mit 64, 256, 512, 1024, 2048 und 4096 Bit's angesetzt. Bei der Anschauung dieser Stafflung läßt sich eine Logik erkennen, die uns aus der Mathematik her schon bekannt sein dürfte. Werden für einen speziellen Anwendungsfall nur weniger als die vorgesehenen Bit's benötigt, so erlaubt eine externe Beschaltung die Änderung beziehungsweise die Begrenzung der Kapazität.

Die weiteren Unterschiede zwischen den einzelnen Speicher-IC's bestehen in der Organisation. Die sogenannte Organisation hängt unmittelbar mit der Anzahl der eben definierten Bit's zusammen. Innerhalb der Speicherplätze eines integrierten Schaltkreises sind Aufgliederungen eingeräumt, die in der Fachsprache mit *Organisation* bezeichnet werden. Diese Aufgliederungen

bestimmen die Anzahl der Informationen, die gleichzeitig, also parallel in den Speicher aufgenommen werden können. Zur näheren Beschreibung dieser Funktion gehen wir einmal von einem Speicherbaustein aus, der mit 512 Bit's ausgestattet ist. Der Hersteller gibt neben der Anzahl der Bit's auch die Organisationen an, die in unserem Beispiel einmal 64×8 sein soll. Nach einer kurzen Rechnung erkennt man, daß 64 mit 8 multipliziert exakt die Zahl 512 ergibt. Die Zahl oder besser gesagt, der Multiplikator acht gibt nun die Anzahl der parallel speicherbaren Daten, die nur aus HIGH- und LOW-Informationen bestehen, an.

Ebenso wie die parallele Eingabe von Daten, können die gespeicherten Signale auch zu jeweils acht abgefragt beziehungsweise ausgelesen werden. Die Zahl 64 gibt die Anzahl der sogenannten Adressen an.

Das aus der Fachsprache stammende Wort Adresse (engl. = ADDRESS) ist sinngemäß als Hausnummer zu verstehen. Diese Hausnummern bestimmen die Speicherplätze der beschriebenen acht Dateneingaben. So ist es also möglich, 64×8 Signale zu speichern. Diese Organisationen können auch aus anderen Verhältnissen bestehen, die sich jedoch immer nur innerhalb der gesamten Speicherkapazität des integrierten Bausteins bewegen. So ist ein Speicher-IC mit 512 Bit's, außer mit der eben genannten Organisation, auch mit beispielsweise 4×128 , 2×256 oder 1×512 Bit's erhältlich. Einer Änderung der Organisation über die angegebenen Werte hinaus ist vom Anwender her nicht möglich.

Nach der Begriffserklärung der Organisation bleibt zunächst einmal die Definition der Adressierung. Die einfachste Verständlichmachung zur Belegung der Speicherplätze ist wohl ein Vergleich mit dem alltäglichen Leben. Möchte man jemandem eine Nachricht per Brief zustellen, so muß diese mit der Adresse des Empfängers versehen werden. In unserem Fall bestimmt die Adressierung ebenfalls den Empfänger, der hier als Speicherplatz umschrieben ist. Nun fragt man sich, wie diese Adressierung vorgenommen wird, da wohl bestimmt nicht für jede Adresse dem integrierten Baustein ein einzelner Anschlußpin zugeteilt ist. Eine einfache Lösung bietet hier das sogenannte Binärsystem, das, ähnlich wie die BCD-Codierung von Dezimalzahlen, eine kurze Schreibweise von großen Zahlenwerten auf der Basis von HIGH- und LOW-Informationen ermöglicht. So benötigt man zur Adressierung von beispielsweise 1024 Speicherplätzen nur

zehn IC-Eingänge, die dann einem bestimmten Schema entsprechend mit HIGH- und LOW-Signale belegt werden.

Die Adressierungen müssen nun überaus schnell ausgeführt werden, damit ohne lange Wartezeiten die Informationen auf den gewünschten Speicherplätzen austauschfähig, sei es nur zur Auslesung oder zur Neuprogrammierung, gemacht werden können. Zu diesem Zweck stehen eine Reihe von Möglichkeiten, die von Fall zu Fall verschieden rentabel sind, zur Verfügung. In der Regel werden hierzu sogenannte Keyboards, die einer Schreibmaschinentastatur ähnlich sind, in Verbindung mit Terminals, das sind Code-Schrift-Umsetzer, und Mikroprozessoren benutzt.

Eine weitaus preiswertere Lösung bietet die Adresseneigabe mittels einfacher Ein-Aus-Schalter, die jedoch neben des relativ großen Zeitaufwandes für eine Adressierung auch noch den Nachteil besitzt, daß die Eingabe direkt in codierter Schrift erfolgt.

In unserem Beispiel, ein Speicherbaustein mit der Organisation 64 x 8, besteht nun die Möglichkeit, eine achtstellige Code-schrift 64mal mit beliebigen Informationsinhalten zu speichern.

Nach den bisherigen Erkenntnissen läßt sich nun schon ein kleines Bild für die Anwendung der Speicherelemente zusammensetzen. Die grundlegenden Vorgänge bei der Speicherung digitaler Signale sind die Festlegung des gewünschten Speicherplatzes, der Adresse, wonach zunächst einmal der alte Speicherinhalt ausgelesen werden kann. Hiernach folgt die Festlegung des neu zu speichernden Signales, das erst nach Eingabe des sogenannten WRITE-Befehls, der auf einen hierfür vorgesehenen IC-Anschluß und ebenfalls nur als HIGH- oder LOW-Signal gelegt wird, in den Speicher übernommen wird. Nachdem das anliegende Write-Signal, das übersetzt mit Schreiben oder Speichern definiert werden kann, mit entgegengesetztem Potential geliefert wird, kann die angelegte Speicherinformation zurückgezogen werden, da mit dem Potentialwechsel die anliegenden Daten eingespeichert sind.

Zur Lösung spezieller elektronischer Aufgaben und Vorgänge und der daraus hervorgehenden Wahl des benötigten Speicherbausteines reichen nun die bis jetzt bekannten Angaben noch nicht ganz aus, um die Art der integrierten Speicherschaltung zu ermitteln.

Weitere Aufspaltungen der Typen bestehen in den Ausführungen zwischen den schon vorprogrammierten, den einmalig programmierbaren und den wieder löschbaren Speichern. In der

Fachsprache werden diese IC-Gattungen mit aus der englischen Sprache stammenden Abkürzungen umschrieben beziehungsweise ausgedrückt. So sind die Angaben wie RAM, ROM, PROM usw. für den versierten Anwender schon kein Neuland mehr. Zur Begriffserklärung der genannten Abkürzungen soll an dieser Stelle nur eine der Formen betrachtet werden, eben die, die auch zur Anwendung im nachfolgenden Schaltungsabschnitt kommt.

Gemeint ist hier das sogenannte RAM, RAM's (engl. = Read and Memory) sind Speicherbausteine, die vom Anwender zu jeder Zeit neu programmierbar, sprich Memory, und auslesbar, sprich Read, sind. Die Programmierungsvorgänge entsprechen hierbei genau den Angaben der vorgegangenen Beschreibung. Ein sehr großer Nachteil bei der Verwendung von RAM-Speichereinheiten ist durch die totale Inhaltslöschung nach Abschalten der Versorgungsspannung gesetzt. Folglich muß der gewünschte Speicherinhalt jeweils nach einer Spannungs- beziehungsweise Betriebsunterbrechung erneuert werden. Aber auch dieses Problem könnte man umgehen, wenn der finanzielle Aspekt keine wesentliche Rolle spielt.

Die Schaltung

Die Abb. 5.3.1 zeigt das *Blockschaltbild* zum Impulsspeicher-Modul. Die Konzeption dieser Schaltung wurde bewußt auf ein Mindestmaß für Bauteilkosten gehalten. Diese Einsparung wurde jedoch nicht zum Nachteil der Anwendungsmöglichkeit, sondern hauptsächlich hinsichtlich des Bedienungskomforts vorgenommen.

Das Impulsspeicher-Modul ist eine völlig unabhängige Einheit und benötigt außer den Anschlüssen für die Betriebsspannungen keinerlei interne Verbindungen zu den restlichen Sequencer-Modulen. Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Einheiten benötigt diese elektronische Schaltung eine zusätzliche Versorgungsspannung von +5 Volt.

Aus dem Blockschaltbild läßt sich ein zentraler Bezugspunkt erkennen, der als sogenannter Informationsspeicher (RAM) eingetragen ist. Hier werden alle zu speichernden Daten festgehalten und zur Auslesung bereit gestellt. Die zugehörige Adreß-Zähler-einheit ist für eine ordnungsgemäße Steuerung der Speichereinheit verantwortlich. Der Schaltungsabschnitt Komparator (Vergleicher) und Adressenspeicher/Reset-Bestimmung sorgt für die

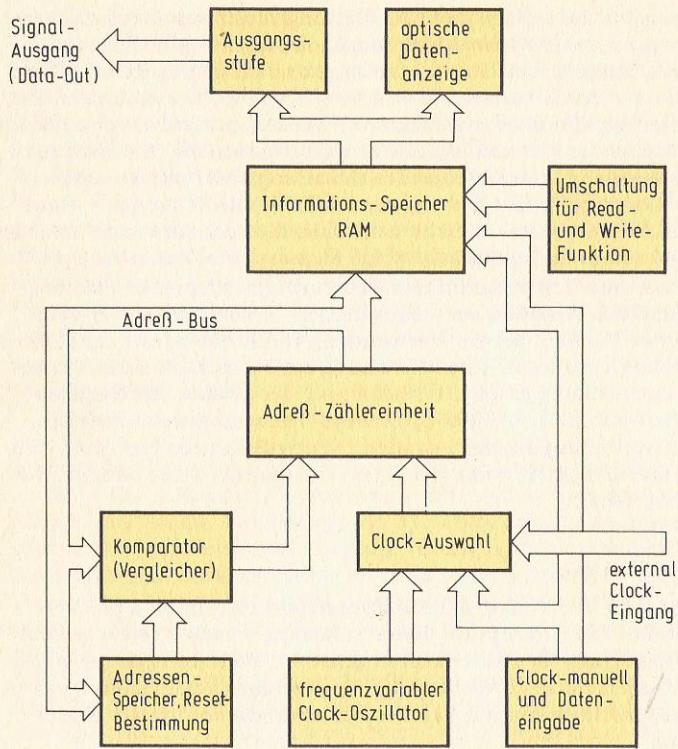


Abb. 5.3.1 Blockschaltbild zum Impulsspeicher-Modul

gewünschte Speicherkapazität. Speicher- und Auslesegeschwindigkeit werden von den Einheiten Clock-Oszillator, Clock-manuell und ext. Clock-Eingang bestimmt. Die Auswahl zwischen den drei genannten Clock-Möglichkeiten erfolgt durch die eingetragene Clock-Auswahl. Der Informations-Speicher kann durch eine Read- und Write-Umschaltung in den Speicher- oder Auslesezustand versetzt werden. Parallel zu einer optischen Daten-Anzeige

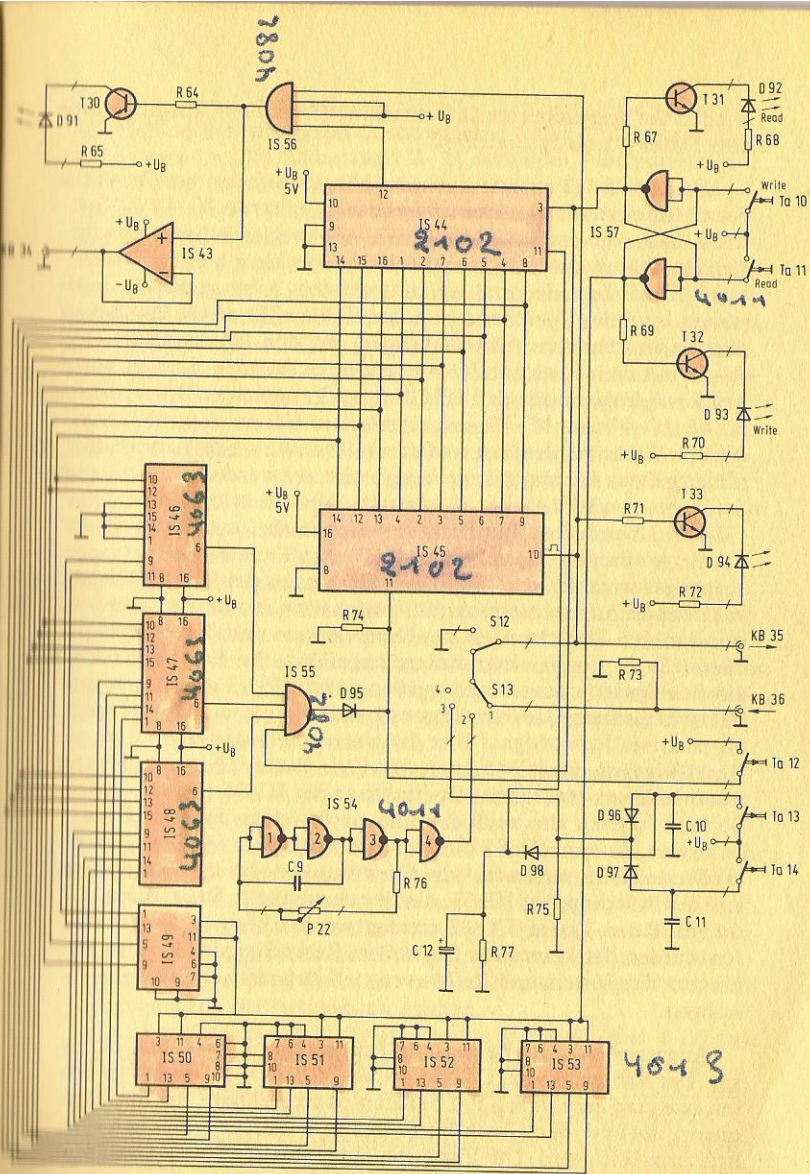


Abb. 5.3.2 Schaltung und Stückliste zum Impulsspeicher-Modul

werden die gespeicherten Informationen über eine Ausgangsstufe dem Daten-Ausgang zugeführt.

Die Abb. 5.3.2 enthält die komplette *Schaltung* zum beschriebenen Blockschaltbild. Der integrierte Schaltkreis IC-44 ist der RAM-Speicher des Typs MM-2102. Als Vergleichsbaustein mit gleichen Daten und gleicher Anschlußfolge kann hier das TMS-4033 (*Texas Instruments*) genannt werden. Adressenmäßig angesteuert wird der Speicher durch den Zähler CD-4040. Parallel zu den eingezeichneten Adreßleitungen, die den Adreß-Zähler IC-45 mit dem Speicher-IC-44 verbinden, werden die hier anstehenden Adressencode den IC's 46 bis 53 zugeleitet. Die Bausteine IC-46, IC-47 und IC-48 sind sogenannte Vergleicher, die zwei digitale Werte vergleichen und anschließend als Größenverhältnis ausgeben. Als zugehörige Vergleichszahl werden die Ausgangsdaten aus den IC's 49 bis 53 genutzt. Diese Bausteine des Typs CD-4013 beinhalten Flipflops und dienen als Zwischenspeicher für die gewünschte Speicherkapazität. Am Ende eines Speichervorganges wird die jeweilig an den Eingängen der IC's 49 bis 53 anstehende Adressenzahl durch Umschalten in den Auslesezustand in den Zwischenspeicher übernommen und den Vergleicher-IC's als Vergleichsgrundlage zugeführt. Die Ergebnisse $A = B$ aus den Speicherbausteinen werden durch IC-55 gesammelt und bei vollständiger Übereinstimmung aller Vergleicher-Ausgänge als positives Reset-Signal über die Universal-Diode D-95 dem Reset-Eingang des IC-45 zugeteilt. Eine Reset-Information kann nur erteilt werden, wenn alle Eingänge des IC-55 positiv sind. So muß folglich also auch die Speicherfunktion auf READ gesetzt sein, da dem IC-55 dieses Signal zugeführt ist. Die Universal-Diode D-95 verhindert die Einwirkung positiver Spannungen auf den Ausgang von IC-55, die durch manuelle Reset-Signale, die mit Reset-Taster TA-12 erzeugt werden können, hervorgerufen werden. Ist keines der genannten Reset-Signale aktiv, so verhindert der Widerstand R-74 eventuell auftretende Störspannungen.

Angetrieben wird die gesamte Einheit durch die Clock-Erzeuger. Der Schwingkreis IC-54, C-9, R-76 und P-22 liefert an dessen Ausgang eine durch P-22 stufenlos einstellbare Rechteckfrequenz, die über den Clock-Wahlschalter S-13 der restlichen Einheit zugeführt wird. Die Funktion eines solchen Clock-Oszillators wurde bereits in Abschnitt 4.1 erklärt.

Befindet sich der Stufenschalter S-13 in Stellung eins, so ist die Abtastgeschwindigkeit durch externe Clock-Informationen zu bestimmen. Der Widerstand R-73 verhindert Störspannungseinflüsse bei unbelegtem Eingang. In Stellung drei des Clock-Wahlschalters S-13 ist eine Clock-Erzeugung durch manuellen Betrieb möglich. Bei einer Informations-Auslesung aus der Speichereinheit sind die Taster TA-13 und TA-14 gleichermaßen für die Erzeugung der Clock-Impulse heranzuziehen, da beide Signale über die Universal-Dioden D-96 und D-97 gemischt werden. Die Kondensatoren C-10 und C-11 bewirken nur eine Entprellung der Taster, da diese nie ganz frei von den recht unerwünschten Pnelleffekten sind. Eine prellfreie Impulserzeugung ist überaus wichtig, damit die Speicherung und die Auslesung exakt Schritt für Schritt erfolgt. Die Verwendung von zwei Clock-Tastern ist nur für die Speicherung neuer Signale notwendig. Während Taster TA-14 im Speicherzustand der Einheit nur manuelle Weiterschaltssignale liefert, die durch die Anordnung der Schaltung bedingt nur LOW-Informationen laden, wird das durch Taster TA-13 erzeugte Signal über das Weiterschaltssignal hinaus noch zur Herstellung einer HIGH-Information ausgenutzt. Das HIGH-Signal wird über die Diode D-98 dem RAM-Baustein IC-44 zugeleitet. Der Kondensator C-12 verzögert in Verbindung mit dem Widerstand R-77 das High-Signal nach Loslassen des Tasters TA-13. Diese Verzögerung ist für eine einwandfreie Ladung des Speichers unumgänglich.

Der Umschalter S-12 ermöglicht die Unterbrechung aller Clock-Signale und damit den Ruhe- oder beziehungsweise den Arbeitszustand der Impulsspeicher-Einheit.

Der Klinkenbuchsen-Ausgang KB-35 liefert jeweils das Clock-Signal, das den Impulsspeicher steuert. An dieser Stelle sollte schon einmal darauf hingewiesen werden, daß speziell die Ein- und Ausgänge für diese Einheit vor der Kopplung mit anderen Modulen, auch innerhalb dieses Sequencers, wegen der niedrigeren Betriebsspannung über die in Abschnitt 6.1 aufgeführten Anpassungsstufen geführt werden müssen.

Die Leuchtdiode D-94 zeigt über die mit R-71 und T-33 aufgebaute Treibereinheit das jeweils steuernde Clock-Signal an.

Die Gatter aus IC-57 sind für die Wahl zwischen READ oder WRITE zuständig. Der Taster TA-10 setzt das IC-57, das als Flipflop geschaltet ist, in einen Zustand, der von IC-44 als Write-Signal angenommen wird. Der Taster S-11 bewirkt das entgegen-

gesetzte Signal und liefert somit den READ-Befehl. Der READ-Zustand der Impulsspeicher-Einheit wird durch die Leuchtdiode D-92 angezeigt, deren Treiberstufe aus R-67 und T-31 erstellt ist. Die Leuchtdiode D-93 zeigt über R-69 und T-32 den jeweiligen WRITE-Zustand an.

Die gespeicherten Nutzsignale können über IC-43, das als Spannungsfollower geschaltet ist, an Klinkenbuchsen-Ausgang KB-34 entnommen werden. Auch, wenn das Nutzsignal bereits über eine Spannungsfollowerstufe geleitet ist, muß vor einer Kopplung mit anderen Moduln diese Information eine Anpassungsstufe zur Pegelanpassung passieren. Eine Ausnahme hierbei liefert jedoch das Beispiel, wenn die Nutzung der gespeicherten Werte zur Ansteuerung nichtdigitaler Einheiten, also beispielsweise A-D-S-R usw., deren Triggerung bereits bei solchen Spannungspegeln erfolgt, herangezogen werden soll. In diesem Fall wird keine Anpassungsstufe benötigt.

Das IC-56 erhält an den Eingängen die gespeicherten Datenwerte und gleichzeitig die Clock-Signale. Hierdurch erreicht man eine Halbierung der Speichersignale, da der Ausgang der integrierten Schaltung IC-56 nur ein HIGH-Signal liefert, wenn alle Eingänge auf HIGH-Potential stehen. Da jedoch das Clock-Signal innerhalb eines Speicherschrittes seinen Zustand nach LOW hin ändert, um für den nachfolgenden Speicherschritt wieder positiv ansteigen zu können, folgt der Ausgang von IC-56 dem Clock-Signal, wenn der Speicherausgang ein HIGH-Potential aufweist.

Über den Widerstand R-64 und den Transistor T-30 wird der Speicherinhalt während des Auslesens durch die Leuchtdiode D-91 optisch angezeigt.

Zum Abschluß dieser Schaltungsbeschreibung sollte nochmals auf die Dringlichkeit der Anpassungsstufen, die im nachfolgenden Abschnitt 6.1 aufgeführt sind, hingewiesen werden. Bei Nichtverwendung der Stufen ist eine Funktion keinesfalls gewährleistet, da C-MOS-Bausteine, die mit 15 Volt Versorgungsspannung betrieben werden, bei einer derart kleinen Signalspannung, sie liegt bei der eben beschriebenen Impulsspeicher-Schaltung bei ungefähr positiv 5 Volt, nicht oder nur selten ansprechen. Eine Zerstörung der Einheiten bei der Kopplung zwischen den Ausgängen der Impulsspeicher-Einheit und den Eingängen der Moduln mit höheren Betriebsspannungen ist keinesfalls möglich. Jedoch, eine Zerstörung der Impulsspeicher-Einheit ist durch die

Verbindung zwischen den Ausgängen der Moduln mit 15 Volt Versorgungsspannung und den Eingängen der Impulsspeicher-Einheit fast garantiert.

Stückliste zu Abb. 5.3.2

R-65/68/70/72	270 Ω
R-77	10 k Ω
R-64/67/69/71/74/ 75	47 k Ω
R-76	51 k Ω
R-73	270 k Ω
P-22	1 M Ω – Lin.
C-9	1 μ F (kein ELKO)
C-10/C-11	4,7 nF
C-12	4,7 μ F ELKO
D-91 bis D-94	LED
D-95 bis D-98	1N4148
T-30 bis T-33	TUN
IC-43	μ A-741 (mini Dip)
IC-44	MM-2102 oder TMS-4033 (TEXAS INSTRUM.)
IC-45	CD-4040
IC-46/47/48	CD-4063
IC-49/50/51/52/53	CD-4013
IC-54/IC-57	CD-4011
IC-55/IC-56	CD-4082
S-12	Schalter 1-pol. UM
S-13	Stufenschalter 4 Stufen/eine Ebene
TA-10 bis TA-14	Taster 1-pol. EIN
KB-34 bis KB-36	Mono-Klinkenbuchse 6,3 mm \varnothing

Hinweise zu den externen Regeleinheiten (Schaltungsabschnitt 5.3)

D-91	Optische Funktionskontrolle zu KB-34
KB-34	Ausgang der gespeicherten Informationsdaten (DATA-OUT)
D-92	LED leuchtet, wenn Einheit sich im Auslesezustand befindet
TA-10	Bei Betätigung ist die Einheit speicherbereit
TA-11	Bei Betätigung wird der Auslesevorgang eingeleitet

D-93	Leuchtet, wenn TA-10 betätigt wird
D-94	Optische Clock-Signalanzeige
KB-35	Clock-Ausgang zur Steuerung anderer Einheiten
KB-36	Eingang für externe Clock-Steuerung
TA-12	Taster (RESET) zur Rücksetzung auf den Ausgangszustand
TA-13	Programmiertaster für aktive Datensetzung (HIGH-LOAD)
TA-14	Wie TA-13, jedoch für negative Datensetzung (LOW-LOAD)
P-22	Regler zur Bestimmung der Abrufgeschwindigkeit
S-12	Start-/Stop-Schalter (Unterbrechung der Clock-Signale)
S-13	Wahlschalter zur Auswahl der verschiedenen Clock-Signale (intern. Clock-Osz./ext. Clock/Clock-manuell)

6 Sequenceranschluß an den Musik-Synthesizer

Ausgehend von einem erfolgreichen Zusammenbau der Sequencer-Einheiten erfreut sich jetzt der Praktiker an dem wunderschönen Anblick seines wertvollen Gerätes. Um nun eine Nichtfunktion oder sogar im Extremfall eine Zerstörung zu vermeiden, darf das Gerät jetzt nicht gleich wahllos mit anderen elektronischen Musikinstrumenten verbunden werden. Auch hier gibt es einige kleine Anschlußvorschriften, deren Beachtung zur einwandfreien Funktion des Gerätes vorausgesetzt werden muß.

So ergibt beispielsweise eine Verbindung zwischen BCD-Informationen und Steuerspannungen keinerlei Sinn, da BCD-Signale grundsätzlich nur den logischen Null-Zustand, das ist Massepotential, und den logisch-1-Zustand (HIGH-Zustand), das ist ungefähr positive Versorgungsspannung, enthalten und Steuerspannungen stufenlos aus allen Spannungswerten zwischen null Volt und positiver Versorgungsspannung bestehen können. Nun fragt man wohl nach dem Sinn der digitalen Aufbauweise dieses Gerätes, wenn sich das eine mit dem anderen nicht verträgt. Hierfür gibt es mehrere Möglichkeiten der Kopplung dieser digitalen und analogen Einheiten.

Die Hauptverbindungsstelle derartiger Kopplungen stellt ein sogenannter A/D-Wandler (Analog/Digital-Wandler) beziehungsweise ein D/A-Wandler (Digital/Analog-Wandler) dar. Aber auch hier gibt es wiederum zwei Möglichkeiten, die zur Umwandlung führen können. So werden auf der einen Seite mehrere digitale Signalzustände, die insgesamt als Codeschrift anliegen, zu analogen Signalen ummoduliert und auf der anderen Seite dient ein digitaler Zustand zur elektronischen Durchschaltung von vorhandenen analogen Spannungswerten.

Wir sehen, daß eine Verbindung zwischen beiden Arten doch möglich und sinnvoll erscheint. Nicht nur sinnvoll, sondern sogar unerlässlich ist der Aufbau mit digitalen in Verbindung mit analogen Einheiten bei Musik-Synthesizern. Bei externen Verbindungen sollte man also stets darauf achten, daß CV-Ausgänge (Steuerspannungsausgänge) immer direkt mit den CV-Eingän-

gen verbunden werden können, nicht aber CV-Ausgänge mit digitalen Signal-Eingängen oder digitale Ausgänge mit CV-Eingänge. Weiterhin sollten auch keinesfalls Eingänge mit Eingänge und Ausgänge gekoppelt werden.

Ausgänge mit digitalen Pegeln, die als Triggerlieferanten dienen sollen, müssen über sogenannte Buffer, das sind als Spannungsfollower geschaltete Verstärkerstufen, geleitet werden. Diese Buffer können nicht oft genug gebaut werden, da sie überaus häufig Anwendung finden.

Die Aufgabenerfüllung der Spannungsfollowerstufen liegt nicht nur in der genannten Anpassung zwischen BCD-Ausgänge und den benötigten Triggerimpulsen, auch die Stromverstärkung für Steuerspannungen jeglicher Größe, die bei der Ansteuerung mehrerer parallel geschalteter spannungsgesteuerter Einheiten erforderlich wird, kann hiermit gegeben werden. Bei der Verstärkung von Steuerspannungen ist eine Spannungsverstärkung nicht gegeben, da die Schaltung rein als Spannungsfollower konzipiert ist, und dabei folgt, wie es die Schaltungsform bereits sagt, die Ausgangsspannung exakt der Eingangsspannung.

Wie aus der *Abb. 6.1.1* ersichtlich ist, erhält jede Spannungsfolgereinheit eine Eingangsbuchse und maximal vier Ausgangsbuchsen. Sollen nun beispielsweise zehn Moduln mit einer einzigen Steuerspannung gleichzeitig versorgt werden, so benötigt man drei Spannungsfollower-Einheiten. Die hierzu erforderliche externe Verbindung zwischen den Einheiten erfolgt zunächst einmal vom Ausgang der benötigten Steuerspannung zum Eingang der ersten Spannungsfollower-Einheit. Die Eingänge der Spannungsfollower Moduln zwei und drei werden mit je einem Ausgang der ersten Einheit verbunden. An den jeweils vier Ausgängen der Einheiten zwei und drei und an den restlich verbliebenen zwei Ausgängen des ersten Buffers können nun die zehn Moduln ohne Steuerspannungsverluste angeschlossen werden.

Nicht nur Steuerspannungen können auf diese Art und Weise vor zu großen Belastungen geschützt werden, auch Triggersignale und digitale Informationen werden gleichermaßen bearbeitet. Der Einsatz der Bufferstufen sollte bereits erfolgen, wenn mehr als eine Einheit mit einem Signal gleichzeitig versorgt werden soll.

Bei der Sequencer-Ansteuerung durch externe Clock- beziehungsweise Trigger-Signale kann es oft zu Anpassungsschwierigkeiten kommen. Ein Signal für ein einwandfreies Arbeitsver-

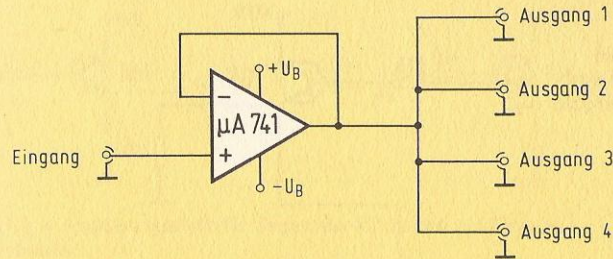


Abb. 6.1.1 Spannungsfollower-Modul

ten ist nur dann gegeben, wenn dessen Pegel von null Volt auf ca. positive Betriebsspannung ansteigt und anschließend wieder auf Massepotential abfällt. Eine speziell für diesen Fall aufgebaute Koppelstufe beseitigt auch diese Schwierigkeiten. Es soll jedoch darauf hingewiesen werden, daß die beschriebenen Koppelstufen nicht für das Impulsspeicher-Modul genutzt werden können, da die Ausgangsspannungen wegen der niedrigeren Betriebsspannung nicht identisch mit den Ausgangspotentialen der übrigen Moduln sind. Dies wurde jedoch bereits im Abschnitt der Impulsspeicher-Einheit ausführlich besprochen. Eine hierzu passende Koppelstufe wird noch im Anschluß aufgeführt.

Die *Abb. 6.1.2* zeigt den Aufbau der Anpassungsstufe, die auch Triggerimpulse durch nicht ideale Wellenformen, wie zum Beispiel Sinus-Dreieck- oder Sägezahnverläufe abgibt.

Werden Sequencer- beziehungsweise Spannungsfollower-Ausgänge mit anderen Synthesizermoduln in Verbindung gebracht, so sollte man auch die maximale Eingangsspannung der Fremdgeräte beachten. Sind die höchst zulässigen Spannungswerte niedriger, wie die der Spannungsfollower-Ausgänge, so könnte dies zur Beschädigung der Fremdgeräte führen. Die höchst mögliche Ausgangsspannung der Bufferstufen, sie liegt bei positiver Versorgungsspannung, muß auf das erforderliche Level (Spannungspiegel) herabgesetzt werden. Ein einfacher Widerstand, oder besser noch, ein Potentiometer, das mit einer Eingangs- und Ausgangsbuchse versehen ist, erfüllt hier voll und ganz die geforderte Aufgabe. Zur exakten Spannungs kontrolle zu diesen Ausgängen kann ein preiswertes VU-Meter eingesetzt werden. Über einen

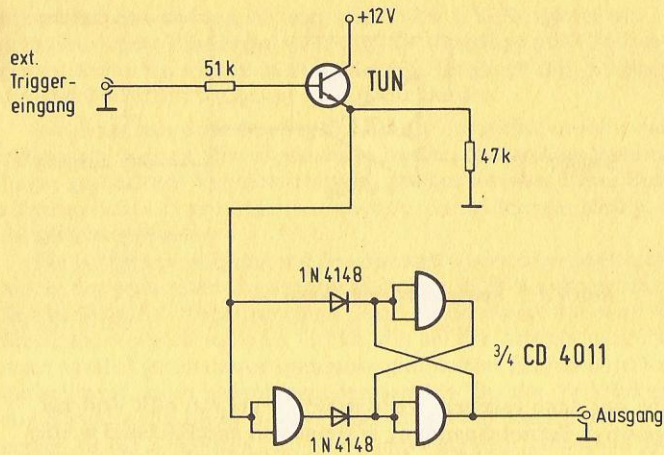


Abb. 6.1.2 Anpassungsstufe für externe Triggersignale

entsprechend angeordneten Stufenschalter kann es jeweils dem zu messenden Ausgang zugeschaltet werden.

Auch Verbindungen, die innerhalb der Sequencer-Moduln vorgenommen werden, sind in bestimmten Fällen über Anpassungsstufen zu führen. Der eben aufgeführte Ausnahmefall bei der Impulsspeicher-Einheit zeigt hier bereits ein ideales Beispiel.

Eine für diese Pegelanpassung aufgebaute Schaltung liefert die Abb. 6.1.3. Das Modul in Abb. 6.1.3 a senkt eine am Eingang anstehende Gleichspannung von ca. positiv 12 Volt auf ca. positiv 5 Volt ab. Die Schaltung aus Abb. 6.1.3 b formt hingegen den zu niedrigen Ausgangspegel der Impulsspeicher-Einheit zu nutzungsfähigen Potentialen, die bei ca. positiv 12 Volt liegen, um.

Nachdem die technischen Anschlußprobleme gelöst sind, dürfte es eigentlich keine offenen Fragen mehr geben.

Wer bereits einen Musik-Synthesizer und etwas Grundkenntnisse im Bereich der Elektronik besitzt, muß nicht unbedingt die Netzteil-Einheit aus dem Schaltungsabschnitt 4.5 nachbauen.

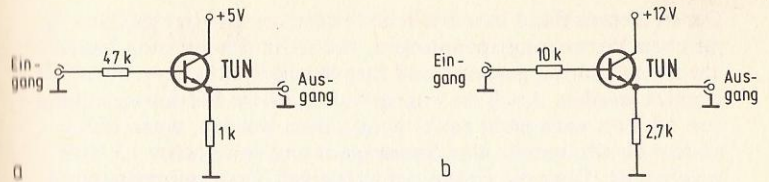


Abb. 6.1.3 a Anpassungsstufe für Sequencer-Einheiten auf Impulsspeicher-Modul

Abb. 6.1.3 b Anpassungsstufe für Impulsspeicher-Modul auf Sequencer-Einheiten

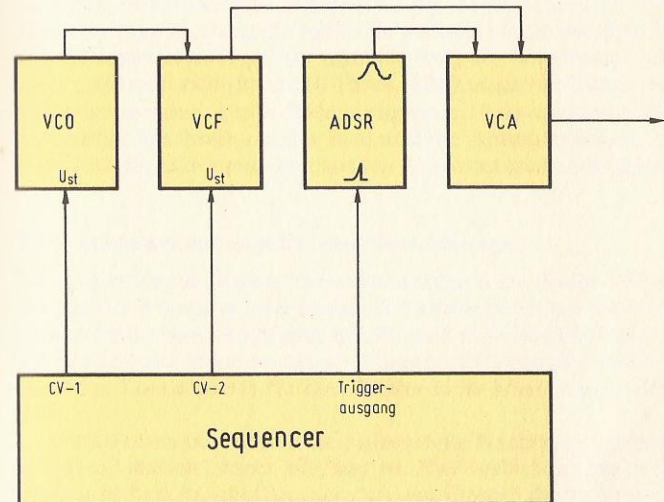


Abb. 6.1.4 Sequenceranschluß an den Musik-Synthesizer

Der in diesem Band beschriebene Sequencer arbeitet mit den gleichen Versorgungsspannungen, wie sie in den meisten handelsüblichen Geräten, gemeint sind hier Musik-Synthesizer, ebenfalls genutzt werden. Auch die angegebene positive Betriebsspannung von 12 Volt muß nicht exakt eingehalten werden, wenn durch andere Geräte bereits eine Speisespannung von positiv 15 Volt gegeben ist. Über die Größe der zulässigen Versorgungsspannungen wurde jedoch schon im Netzteilabschnitt 4.5 genügend ausgesagt.

Zu den externen Verbindungen zwischen Sequencer und Synthesizer-Einheiten sollte man zur schnelleren und besseren Verständlichkeit an dieser Stelle nur Skizzen aufführen. Die Abb. 6.1.4 zeigt die Kopplung der Einheiten in der Grundausführung.

7 Anhang

7.1 Ausbau- und Erweiterungsmöglichkeiten

Über die aufgeführten Sequencer-Einheiten hinaus sind noch unendlich vielfältige Ausbau- und Erweiterungsmöglichkeiten gegeben. Die jeweilige Nützlichkeit der einzelnen Zusätze ist abhängig von den verschiedenen Anwendungsbereichen des Gerätes und von der Phantasie des Praktikers.

Bei der Verwendung mehrerer Sequencer-Moduln erleichtert eine Zentrale Steuerfreiheit, die bei großen Anlagen mit Mikroprozessoren aufgebaut wird, die Bedienung. Interessenten für diese Erweiterungs-Moduln, die nicht die nötigen elektronischen Voraussetzungen zum Eigenbau oder Planung der Schaltungen besitzen, können sich gerne mit Ihren Schaltungsgrundideen an den Verfasser wenden. Unter Zusendung eines Freiumschlages, der skizzierten Beschreibung der Idee und der Absenderangabe ist eine Zustellung der entsprechenden Schaltunterlagen möglich.

7.2 Vorschau auf weitere Veröffentlichungen

Bei entsprechend großem Interesse werden nach dieser Veröffentlichung noch weitere interessante Schaltungen für professionelle Geräte erscheinen. Angesetzt hierfür sind zum Beispiel Sequencer in vollständiger Mikroprozessor-Technik, Effektgeräte nach Studionorm, Spezialgeräte für die *elektronische Musik* und vieles mehr.

Vor allem in der letzten Zeit nimmt die Nachfrage an studiomäßigen Geräten immer häufiger zu. Hier verbieten jedoch die überaus hohen Anschaffungskosten den Erwerb dieser Einrichtungen. Damit nun auch den Amateurmusikern exklusive und optimale Abmisch- und Aufnahmemöglichkeiten zugänglich gemacht werden können, bieten die oben aufgeführten Veröffentlichungen eine preiswerte und durchaus gleichwertige Alternative.

7.3 Umsetzung von codierten Schriften

In einigen Schaltungsabschnitten wurden sogenannte codierte Schriften benutzt. Diese Schreibform kommt aus der digitalen Schaltungstechnik und ermöglicht lange Informationen, sei es in Form von Buchstaben oder Zahlenkombinationen, in überaus kurzen Schreibweisen auszudrücken.

Codeschriften dieser Art bestehen grundsätzlich nur aus HIGH- und beziehungsweise oder aus LOW-Werten, die nach internationaler Norm in bestimmter Art und Weise für alle vorkommenden Buchstaben und Zahlen zusammengesetzt sind.

Die Zusammenhänge zwischen codierten Schriften und den dazugehörigen Buchstaben sollen hier nicht aufgeführt und erklärt werden, da diese in den Sequencerschaltungen nicht eingefügt sind. Über dies hinaus wäre eine Tabelle für die Umsetzung der Buchstaben viel zu aufwendig.

Codierte Zahlenschriften sind hingegen weniger aufwendig und bedeutend leichter erlernbar. Die folgende *Abb. 7.3.1* zeigt einige Beispiele für die *Umsetzung der Dezimalzahlen in codierten Informationen*.

Abb. 7.3.1 Tabelle für BCD-Code

Wert	BCD-Code	Wert	BCD-Code	Wert	BCD-Code
0	00000000	33	00110011	66	01100110
1	00000001	34	00110100	67	01100111
2	00000010	35	00110101	68	01101000
3	00000011	36	00110110	69	01101001
4	00000100	37	00110111	70	01110000
5	00000101	38	00111000	71	01110001
6	00000110	39	00111001	72	01110010
7	00000111	40	01000000	73	01110011
8	00001000	41	01000001	74	01110100
9	00001001	42	01000010	75	01110101
10	00010000	43	01000011	76	01110110
11	00010001	44	01000100	77	01110111
12	00010010	45	01000101	78	01111000
13	00010011	46	01000110	79	01111001
14	00010100	47	01000111	80	10000000
15	00010101	48	01001000	81	10000001
16	00010110	49	01001001	82	10000010
17	00010111	50	01010000	83	10000011

18	00011000	51	01010001	84	10000100
19	00011001	52	01010010	85	10000101
20	00100000	53	01010011	86	10000110
21	00100001	54	01010100	87	10000111
22	00100010	55	01010101	88	10001000
23	00100011	56	01010110	89	10001001
24	00100100	57	01010111	90	10010000
25	00100101	58	01011000	91	10010001
26	00100110	59	01011001	92	10010010
27	00100111	60	01100000	93	10010011
28	00101000	61	01100001	94	10010100
29	00101001	62	01100010	95	10010101
30	00110000	63	01100011	96	10010110
31	00110001	64	01100100	97	10010111
32	00110010	65	01100101	98	10011000
				99	10011000

usw.

Bei näherer Betrachtung der Tabelle in *Abb. 7.3.1* erkennt man bestimmte Regelmäßigkeiten, woraus man die weiteren Umsetzungen selbständig ableiten kann.

Wenn man etwas weiter in die Computer-Technik hineinblickt, so wird man sehr schnell eine enorme Weiterentwicklung dieser BCD-Code feststellen können. Ähnlich wie diese Art von codierten Schriften ist die sogenannte binäre Schreibweise, die im Gegensatz zur BCD-Schreibweise mit der gleichen Anzahl der Stellen noch mehr Möglichkeiten bietet. Eine ideale Ausnutzung der Codeschrift enthält das System ASC-II, das in Computern grundsätzlich Anwendung findet.

7.4 Erklärung von Fachausdrücken und Fremdwörtern

A

Activ-high

Einer der beiden möglichen Zustände aus der digitalen Schaltungstechnik. Ein Baustein, der mit activ-high angegeben ist, reagiert nur im Augenblick der ansteigenden Taktflanke.

Analog

Bei der Analog-Technik kann jede nur denkbare Spannung elektronisch verarbeitet werden. Das Gegenteil hierzu bildet die Digital-Technik.

B

Basis

Die Basis bildet den Steuereingang eines Transistors.

Basismaterial

Kupferbeschichtete Platte, überwiegend aus Hartpapier oder Epoxyd, zur Herstellung gedruckter Schaltungen.

BCD

Codierte Schreibweise aus der Digitalen Schaltungstechnik. Die Code bestehen nur aus HIGH- und LOW-Informationen.

Bilaterale Schalter

Elektronische Schalter in FET-Technik zur Durchschaltung digitaler und analoger Signale. Die Funktionsweise kann mit der eines Relais verglichen werden.

C

CL

Abkürzung für Clock.

Clock

Steuerfrequenz für digitale Einheiten. Die Wellenform hierfür sind Rechteckschwingungen.

C-MOS

IC-Gattung für digitale Schaltungen. C-MOS-Bausteine zeichnen sich durch überaus kleinen Stromverbrauch aus. Die Betriebsspannung kann von ca. +4 V bis +15 V variiert werden.

Counter

Engl. = Zähler.

CV

Abkürzung für Control Voltage.

Control Voltage

Engl. = Steuerspannung

D

Dekoder

Umsetzer für codierte Schriften.

Digital

Schaltungstechnik, die nur zwei Zustände, HIGH und LOW, kennt.

Dreieckwellen

Schwingungsverlauf mit der Form gleichschenkliger Dreiecke.

E

Elektronische Musik

Musikform, die nur mit elektronischen Geräten, wie z.B. Synthesizer, realisiert wird. Oft werden als Grundthemen Klassische Werke bevorzugt.

Envelope

Engl. = Hüllkurve.

Gerät zur Erzeugung von Steuerspannungen mit frei variablen Verläufen. Einschwingzeit, Anhaltezeit, Sustain und Ausschwingzeit sind unabhängig regelbar.

Europakarte

Einheitliches Maß für die Größe bei Basismaterial. Die Abmaße sind 100 x 160 mm.

F

FAN-Out

Ausgangslastbarkeit der digitalen Bausteine.

Flipflop

Schaltungsart, die mit zwei voneinander abhängigen Schaltstufen aufgebaut ist.

Frequenz

Grundbegriff der Tonhöhe. Die Maßeinheit der Frequenz ist Schwingungen pro Sekunde.

G

Galvanische Trennung

Eine galvanische Trennung kann z.B. durch Übertrager oder Transformatoren erreicht werden. Hier werden zwei Bezugspunkte nicht direkt, sondern über Magnetfelder gekoppelt.

H

Hertz (Hz)

Maßeinheit für Frequenzen. 1 Hertz ist eine Schwingung je Sek.

High-Potential

Positiver Signalzustand bei digital aufgebauten Schaltungen.

Hüllkurve

Siehe unter Envelope.

K

Keyboard

Englisches Wort für Tastatur. Wurde in Deutschland seit der Einführung elektronischer Tasteninstrumente immer mehr benutzt.

L

Layout

Aufbau der Leiterbahnverläufe bei elektronischen Schaltungen.

LFO (Low-Frequency-Oscillator)

Engl. = Oszillator für kleine Frequenzen. Wird nur zur Manipulation, wie z.B. Amplituden- oder Frequenzmodulation, benutzt.

LOW-Potential

Negativer Signalzustand bei digitalen Schaltungen.

M

Memory

Engl. = Gedächtnis oder Speicher.

Mikroprozessor

Hochintegrierte Schaltung zum Aufbau von Kleincomputern.

Moduln

In sich abgeschlossene Schaltungseinheiten. Mehrere Moduln werden zu einem Gerät zusammengesetzt.

Monoton

Nicht abwechslungsreich, eintönig.

Musik-Synthesizer

Elektronisches Gerät zur Reproduktion herkömmlicher oder zur Produktion neuer Klänge. Kann auch zur Analyse eingesetzt werden.

N

NAND-Gatter

Logische Verknüpfungsart bei digitalen Einheiten.

P

Patchcord

Steckverbinder zur externen Verbindung der einzelnen Synthesizer-Moduln.

Pinkompatibel

Die Anschlußbelegungen, die Reihenfolge der Anschlüsse und die Funktionsweise zweier Bausteine sind deckungsgleich.

Pulsweite

Durch entsprechende Schaltungsarten können die Verhältnisse zwischen den HIGH- und LOW-Zustände bei Rechteckfrequenzen stufenlos variiert werden.

R

Read

Engl. = lesen, auslesen.

S

Seriell

Nicht parallel, sondern aufeinander folgend.

Sequencer

Engl.) Einheit zur Erzeugung aufeinanderfolgender Steuerspannungen

Sequential-Switch

(Engl.) Einheit zur Auswahl von verschiedenen Sequenzen. Die einzelnen Sequencer werden nach voreinstellbaren Zeiten nacheinander durchgeschaltet bzw. zurückgehalten.

Sequenz

Ein Tonspannungsablauf bis zum Rücksprung auf den Ausgangszustand.

Sinuswellen

Kurvenform einer Frequenz. Musikalisch klingen Sinustöne angenehm weich.

Steckverbinder

Siehe unter Tatchcord.

Synthese

(Engl.) Künstlich hergestellt.

T

Taktflanke

Bei rechteckförmigen Clock-Signalen wird der Übergang von einem Potential in das andere als Taktflanke bezeichnet.

Trigger

Auslösender Impuls oder Spannungssprung.

Trigger-Unit

Engl. = Trigger-Einheit.

TTL

Form von digitalen IC's. Betriebsspannung um ca +5 V. Sie sind sehr störanfällig und besitzen einen relativ hohen Stromverbrauch.

U

Unit

Engl. = Einheit.

Sachverzeichnis

A

Abblocken, Betriebsspannung 22, 24
Abblock-Kondensatoren 24
Abschirmung 17
Abschwächer 92
Abtast-elektronik 31
Adressen 79
Adressen-Zähler 84
Adreßierung 80, 81
Ätzen 12
Ätzverfahren 12
Aluminium-Folie 17
Analog/Digital-Wandler 89
Analoge Signale 89
AND-Gatter 42, 44
Anhang 95
Anpassungsstufen 28, 44 86, 92, 93
Anzeige, Step 62, 63, 65
Aufbauhinweise, Mechanik 14
– und Tips 12, 13
Aufbereitung, Trigger 36, 42
Ausbau 24, 95
Ausgang, BCD 21
– , Trigger 31, 32
Ausgangsverstärker 47
Austauschhinweise 13, 14
Auswahlmöglichkeiten 47
Auswerter 70, 71
Auswertung, Signal 38
Auszählung, digitale 21, 76
– Sequenz 62, 63
– Step 62, 63
Automatikstellung 50

B

Basismaterial 12
Basis-Vorwiderstände 13
Bauanleitung-Sequencer 25
Bauteil/hinweise 13, 14

– kosten 12
– toleranzen 13
BCD-Ausgänge 21
– Code 61, 96, 97
– Verbindungen 16
Bedienungselemente 27, 34 40, 51
Belastbarkeit, Widerstände 14
Belastung 44, 47
Beschreibung, Grundgerät 17 ff.
Beschriftung 17
Bestückungshinweise 12, 13
Betriebsspannung 24, 26, 54, 56
Bilaterale Schalter 18, 48,
Bit 78
Blockschaltbild, Sequencer 17 ff.
Buchsen, BCD 16
Buchsenbelegung 16, 17
– montage 16, 17
Bufferstufe 90 ff.

C

C-MOS 14, 17
Clock-Einheit 18, 25
– Input 18
– Input extern 19, 28
– manuell 18, 19, 27, 28
– Oszillator 18, 25 ff.
– Signal 18, 19, 25 ff.
– Wahlschalter 19, 28
Computer-elektronik 77, 78
Control Voltage 18, 47, 90

D

Daten-IST 21
– SOLL 21
Definition des CD-4016 18
Dezimalzähler 18, 31, 36 ff.
Digital/Analog-Wandler 89
Durchschaltssignale 47, 50

E
Eingänge, Trigger 31, 32
Eisen-III-Chlorid 12
Endergebnisse 76, 77
Entprellung 85
Erweiterungsmöglichkeiten 95
– schaltungen 60, 61
External-Clock-Input 21, 28
Externe Steuerimpulse 28
– Verbindungen 7, 8

F
Fan-Out 13
Fassungen, IC 13
Federringe 17
Fehlverhalten 17, 22, 78
Festspannungsregler 54, 55
Flip-flop 25, 26, 78, 84
Frontplatten 14, 16, 17

G
Gatter, AND 42, 44
– , NAND 25
Grundausrüstung 21

H
Herstellung, Platinen 12

I
IC-Fassungen 12, 13
Impuls-Diagramm 43, 44
Impulse, Trigger 11
Impulsspeicher-Modul 21, 78
Interne Verdrahtung 16, 17
Ist-Daten 21

K
Kalte Lötstellen 12
Klangstrukturen 39
Komparator 74, 75
Kondensatoren 12, 13
Koppelstufen 92, 93

L
Lautstärkestruktur 39
LED-Treiber 18, 28, 31, 32, 35
LFO 9

Logisches Verhalten 42
Löten 12, 13

M
Manuell, Clock 18, 25
– , Steuerung 50
Materialbeschaffung 12
Mechanische Aufbauhinweise 14,
16, 17

Memory 81
Microprozessor 10, 22, 95
Moduln, Ansteuerung 7
– , Impulsspeicher 22, 77ff
Montage, Schalter 17
– , Platinen 17

N
NAND-Gatter 25, 28, 31, 38, 75
Netzteil 54 ff.
– , Belastbarkeit 55, 56
– , Transformator 56
– , Verdrahtung 22 f.

O
Organisation 78, 79
Oxydationsschutz 12

P
Pegelanpassung 90 ff.
Photo-Positiv-Verfahren 12
Plastik-Spray 17
Platinen 12, 13, 17
– , Herstellung 12
– , Verdrahtung 17, 22 ff.
PROM 81
Prüfspannung, Kondensatoren 13
Pufferstufen 16, 90 ff.

R
RAM 81, 84, 85
READ 81, 83 ff.
Rechteckfrequenz 28
Reset 18, 25, 28, 31, 76, 81
Rohklang 9
ROM 81
Rücksetzimpuls, manuell 65

S
Sammelpunkt 47
Schalter, bilateral 18, 47
– , elektronisch 18, 47
Schalt|transistor 13
– zeichen, symbolisch 14, 15
Schulze, Klaus 7
Schutz, Frontplatten 17
Schwingkreis 28
Set 28, 35, 38
Sequencer, Anschluß 89 ff.
– , Arten 10, 11
– , Blockschaltbild 17 ff.
– , Spannungen 18, 47, 48, 50
– , Vergleiche 10, 11
Sequencial-Switch 18
Siebung, Netzteil 55 ff.
Signal-Auswertung 38
Signale, Clock 18, 19, 25 ff.
– , prellfrei 28
Spannungs|folger 90 ff.
– mischer 17, 47 ff.
– Mischung 47 ff.
Speicher|einheit 21, 77 ff.
– kapazität 78, 79
Spezialmoduln 21, 22
Spray, Plastik 17
Start / Stop 20, 35
Statische Speicher 78
Steckverbinder, schraubbar 16
Step, Anzeige 62 ff.
Steuer|einheit, zentral 95
– impulse, extern 28
– spannungen, allgemein 9
– , Sequencer 10, 11
Steuerspannungs-Ausgänge 47 ff.
Steuerung, manuell 50 f.
Störspannungen 75
Störspannungsabstand 56
Studiogeräte 95
Streufelder 22 f.
Struktur, Klang 39
– , Lautstärke 39
Synchronisation 19, 28, 31
Synthesizer 7 f.
– , Aufbau 7 f.
– , Schule 7

T
Terminal 80
Toleranzen, Bauteile 13, 14
Toleranzgrenzen 13, 14
Toleranz, Versorgungsspannung 56
Tonspannungs-Erzeugung 17, 18
– -Regelung 39
Transformator, Abschirmung 22, 56
– , Platzierung 17
Transferschriften 17
Treiber 28, 31, 32, 35
Treiber CD-4010 18
Trigger, Aufbereitung 38, 42
– , Ausgang 31, 32
– , Eingang 33, 34
– , Formung 20
– , Impulse 11, 20
– , Nutzung 20
– , Potential 32, 35, 38
– , Signale 32, 37, 38, 42, 44
TUN-Transistoren 13, 14

V
VCA 8, 9
VCF 8, 9
VCO 8, 9
Verdrahtung, intern 22 f.
Vergleicher, Ausgänge 74, 75
Vergleicher & Auswerter 21, 70 ff.
Vergleichswert 74, 75
Verhalten, logisches 42, 43
Veröffentlichungen, weitere 95
Versorgungsspannung 54, 55
– , Toleranz 56
Vorarbeiten 22 f.

W
Write 84 ff.

Z
Zähler, CD-4017 18, 31 ff.
Zentrale Steuereinheit 95
Zwischen|ergebnisse 74, 75
– speicher 77, 78

- 103 •• Die Wobbelsender (Sutaner). 4. Aufl.
- 104 •• Transistorsender für die Modellfernsteuerung (Bruß). 6. Aufl.
- 105 ••• Lautsprecher und Lautsprechergehäuse für HiFi (Klinger). 10. Aufl.
- 106 ••• Netztransformatoren und Drosseln (Klein). 5. Aufl.
- 107 •• Arbeits- und Stationspraxis im Funkverkehr (Gerzelka). 4. Aufl.
- 108 •• Amateurfunk-Superhets (Gerzelka). 4. Aufl.
- 109 ••• Transistor-Amateurfunkgeräte für das 2-m-Band (Reithofer). 5. Aufl.
- 110 •• Der Hobby-Elektroniker prüft seine Schaltungen selbst (Nührmann). 4. Aufl.
- 111 •• Zeigerinstrumente (Köhler). (Strauß).
- 112 •• Das Löten für den Praktiker (Strauß).
- 116 • Wie und wo kauft der Hobby-Elektroniker seine Bauteile? (Nührmann).
- 118 • Bauelemente für den Hobby-Elektroniker (Nührmann).
- 119 ••• Gedruckte Schaltungen (Sutaner/Wißler). 4. Aufl.
- 120 •• SSB-Transceiver-Technik (Gerzelka)
- 122 •• Der Hobby-Elektroniker plant seine Schaltungen selbst (Nührmann)
- 123 •• Arithmetisch-logische Rechenwerke im Experiment (Benda)
- 125 • Die Mechanik für den Hobby-Elektroniker (Nührmann)
- 126 ••• Betriebstechnik des Amateurfunks (Henske). 5. Aufl.
- 127 •• Schaltungsanwendungen der Optoelektronik (Oehmichen)
- 129 ••• Tips und Schliche (Nührmann)
- 132 •• FM-Transceiver-Technik (Gerzelka)
- X 133 •• Synthesizer-Steuersender-Technik (Gerzelka)
- 134 •• Kleines Halbleiter-ABC (Büschler, Wiegelmann). 3. Aufl.
- 135 ••• ABC der Mikroprozessoren und Mikrocomputer (Pelka)
- 136 • Transistorisierte Netzgeräte (Strobel). 5. Aufl.
- 137 •• Meßgeräte mit IC's (Sehrig)
- 138 ••• Kleines HiFi-ABC (Fellbaum/Loos)
- 139 ••• Digitale Steuerungen von Modelleisenbahnen (Platerink)
- 142 •• Kleine HiFi-Stereo-Praxis (Knobloch)
- 144 ••• Amateurfunk-Morsetelegrafie CW (Pietsch)
- 146 •• Halbleiterspeicher (Bonertz)
- 147 ••• Fernseh-Service leicht gemacht (Lummer). 4. Aufl.
- 148 • Transistoren und Dioden in der Hobbypraxis (Nührmann)
- 150 •• Sequenzer — ein Musikcomputer (Schröder)
- 151 •• Operationsverstärker in der Hobbypraxis (Nührmann)
- 152 •• Die wichtigsten Grundlagen für die Hobby-Elektronik (Nührmann)
- 154 ••• KW-Amateurbildfunk SSTV und FAX (Pietsch)
- 160 ••• Relais (Köhler). 2. Aufl.
- 168 •• Vademekum für den Funkamateure KW und UKW (Diefenbach/Geyrhalter). 7. Aufl.
- 171 ••• Halbleiter-Schaltungstechnik einfach dargestellt (Benda). 3. Aufl.
- 172 •• FET-Theorie (Dieleman)
- 173 •• Anwendungsbeispiele für den Mikroprozessor 6502 (Feichtinger)
- 174 •• Amateurfunkgeräte für das 70-cm-Band (Reithofer). 3. Aufl.
- 176 •• Integrierte Schaltungen für den Funkamateure (Birchel). 2. Aufl.
- 178 •••• Schirmdiagnose und Messungen am Farbfernsehempfänger (Bochum/Dögl).
- 179 •• Digitale Elektronik für Anfänger (Kleemann). 4. Aufl.
- 180 ••• KW- und UKW-Sender für den Funkamateure (Diefenbach). 4. Aufl.
- 300 •• Kfz-Elektronik im Selbstbau (Jansen). 3. Aufl.
- X 302 ••• Electronic-Pianos und Synthesizer (Tünker). 2. Aufl.
- 308 •• 20 Experimente mit optoelektronischen Schaltungen (Blaise).
- 309 •• Modell-Autorennbahn elektronisch gesteuert (Christoffers)
- 311 •• Lautsprechergehäuse-Baubuch (Klinger) 2. Aufl.
- 312 • Elektronische Gleisbildstellwerke (Jäger)
- 314 ••• Hobby-Schaltungen (Schreiber)
- 315 • Lautsprecher-Kits (Klinger)
- 331 ••• Verstärkerbau mit integrierten Schaltungen (Wirsum). 4. Aufl.
- 335 ••• Mischpulte und Mischpultmodule (Wirsum). 4. Aufl.
- X 336 ••• Musikelektronik (Tünker). 4. Aufl.
- 337 ••• Elektronische Hilfsmittel für Film und Foto (Horst).
- 338 •• Experimente mit IS (Kleemann). 2. Auflage.
- 340 ••• Vom Flip-Flop zur Quarzuhr (Pelka). 3. Aufl.
- 341 •• Modelleisenbahn-Elektronik im Selbstbau (Jungmann). 3. Aufl.
- 342 ••• Elektronik in der Popmusik (Goddijn). 2. Auflage

Schröder, Sequencer – ein Musikcomputer (?)

Dieser Band gibt jedem Hobbyelektroniker und auch jedem Musiker die Chance, sich ein hochwertiges elektronisches Musikgerät selber zu bauen und dabei enorme Kosten zu sparen. Zum Erfolg dieses Vorhabens ist mehr handwerkliches Geschick erforderlich als elektronisches Wissen. Zum Anfang erklärt der Autor die Voraussetzungen des Selbstbaues z.B. die Herstellung der Platinen, richtiges Löten, Bauteilehinweise, äußeres Gerätedesign usw. Dazwischen sind immer wieder Verbindungen zu der elektronischen Musik und zu ihren Instrumenten eingefügt.

Der Schaltungsteil des Buches liefert alles Wissenswerte über den Selbstbau eines Sequencers als Grundgerät und als erweiterte Version. Jede Schaltung ist mit genauer Funktionsbeschreibung, Stückliste und Arbeitsanleitung versehen. Der Autor ist sowohl Musiker als auch Hobby-Elektroniker. Was überwiegt? Seinen Erfolg als Musiker – mehrere LP's – verdankt er seiner selbstkonstruierten Musikelektronik, wozu auch der beschriebene Sequencer gehört.

150

Doppelband

RPB

ISBN 3-7723-1501-1

Robert Schröder

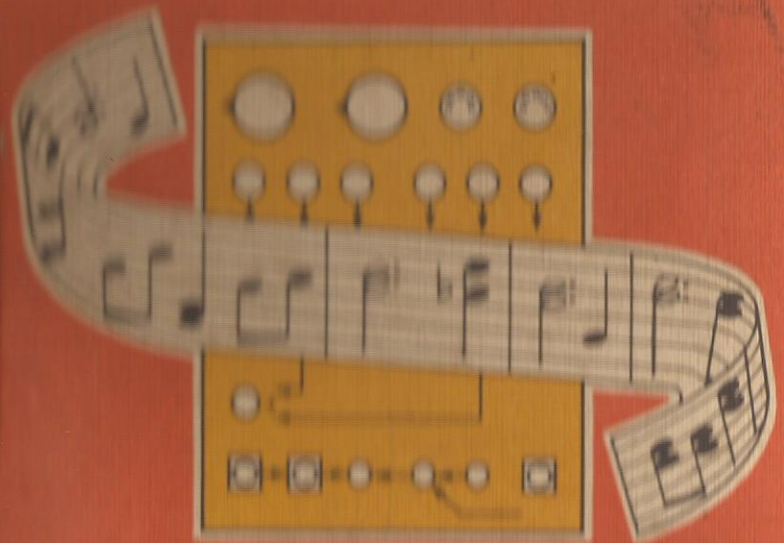
Sequencer – ein Musikcomputer (?)

150

RPB

Electronic-
büchchenbücher

Eine einfache Anleitung zum professionellen Aufbau eines Musikcomputers.



Franzis'