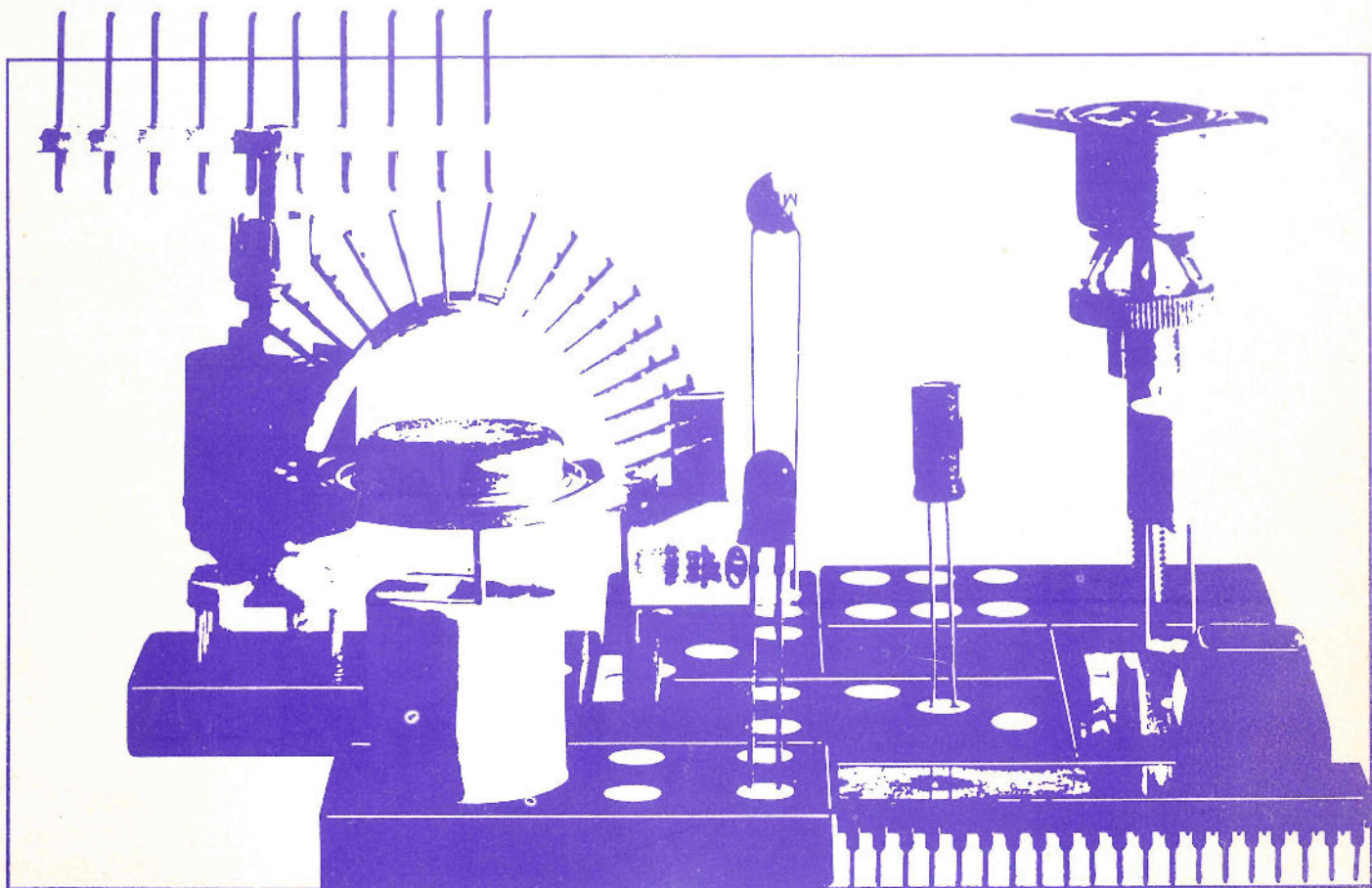




WERSI



BA 100 **Bauanleitung**

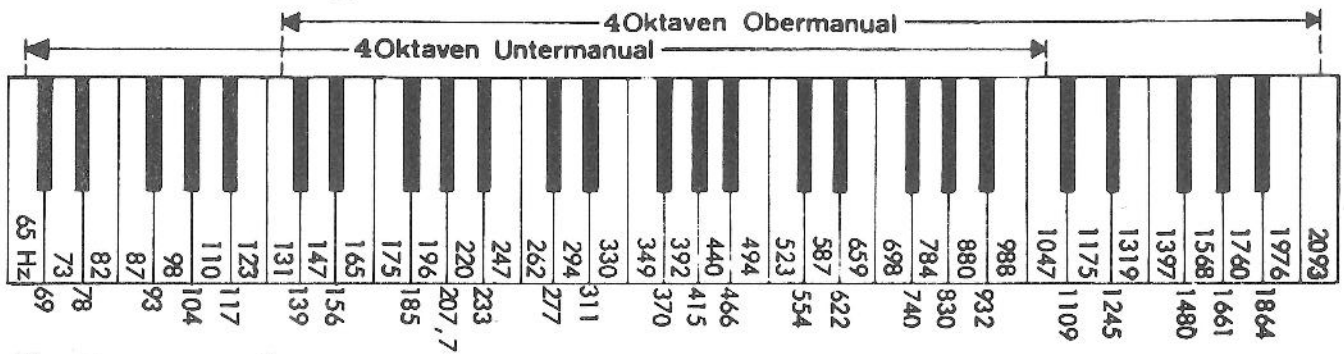


PRECISION

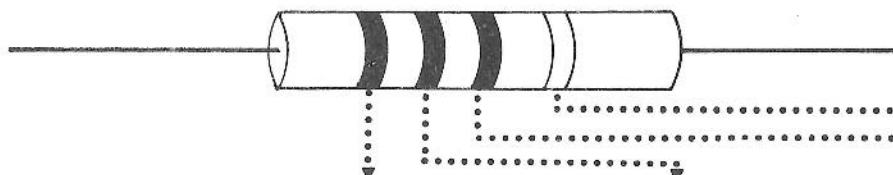


GENERATOR

1. Manual mit Frequenzangabe für die Tonlage 8'.



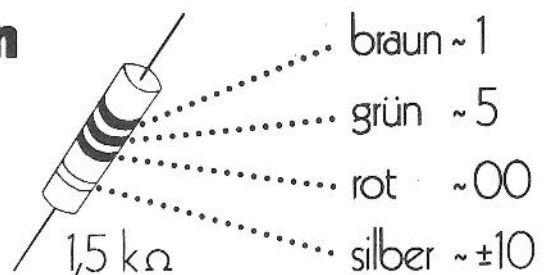
2. Farbcode für Widerstände.



FARBE:	1. RING = 1. ZIFFER	2. RING = 2. ZIFFER	3. RING = Zahl der Nullen	4. RING = TOLERANZ
Schwarz	0	0	keine 0	---
Braun	1	1	0	---
Rot	2	2	00	2%
Orange	3	3	000	---
Gelb	4	4	0000	---
Grün	5	5	00000	---
Blau	6	6	000000	---
Violett	7	7	0000000	---
Grau	8	8	00000000	---
Weiss	9	9	000000000	---
Silber	-	-	×0,01	10%
Gold	-	-	×0,1	5%

3. Umrechnung von Widerständen und Kondensatoren.

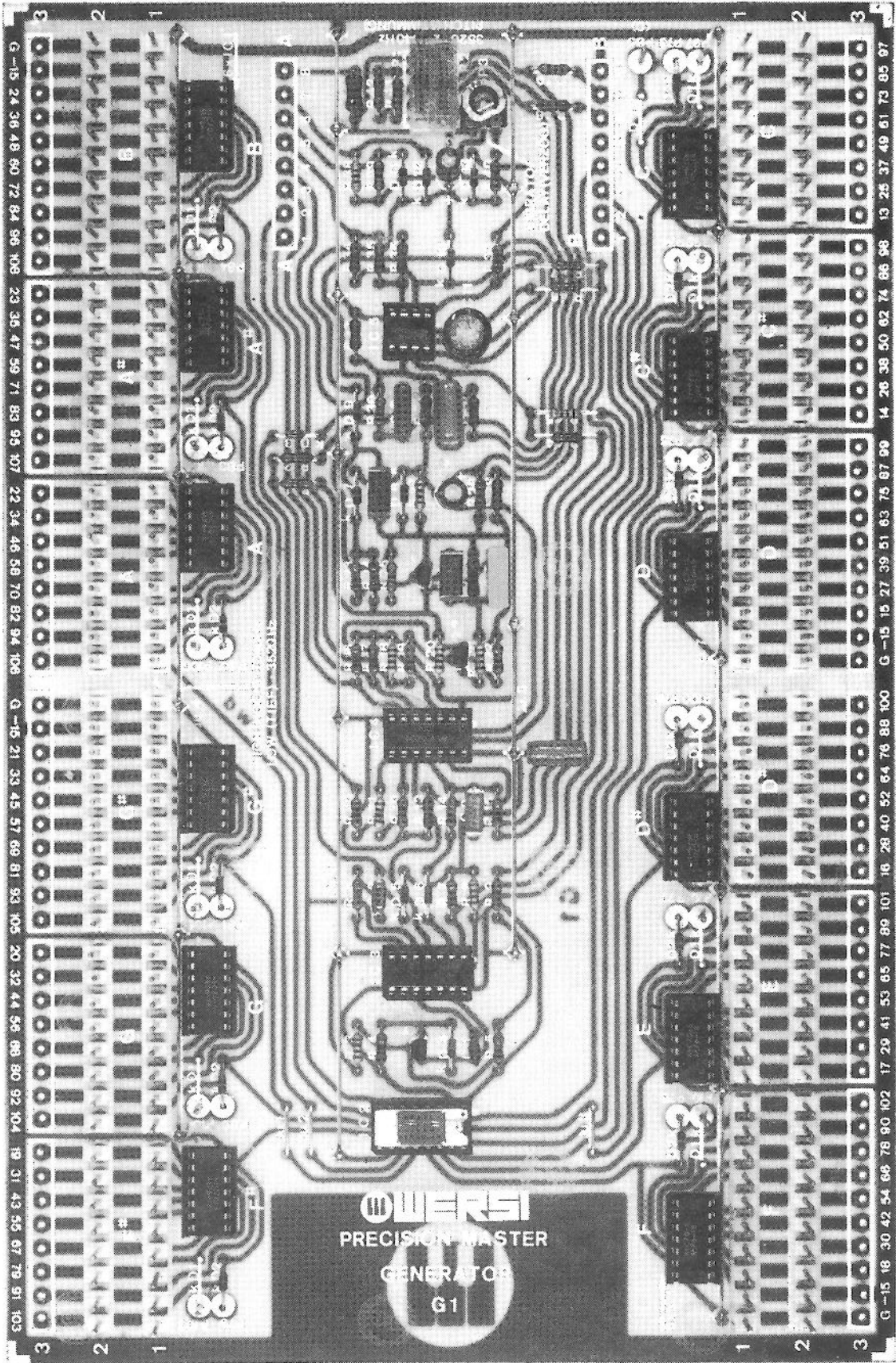
- 1 Megohm (M Ω) = 1000 Kiloohm (k Ω)
- 1 Kiloohm = 1000 Ohm (Ω)
- 1 Mikrofaraad (μ F) = 1000 Nanofaraad (nF)
- 1 Nanofaraad = 1000 Picofaraad (pF)



Bauanleitung

PRECISION MASTER GENERATOR

BA 100
2. Auflage



INHALT

	Seite
Einleitung	5
Grundprinzipien der elektronischen Tonerzeugung	5
Schwingungsformen der Tongeneratoren	8
Das WERSI Orgel System	13
Generator-Funktionen	14
Transposer Tabelle	16
Technische Beschreibung	17
Tonskalen und Frequenzen	25
Frequenztafel	26
Aufbau des Tongenerators G 1	27
Stückliste	28
Prüfung des Tongenerators	33
Transposer	37
Stückliste	37
Stimmung des Transposers	39

Bauanleitung für Tongenerator G 1

Einleitung

Alles was an Tonsignalen am Ausgang der Orgel erklingt, hat seinen Ursprung im Tongenerator. Er stellt sozusagen das Rohmaterial her, aus welchem die vielfältigsten Klangfarben geformt werden.

Der Tongenerator, den Sie in Kürze aufbauen werden, beruht auf den modernsten Prinzipien der integrierten Schaltungstechnik. Er besitzt eine ganze Reihe von Eigenschaften, nebst der Tonerzeugung, welche ihn von anderen "Auch-Generatoren" absetzen. Die Ursache liegt im System, das den WERSI-Orgeln zugrunde liegt. Jeder Baustein einer WERSI-Orgel ist so konzipiert, daß er mit der "Architektur" des gesamten Instrumentes harmonisiert.

Der Tongenerator dürfte eine der ersten Baugruppen sein, die Sie aufbauen werden. Dürfen wir Ihnen empfehlen, die Kapitel "Grundprinzipien der elektronischen Tonerzeugung" und "Technische Beschreibung" selbst dann durchzulesen, wenn Sie sich mit voller Energie auf den Aufbau stürzen wollen. Der Zeitaufwand wird sich später lohnen. Die Lektüre der nachfolgenden Kapitel vermittelt Ihnen zunächst einige Grundbegriffe und die Kenntnis über die Funktionen des Generators. Der technisch interessierte Leser kann sich darüber hinaus beliebig tief mit den Schaltungseinzelheiten befassen.

Grundprinzipien der elektronischen Tonerzeugung

Wir beschränken uns hier auf vollelektronische Methoden, also nicht mit den früheren elektro-magnetischen oder opto-elektronischen Systemen.

Tongeneratoren können nach zwei Gesichtspunkten ein-

geteilt werden, nämlich nach der Form ihres Ausgangssignals oder nach der Art der Tonerzeugung. Ausgangswellenformen umfassen Sinus-, Sägezahn-, Rechteck- und Impulskurven. Nach der Art der Tonerzeugung unterscheidet man heute im wesentlichen Einzelton-, Oktavton- und Hauptoszillator-Generatoren. Wir werden uns vorerst kurz mit den Generatorarten befassen.

Einzelton-Generator

Dies ist das aufwendigste Tonerzeugungsprinzip, da für jede Manualtaste je ein Oszillator für jede Fußlage benötigt wird. D.h., bei einem 5-Oktaven-Manual und z.B. 9 Fußlagen bedingt dies $61 \times 9 = 549$ Oszillatoren. Nebst dem riesigen Material- und Platzaufwand ist auch zu berücksichtigen, daß alle diese Oszillatoren einzeln gestimmt werden müssen. Oszillatoren dieser Art können mit Rechteck-, Sägezahn- oder Sinus-Ausgängen versehen werden. Falls mehrere Kurvenformen gleichzeitig zur Verfügung stehen, gestaltet sich die Tastung ebenfalls sehr aufwendig. Wie wir später sehen werden, ist eine Sägezahnformung nach dem Treppenspannungsprinzip nicht möglich, da die einzelnen Oszillatoren keine festen Phasenbeziehungen untereinander besitzen.

Zwei Argumente für die Verwendung von Einzeloszillatoren werden gelegentlich immer noch angeführt. Die totale Unabhängigkeit zwischen den Tonquellen (Oszillatoren) entspräche einerseits am ehesten dem nachzuahmenden Vorbild, nämlich den einzelnen Pfeifen einer pneumatischen Orgel und andererseits könne das Einschwingverhalten (das "Anblasen") jedes Oszillators individuell eingestellt werden.

Dem ist entgegen zu halten, daß dem Einzeltongenerator keine synchrone Tonverschiebung (Gesamtstimmung, Oktavverschiebung, Transponierung, Frequenzvibrato usw.) auferlegt werden kann. Welche Bedeutung diese wenigen Worte für eine moderne Orgel haben, werden wir später noch eindeutig feststellen.

Oktavtön-Generator

Die Frequenzen von Tönen, die um eine oder mehrere Oktaven auseinander liegen, verhalten sich zueinander um ein oder mehrmals den Faktor 2. Es liegt daher nahe, sich nur die zwölf höchsten Töne einer Oktave mittels Oszillatoren zu erzeugen und die darunter liegenden Oktaven durch digitale Frequenzteilung zu gewinnen. Die Abb. 1 veranschaulicht dieses Prinzip. Dabei müssen nur noch zwölf Oszillatoren gestimmt werden, alle anderen Töne liegen dann automatisch richtig.

Die zuverlässigste Frequenzteilung erreicht man bei Ver-

wendung von Rechtecksignalen aus dem Oktavoszillator sowie zwischen den Frequenzteilerstufen. Die Halbleiterindustrie bietet integrierte Schaltkreise an, welche die 7-fach Teilung in einem einzigen Bauteil zusammenfassen.

Wegen der phasenstarken Beziehung zwischen den Oktaven eines einzelnen Tones können die Oktavausgänge zu einem Treppensägezahn kombiniert werden, was einen weiteren Vorteil gegenüber dem Einzeltongenerator bedeutet.

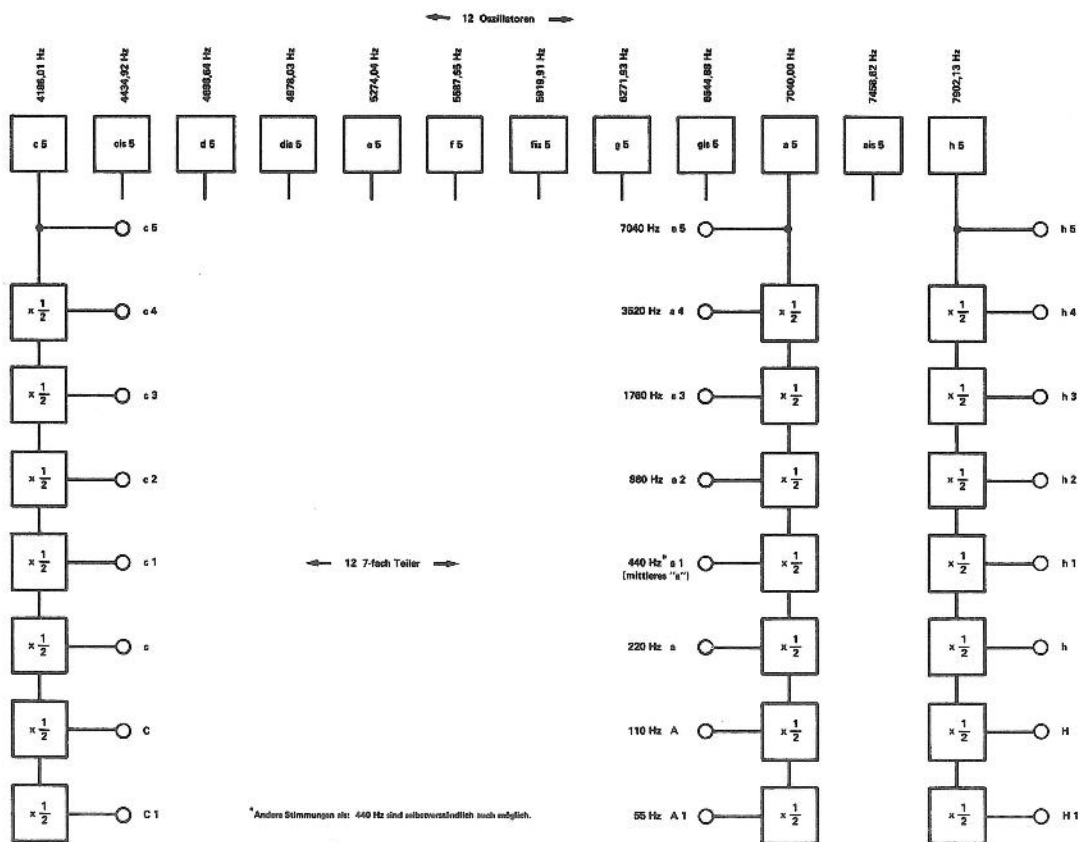


Abb. 1: Blockschaubild eines Oktavtön-Generators

Hauptoszillator-Generator

Beim Betrachten der Abb. 1 dürfte der Wunsch auftauchen, die 12-Oktav-Generatoren ebenfalls miteinander zu verketten, d.h., deren Frequenzen wiederum aus einem einzigen Oszillator abzuleiten. Aus dem musikalischen Grundgesetz wissen wir, daß in der gleichtemperierten Tonskala die Frequenzen benachbarter Halbtöne sich stets um den Faktor $12\sqrt[2]{2}$ ($= 1,059463$) unterscheiden. Ausgehend von einer genügend hohen Frequenz sollte es möglich sein, durch Teilung mit ganzen oder halben Zahlen die Frequenz der obersten Oktave mit befriedigender Genauigkeit zu erzeugen.

Die moderne Technik der integrierten Schaltkreise kommt uns hier wieder zur Hilfe. Sogenannte Top-Octave-Synthesizer (TOS), auch $12\sqrt[2]{2}$ -Teiler genannt, stellen die gewünschte Beziehung her. Die Abb. 2 zeigt das Prinzip eines Hauptoszillator-Generators.

Wenn Sie die Frequenzen der obersten Oktave in den Abb. 1 und 2 miteinander vergleichen, stellen Sie gewisse Unterschiede fest. Die Frequenzen in Abb. 1 sind die mathematisch korrekten Werte, während diejenigen in Abb. 2 aus einer endlichen Frequenz durch Teilung in halbe Zah-

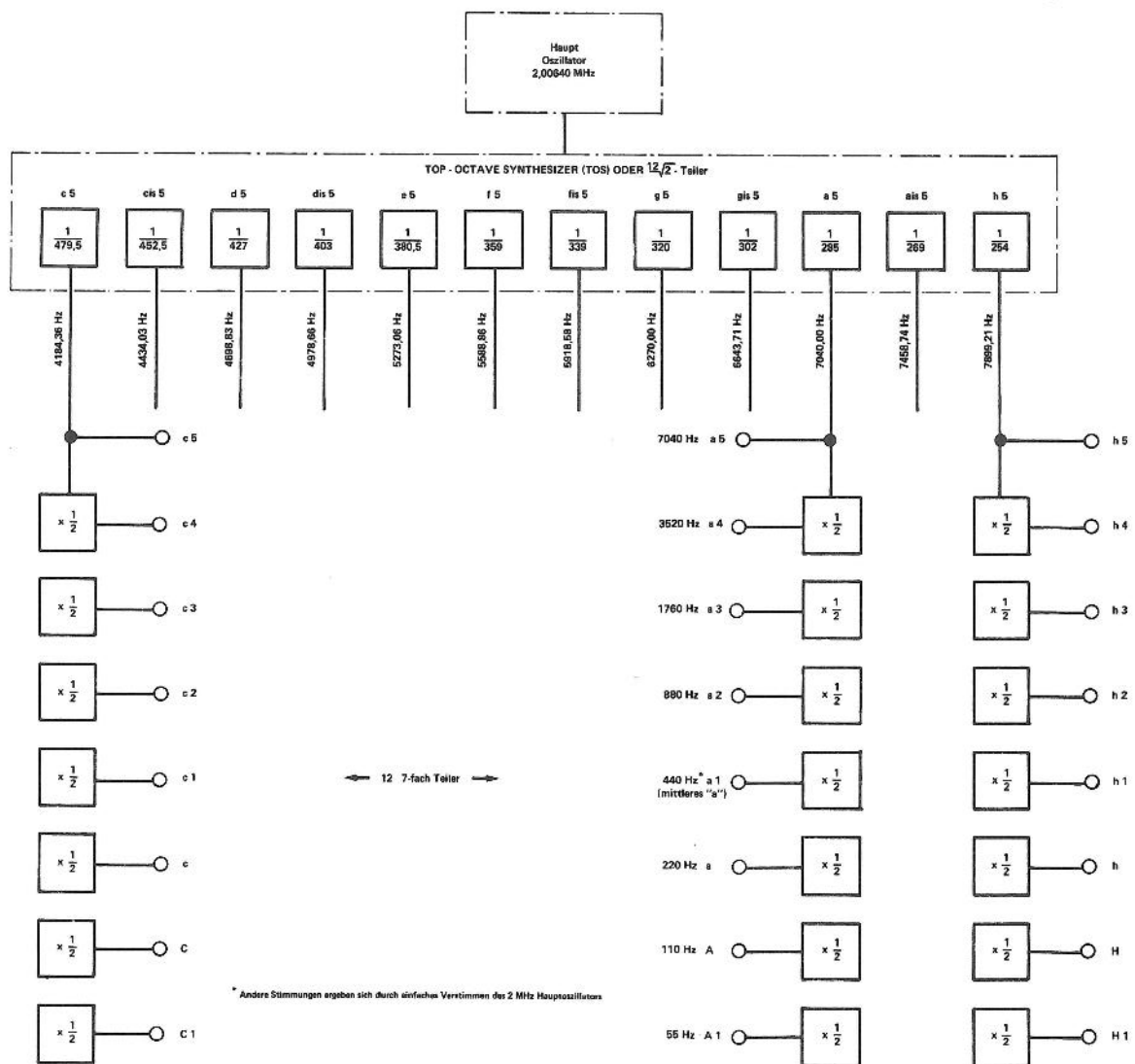


Abb. 2: Blockschaltbild eines Hauptoszillator-Generators

len stammen. Der maximale "Fehler" eines Halbtonschrittes liegt zwischen f und f_{is} und beträgt $0,78 \% = 1/127$ eines Halbtonschrittes, was eine unhörbare Abweichung vom Sollwert eines Halbtonschrittes bedeutet.

Die um Oktaven tiefer liegenden Töne werden wiederum mittels Frequenzteilern gewonnen. Sämtliche 96 Töne sind also fest untereinander verkoppelt und hängen nur noch von einem einzigen Oszillator ab. Es dürfte klar sein, daß man sich dies zur Gesamtstimmung zunutze macht (Tonhöhenanpassung an andere Musikinstrumente). Ein solcher Generator kann sich nicht verstimmen, auch wenn ein noch so wildes Frequenzvibrato oder sogar eine kontinuierliche Oktavverschiebung aufgezwungen werden.

Das zuletzt dargestellte Prinzip liegt unserem Generator G 1 zugrunde. Wir werden im Kapitel "Technische Beschreibung" näher darauf eingehen. Außer dem in Abb. 2 dargestellten Top-Octave-Synthesizer gibt es noch zahlreiche andere, die entweder nach dem Teilerprinzip oder dem Ausblendprinzip arbeiten. Die meisten weisen jedoch eine ungenügende Frequenzgenauigkeit auf oder aber haben nichtharmonische Spurenfrequenzen in den Ausgängen. Einige produzieren Quinten ohne deren natürliche Schwebungen, was wiederum für sakrale Musik unzulässig ist.

Schwingungsformen der Tongeneratoren

Jedes beliebige Musikinstrument produziert Töne, welche aus mehreren Frequenzen zusammengesetzt sind. Der Techniker spricht von einem Frequenzspektrum. Die Analyse dieser Tongemische verrät, daß sie aus einem Grundton und sogenannten Oberwellen bestehen. Die Oberwellen haben Frequenzen, die ein ganzzahliges Mehrfaches der Grundfrequenzen sind (Oktaven zum Grundton). Gelegentlich kommen noch Teiltöne dazu, welche Terz-, Quint- oder ähnliche harmonische Abstände zum Grundton aufweisen.

Es bestehen zwei Möglichkeiten ein Frequenzspektrum eines gewissen Musikinstrumentes zu erzeugen:

Additive Tonformung

Diese Art der Tonformung (technisch auch Fourier-Synthese genannt) geschieht folgendermaßen: Man stellt

vorerst dem Grundton eine genügende Anzahl von Ober-tönen, und wenn nötig, Teiltöne in Nicht-Oktav-Abständen als reine Sinuswellen zur Verfügung. Je nach nachzubildendem Instrument mischt man eine Auswahl dieser "Rohwellen" mit verschiedenen Lautstärkeanteilen zusammen. Das resultierende Gemisch klingt wie das echte Instrument, allerdings, strikt genommen, nur für die gewählte Tonhöhe. Das einmal eingestellte Spektrum bleibt nämlich über den ganzen Grundtonfrequenzbereich (über die ganze Tastatur) konstant.

Beispiel für ein einfaches Klarinetten-Rezept:

Man nehmen ca. 60 % Grundton, 20 % 3. Harmonische, 12 % 5. Harmonische, 9 % 7. Harmonische plus kleiner werdenden Anteilen von höheren ungeradzahligem Harmonischen und mischt alles zusammen — die Klarinette ist fertig.

In der Praxis geschieht dieses mit Hilfe der sogenannten Sinus-Zugriegel. Die Aufschrift an einem Zugriegel gibt an, welche Beziehung dessen Ton zum Grundton hat und die Einstelltiefe bestimmt den Amplitudenanteil (Lautstärke) des entsprechenden Tones (Grundton, Oktavton, Teilton).

Wenn Sie jetzt zum Schluß gekommen sind, daß es genüge, eine bestimmte Anzahl von reinen Sinuswellen mit den entsprechenden harmonischen Beziehungen sowie zugehörigen Zugriegeln zur Verfügung zu stellen, um jedes beliebige Instrument und, darüber hinaus, jeden anderen Toncharakter herzustellen, dann liegen Sie **beinahe richtig**.

Bei der Verwirklichung tauchen nämlich folgende Schwierigkeiten auf. Nehmen wir an, wir haben 10 Zugriegel mit (hier nicht näher bezeichneten) Grund-, Ober- und Teiltönen.

1. Sie bräuchten daher eine Rezept-Bibliothek für alle vorkommenden Musikinstrumente mit den Angaben der Einstellung für jeden Zugriegel. Beim Umregistrieren auf ein anderes Instrument müssen Sie das Rezept nachschlagen und wahrscheinlich alle 10 Zugriegel neu einstellen.
2. Wollten Sie sogar mehrere Instrumente gleichzeitig nachbilden, müßten Sie alle einzelnen Einstellrezepte nachschlagen, alle Teilamplituden addieren, das ganze Gemisch auf den höchsten Amplitudenwert normalisieren und dann die Zugriegel entsprechend einstellen.

3. Das Frequenzspektrum eines Instrumentes bleibt nicht über seinen ganzen Tonbereich konstant. Theoretisch müßten also die Zugriegel nachgestellt werden, wenn man über die ganze Tonskala spielt.

Es steht wohl sehr schlecht bestellt mit der Nützlichkeit der additiven Tonformung, d.h., der Zugriegel, möchte man schließen. Aber dem ist nicht so. Wir dürfen in den Zugriegeln nur nicht ein Universalmittel zur Lösung aller Tonformungsaufgaben sehen. Wir alle kennen den Sinus-Sound, der weich und sentimental bis zu durchdringend aggressiv sein kann, der wie ein Dudelsack oder wie die Glocken des Big Ben klingen kann. Diese wenigen Beispiele lassen sich entweder nur mit Sinus-Zugriegeln realisieren, oder sind zumindest mit ihnen einfacher herzustellen. Bevor wir ein endgültiges Urteil fällen, wenden wir uns noch der anderen Tonformungsart zu.

Selektive Tonformung

Aus der Kenntnis, daß alle Musikinstrumente Obertöne enthalten, entstand die selektive Tonformung (auch subtraktive Tonformung genannt). Die Idee besagt, man nehme ein obertonreiches Tongemisch als Basis und entferne die unerwünschten Obertöne ganz oder teilweise um wiederum auf das entsprechende Frequenzspektrum des nachzubildenden Instrumentes zu gelangen.

Sägezahn-Wellenform

Auf der Suche nach obertonreichen Wellenformen stößt man auf Rechteck-, Sägezahn-, Impuls-, Dreieckssignale usw. Der Sägezahn fällt auf, weil er alle Obertöne (gerad- und ungeradzahlig) aufweist, bis zu hohen Frequenzen. Siehe auch Abb. 3, Schwingungsformen 1 und 2.

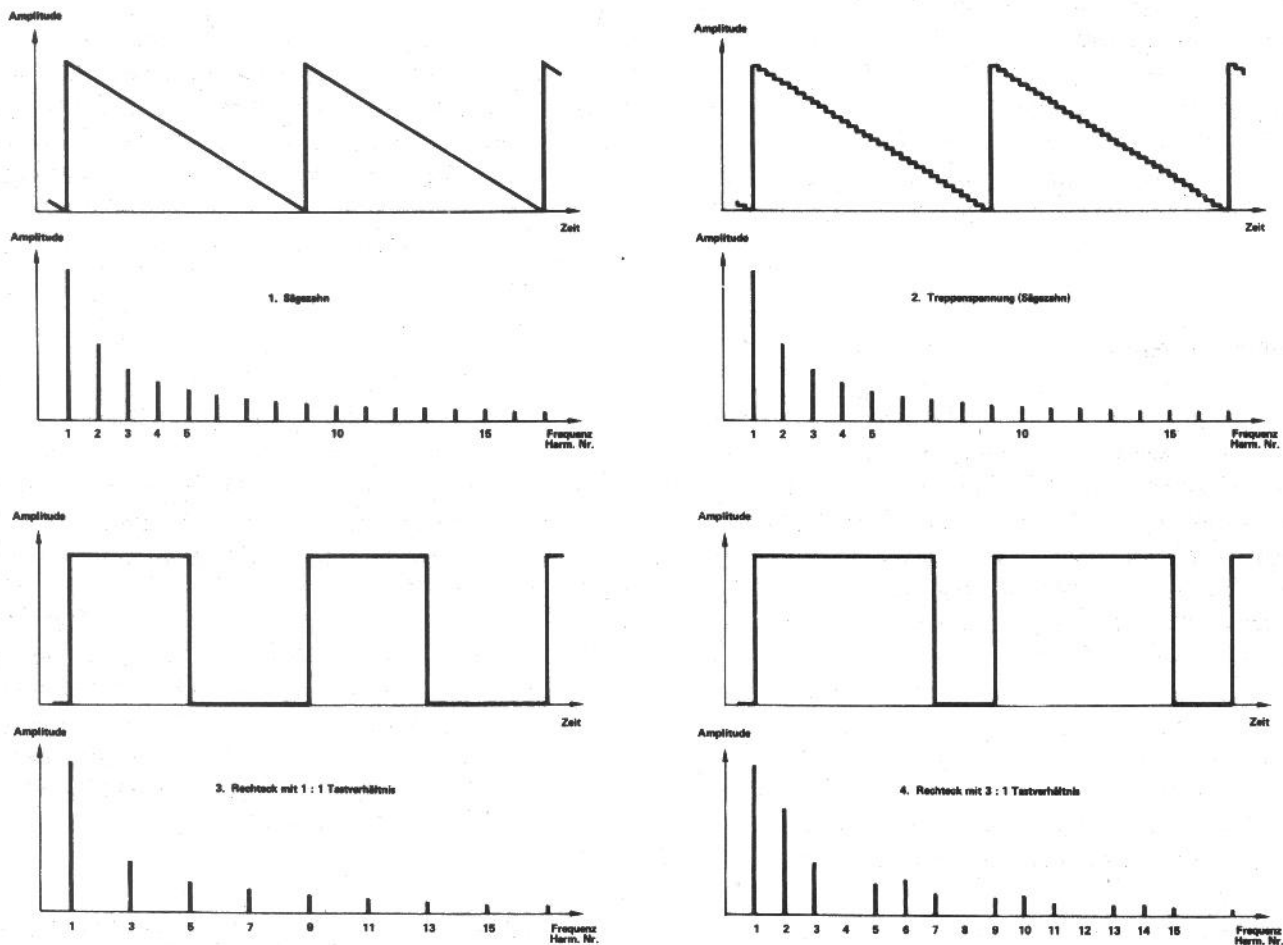


Abb. 3: Wellenformen und deren Frequenzspektren

Wenn wir z.B. ein Streichinstrument nachbilden wollen, fällt uns auf, daß die Tonerregung dort auch auf Sägezahn beruht. Die Saite wird vom haftenden Bogen langsam zur Seite geschoben und springt dann schlagartig zurück, wenn die Haftreibung der Rückstellkraft der Saite unterliegt. Tatsächlich gelingt es durch passive Filterung des ursprünglichen Sägezahn-Tongemisches ein Streichinstrument wahrheitsgetreu nachzubilden. Die Sägezahnwellenform bildet auch das Rohmaterial für Trompete, Prinzipale usw.

Rechteck-Wellenform

Ganz andere Verhältnisse bestehen bei Instrumenten wie Klarinette, Flöten und "gestopften Pfeifen" wie Bordun, Gedackt usw. Die Spektralanalyse sagt aus, daß nur ungeradzahlige Harmonische an der Klangbildung beteiligt sind. Es wäre völlig sinnlos, alle geradzahligen Harmonischen eines Sägezahns mittels eines "Kammfilters" entfernen zu wollen. Wir bedienen uns hier der Rechteckwellenform, die von Natur aus nur die ungeradzahligen Harmonischen besitzt. Siehe auch Abb. 3, Schwingungsformen 3. Filter ändern dann noch die Amplitudenanteile der verbleibenden (gewünschten) Obertöne.

Rechtecksignale werden auch zur Sinusformung (für die Zugriegel) verwendet, da der Abstand der ersten Oberwelle (3. Harmonische) doppelt so groß ist wie beim Sägezahn (2. Harmonische), sich also mit weniger Filteraufwand entfernen läßt.

Impuls-Wellenform

Die Analyse von Tönen aus geschlagenen Saiteninstrumenten (Piano, Spinett usw.) zeigt, daß deren Frequenzspektrum (mit wirtschaftlichen Methoden) weder aus dem Sägezahn noch aus dem quadratischen Rechteck abgeleitet werden können. Eine Impulswellenform mit dem Tastenverhältnis 3 : 1 eignet sich dagegen auf vorzügliche Weise. Siehe auch Abb. 3, Wellenform 4.

Tonformungsfilter

Wie wir bisher feststellen konnten, benötigen wir in jedem Fall Filter. Wir sprechen vom Entfernen oder Abschwächen von Harmonischen, daher der Name "subtraktive Tonformung". Es gibt noch einen anderen Gesichtspunkt, der diese Art Tonformung vielleicht besser veranschaulicht.

Jedes Musikinstrument besitzt einen Tonerreger (Bogen

auf der Violinensaite, Hammer auf der Pianosaite, Zunge bei der Klarinette, Lippen bei der Trompete). Diese Erreger produzieren eine Kurvenform, die sehr reich an Harmonischen ist. Jedes Instrument besitzt auch einen Klangkörper (Gehäuse, Rahmen, Röhre, Trichter usw.) deren akustisches Verhalten das Erregertongemisch beeinflusst. Diese akustischen Eigenschaften des Instrumentenkörpers werden **Formanten** genannt und sind **unabhängig** von der Tonhöhe.

Wir ersehen jetzt die Parallelen zwischen dem wirklichen Musikinstrument und der elektronischen Nachbildung. Dem Tonerreger entspricht unsere rohe Wellenform (Sägezahn für gestrichene Saite, für die Lippen des Trompeters usw., Rechteck für die Zungen der Klarinette, des Akkordeons usw.). Das nachfolgende elektronische Filter entspricht dem Instrumentenkörper. Die selektive oder subtraktive Tonformung wird daher auch **Formant-Tonformung** genannt, was Sie sich vielleicht als die treffendste Bezeichnung einprägen wollen.

Wellenform-Erzeugung

Die Digitaltechnik, und darauf beruht unser Generator G 1, arbeitet mit hartschaltenden eindeutigen Ein-Aus-Vorgängen. Es ist daher offensichtlich, daß die Ausgänge des Tongenerators **Rechtecksignale** sind. Wir benötigen jedoch **gleichzeitig** noch Sägezahn-, Sinus- und Impulswellenformen.

Sägezahnformung

Dies geschieht auf verblüffend einfache Weise und zwar mit Hilfe einer einfachen Addierschaltung bei der zur Grundfrequenz die höheren Harmonischen mit abnehmender Amplitude zugeführt werden. Die Abb. 4 zeigt die rohen Rechtecksignale mit ihren entsprechenden Amplituden und das Resultat der Summierung. Es werden so viele höhere Harmonische zugefügt, daß die erste fehlende Harmonische außerhalb des Hörbereiches liegt. Der Treppenspannungs-Sägezahn läßt sich dann gehörmäßig nicht mehr von einem echten Sägezahn unterscheiden. Die Sägezahnformung kann nach der Tastung erfolgen. Der Vorteil liegt darin, daß die Sägezahnherstellung nur vor den Filtern erstellt werden muß, welche Sägezahnengänge benötigen, und die Tastung hat nur Rechtecke zu schalten.

Theoretisch könnte zwar auch das Umgekehrte geschehen, nämlich daß Rechteckschwingungen aus einem Sägezahn-Generator abgeleitet werden, der Aufwand bei mehreren Fußlagen wird jedoch schnell hoch.

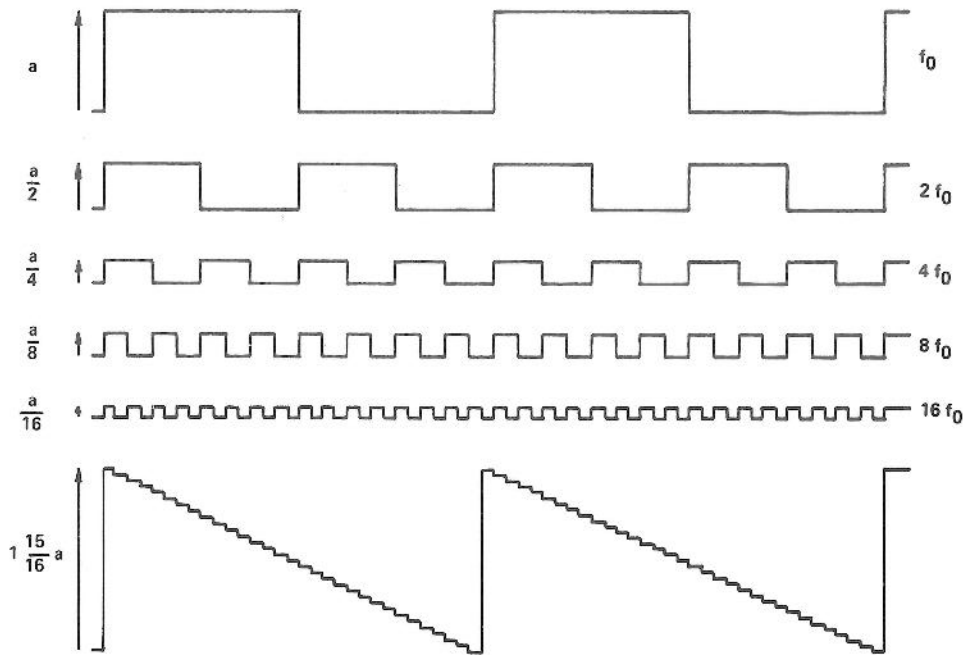


Abb. 4: Sägezahnformung

Kurzverfahren wie die Differenzierung von Rechteckschwingungen mittels RC-Gliedern führen zu unzulässigen Verzerrungen des Frequenzspektrums.

Sinusformung

Die Sinusformung geschieht ebenfalls nach der Tastung und zwar in langen Tiefpass-Filterketten. Diese Filter werden pro Manual (evtl. Pedal) und Fußlage gebraucht und nicht pro Einzelton. Die Tastung wird damit ebenso wenig belastet.

Impulsformung

Die Impulskurvenformung mit dem 3 : 1 Tastenverhältnis wird direkt am Generator vorgenommen und zwar mittels einer einfachen Diodenmatrix. Siehe Abb. 5. Die separaten Ausgänge führen direkt zur Pianotastung, die ohnehin nichts mit der übrigen Tastung zu tun hat.

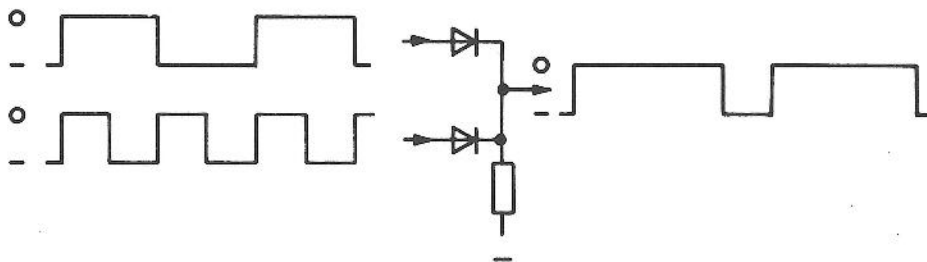


Abb. 5: Impulsformung

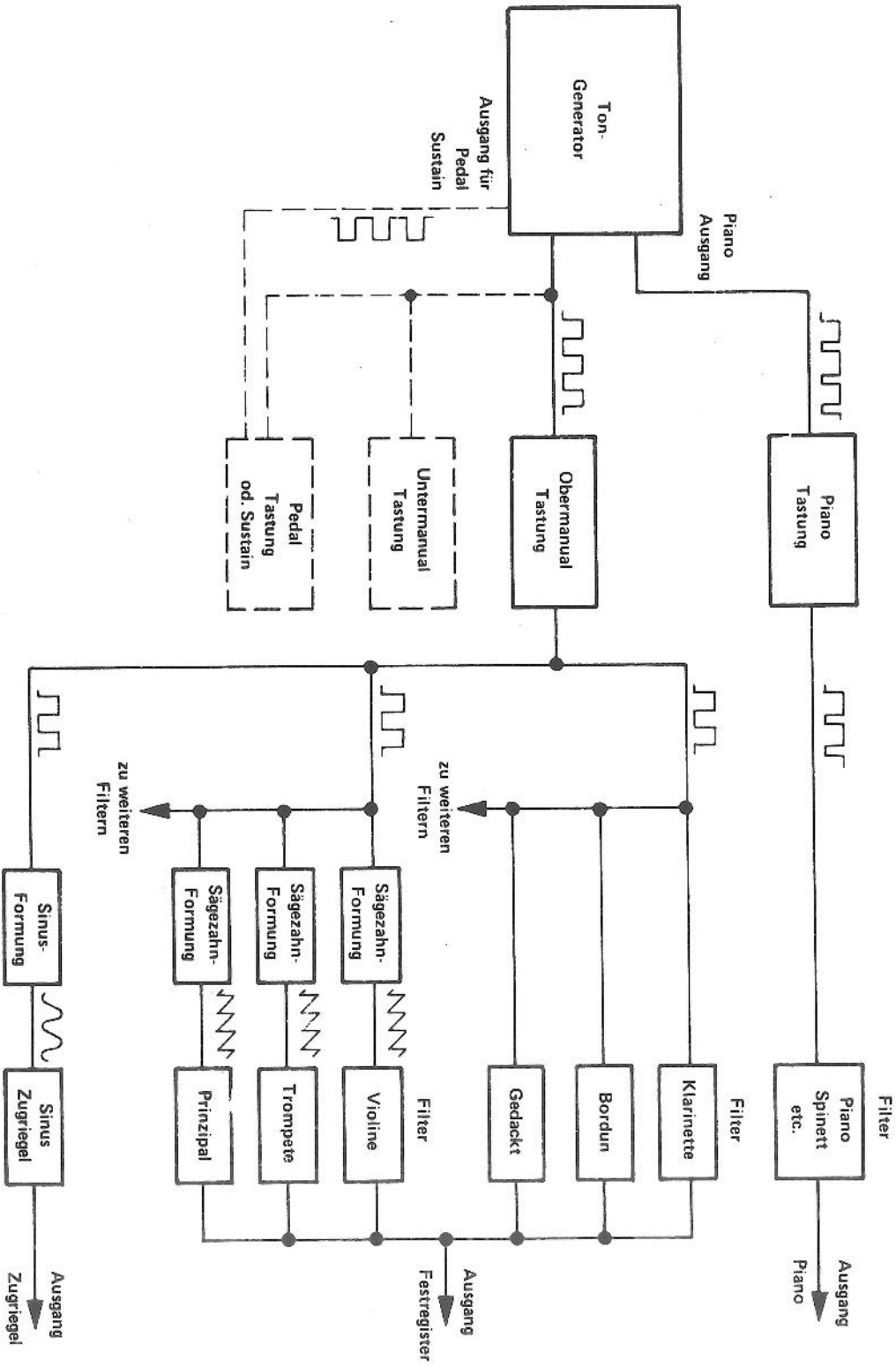


Abb. 6: Blockschaltbild der Tonformung

Blockschaltbild der Tonformung

Die Abb. 6 erläutert welche Wellenformen in einer Orgel gebraucht werden und in welchen Stellen sie erzeugt, gestastet und gefiltert werden.

Weitere Einzelheiten über die Tonformung werden Sie in den Bauanleitungen für die Festregister, Zugriegel und Piano finden.



Das WERSI Orgel System

Wie eingangs bereits erwähnt, hat der Generator nebst der Erzeugung aller Töne noch einige weitere Aufgaben. In WERSI Orgeln ist jede Baugruppe ein Teil eines durchdachten Systems.

Ohne dieses System an dieser Stelle in allen Einzelheiten zu erläutern, wollen wir doch einige der wichtigsten Punkte erwähnen, welche ihm zugrunde liegen.

Die Tastung erfolgt voll elektronisch, d.h., die Tastatur gibt nur noch einen Steuerbefehl an die elektronischen Mehrfachschalter (ein Schalter pro Fußlage und Taste). Dies ermöglicht auch die Steuerung der Hüllkurve, das Einschwingen und Abklingen der einzelnen Töne, und dies poliphon für jede Taste einzeln.

Dauerton-Generatoren (darunter gehört der G 1) haben in der Größenordnung 100 Ausgänge, die normalerweise alle aktiv sind. Dies bedeutet, daß alle diese Spannungen dauernd auf der Verdrahtung liegen und ebenso auch an den Tastenkontakten (seien es mechanische oder elektronische Kontakte). Auch bei sorgfältiger (kapazitätsarmer) Verkabelung und selbst bei Erdung der nicht gedrückten Tastenkontakte "singt" der ganze "Sphärenchor" etwas durch, was in den Spielpausen als Geräusch hörbar ist und was dem geübten Ohr beim Spielen als "Schmutz" erscheint.

WERSI leistete auch hier wieder Außergewöhnliches. Unser Generator G 1 (wohl bemerkt ein Dauerton-Generator) hat **stumme NF-Ausgänge**. Nur diejenigen Töne, die von der elektronischen Tastung abgerufen werden, werden aktiviert und alle anderen hüllen sich weiterhin in Schweigen. Das Resultat ist ein ungemein sauberer Ton wenn gespielt wird und Grabesstille wenn nicht gespielt

wird. Als Nachteil wäre die Gefahr zu erwähnen, daß Sie vergessen, die Orgel auszuschalten.

Eine weitere WERSI Pionierleistung ist die Art der **NF-Verdrahtung** und die Pfadführung der NF-Kanäle. Jeder NF-Ausgang von irgend einer Signalquelle innerhalb der Orgel ist fest auf den Eingang von mehreren nachfolgenden Baugruppen, welche das Signal gebrauchen könnten, verdrahtet, und zwar auf ein **elektronisches Gatter**. Daraus entstehen drei wichtige Vorteile:

1. Die NF-Leitungen werden sehr kurz, da keine Schalter, z.B. auf dem Spieltisch einbezogen werden müssen. Die Abschirmungsverhältnisse sind eindeutig definiert.
2. Die Steuerung der NF-Pfade erfolgt ausschließlich mittels robuster **Gleichspannungen**, die von den Befehlsschaltern auf dem Spieltisch oder – und hier liegt die Quintessenz der ganzen Idee – aus der **elektronischen Programmierung** stammen. Die Bedeutung der zwei Worte "elektronische Programmierung" ist allein eine Dissertation wert, aber diese Rosinen behalten wir uns für später vor.
3. Wir wissen, daß viele WERSI Selbstbauer ihre Orgel nach und nach aufbauen. Das Konzept der gleichspannungsgesteuerten NF-Gatter erlaubt uns, die **fertig ausgehenden Kabelbäume** mit allen NF-Leitungen und Steuerleitungen für die höchste Ausbaustufe zu verlegen, jedoch ist die Orgel selbst bei niedrigen Ausbaustufen voll funktionstüchtig. (Einige Leitungen bleiben dabei unbenutzt). Wenn Sie in Zukunft weitere Baugruppen einbauen werden, müssen nur die entsprechenden Drahtenden angeschlossen werden und die Ausbaustufe ist betriebsbereit.

Generator-Funktionen

Die Abb. 7 zeigt das Blockschaltbild des Generators mit seinen Steuer- und Regelfunktionen.

1. Tonerzeugung

Der Generator erzeugt 96 Töne (8 Oktaven) welche an stummen Ausgängen zur Verfügung stehen, bis sie von der elektronischen Tastung abgerufen werden. Der Hauptoszillator (ca. 2 MHz) ist ein gesteuerter und geregelter Oszillator. Die Frequenzstabilisierung erfolgt über eine Rückkopplungsschleife und einen Operationsverstärker. Dies verleiht ihm eine große Unabhängigkeit von der Umgebungstemperatur und von der (ohnehin geregelten) Speisespannung. Alle Steuersignale, die den Generator zu beeinflussen haben, werden ebenfalls demselben Operationsverstärker, der auch für die Regelung verantwortlich ist, zugeführt. Die Kombination Oszillator – Operationsverstärker ist demnach eine spannungsgesteuerte Frequenzquelle, oft auch VCO genannt (Voltage controlled Oscillator). Die Steuersignale stammen aus den Schaltungen wie Vibrato, Slalom, Gesamtstimmung und Hawaii-Effekt.

2. Frequenzvibrato (Dauervibrato)

Ein Sinusoszillator schwingt mit ca. 7 Hz (schnelles Vibrato) oder ca. 4,5 Hz (langsames Vibrato) und stellt eine sinusförmige Steuerspannung für den VCO her, so daß sich die Oszillatorfrequenz und damit die Frequenz aller Ausgangstöne periodisch um ihren Mittelwert ändert. Der prozentuale Frequenzhub ist bei allen Tönen derselbe.

Gleichspannungsgesteuerte Anlogschalter bestimmen die Intensität des Vibratos in drei Stufen.

3. Einschwing-Vibrato

Der Charakter von Soloinstrumenten wie Trompete, Klarinette, Streicher u.a. wird wesentlich wahrheitsgetreuer nachgebildet, wenn der Toneinsatz vibratofrei ist und ein Vibrato erst nach einer gewissen Zeit allmählich anschwingt. Diese Zeitverzögerung kann beim G 1 stufenlos eingestellt werden. Der Vorgang wird jeweils gestartet sobald die erste Taste des Obermanuals gedrückt wird.

4. Hawaii-Effekt

Beim Auslösen des Hawaii-Kontaktes (normalerweise durch seitlichen Fußdruck auf der Fußschwellertrittplatte) sinken die Stimmungen und damit alle Töne des Generators rasch um etwa 1/2 Ton ab und steigen dann allmählich wieder auf die ursprüngliche Tonhöhe an. Wird der Kontakt vor der Beendigung des Hochziehens losgelassen, springt die Stimmung sofort wieder auf den Normalwert zurück. Auch der Hawaii Vorgang steuert den VCO.

5. Slalom

Es sei angenommen, daß die sogenannte "Stimmung tief" und "Stimmung hoch" bereits korrekt eingestellt sind, und daß der Transposerschalter auf Stellung "c" steht. Die Steuerspannung des VCO kann mit dem Schieberegler "Slalom" in weiten Grenzen beeinflusst werden und zwar so, daß sich die Tonfrequenzen stufenlos bis zu genau einer Oktave verschieben. Die Normalstellung des Reglers ist "hoch", die Verschiebung bewegt sich deshalb normalerweise nach unten. Der Vorgang kann durch die Betätigung des Schalters "Slalomatik ein" automatisiert werden. Dies kann nach oben oder unten erfolgen, je nach Stellung des Schalters "Slalomatik auf / ab". Die obere Begrenzung der Frequenzänderung kann bei automatischem Ablauf mittels des Schiebereglers "Slalom" begrenzt werden. Die Geschwindigkeit des Ablaufs ist mit einem Schieberegler (im Bedienungsschiebesatz) einstellbar. Die Ansteuerung des Vorganges erfolgt ebenfalls vom Obermanual her.

Die Stimmung der beiden Endwerte erfolgt mit Hilfe der Trimpotis "Stimmung tief" und "Stimmung hoch".

6. Gesamtstimmung

Es ist oft erforderlich, die Stimmung der Orgel an andere Instrumente anzupassen. Dies ist bei unseren Orgeln sehr einfach zu bewerkstelligen. Ein einziger Regler "Stimmung" erlaubt es, die Gesamtstimmung etwa um 1/2 Ton zu verändern (wobei sich die Verhältnisse der Töne unter sich selbstverständlich nicht ändern).

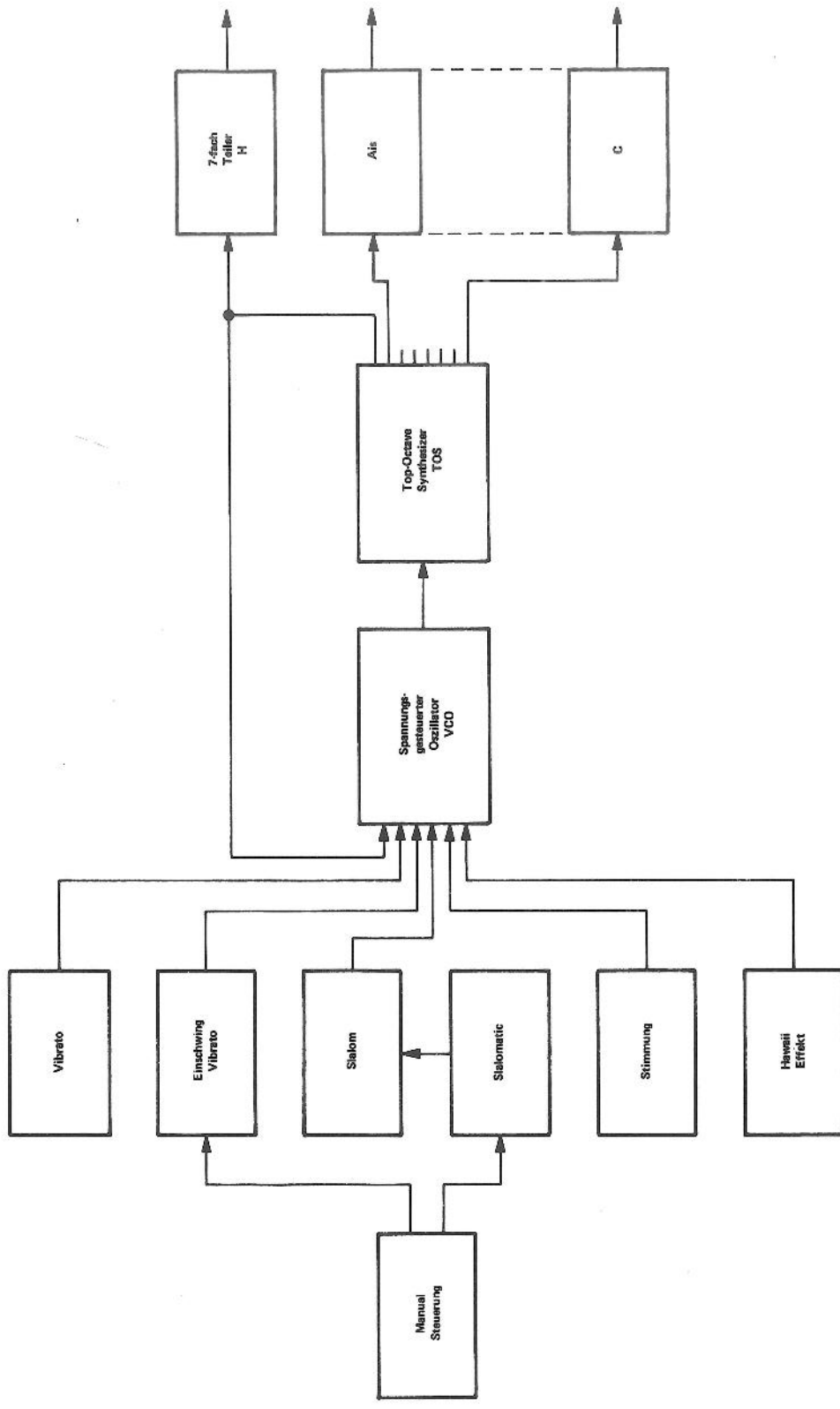


Abb. 7: Blockschaltbild des Generators G 1

7. Transposer

In der Praxis kommt es immer wieder vor, daß eine bestimmte Notenvorlage in einer anderen Tonart transponiert, d.h. umgeschrieben (oder zumindest "umgedacht") werden muß, sei es aus Gründen der Anpassung an andere Instrumente oder des persönlichen Geschmacks.

Diese Probleme nimmt Ihnen der Transposer der WERSI Orgel auf elegante Weise ab. Ein Drehschalter erlaubt es, jede Tonart in jede beliebige andere Tonart zu transponieren. Die Tabelle 1 gibt Ihnen eine Übersicht über alle möglichen Umsetzungen. Beachten Sie, daß der "Slalom"-Regler nur dann wirksam ist, wenn der Transposerswitcher in Normalstellung (c) steht.

Transposer-
Einstellung

Auf dem Manual gespielter Ton oder Tonart

fis	fis	g	gis	a	ais	h	c	cis	d	dis	e	f
g	g	gis	a	ais	h	c	cis	d	dis	e	f	fis
gis	gis	a	ais	h	c	cis	d	dis	e	f	fis	g
a	a	ais	h	c	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis
ais	ais	h	c	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis	a
h	h	c	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis	a	ais
c	c	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis	a	ais	h
cis	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis	a	ais	h	c
d	d	dis	e	f	fis	g	gis	a	ais	h	c	cis
dis	dis	e	f	fis	g	gis	a	ais	h	c	cis	d
e	e	f	fis	g	gis	a	ais	h	c	cis	d	dis
f	f	fis	g	gis	a	ais	h	c	cis	d	dis	e
Taste	c	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis	a	ais	h

Tabelle 1: Transponierungen

Technische Beschreibung

Wir rufen nochmals die Abb. 7 in Erinnerung um uns dort mit den Funktionsblöcken des Generators vertraut zu machen. Die Abb. 8 zeigt die detaillierten Schaltungen des Generators. Wir beginnen die Erläuterungen mit dem Oszillator.

Die Schaltkreise liegen fast ausnahmslos zwischen Masse und - 15 V. In den folgenden Diskussionen werden wir oft die Ausdrücke "positiv" und "negativ" gebrauchen. Wir wenden die Konvention an, daß positiv der Masse und negativ den - 15 V entsprechen.

Oszillator

Die drei Inverter IC 3-4, IC 3-5 und IC 3-6, der Kondensator C 1, der Transistor Q 1, die Diode D 4 und der Widerstand R 4 bilden den Oszillator. Betrachten Sie vorerst den Transistor Q 1 als festen Widerstand. Nehmen wir ferner als Ausgangssituation an, daß der Eingang 13 des Inverters IC 3-6 negativ ist und daß C 1 entladen ist. Der Invertereingang 9 des IC 3-4 ist daher auch negativ und dessen Ausgang 8 positiv.

Der Kondensator C 1 lädt sich über R 4 und D 4 auf, bis die Invertereingangsspannung des IC 3-6 über die obere Schaltschwelle ansteigt. Damit kippen alle 3 Inverter um, und der Kondensator C 1 wird umgeladen, aber diesmal über R 4 und den "Widerstand" Q 1. Nach einer gewissen Zeit erreicht die Invertereingangsspannung des IC 3-6 die untere Schaltschwelle, alle 3 Inverter kippen um und die Ausgangssituation ist wieder hergestellt.

Die Zeitkonstanten des Umladens von C 1 sind in der einen Richtung durch R 4 und C 1 (D 4 ist vernachlässigbar) und in der anderen Richtung durch R 4 + R (Q 1) und C 1 gegeben. Wir ersehen aus dieser Schaltung, daß der "Widerstand" von Q 1 die eine Umladezeit und damit die Oszillatorfrequenz beeinflusst. Dies macht man sich als Steuerelement zunutze indem man den Transistor mehr oder weniger durchsteuert (siehe "Frequenzregelung").

Nehmen wir vorerst an, daß der Oszillator auf der festen Frequenz von 2,0064 MHz schwingt.

Top - Octave - Synthesizer (TOS)

Die Oszillatorfrequenz wird dem integrierten Schaltkreis IC 2 zugeführt. Dieser IC gehört zu den MOS-LSI Typen und hat sehr komplexe Eingeweide. Alles was wir jedoch hier wissen müssen ist, daß er die Eingangsfrequenz in 12 Zweigen so herunterteilt, daß an seinen 12 Ausgängen die Frequenzen der obersten benötigten Oktave entstehen (siehe auch Abb. 2). Daher stammt der Name "Top-Octave-Synthesizer (TOS)". Wegen der mathematischen Verhältnisse zwischen benachbarten Halbtönen wird der IC oft auch $12\sqrt{2}$ -Teiler genannt (Zwölfte-Wurzel-Zwei-Teiler). So entsteht z.B. am Ausgang A die Frequenz von 7040 Hz.

Frequenzteiler

Jeder Ausgang des TOS wird je einem Frequenzteiler (IC 1) zugeführt. Der IC 1 teilt die Eingangsfrequenz 7 mal durch den Faktor 2. Nach jeder Teilerstufe ist ein Ausgang angeschlossen, so daß, nebst dem obersten Oktavton, noch sieben tiefer liegende Oktaven zur Verfügung stehen. So z.B. entsteht beim IC 1 (A) nach 4-maliger Teilung 440 Hz (das mittlere "a") und nach 7-maliger Teilung 55 Hz (das A 1).

Die Ausgänge der obersten Oktave und alle Teilerausgänge sind auf Steckerstifte geführt. Die Stifte sind fortlaufend nummeriert und zwar von 13 (C 1 = 32,70 Hz) bis 108 (h 5 = 7902 Hz).

Die Ausgänge sind Rechtecksignale mit einem Tastverhältnis von 1 : 1 und schwingen von Massepotential auf - 15 V. Sie dienen einerseits zur Ansteuerung der Analogschalter auf den Schaltersteckkarten und werden andererseits mittels Dioden zu Rechtecken mit einem 3 : 1 Tastverhältnis für die Piano-Ansteuerung zusammengefaßt. (Siehe "Schaltersteckkarten G 2").

Die Ausgänge der obersten Oktave sind auch über die Dioden D 2 an die Stifte P 97 bis P 108 angeschlossen. Dies sind die Abgänge für den 30-Tasten Pedalsustain, der seine eigene Frequenzteilung besitzt.

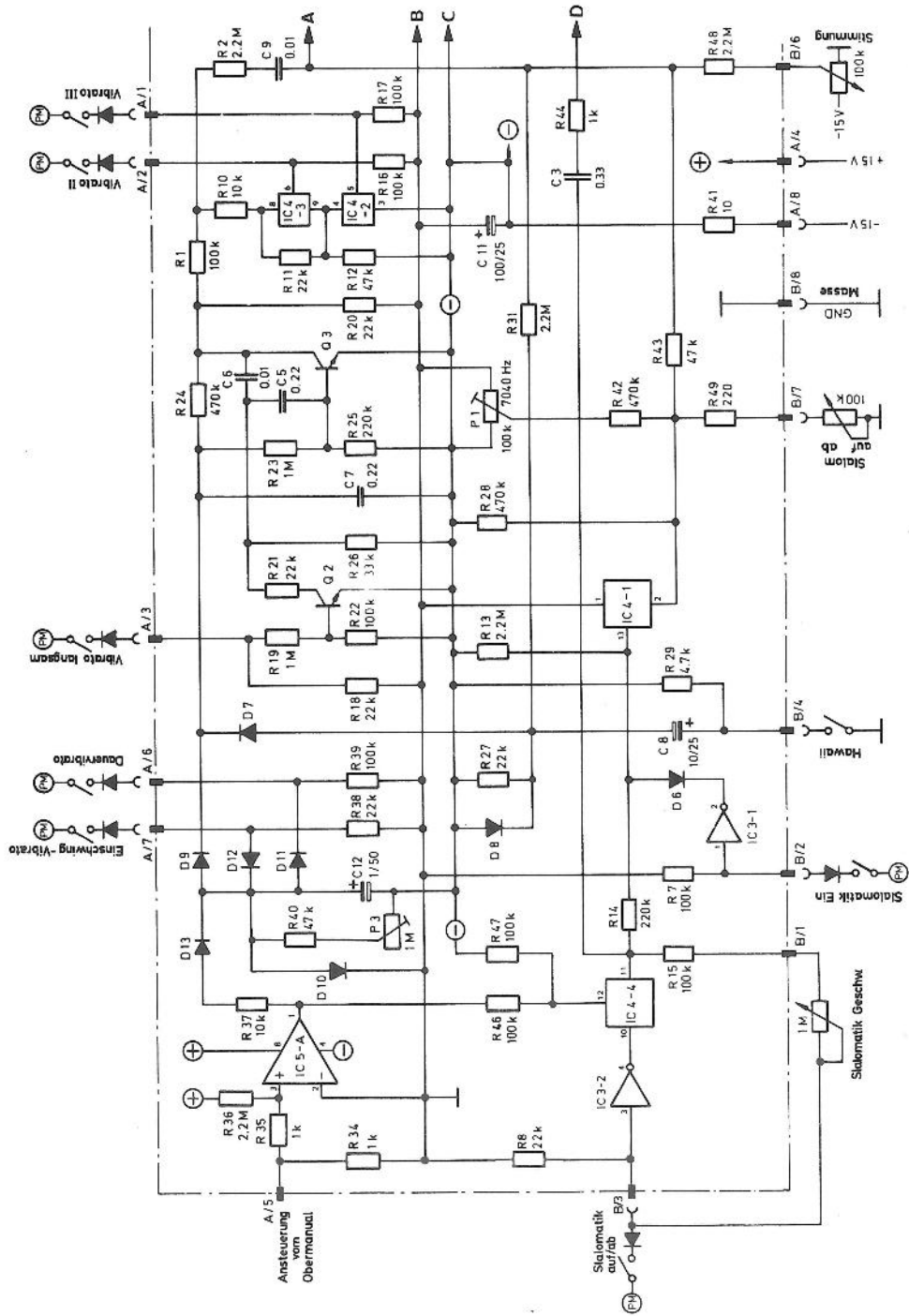


Abb. 8: Schaltbild des Generators G 1 (Teilansicht)

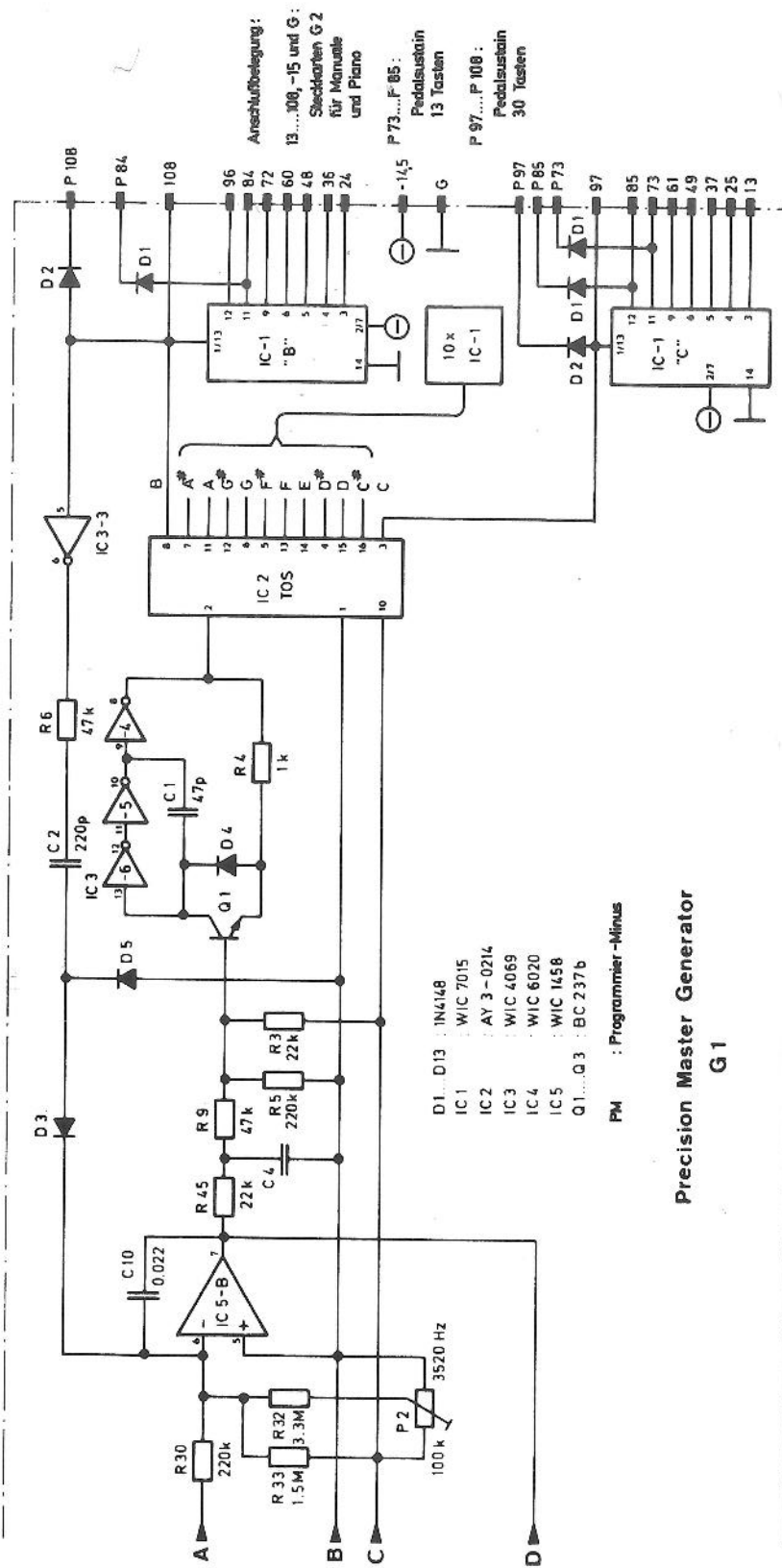


Abb. 8: Schaltbild des Generators G 1 (Teilansicht)

Ähnlich verhält es sich mit den Ausgängen P 73 bis P 85 welche via die Dioden D 1 von um zwei Oktaven tiefer liegenden TeilerAusgängen gespeist werden. Der 13-Tasten Pedalsustain wird hier angeschlossen. Auch er hat seine eigene Frequenzteilung, benötigt jedoch 13 Eingänge, welches die zusätzliche Diode D 1 zum Ausgang P 85 bedingt.

Frequenzregelung

Nehmen wir an, daß der invertierende Eingang 6 des Operationsverstärkers IC 5-B bereits ein bestimmtes (und konstantes) Steuersignal erhält. Der Ausgang 7 des IC 5-B nimmt daher ein bestimmtes Potential (zwischen + und - 15 V) an, so daß der Transistor Q 1 eine gewisse Leitfähigkeit hat, was wiederum in einer bestimmten Oszillatorfrequenz resultiert.

Die höchste Ausgangsfrequenz des TOS (am Ausgang 108) ist an den Eingang 5 des Inverters IC 3-3 angeschlossen. Der Inverter IC 3-3 dient lediglich als Pufferelement zwischen TOS und der Regelschleife. Das Rechtecksignal am Ausgang 6 des IC 3-3 wird durch R 6 / C 2 differenziert und mittels D 3 und D 5 gleichgerichtet. Der daraus resultierende Strom wird dem invertierenden Eingang 6 des IC 5-B zugeführt.

Damit ist die Regelschleife geschlossen. Die automatische Frequenzregelung kann wie folgt in Stichworten beschrieben werden: Die Oszillatorfrequenz steigt - - die Frequenz am Ausgang 108 steigt - - die Differenzierimpulse an C 2 folgen einander in kürzeren Zeitabständen - - der Strom in den Eingang 6 des IC 5-B steigt an - - die Spannung am Ausgang 7 des IC 5-B sinkt - - der Transistor Q 1 wird weniger leitend - - die Oszillatorfrequenz sinkt.

Die Kondensatoren C 4 und C 10 dienen zur Ausfilterung der restlichen Wechselspannung auf dem Steuersignal.

Der Eingang 6 des IC 3-B wird, nebst der Regelschleife, von sämtlichen übrigen Steuersignalen beeinflusst.

Gesamtstimmung

Das externe Potentiometer für die Gesamtstimmung liegt zwischen - 15 V und Masse. Dessen Schleifer ist am Stift B 6 angeschlossen. Die maximale Potentialverschiebung von 15 V am Stift B 6 resultiert in einem sehr kleinen Steuerstrom via R 48 und R 30 auf den Steuereingang 6 des IC 5-B, so daß die totale Frequenzänderung etwas

mehr als ein Halbton beträgt. Wir denken uns das Stimmungspoti für die weiteren Überlegungen in Mittelstellung.

Slalom / Stimmung tief / Stimmung hoch

Das Potential des Knotenpunktes zwischen R 28/R 42/ R 43/R 49 ist im wesentlichen gegeben durch die Spannungsteilung von R 28 und R 49 + Slalompoti. Der positivste Wert stellt sich ein, wenn der Widerstand des "Slalom"-Schiebereglers Null ist (Linker Anschlag). Der Knotenpunkt liegt dann praktisch an Masse, da R 49 sehr viel kleiner ist als R 28.

Der resultierende Steuerstrom (durch R 43 und R 30) in den Eingang 6 des IC 5-B treibt die Oszillatorfrequenz nach unten. Gleichzeitig werden das Trimpoti P 1 (Stimmung hoch) und die Schalterstellung des IC 4-1 wirkungslos.

Diese tiefe Frequenz wird mit Hilfe des Trimpotis P 2 so eingestellt, daß das höchste "a" (Ausgang 106) eine Frequenz von genau 3520 Hz aufweist. Beachten Sie, daß die Gesamtstimmung wirksam bleibt.

Wenn der "Slalom"-Regler an den rechten Anschlag verschoben wird (= 100 kOhm) wird das Potential am Knotenpunkt R 28/R 42/R 43/R 49 negativer; die Frequenz steigt. Der genaue Wert wird mittels des Trimpotis P 1 eingestellt und zwar so, daß das höchste "a" (Ausgang 106) auf genau 7040 Hz zu liegen kommt. Damit ist der "Slalom"-Regler kalibriert, d. h., er überstreicht genau eine Oktave.

Am Stift B 6 wird auch, als Alternative, der Transposer angeschlossen. Er besteht aus einem Schalter, welcher eine Anzahl von genau eingestellten Widerständen anstelle des "Slalom"-Reglers an den Stift B 6 legt. Die "hohe Stimmung" wird dadurch um ein oder mehrere Halbtonschritte verschoben. Siehe auch Abb. 9.

Slalomatik

Es sei vorausgesetzt, daß der "Slalom"-Regler „hoch“ steht (Rechtsanschlag = 100 kOhm) und daß der Schalter "Slalomatik ein" offen steht. Der Eingang 1 des Inverters IC 3-1 liegt daher positiv, der Ausgang 2 negativ, so daß die Diode D 6 den Steuereingang 13 des Analogschalters IC 4-1 negativ hält. Der Analogschalter IC 4-1 ist also hochohmig und hat keinen Einfluß auf die oben besprochenen Steuervorgänge.

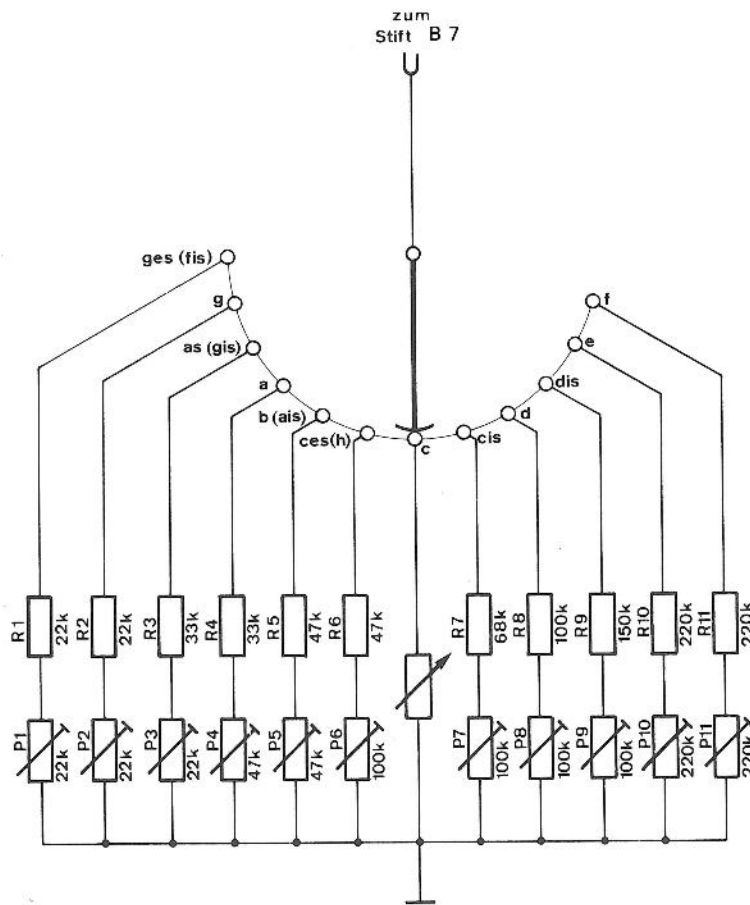


Abb. 9: Schaltbild des Transposers

Wenn der Schalter "Slalomatik ein" geschlossen wird, kippt der Inverter IC 3-1 um, die Diode D 6 sperrt und gibt den Steuereingang 13 des Schalters IC 4-1 frei. Der Steuereingang 12 des Analogschalters IC 4-4 liegt positiv (wir werden später sehen weshalb). IC 4-4 ist daher niederohmig.

Slalomatik ab

Der Schalter "Slalomatik auf/ab sei offen. Der Invertereingang 3 des IC 3-2 ist daher positiv und sein Ausgang 4 ist negativ. Dieses negative Potential erscheint auch am Steuereingang 13 des Schalters IC 4-1 (via IC 4-4 und R 13). IC 4-1 bleibt hochohmig (größer als 20 MOhm), d.h. die Frequenz liegt hoch.

Wird der Steuereingang 12 des IC 4-4 plötzlich negativ (siehe "Manual Ansteuerung"), wird der Analogschalter IC 4-4 hochohmig. Die folgenden Vorgänge finden gleichzeitig statt und bilden eine Regelschleife: Ein Strom fließt durch den Regler "Slalom Geschwindigkeit" und R 15 in den Knotenpunkt R 14/R 15/C 3 -- die Steuerungsspannung des IC 4-1 wird positiver -- IC 4-1 wird niederohmiger -- der Steuerstrom durch R 43 in den Eingang des IC 5-B steigt -- die Ausgangsspannung des IC 5-B steigt -- ein Strom fließt via C 3 und R 44 aus dem Knotenpunkt R 14/R 15/C 3. Die Wirkung der Gegenkopplungsschleife läßt die Ausgangsspannung des IC 5-B linear absinken und dies trotz der extremen Nichtlinearität der Schaltfunktion des IC 4-1. Die Frequenzänderung ist dadurch auch ungefähr linear und umfaßt genau eine Oktave.

Beim Wiederöffnen des IC 4-4 kehrt sich der Vorgang um. Der Ablauf geht jedoch sehr schnell vonstatten, da der Schalter IC 4-4 den Steuereingang 13 des Schalters IC 4-1 schnell und hart negativ schaltet.

Slalomatik auf

Der Schalter "Slalomatik auf/ab" ist geschlossen. Ausgangssituation in Stichworten: Eingang 3 des IC 3-2 negativ -- Ausgang 4 des IC 3-2 positiv -- Schalter IC 4-4 niederohmig -- Eingang 13 des IC 4-1 positiv -- Schalter IC 4-1 niederohmig -- VCO Steuerspannung negativ (Ausgang IC 5-B) -- Frequenz tief.

Ablauf nachdem der Schalter IC 4-4 hochohmig wurde (siehe "Manual-Ansteuerung"), wiederum in Stichworten: Eingang 13 des IC 4-1 wird langsam negativ -- IC 4-1 wird hochohmig -- VCO Steuerspannung wird positiv -- Frequenz steigt langsam um eine Oktave. Die Gegenkopplung und die Rückstellung erfolgt auf analoge Weise wie bei "Slalomatik ab".

Der Widerstand R 13 gibt eine kleine negative Vorspannung auf den Steuereingang 13 des IC 4-1 und dient zum Angleichen der Ablaufzeiten der Slalomatik beim Hoch- bzw. Tieflauf.

Das Poti "Slalomatik-Geschwindigkeit" regelt die Ablaufzeit der Slalomatik.

Manual - Ansteuerung

Im Ruhestand ist der nichtinvertierende Eingang des Verstärkers IC 5-A so vorgespannt, daß der Ausgang nach + 15 V schwingt. Der Steuereingang 12 des IC 4-4 liegt damit auf Massepotential (R 46 = R 47). IC 4-4 ist niederohmig.

Jedesmal wenn eine Taste des Obermanuals gedrückt wird (nachdem vorher keine Tasten gedrückt waren) kommt eine Steuerspannung von ca. - 20 mV von der elektronischen Tastung an den Stift A 5. Dieses Signal überwiegt die positive Vorspannung um einen Faktor 2 bis 3, und der Ausgang 1 des IC 5-A schwingt negativ. Der IC 5-A bereitet also das - 20 mV-Signal vom Obermanual auf eine - 15 V Spannung am Steuereingang 12 des IC 4-4 auf. Diese Spannung wird als Startbefehl für die Slalomatik und auch für das Einschwingvibrato verwendet.

Dauer - Vibrato

Es sei vorausgesetzt, daß alle Vibratoschalter offen sind. Die Dimensionierung der Widerstände R 23/R 24/R 25 ist so gewählt, daß der Transistor Q 3 durch die positive Ausgangsspannung des IC 5-A stark durchgesteuert wird, so daß der Brückenoszillator (Q 3 mit C 5/C 6/R 23/R 26) nicht schwingt.

Wird der Schalter "Dauer-Vibrato" geschlossen, schwingt der Punkt zwischen D 13 und D 9 negativ. R 20 (bei Q 3) speist jetzt den Oszillator Q 3 und er schwingt sinusförmig. Der Transistor Q 2 ist durchgesteuert, also niederohmig, so daß der Widerstand R 21 parallel zu R 26 liegt. Die Frequenz des Vibratooszillators ist dann ca. 6,8 Hz.

Die Oszillatorspannung liegt am Spannungsteiler R 1 und R 10/R 11/R 12 mit dem Teilerausgang zwischen R 1 und R 10. Die Steuereingänge 6 des IC 4-3 und 5 des IC 4-2 liegen positiv, die Schalter sind niederohmig, die Widerstände R 11 und R 12 kurzgeschlossen. Das abgehende Oszillatorsignal ist daher klein. Es wird via R 2 und C 9 dem VCO zugeführt, so daß sich die Oszillatorfrequenz im Rhythmus der Vibratofrequenz um ihren Mittelwert ändert = Frequenzvibrato.

Vibrato II und III

Wenn der Schalter "Vibrato II" geschlossen wird, schwingt der Steuereingang 6 des IC 4-3 negativ, der Schalter wird hochohmig, der Widerstand R 11 wird als Fußwiderstand des Vibrato-Spannungsteilers wirksam, und das Vibrato wird stärker.

Auf ähnliche Weise kann die dritte Vibratostärke zugeschaltet werden, indem der Schalter "Vibrato III" geschlossen wird.

Vibrato langsam

Beim Schließen des Schalters "Vibrato langsam" wird der Transistor Q 2 gesperrt, der Widerstand R 21 wird vom Oszillatorkreis abgetrennt, so daß nur noch R 26 wirksam bleibt. Die Vibratofrequenz ändert sich damit auf ca. 4,7 Hz.

Einschwing - Vibrato

Der Schalter "Dauer-Vibrato" sei offen und der Schalter "Einschwing-Vibrato" sei geschlossen. Die positive Ausgangsspannung des IC 5-A verhindert den Vibratooszillator vorerst zu schwingen. Die Diode D 10 hält die Spannung zwischen D 9 und D 13 auf Massepotential. Der Kondensator C 12 ist geladen. Wenn jetzt die Manual-Ansteuerung des Ausgang des IC 5-A negativ schwingen läßt, entlädt sich C 12 langsam via R 40 und Trimpoti P 3. Dadurch sinkt die positive Vorspannung an der Basis des Transistors Q 3 langsam ab, der Vibrato-Oszillator kommt langsam aus der Sättigung heraus und schwingt mit zunehmender Amplitude an.

Die Verzögerung des Vibratoeinsatzes kann mit Hilfe des Trimpotis P 3 nach persönlichem Geschmack eingestellt werden. Alle übrigen Funktionen wie Geschwindigkeit und Stärke des Vibratos sind gleich wie beim Dauer-Vibrato.

Hawaii - Effekt

Der Kondensator C 8 ist normalerweise entladen. Wird der "Hawaii"-Schalter (am Stift A 4 angeschlossen) geschlossen, fließt ein Stromstoß in Richtung Knotenpunkt R 27/R 31 und klingt dann wieder ab, wenn sich C 8 auflädt. Das Steuersignal durch R 31 wirkt auf den VCO und verursacht, daß der Hauptoszillator schnell um etwas mehr als einen Halbton absinkt und dann wieder langsam auf die ursprüngliche Frequenz ansteigt.

Beim Wiederöffnen des "Hawaii"-Schalters entlädt sich C 8 via D 8 und R 29, ohne Wirkung auf die Steuerleitung nach R 31 hin.

Die Diode D 7 gibt während dem Hawaii-Vorgang auch einen positiven Stromstoß auf die Vibratosteuerleitung, so daß ein eventuell eingestelltes Vibrato während des Ablaufs des Hawaii-Effektes unterdrückt wird.

Damit sind alle Funktionen des Generators beschrieben. Wir befassen uns nachfolgend noch mit der Beschaltung der Ausgänge um Ihnen das Zusammenwirken des Generators mit der ganzen Orgel zu erläutern.

Ausgangsstiftleisten

Der Generator G 1 kann mit maximal 3 Reihen Ausgangsstiftleisten bestückt werden. Die Stiftleisten werden normalerweise wie folgt belegt:

Stiftleisten 1: Bestückt mit Schaltersteckkarten G 2. Bei Orgeln mit einer kleinen Anzahl von Fußlagen werden die elektronischen Tastungen beider Manuale sowie das Piano an diese Steckkarten angeschlossen. Bei Orgeln mit einer großen Anzahl von Fußlagen wird nur die Tastung des Untermanuals an die Steckkarten der Stiftleisten 1 angeschlossen.

Stiftleisten 2: Bestückt mit Schaltersteckkarten G 2, wenn der Generator in eine Orgel mit einer großen Anzahl von Fußlagen eingebaut ist. Die Tastung des Obermanuals sowie das Piano werden an diese Steckkarten angeschlossen.

Stiftleisten 3: Bestückt mit Schaltersteckkarten G 2, wenn der Generator in eine Orgel mit **poliphonem Pedal** eingebaut ist. Die Pedaltastung wird an diese Steckkarten angeschlossen.

Schaltersteckkarten G 2

Die Abb. 10 zeigt das Schaltbild einer Steckkarte. Die 6 IC's enthalten total 24 elektronische Analogschalter. Je ein Ausgang wird pro Ausgang benötigt, d.h. eine Steckkarte umfaßt 3 x 8 Ausgänge, was den Ausgängen von 3 Tonkaskaden entspricht. 4 solche Steckkarten vervollständigen die Bestückung.

Wir werden uns auf die Beschreibung eines einzigen Schalters beschränken.

Wenn die Platine G 2 auf den Generator gesteckt ist, erhalten die IC 1 auf G 2 ihre Speisespannung via die Stifte - 15 und G. Als Beispiel sei der Steuereingang 5 des IC 1-2 am Generatorausgang 106 (oberstes "a") angeschlossen. Das tonfrequente Rechtecksignal am Stift 106 wechselt also zwischen Masse und - 15 V und zwar mit normalerweise 7040 Hz. Der Schalter IC 1-2 wird abwechselungsweise nieder- und hochohmig (7040 mal pro Sekunde).

Der Ausgang der Steckkarte (Stift 4 des IC 1-2) ist daher abwechselungsweise mit Masse verbunden oder von ihr isoliert, jedoch steht an diesem Ausgang **keine Spannung**. Dies bedeutet, daß die Steckkartenausgänge stumm sind, also keine Spannungen an die dort angeschlossene Verdrahtung abgeben. Erst wenn von außen her (von der elektronischen Tastung) eine Spannung auf den Ausgang gelegt wird, wird diese Spannung vom IC 1-2 im Tonfrequenzrhythmus an Masse gelegt oder freigegeben.

Steckerseite

Lötseite
Tastung

Lötseite
Piano

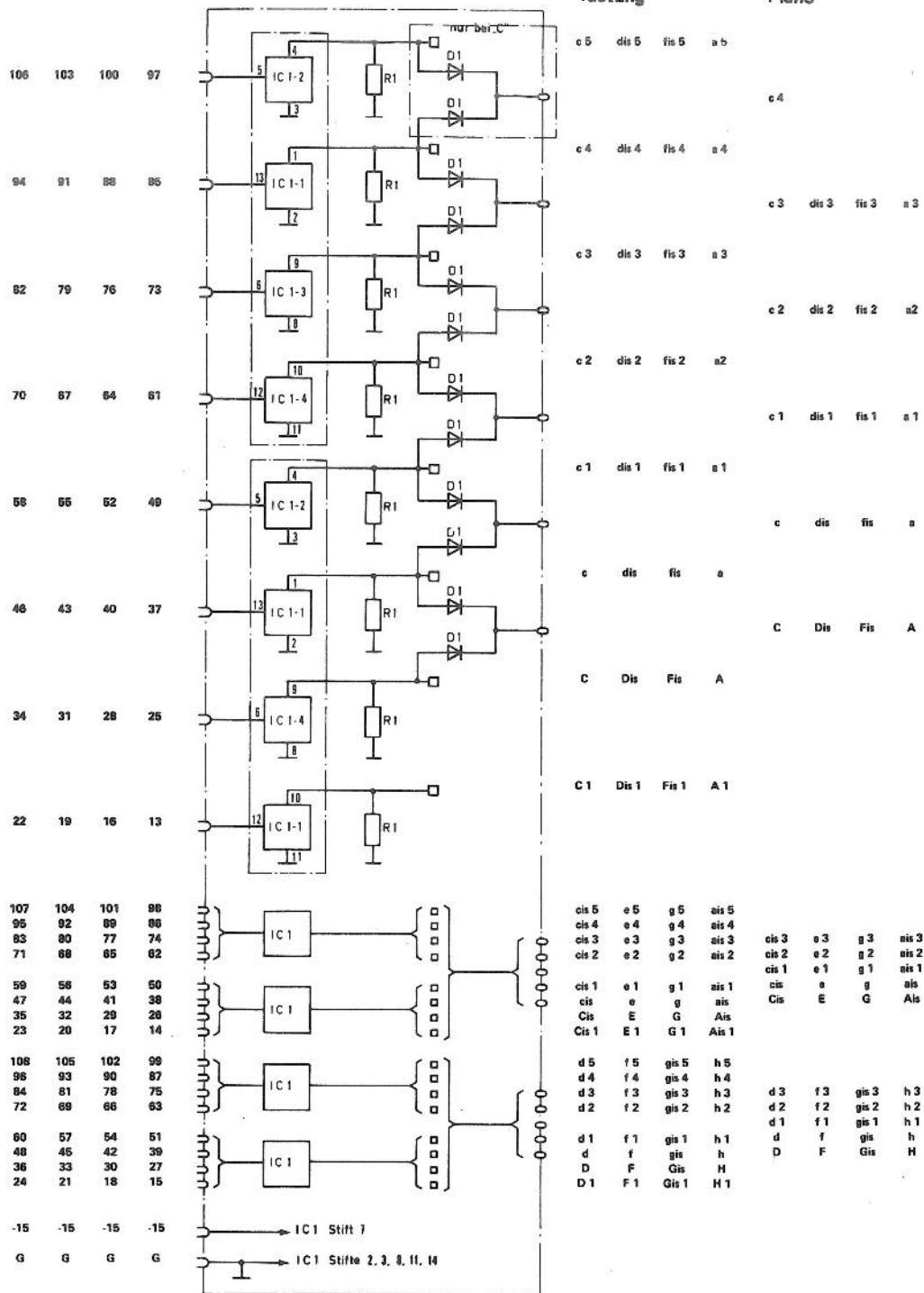


Abb. 10: Schaltbild der Steckkarte G 2

Der Widerstand R 1 dient lediglich zur Ableitung von eventuellen Leckspannungen, die auf den abgehenden Leitungen liegen könnten.

Pianoabgänge: Je zwei aufeinanderfolgende Oktavausgänge einer Kaskade werden mittels 2 Dioden so kombiniert, daß ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 3:1 entsteht (siehe auch Abb. 5). Dieses Signal wird für das Piano verwendet. Auch hier stehen keine Spannungen auf den abgehenden Leitungen, solange die Pianotastung keine negative Vorspannung anlegt.

Normalerweise werden die Ausgänge der 2. bis 7. Oktave zusammengefaßt, welche ein 5-Oktaven Piano speisen. Bei der "C"-Kaskade wird noch die 8. Oktave zugezogen, um das obere "c" zu erzeugen.

Die Steckkarten G 2 gehören mit zur elektronischen Tastung und werden dort mitgeliefert.

Pedalsustain - Anschlüsse

Der 13-Tasten- und der 30-Tasten Pedalsustain haben ihre eigene Frequenzteilung. Der 30-Tasten-Pedalsustain benötigt die oberste Oktave als Signalquelle. Er wird über die 12 Dioden D 2 am Generator ausgekoppelt und an den Stiften P 97 bis P 108 angeschlossen. Die Dioden D 1 und die Stifte P 73 bis P 85 werden in diesem Fall nicht bestückt.

Der 13-Tasten Pedalsustain braucht 12 Töne der 6. Oktave plus das "C" der 7. Oktave als Eingang. Die 12 Dioden D 2 und die Stifte P 97 bis P 108 werden durch 13 Dioden D 1 und die Stifte P 13 bis P 85 ersetzt und der Pedalsustain wird dort angeschlossen.



Tonskalen und Frequenzen

Wir verwenden als Normalstimmung für das mittlere "a" eine Frequenz von 440 Hz. Es gibt weltweit noch andere Normen, z.B. wird oft 444 Hz angewandt. Da alle Töne unserer Orgeln fest an einen einzigen Oszillator gekoppelt sind, ist es äußerst einfach die Normalstimmung mit dem Regler "Gesamtstimmung" auf jede beliebige Norm festzulegen. Diese Gesamtstimmung umfaßt einen Regelbereich von ca. 9 %, d.h. das mittlere "a" kann von 420 bis 460 Hz eingestellt werden.

Die Tonbezeichnungen sind international leider nicht ein-

deutig festgelegt. Wir wenden in unseren Orgeln eine fortlaufende Numerierung aller Töne an. Sie können die Pfade aller Töne vom Generator durch die elektronische Tastung anhand dieser Numerierung verfolgen. Die nachfolgende Tabelle vermittelt Ihnen eine Übersicht über die Zusammenhänge zwischen zwei der gebräuchlichsten Tonskalen und der fortlaufenden Numerierung mit deren Frequenzen. Die Frequenzen stammen aus der wohltemperierten Tonskala und sind mathematisch exakt. Die minimalen und unhörbaren Abweichungen, welche durch die Verwendung eines $^{12}\sqrt{2}$ -Teilers entstehen, sind dabei nicht berücksichtigt.

Laufende Nummer	Tonskala I	Tonskala II	Frequenz in Hz	Laufende Nummer	Tonskala I	Tonskala II	Frequenz in Hz
13	C 1	C 0	32,703	61	c 2	C 4	523,251
14	Cis 1	C# 0	34,648	62	cis 2	C# 4	554,365
15	D 1	D 0	36,708	63	d 2	D 4	587,330
16	Dis 1	D# 0	38,891	64	dis 2	D# 4	622,254
17	E 1	E 0	41,203	65	e 2	E 4	659,255
18	F 1	F 0	43,654	66	f 2	F 4	698,456
19	Fis 1	F# 0	46,249	67	fis 2	F# 4	739,989
20	G 1	G 0	48,999	68	g 2	G 4	781,991
21	Gis 1	G# 0	51,913	69	gis 2	G# 4	830,609
22	A 1	A 0	55,000	70	a 2	A 4	880,000
23	Ais 1	A# 0	58,270	71	ais 2	A# 4	932,328
24	H 1	B 0	61,735	72	h 2	B 4	987,767
25	C	C 1	65,406	73	c 3	C 5	1046,502
26	Cis	C# 1	69,296	74	cis 3	C# 5	1108,731
27	D	D 1	73,416	75	d 3	D 5	1174,659
28	Dis	D# 1	77,782	76	dis 3	D# 5	1244,508
29	E	E 1	82,407	77	e 3	E 5	1318,510
30	F	F 1	87,307	78	f 3	F 5	1396,913
31	Fis	F# 1	92,499	79	fis 3	F# 5	1479,978
32	G	G 1	97,999	80	g 3	G 5	1567,982
33	Gis	G# 1	103,826	81	gis 3	G# 5	1661,219
34	A	A 1	110,000	82	a 3	A 5	1760,000
35	Ais	A# 1	116,541	83	ais 3	A# 5	1864,655
36	H	B 1	123,471	84	h 3	B 5	1975,533
37	c	C 2	130,813	85	c 4	C 6	2093,005
38	cis	C# 2	138,591	86	cis 4	C# 6	2217,461
39	d	D 2	146,832	87	d 4	D 6	2349,318
40	dis	D# 2	155,563	88	dis 4	D# 6	2489,016
41	e	E 2	164,814	89	e 4	E 6	2637,020
42	f	F 2	174,614	90	f 4	F 6	2793,826
43	fis	F# 2	184,997	91	fis 4	F# 6	2959,955
44	g	G 2	195,998	92	g 4	G 6	3135,963
45	gis	G# 2	207,652	93	gis 4	G# 6	3322,438
46	a	A 2	220,000	94	a 4	A 6	3520,000
47	ais	A# 2	233,082	95	ais 4	A# 6	3729,310
48	h	B 2	246,942	96	h 4	B 6	3951,066
49	c 1	C 3	261,626	97	c 5	C 7	4186,009
50	cis 1	C# 3	277,183	98	cis 5	C# 7	4434,922
51	d 1	D 3	293,665	99	d 5	D 7	4698,636
52	dis 1	D# 3	311,127	100	dis 5	D# 7	4978,032
53	e 1	E 3	329,628	101	e 5	E 7	5274,041
54	f 1	F 3	349,228	102	f 5	F 7	5587,652
55	fis 1	F# 3	369,994	103	fis 5	F# 7	5919,911
56	g 1	G 3	391,995	104	g 5	G 7	6271,927
57	gis 1	G# 3	415,305	105	gis 5	G# 7	6644,875
58	a 1	A 3	440,000	106	a 5	A 7	7040,000
59	ais 1	A# 3	466,164	107	ais 5	A# 7	7458,620
60	h 1	B 3	493,883	108	h 5	B 7	7902,133

Tabelle 2: Tonskalen und Tonfrequenzen

Aufbau des Tongenerators G 1

In diesem Kapitel wird die Bestückung der Tongeneratorplatine G 1 Schritt für Schritt beschrieben. Informieren Sie sich bitte anhand der Anleitung BA 1000 "Arbeitsgrundlagen" über Löttechnik, Bauteile und Arbeitsmethoden. Wir empfehlen Ihnen, den Aufbau in der angegebenen Reihenfolge vorzunehmen. Zeichnen Sie jeden Schritt oder Teilschritt in den dafür vorgesehenen Klammern ab (✓).

Die in der Stückliste aufgeführten Bauteile sind als typisch zu betrachten. Markt- und Lieferbedingungen erfordern gelegentlich die Lieferung von Ersatztypen. Achten Sie darauf ob dem Bausatz eine separate Stückliste beiliegt oder ob Verpackungskärtchen vorhanden sind, die abweichende Bauteilbezeichnungen aufweisen.

Beachten Sie ferner, daß jedes Bauteil durch die Bausatznummer und die Positionsnummer eindeutig definiert ist.

Erwähnen Sie bitte diese Nummern (nebst der Bauteilbeschreibung) in Ihrer Korrespondenz oder Ihrer Bestellung, sollten Sie zum einen oder anderen veranlaßt werden (z.B. 100 - 14, x Widerstände 220 kOhm).

Ein "L" in der Positionskolonne weist auf einen empfohlenen Löthalt hin.

Schritt 1: Stückliste

- () Öffnen Sie den Bausatz "Tongenerator G 1" und prüfen Sie den Inhalt gegen die untenstehende Stückliste, ohne die Tüten zu entleeren. Ordnen Sie die Tüten und separat verpackten Teile in aufsteigender Nummernreihenfolge; sie werden später auf diese Art abgerufen.

Stückliste für den Tongenerator G1

Die Bausatznummer für den Tongenerator G 1 ist : 100 —

Positions- Nr. 100-	Anzahl/ Menge	Beschreibung	Symbole, Bemerkungen
1	1	Platine G1	
2	5 m	Lötzinn 1mm	
3	3 m	Silberdraht 0,8 mm	für Drahtbrücken
4 L	11	Dioden 1N4148 Widerstände 1/2 W, 5%	D 3 bis D 13
5	3	Widerstand 10 Ohm (braun-schwarz-schwarz) Widerstände 1/4 W, 5%	R 41 (2 in Reserve)
6	1	Widerstand 220 Ohm (rot-rot-braun)	R 49
7	4	Widerstände 1 kOhm (braun-schwarz-rot)	R 4, 34, 35, 44
8	1	Widerstand 4,7 kOhm (gelb-violett-rot)	R 29
9 L	2	Widerstände 10 kOhm (braun-schwarz-orange)	R 10, 37
10 L	9	Widerstände 22 kOhm (rot-rot-orange)	R 3, 8, 11, 18, 20, 21, 27, 38, 45
11	1	Widerstand 33 kOhm (orange-orange-orange)	R 26
12 L	5	Widerstände 47 kOhm (gelb-violett-orange)	R 6, 9, 12, 40, 43
13 L	9	Widerstände 100 kOhm (braun-schwarz-gelb)	R 1, 7, 15, 16, 17, 22, 39, 46, 47
14	4	Widerstände 220 kOhm (rot-rot-gelb)	R 5, 14, 25, 30
15	3	Widerstände 470 kOhm (gelb-violett-gelb)	R 24, 28, 42
16 L	2	Widerstände 1 MOhm (braun-schwarz-grün)	R 19, 23
17	1	Widerstand 1,5 MOhm (braun-grün-grün)	R 33
18	5	Widerstände 2,2 MOhm (rot-rot-grün)	R 2, 13, 31, 36, 48
19 L	1	Widerstand 3,3 MOhm (orange-orange-grün)	R 32
20		Trimpotis	
--1 L	1	Trimpoti 1 MOhm, liegend	P 3
--2 L	2	Trimpotis 100 kOhm, Cermet	P 1, 2
21	1	Kondensator 47 pF, keramisch	C 1
22	1	Kondensator 220 pF	C 2
23	1	Kondensator 0,01 uF (= 10 nF)	C 9
24 L	1	Kondensator 0,022 uF (= 22 nF)	C 10
25	1	Kondensator 0,047 uF (= 47 nF)	C 4

Postions-Nr. 100-	Anzahl/ Menge	Beschreibung	Symbole,	Bemerkungen
26	1	Kondensator 0,1 uF	C 6	
27	2	Kondensatoren 0,22 uF	C 5, 7	
28 L	1	Kondensator 0,33 uF	C 3	
29	1	Elko 1 uF/ 50 V	C 12	
30	1	Elko 10 uF/ 50 V	C 8	
31 L	1	Elko 100 uF/ 25 V	C 11	
32 L	26	Lötstifte		
33		IC Sockel		
--1 L	1	IC Sockel, 8-polig	für IC 5	
--2 L	14	IC Sockel, 14-polig	für IC 1, 3, 4	
--3 L	1	IC Sockel, 16-polig	für IC 2	
34 L	3	Transistoren BC 237 b	Q 1, 2, 3	
35		Stiftleisten		
--1 L	4	Stiftleisten PCM - 10	Reihe 1: Pos. D, F, G [#] , B	
--2 L	10	Stiftleisten PCM - 8	Reihe 1; Pos. C, C [#] , D [#] , E, F [#] , G, A, A [#] , Leisten A-A und B-B	
36	12	IC, WIC 7015	12 x IC 1	
37	1	IC, AY - 3 - 0214	IC 2	
38	1	IC, WIC 4069	IC 3	
39	1	IC, WIC 6020	IC 4	
40	1	IC, WIC 1458	IC 5	
41		Prüfmaterial		
--1	1	Trimpoti 100 kOhm	für Lautstärke	
--2	2	Widerstände 470 kOhm (gelb-violett-gelb)		
--3	3	Buchsengehäuse WF - 10		
--4	2	Buchsengehäuse WF - 8		
--5	50	Anschlagkontakte		
--6	10	Krokodilklemmen		
--7	4x0,5m	Litze 0,14 mm ² , schwarz, rot, blau, weiss		
--8	2 m	Litze 0,14 mm ² , gelb		
--9	2 m	NF Kabel, abgeschirmt		

Schritt 2: Kurze Drahtbrücken

- () Heizen Sie den LötKolben an, nehmen Sie die Platine G 1 zur Hand und öffnen Sie die Tüten Nr. 2 und 3 mit dem Lötzinn und dem Silberdraht. Befestigen Sie das eine Ende des Silberdrahtes an einem festen Gegenstand (Türklinke, Schraubstock o.ä.) und ziehen Sie am anderen Ende, so daß sich der Draht um einige cm streckt was ihn steif und gerade macht.

Schneiden Sie 3 Drahtbrücken je 3 cm lang und bauen Sie die Drahtbrücken an den Stellen "Ju 1", "Ju 2" und "Ju 3" ein. Löten Sie die Drahtbrücken fest und schneiden Sie die überstehenden Enden ab.

Schritt 3: Dioden

- () Bauen Sie die 11 Dioden aus der Tüte Nr. 4 an den Stellen "D 3" bis "D 13" ein. Beachten Sie die Polarität. Ziehen Sie die BA 1000 "Arbeitsgrundlagen", Kapitel "Dioden" heran, um sich dort über Polaritätsbezeichnungen und die Behandlung von Dioden zu informieren.

Die Dioden D 1 bzw. D 2 werden erst bestückt, wenn der Pedalsustainbausatz aufgebaut wird.

Schritt 4: Widerstände

- () Bauen Sie die Widerstände aus den Tüten Nr. 5 bis Nr. 19 anhand der Stückliste ein. Löten Sie die Widerstände auf der Platine fest und kneifen Sie die überstehenden Drahtenden ab, wenn in der Stückliste ein "L" erscheint. Die Polarität ist beliebig.
- () Zählen Sie die eingebauten Widerstände. Es müssen 49 Stück vorhanden sein.

Schritt 5: Trimpotis

- () Bauen Sie das 1 MOhm Trimpoti (Pos. 20-1) an der Stelle "P 3" ein. Drehen Sie den Schleifer in die Mittelstellung nach dem Löten.
- () Bauen Sie die 2 Cermet-Trimpotis (Pos. 20-2) an den Stellen "P 1" und "P 2" ein. Die asymmetrischen Anschlußstifte definieren die Orientierung eindeutigerweise.

Schritt 6: Keramische und Folienkondensatoren

- () Bauen Sie die 9 Kondensatoren aus den Tüten Nr. 21 bis Nr. 28 anhand der Stückliste ein. Löten Sie die Anschlußdrähte fest und kneifen Sie die überstehenden Drahtenden ab, wenn in der Stückliste ein "L" erscheint. Die Polarität ist beliebig.

Schritt 7: Elkos

- () Bauen Sie die 3 Elkos aus den Tüten Nr. 29 bis Nr. 31 anhand der Stückliste ein. Beachten Sie die Polarität! Ziehen Sie die BA 1000 "Arbeitsgrundlagen", Kapitel "Elkos" heran zwecks Angaben über Polaritätsbezeichnungen der verschiedenen Hersteller. Löten Sie die Anschlußdrähte fest und schneiden Sie die überstehenden Drahtenden ab.

Schritt 8: Lange Drahtbrücken

- () Stecken Sie die 26 Lötstifte aus der Tüte Nr. 32 entlang den dicken weißen Linien "Ju 4" bis "Ju 7" in die Platine. Drehen Sie die Lötstifte so, daß lange Drähte durch die Ösen geschoben werden können. Löten Sie die Lötstifte in dieser Lage fest.
- () Schneiden Sie 4 Drahtlängen vom Silberdraht ab:
 - 25 cm für "Ju 4"
 - 26 cm für "Ju 5"
 - 22 cm für "Ju 6"
 - 30 cm für "Ju 7"

Stecken Sie die Drähte durch die Ösen der Lötstifte. Löten Sie die Drähte an allen Lötösen fest, indem Sie zuerst in der Mitte der Drahtlängen löten und von dort nach außen hin, bis alle 26 Lötstifte angelötet sind. Kneifen Sie die überstehenden Drahtenden ab.

Schritt 9: IC Sockel

Das Löten von IC Sockeln erfordert eine feine LötKolbenspitze, die immer sauber gehalten werden muß. Sollte eine unerwünschte Lötzinnbrücke zwischen benachbarten Anschlußstiften entstehen, "saugen" Sie das Lötzinn mit einem "trockenen" LötKolben unter Zugabe von etwas frischem Lötzinn ab. Achten Sie darauf, daß die Sockel ganz auf der Platine aufliegen und daß alle Stifte auf der Kupferseite erscheinen bevor Sie anfangen zu Löten. Heften Sie den Sockel fest, indem Sie zuerst zwei diagonal liegende Stifte anlöten.

- () Bauen Sie den 8-poligen IC Sockel aus der Tüte Nr. 33 an der Stelle "IC 5" ein. Drehen Sie den Sockel so, daß seine Markierung (z.B. diagonal ausgefüllte Innenecke) in die Nähe des weißen Punktes im Positionsdruck zu liegen kommt.
- () Bauen Sie die vierzehn 14-poligen IC Sockel an den Stellen "IC 1" (12 mal), "IC 3" und "IC 4" ein, wie oben beschrieben.
- () Bauen Sie den 16-poligen IC Sockel an der Stelle "IC 2" ein.

Überprüfen Sie die Kupferseite auf korrekte Lötstellen und eventuelle unerwünschte Zinnbrücken. Bevor Sie Gewalt anwenden, beachten Sie bitte, daß die Stifte 9 und 10 und die Stifte 11 und 12 des IC 3 auf der Kupferseite mit je einer Leiterbahn verbunden sind.

Schritt 10: Transistoren

- () Bauen Sie die 3 Transistoren aus der Tüte Nr. 34 an den Stellen "Q 1" bis "Q 3" ein. Drehen Sie die Transistoren so, daß die Körper der Transistoren mit der Markierung auf der Platine übereinstimmen. Der Abstand zwischen den Transistoren und der Platine soll 3 bis 5 mm betragen. Löten Sie die Anschlußdrähte fest und kneifen Sie die überstehenden Drahtenden ab.

Schritt 11: Stiftleisten

- () Bauen Sie vier 10-polige Stiftleisten (Pos. 35-1) von der Bauteilseite her in die Platine ein und zwar an den Stellen:
Stiftleiste 1, Tonkaskade D, F, G[#] und B.

Achten Sie darauf, daß die Kunststoffleisten ganz auf der Platine aufliegen und daß die Stifte genau senkrecht stehen.
- () Bauen Sie acht 8-polige Stiftleisten (Pos. 35-2) in die Platine ein und zwar an allen übrigen Tonkaskaden der Stiftleiste 1.
- () Bauen Sie zwei 8-polige Stiftleisten (Pos. 35-2) an den Stellen "A-A" und "B-B" in die Platine ein.

Die übrigen Stiftleisten werden erst mit den Bausätzen geliefert, für welche Sie benötigt werden, z.B. Tastung für das zweite Manual, Piano, etc. Dasselbe gilt für die Einzelstifte an den Stellen "P 73" bis "P 108".

Schritt 12: IC Einbau

- () Bevor Sie die IC's einbauen, lesen Sie das Kapitel "Arbeitsgrundlagen" durch. Sie werden dort über die Polaritätsbezeichnungen und über die Behandlung von IC's informiert.

Achtung: Statische Ladungen, Berührungen mit ungeerdeten LötKolben usw. können die IC's beschädigen.

- () Stecken Sie die 12 IC's WIC 7015 aus der Tüte Nr. 36 in die Sockel "IC 1". Beachten Sie, daß die Markierung auf den IC's (Punkt, Einbuchtung, die Zahl 1, usw.) in die Nähe des weißen Punktes im Positionsdruck zu liegen kommt.
- () Stecken Sie den IC AY-3-0214 aus der Tüte Nr. 37 in den Sockel "IC 2", wiederum unter Beachtung der Polarität. Nebenbemerkung: Dieser IC ist teuer.
- () Stecken Sie die restlichen IC's auf ähnliche Weise ein:
WIC 4069 (Tüte Nr. 38) in Sockel "IC 3"
WIC 6020 (Tüte Nr. 39) in Sockel "IC 4"
WIC 1458 (Tüte Nr. 40) in Sockel "IC 5"
Beachten Sie in allen Fällen die Polarität. Typen nicht untereinander vertauschen!

Damit ist das Bestücken der Platine vorläufig beendet. Sie können zur Prüfung übergehen oder, falls Sie dies vorziehen, die Bestückung vervollständigen. Konsultieren Sie die Bauanleitungen "Elektronische Tastung", "Piano" und "Pedalsustain" zwecks Angaben über den Einbau der Stiftreihen 2 und 3, der Einzelstifte P 73 bis P 108, sowie der Dioden D 1 oder D 2.

Überprüfen Sie die Bauteilseite der Platine nochmals auf korrekte Typen, Werte und Polaritäten der Bauteile und kontrollieren Sie die Kupferseite auf korrektes Löten und auf eventuelle unerwünschte Lötzinnbrücken zwischen benachbarten Löttaugen und / oder Leiterbahnen. Ziehen Sie in Zweifelsfällen die Abb. 11 heran.

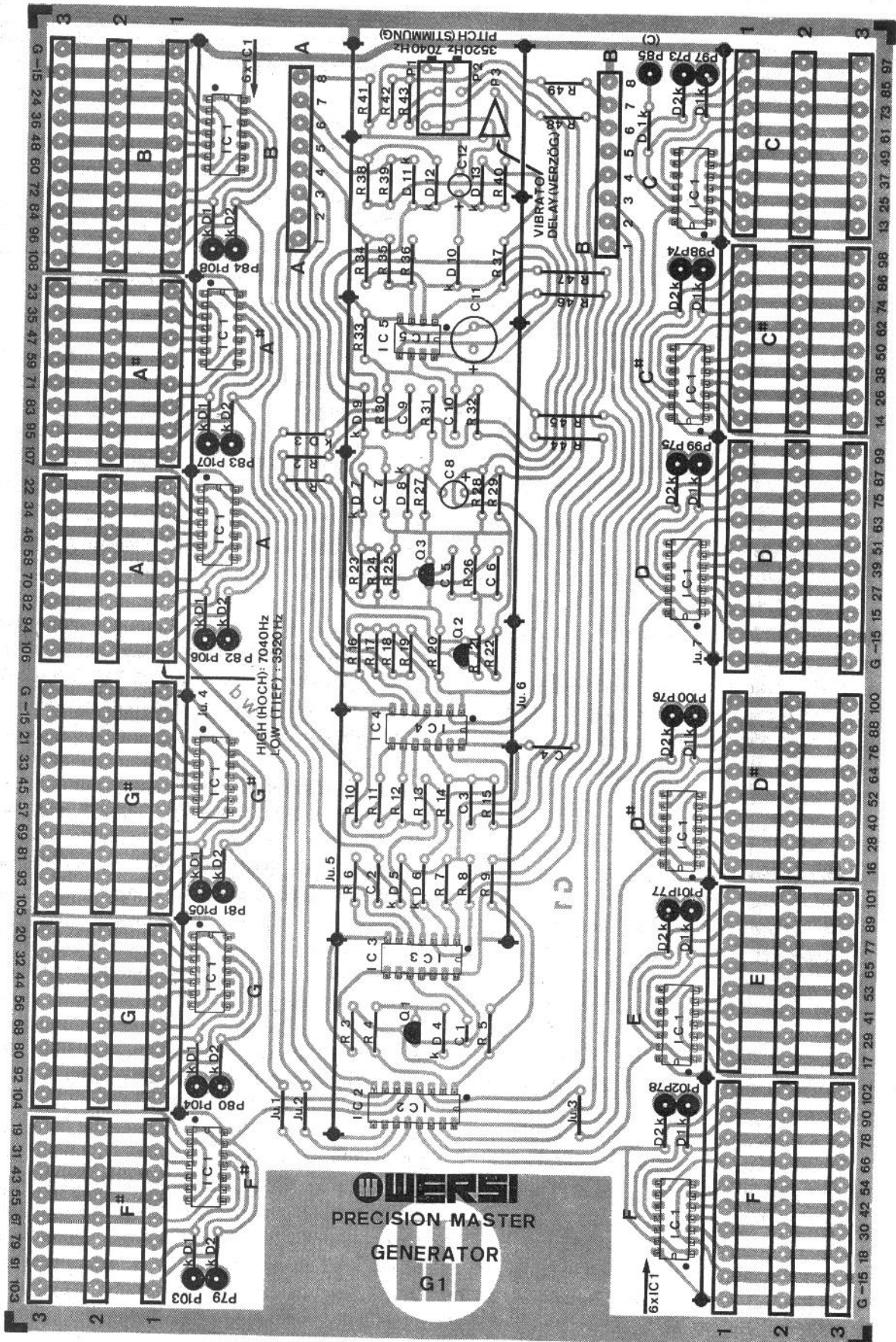


Abb. 11: Positionsdruck mit unterlegten Leiterbahnen der Platine G 1

Prüfung des Tongenerators

Prüfaufbau

Benötigte Geräte:

- Orgelnetzteil
- Verstärker (Orgelverstärker, Hi-Fi-Anlage, Radio etc.)
- Voltmeter (mit mindestens 20 bis 50 V Gleichspannungsbereich)

Nützliches Zusatzgerät:

- Frequenzzähler (100 Hz bis 10 kHz)
- () Stellen Sie zuerst 5 Prüfstecker her. Schneiden Sie 46 Stücke Silberdraht von je 2,5 cm zurecht. Quetschen und löten Sie je einen Anschlagkontakt (Pos. 41-5) an jeweils ein Ende der Silberdrahtstücke. Stecken Sie die Anschlagkontakte in die Buchsengehäuse WF-10 (Pos. 41-3) und WF-8 (Pos. 41-4). Beachten Sie das Kapitel "Steckverbindungen" der BA 1000 "Arbeitsgrundlagen". Biegen Sie die Drahtenden wie in Abb. 12 gezeigt.
- () Stecken Sie die 10-poligen Prüfstecker auf die Stiftleisten am Netzteil und zwar je ein Stecker bei + 15 V, GND und - 15 V.
- () Stecken Sie je einen 8-poligen Prüfstecker auf die Stiftleisten "A-A" und "B-B" des Generators G 1.
- () Löten Sie einen 470 kOhm Widerstand zwischen die Stifte "B 1" und "B 3" des Generators. Siehe auch Abb. 13.

- () Löten Sie das eine Ende eines 470 kOhm Widerstandes an den Stift "A 5".
- () Löten Sie eine gelbe Litze zwischen den Stift "B 6" und dem mittleren Anschluß des 100 kOhm Potis "Gesamtstimmung" (aus dem Baupaket "Tongenerator").
- () Löten Sie eine gelbe Litze zwischen dem "unteren" Anschluß des Stimmungspotis und Netzteil "GND".
- () Löten Sie eine gelbe Litze zwischen dem "oberen" Anschluß des Stimmungspotis und Netzteil "-15 V".
- () Löten Sie eine gelbe Litze zwischen dem Stift A 4 des Generators und Netzteil "+ 15 V".
- () Löten Sie eine gelbe Litze zwischen dem Stift A 8 des Generators und Netzteil "- 15 V".
- () Löten Sie eine gelbe Litze zwischen dem Stift B 8 des Generators und Netzteil "GND".
- () Löten Sie eine gelbe Litze zwischen dem Stift B 7 und dem "Slalom"-Poti Anschluß A.
- () Löten Sie eine gelbe Litze zwischen dem "Slalom"-Poti Anschluß S und dem Netzteil "GND".
- () Löten Sie das eine Ende einer schwarzen Litze an das Netzteil "GND" und versehen Sie das andere Ende mit einer Krokodilklemme.

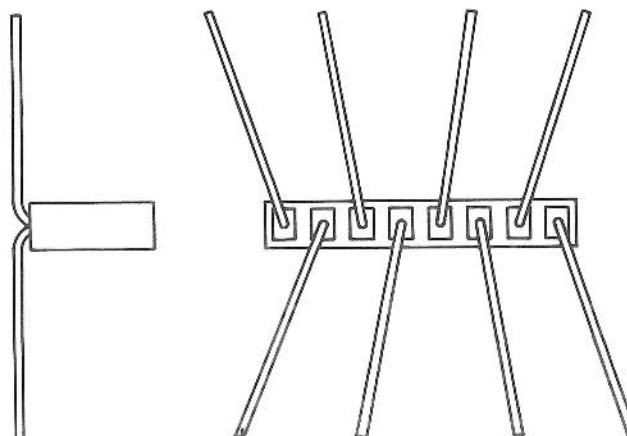


Abb. 12: Prüfstecker

- () Löten Sie die einen Enden je einer blauen, weißen und roten Litze an das Netzteil "- 15 V" und versehen Sie die anderen Enden mit Krokodilklemmen.
- () Verlegen Sie eine abgeschirmte Leitung zum Verstärker und schließen Sie am anderen Ende das 100 kOhm Trimpoti (Pos. 41-1) an, wie in Abb. 13 gezeigt.
- () Löten Sie das eine Ende einer kurzen gelben Litze an den dritten Anschluß des Trimpotis und versehen Sie das andere Ende mit einer Krokodilklemme.

Prüfung

- () Legen Sie die negative Messleitung des Voltmeters (20 bis 50 V Gleichspannungsbereich) an die lange Drahtbrücke "Ju 6" und die positive Meßleitung an den Stift A 4 des Generators. Schalten Sie das Netzteil ein. Sie sollten 15,0 V ablesen können. Schalten Sie das Netzteil aus.

- () Legen Sie die negative Meßleitung an die lange Drahtbrücke "Ju 5" und die positive Meßleitung an die lange Drahtbrücke "Ju 6". Schalten Sie das Netzteil ein. Sie sollten 14,5 V ablesen. Lassen Sie das Voltmeter angeschlossen. Schalten Sie das Netz aus.
- () Vergewissern Sie sich ob das Netzteil sowie der Verstärker geerdet sind. Ziehen Sie im Zweifelsfall eine zusätzliche Leitung zwischen Netzteil "GND" und der Masse des Verstärkers. Schalten Sie das Netzteil ein.
- () Halten Sie die NF-Prüfleitung an irgend einen der Stifte 13 bis 108 des Generators. Sie sollten einen Ton hören. Stellen Sie die Lautstärke mit Hilfe des 100 kOhm Trimpotis ein.
- () Hören Sie der Reihe nach alle NF-Ausgänge ab. Aufeinanderfolgende Ausgänge innerhalb einer Tonkaskade (z.B. Stifte 13 bis 97 bei "C") sollen jeweils um eine Oktave auseinanderliegen. Sollten die Töne einer Kaskade nicht oder nur teilweise

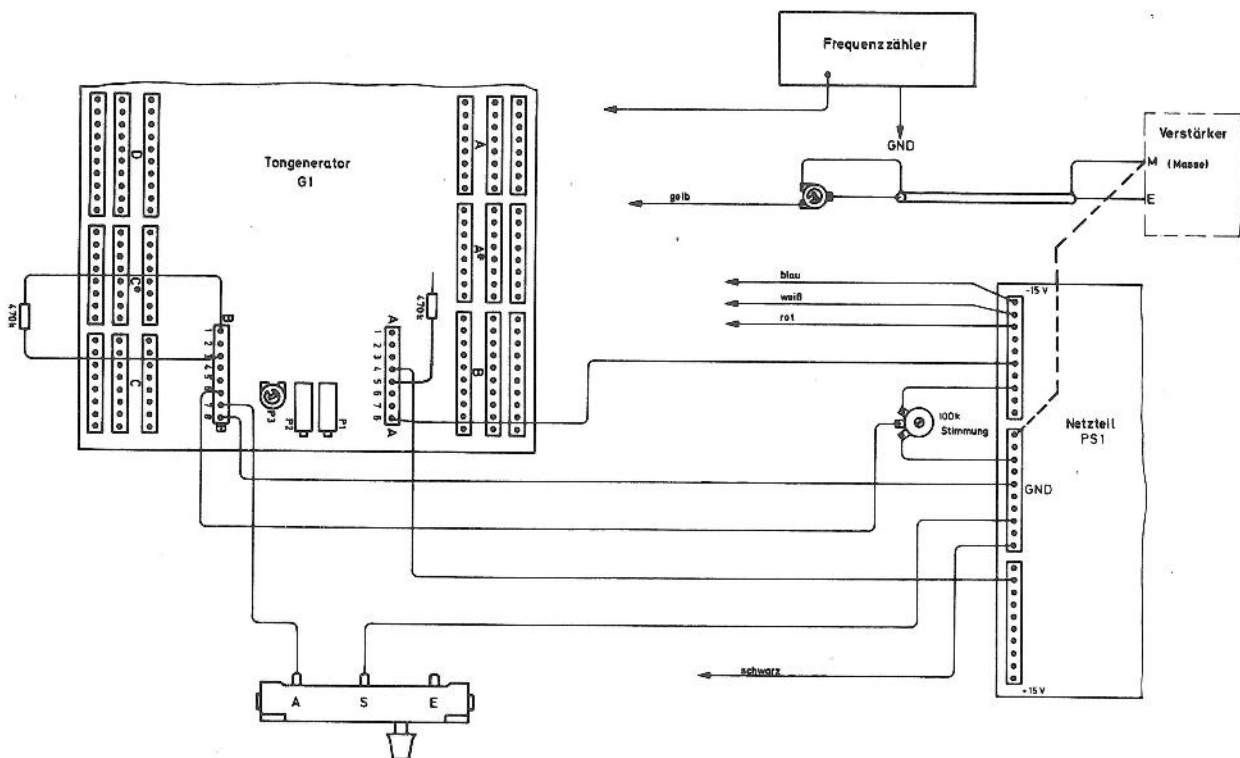


Abb. 13: Prüfaufbau

hörbar sein, überprüfen Sie die Lötstellen in dieser Gegend. Wenn nötig vertauschen Sie einen verdächtigen IC 1 mit einem anderen aus. Aus den Stiften "G" und "- 15" hören Sie naturgemäß keinen Ton.

Stimmung ohne Frequenzzähler

- () Legen Sie die NF-Prüfleitung an den Stift 70. Schieben Sie den "Slalom"-Regler an den linken Anschlag (links in Abb. 13). Stellen Sie den Regler "Gesamtstimmung" in die Mitte. Der Ton am Ausgang 70 soll auf genau 440 Hz * eingestellt werden. Dies geschieht mit Hilfe des Trimpotis P 2 ("3520 Hz"). Zum Tonhöhenvergleich sollten Sie ein anderes Instrument mit bekannt genauem "a", einer Stimmgabel oder ähnlichen "a-Quellen" heranziehen.
- () Legen Sie die NF-Prüfleitung an den Stift 58. Sie hören dort das "a" eine Oktave tiefer. Schieben Sie den "Slalom"-Regler ans andere Ende. Der Ton wird um etwa eine Oktave hochgehen. Stellen Sie wiederum ein genaues "a" (= 440 Hz) ein, diesmal durch Verdrehen des Trimpotis P 1 (7040 Hz).

* **Anmerkung:** Die obigen zwei Schritte dienen lediglich zur exakten Oktaveinstellung des Slalomreglers und zur Grobstimmung des Generators. Andere Stimmungen als 440 Hz können selbst in der fertigen Orgel noch mit dem von außen zugänglichen Poti "Gesamtstimmung" von ca. 420 bis 460 Hz eingestellt werden.

Stimmung mit Frequenzzähler

Eine nicht gehörahängige Stimmung kann mit Hilfe eines Frequenzzählers vorgenommen werden. Sollten Sie einen solchen Zähler besitzen oder ausleihen können, nehmen Sie folgende Einstellungen vor. Erden Sie den Zähler zuerst, indem Sie dessen Masse mit dem Netzteil "GND" verbinden.

- [] Legen Sie die Zählerprüfspitze an den Ausgang 106 (oberstes "a"). Schieben Sie den "Slalom"-Regler nach links. Stellen Sie die Frequenz mit Hilfe des Trimpotis P 2 auf 3520 Hz ein.
- [] Schieben Sie den "Slalom"-Regler nach rechts. Stellen Sie die Frequenz mit Hilfe des Trimpotis P 1 auf 7040 Hz ein. Entfernen Sie den Frequenzzähler und legen Sie die NF-Prüfleitung an den Ausgang 58.

- () Überprüfen Sie die Funktion des Reglers "Gesamtstimmung". Der Ton soll um jeweils etwas weniger als einen halben Ton nach oben und unten verschoben werden können. Stellen Sie das Poti wieder in Mittelstellung.

Hawaii-Effekt

- () Berühren Sie den Stift B 4 mit der schwarzen Prüfspitze. Der Ton soll um etwa einen halben Ton absinken und dann langsam wieder auf den Originalwert ansteigen. Falls Sie die Prüfspitze vor Ende des Hochziehens entfernen, steigt der Ton sehr schnell auf die ursprüngliche Tonhöhe an. Entfernen Sie die schwarze Prüfspitze.

Dauer - Vibrato

- () Klemmen Sie die blaue Prüfspitze an den Stift A 6. Der Ton soll ein schnelles (ca. 7 Hz) Vibrato aufweisen, welches sehr schwach ist.
- () Klemmen Sie zusätzlich die weiße Prüfspitze an den Stift A 2. Das Vibrato soll stärker hörbar sein. Entfernen Sie die weiße Prüfspitze.
- () Klemmen Sie die weiße Prüfspitze an den Stift A 1. Das Vibrato soll noch intensiver werden.
- () Berühren Sie den Stift A 3 mit der roten Prüfspitze. Das Vibrato soll langsam (ca. 4,7 Hz) werden.
- () Klemmen Sie die blaue Prüfspitze an den Stift A 7. Das Vibrato soll verschwinden.

Einschwing-Vibrato

- () Berühren Sie das freie Ende des Widerstandes (am Stift A 5 angeschlossen) mit der roten Prüfspitze. Nach einer gewissen Zeit (ca. 1 Sekunde) soll das Vibrato langsam anschwingen. Diese Zeitverzögerung kann mit Hilfe des Trimpotis P 3 eingestellt werden. Wir empfehlen Ihnen, die endgültige Einstellung erst beim Orgelspielen (z.B. Solo-Trompete) vorzunehmen. Entfernen Sie alle Prüfspitzen.

Slalomatik

- () Klemmen Sie die blaue Prüfspitze an den Stift B 2. Berühren Sie das freie Ende des Widerstandes (am Stift A 5 angeschlossen) mit der weißen Prüfspitze. Der Ton soll langsam um eine ganze Oktave absinken. Beim Loslassen soll der Ton sofort wieder auf die ursprüngliche Tonhöhe zurückfallen.
- () Klemmen Sie die rote Prüfspitze an den Stift B 3. Der Ton soll um eine Oktave tiefer erklingen. Berühren Sie jetzt das freie Ende des Widerstandes mit der weißen Prüfspitze. Der Ton soll langsam um eine Oktave steigen und beim Loslassen wieder zurückfallen.
- () Die obere Tonhöhe kann, während der letzten beiden Prüfschritte, mit Hilfe des "Slalom"-Reglers auch tiefer gesetzt werden. Der automatische Ablauf des Slaloms ist dann auf weniger als eine Oktave beschränkt.

Damit ist die Prüfung des Tongenerators G 1 beendet.
Der Einbau in die Orgel ist in den jeweiligen Aufbauanleitungen beschrieben.

Transposer

Der Transposer besteht aus 11 genau eingestellten Widerstand/Trimpoti Kombinationen, welche je nach der Transponierungs-Tonart anstelle des Slalom-Reglers vom Stift B/7 des Tongenerators nach Masse geschaltet werden. Sämtliche Widerstände und Trimpotis sowie der 12-fach Schalter sind auf einer Platine aufgebaut. Der Schalter wird an gegebener Stelle (siehe entsprechende Orgelbauanleitung) eingebaut, wobei der Schalter die Platine trägt.

Die Abb. 9 zeigt die Schaltung des Transposers.

Aufbau des Transposers

Öffnen Sie den Bausatz "Transposer" und kontrollieren Sie den Inhalt anhand der untenstehenden Stückliste.

Die Bausatz-Nummer des Transposers ist 101.

Stückliste für den Transposer

Positions-Nr. 101-	Anzahl/Menge	Beschreibung	Symbole, Bemerkungen
1	1	Platine TP	
2	1 m	Lötzinn, 1 mm	
3	1	Drehschalter, 1 x 12	
4	1	Drehknopf, 4mm Achse	
5	2	Widerstände 22 kOhm (rot-rot-orange)	R 1, 2
6	2	Widerstände 33 kOhm (orange-orange-orange)	R 3, 4
7	1	Widerstand 47 kOhm (gelb-violett-orange)	R 5
8	1	Widerstand 68 kOhm (blau-grau-orange)	R 6
9	2	Widerstand 100 kOhm (braun-schwarz-gelb)	R 7, 8
10	2	Widerstände 150 kOhm (braun-grün-gelb)	R 9, 10
11	1	Widerstand 220 kOhm (rot-rot-gelb)	R 11
12	3	Trimpoti 22 kOhm, liegend	g_b, g, a_b
13	4	Trimpoti 47 kOhm, liegend	$a, B_b, b, c^\#$
14	2	Trimpoti 100 kOhm, liegend	$d, d^\#$
15	2	Trimpoti 220 kOhm, liegend	e, f

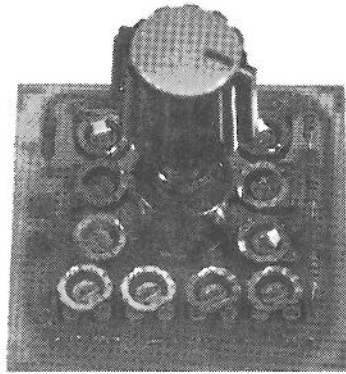


Abb. 14: Photo des Transposers

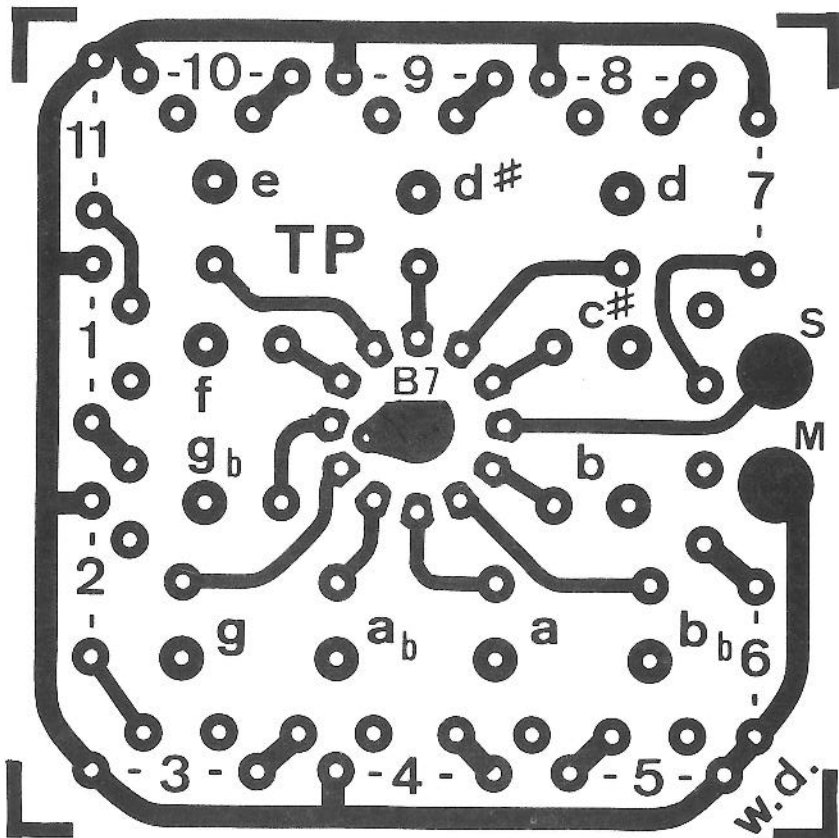


Abb. 15: Leiterbahnen der Platine TP

- () Bauen Sie die Widerstände aus den Tüten Nr. 5 bis 11 an den Stellen "1" bis "11" wie üblich von der Isolationsseite ein. (Diese Platine besitzt keinen Positionsdruck und die Bauteilbezeichnung befindet sich auf der Leiterbahnseite. Das "R" bei den Widerständen wurde aus Platzgründen weggelassen.)
- () Bauen Sie Trimpotis aus den Tüten Nr. 12 bis 15 von der Isolationsseite an den Stellen "b" bis "c#" ein, so daß die Einstellschlitz von der Leiterbahnseite her mit einem Schraubenzieher durch die Platinenlöcher hindurch erreichbar sind.
- () Bauen Sie den Drehschalter von der Isolationsseite ein. Achten Sie darauf, daß der einzelne Stift im inneren Kranz in das entsprechende Platinenloch eingeführt wird.

Bemerkung: Die Anschlußstifte des Transposer-Schalters sind sehr weich. Behandeln Sie den Schalter mit äußerster Vorsicht während des Einbaus.

Damit ist die Transposerplatine fertig aufgebaut. Bauen Sie den Transposer anhand der entsprechenden Orgelbauanleitung ein und schließen Sie die drei Drahtverbindungen an (Masse, Generator, Slalomregler).

Stimmung des Transposers

Es ist wichtig, daß der Tongenerator, zusammen mit dem Slalom-Regler, richtig gestimmt ist, bevor die Transposer-Trimpotis eingestellt werden.

Falls Sie einen Frequenzzähler besitzen, verbinden Sie den Zähler mit dem Stift 106 des Generators (a 5). Stellen Sie das Poti "Stimmung" (unter dem Spieltisch) auf Mittelstellung. Nehmen Sie die folgenden Einstellungen vor:

- () Transposerschalter auf "c", Slalomregler am linken Anschlag. Sie sollten 3520 Hz messen. Dies ist lediglich eine Kontrollmessung. Falls nötig, stellen Sie die Frequenz mit Hilfe des Trimpotis P 2 auf dem Generator ein.
- () Slalomregler am rechten Anschlag. Sie sollten 7040 Hz messen. Falls nötig, stellen Sie die Frequenz mit Hilfe des Trimpotis P 1 auf dem Generator ein.
- () Lassen Sie den Slalomregler am rechten Anschlag. Stellen Sie die Transposer-Trimpotis anhand der folgenden Tabelle ein.

Transposer Schalter Stellung	Einzustellendes Trimpoti	Frequenz am Stift 106 des Generators (in Hz)
ges (fis)	P 1	4978
g	P 2	5274
as (gis)	P 3	5588
a	P 4	5920
b (ais)	P 5	6272
ces (h)	P 6	6645
c	—	7040
cis	P 7	7459
d	P 8	7902
dis	P 9	8372
e	P 10	8870
f	P 11	9397

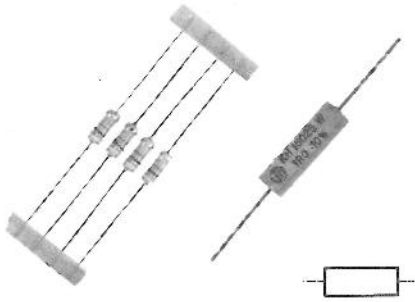
Tabelle 3: Transposer-Stimmung

Selbstverständlich kann der Transposer auch nach Gehör durch Tonvergleiche gestimmt werden. Sie können dazu ein anderes Instrument verwenden oder der Referenzton kann durch Ein- und Ausschalten des Transposers erzeugt werden. Zur Erinnerung: Der Transposerschalter zeigt an, welcher Ton erklingt, wenn eine c-Taste gedrückt wird.

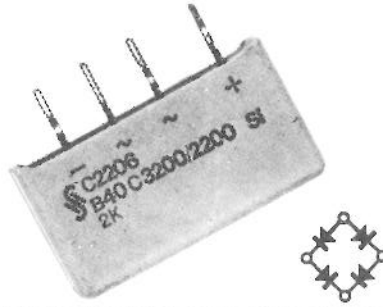
Änderungen, die dem technischen Fortschritt dienen, behalten wir uns vor.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur nach Rücksprache mit uns.

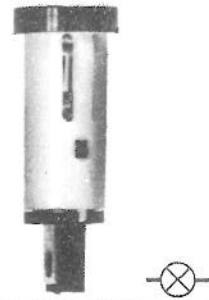
1. Widerstände



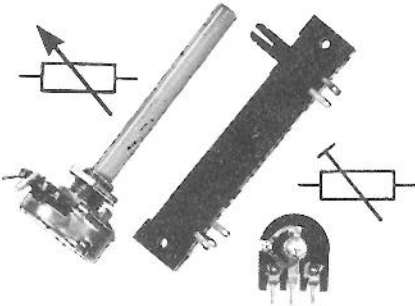
6. Gleichrichter



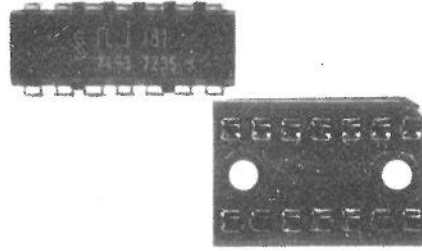
11. Lampen



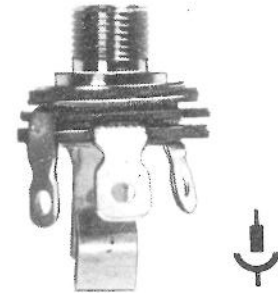
2. Potentiometer



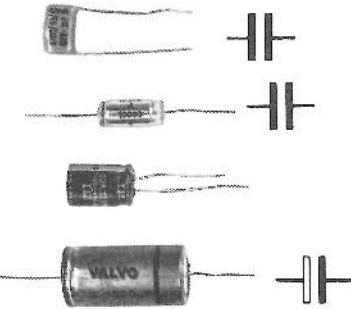
7. Integrierte Schaltkreise



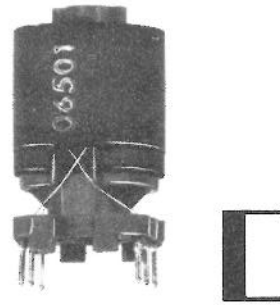
12. Buchse



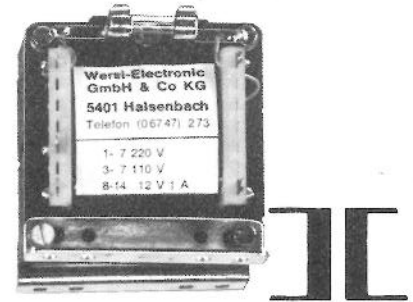
3. Kondensatoren



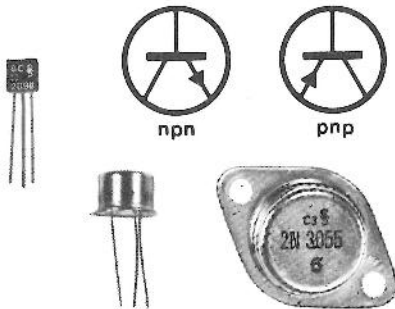
8. Spule



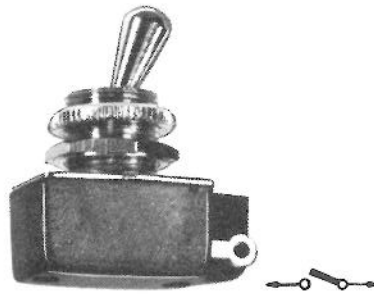
13. Transformator



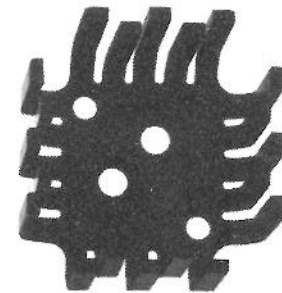
4. Transistoren



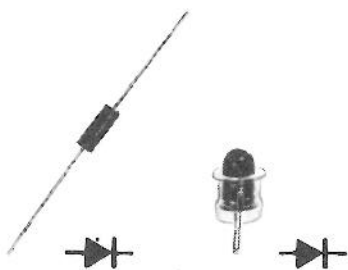
9. Schalter



14. Kühlkörper



5. Dioden



10. Stecker



15. Schrauben





Orgeln
Effekt-Piano
String-Orchestra
Rhythmusgerät
Begleitautomatik
Mischpult 2004
Planar Verstärker
Professional Verstärker
Slave Verstärker u.
Endstufen

Gesangsboxen
Instrumentalboxen
Tonstrahlerkabinette
Rotationskabinette
Rotationsaggregate
Lautsprechersysteme
Einzelbausätze u. -teile
elektronische Bauelemente