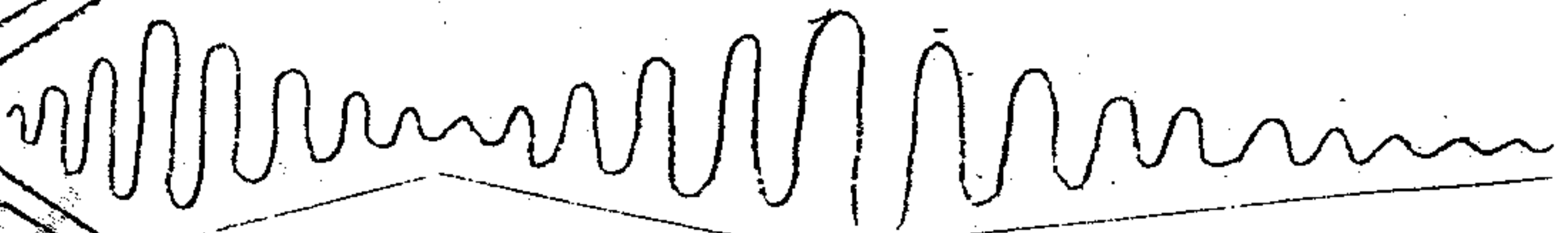


MMB

INFO

MAARFE

SYNTHESIZER



MODULSYSTEM

300'er - SERIE

Verfasser: W. PALM, E. HEIDNER
Erschienen: Dez. '76 in Hamburg

*my in Palm
in Hamburg
2. Auflage*

2. Auflage
Auflage: 200 Stck.
Eigendruck

<u>Inhaltsverzeichnis:</u>		<u>Seite</u>
1. Einleitung		1
1.1. Allgemeines zu dem Instrument Synthesizer		1
1.2. Die verschiedenen Modul-Kategorien		2
2. Spannungsgesteuerter Oszillator (VCO)	PPG 301	4
2.1. Allgemeines		4
2.2. Funktionsweise des PPG 301		4
2.3. Schwingungsformen		6
3. Rausch- und Tieffrequenzgenerator	PPG 304	8
4. Spannungsgesteuerter Filter (VCF)	PPG 317	9
4.1. Allgemeines		9
4.2. Funktionsweise des PPG 317		9
5. Spannungsgesteuerter Verstärker (VCA)	PPG 315	12
5.1. Allgemeines		12
5.2. Funktionsweise des PPG 315		12
6. Spannungsgesteuerter Modifizierer	PPG 303	18
7. Hüllkurvenformer (EVG)	PPG 307	19
	PPG 308	
8. Random Voltage Generator	PPG 310	20
9. Signal Mischer	PPG 309	20
10. Control Panel	PPG 302	21
11. Netzteil	PPG 311	21
12. Sequencer	PPG 314	22
13. Sequential Switch	PPG 313	23
14. Frequency Follower	PPG 316	24
15. Keyboards	PPG 322	
	PPG 323	25
	PPG 324	
16. Standardgehäuse	PPG 318	
	PPG 319	27
Standard Leichtmetallkoffer	PPG 320	27
17. Nachwort		27

1. Einleitung

1.1. Allgemeines zu dem Instrument Synthesizer

Jeder Synthesizer setzt sich aus mehreren Elementen zusammen, die wir im folgenden Module nennen. Jedes einzelne Modul hat eine ganz bestimmte Funktion, die sich in irgendeiner Weise auf den mit dem Synthesizer zu erzeugenden Klang auswirken kann.

An dieser Stelle möchte ich erst kurz erklären, was man unter Tönen, Klängen und Geräuschen versteht.

Ein Ton ist eine periodische Schwingung, die keine Obertöne enthält. Die einzige Wellenform mit dieser Eigenschaft ist die Sinuswellenform. Alle anderen Wellen haben einen Grundton und mehrere Obertöne, sie sind praktisch aus mehreren Sinuswellen zusammengesetzt. Das kann man experimentell und mathematisch nachweisen. Eine periodische Schwingung, d.h. ein Schwingungsvorgang der sich regelmäßig wiederholt und nicht sinusförmig ist, nennt man einen Klang. Da sich ein Klang aus beliebig vielen Obertönen zusammensetzen kann, gibt es für jede dieser Möglichkeiten eine charakteristische Wellenform und eine charakteristische Klangfarbe.

Um einen Klang zu erzeugen, verbindet man mehrere Module miteinander. Man baut sozusagen einen Weg, den der einzelne Ton von der Tonerzeugung über die Klangformung durchläuft, um dann am Ende, durch eine Verstärkeranlage verstärkt, als fertiger Klang das Ohr zu erreichen. Den Aufbau dieses Weges und die gewählte Einstellung aller Bedienungselemente nennen wir im folgenden Programm.

Der Charakter eines Klanges hängt ganz davon ab, welche und wieviele Module in welcher Reihenfolge und mit welcher Einstellung man im Synthesizer verkoppelt hat.

Diese Verkopplungen sind bei kleinen Geräten schon intern vorgenommen, d.h. sie sind intern in einer ganz bestimmten Reihenfolge fest verdrahtet. Diese Verdrahtung läßt sich von außen normalerweise nicht mehr verändern (Ausnahme PPG 1002).

Bei großen Studioanlagen gibt es keine internen Verkopplungen, man kann also alle Verbindungen beliebig von außen herstellen, z.B. über Patchcords (Klinkenkabel), durch Kreuzschienenfelder oder mit Matrixfeldern. Durch diese Technik der Programmierung wird erst die unendliche Vielzahl von Klängen, Geräuschen und Effekten möglich.

Die Größe, die in der Synthesizertechnik alles ausmacht, mit der alle "echten" Synthesizerelemente aufeinander einwirken, ist die elektrische Spannung. Alle Informationen, die von den Modulen eines Synthesizers erzeugt, übermittelt und verarbeitet werden, haben die Form von elektrischen Spannungen.

1.2. Die verschiedenen Modul-Kategorien

Man kann alle Synthesizer-Module in verschiedene Kategorien untergliedern:

1) Die "echten" Synthesizer-Module

Diese erzeugen Spannungen, nehmen Spannungen auf und lassen sich durch Spannungen in ihrer Funktion in irgendeiner Form beeinflussen.

Dazu gehören:

Voltage Controlled Oscillator (VCO) Spannungsgesteuerter Oszillator

Voltage Controlled Filter (VCF) Spannungsgesteuerter Filter

Voltage Controlled Amplifier (VCA) Spannungsgesteuerter Verstärker

2) Die "unechten" Synthesizer-Module

Diese lassen sich wiederum untergliedern in:

- a) Module, die sich von außen triggern lassen, d.h. über externe Spannungsimpulse kann man diese Module in ihrer Funktion starten, sie beginnen also daraufhin zu arbeiten und in ihrer Funktion zu wirken. Dabei geben sie dann eine Spannung ab.

Dazu gehören:

Envelope Generator (EVG)

Hüllkurvenformer

Sequencer (SEQU)

Sequencer

Der Unterschied zu den unter 1) genannten Modulen ist, daß die unechten Synthesizer-Module sich nicht durch Spannung in ihrer Funktion beeinflussen lassen.

- b) Module, die, sobald sie eingeschaltet sind, entweder nur eigene Spannungen abgeben oder fremde Spannungen ihrer Funktion entsprechend verändern. Sie lassen sich weder triggern noch durch Spannungen in irgend einer Form beeinflussen.

Dazu gehören:

Noise Generator (NOG)

Rauschgenerator

Fixed Filter Bank (FFB)

Festfilterbank

Signal Mixer (SM)

Signalmischer

Neben den genannten Modul-Kategorien, gibt es noch einige Randgruppen, die hier nur beispielhaft erwähnt werden sollen:

Power Supply (PS)

Netzteil

Control Panel (CP)

Schalterbank

usw.....

All die hier aufgeführten Module will ich im folgenden genauer erklären und dabei natürlich insbesondere auf die PPG 3CO'er Serie eingehen.

Es kann dabei vorkommen, daß mehrere Module in der PPG 300'er Serie in einem rein räumlich zusammengelegt sind. Man kann aber davon ausgehen, daß sie dennoch in ihrer Funktionsweise absolut getrennt arbeiten.

Es ist noch zu bemerken, daß alle PPG-Module der 300'er Serie eine genormte Größe haben, sie sind z.B. ohne weiteres mit MOOG-Modulen austauschbar.

2. Spannungsgesteuerter Oszillator (VCO) Voltage Controlled Oscillator PPG 301

2.1. Allgemeines

Oszillatoren erzeugen eine Ausgangsspannung, die sich fortlaufend verändert. Es ist ein Schwingungsvorgang der regelmäßig wiederkehrt. Die Form dieser Schwingungen kann unterschiedlich sein: Sägezahnform, Dreiecksform, Rechteckform usw.

Wenn man diese Schwingungen über einen Verstärker auf einen Lautsprecher gibt, so führt der Lautsprecher dieselben Schwingungen als Bewegungen aus; er bringt die Luft ins Schwingen. Wenn diese Schwingungen sehr langsam sind, z.B. eine Schwingung in der Sekunde (ein Hertz (1 Hz)), kann das Ohr sie nicht wahrnehmen. Erst wenn mehr als 20 Schwingungen pro Sekunde (20 Hz) stattfinden, hört man einen Ton. Die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde nennt man die Frequenz gemessen in Hertz (Hz). Sie kommt in der Tonhöhe zum Ausdruck.

Diese Frequenzveränderung wird bei spannungsgesteuerten Oszillatoren (VCO) durch eine Veränderung der Spannung bewirkt, d.h. je höher die (Steuer-) Spannung, die dem Oszillator zugeführt wird, um so höher die Frequenz, also umso höher der Ton, und zwar 1 Volt pro Oktave.

Diese Frequenz- bzw. Tonhöhenveränderung läßt sich bei einem VCO über einen sehr weiten Bereich vornehmen, beim PPG 301 etwa über 27 Oktaven. Sie umfaßt also erst einmal den gesamten Hörbereich und geht noch weit darunter und ebenso noch weit darüber.

VCO's als Module sind nicht frequenzproportional, sondern haben eine exponentielle Kennlinie. Bei einem VCO würde z.B., falls er linear laufen würde, eine Spannungserhöhung eine Frequenzerhöhung jeweils um 1000 Hz bewirken. Das wiederum würde bedeuten: Für die Oktave 1000 bis 2000 Hz würde man eine Spannungsveränderung von einem Volt benötigen, die Oktave von 8000 bis 16000 Hz dagegen 8 Volt benötigen. Bei Synthesizern ist es erforderlich, daß die Relation der Spannungs- und musikalischen Tonintervalle über den gesamten Arbeitsbereich konstant und gleich sind.

2.2. Funktionsweise des PPG 301

Die an den VCO anzulegende Spannung läßt sich verändern:

a) intern

- 1) durch den Schalter "Oktaves" und zwar Oktavweise, d.h. die Veränderung des Schalters um eine Position bewirkt eine Tonhöhenveränderung um eine ganze Oktave.
- 2) durch den Drehregler, im folgenden Potentiometer oder abgekürzt "Poti" genannt, "Semitones". Die Bewegung dieses Drehreglers "Semitones" vom linken bis zum rechten Anschlagpunkt entspricht einer kontinuierlichen Frequenz- bzw. Tonhöhenveränderung um 15 Halbtöne. Hiermit kann ich z.B. einen VCO I um eine Quinte höher stimmen als einen VCO II oder auch jedes andere beliebige Intervall. Wenn ich nun beide VCO's zusammen spiele, ergeben sich daraus und ebenso aus anderen Frequenzverhältnissen (Quarte, Terz usw.) reizvolle Klangmuster. Wichtig ist der Regler "Semitones" auch für Modulationen, da sich mit ihm eben die Frequenz kontinuierlich verändern läßt.
- 3) durch das Poti "Fine-Tune". Er dient zur Feinregulierung des VCO und hat deshalb im Grunde die gleiche Funktion wie der "Semitones", nur umfaßt seine Gesamtskala über die gleiche Regelstrecke lediglich zwei Halbtöne.

b) extern

- 1) durch das Keyboard, das als Synthesizer-Keyboard auch nur Spannungen abgibt. Die Veränderung der Frequenz beim VCO entspricht dem auf der Klaviatur gebräuchlichen Tastverhältnis.
- 2) durch die Spannung eines anderen Synthesizer-Moduls, das sich mit dem VCO z.B. über Patchcord verkopple. Z.B. indem ich einen sehr tiefen Sinuston (etwa 1 Hz) eines anderen VCO auf den ersten lege, so führt der erste VCO eine Tonhöhenbewegung aus, die dieser Sinusform entspricht, was sich dann so anhört wie etwa der Sirenenklang eines amerikanischen Polizeiautos.
- 3) durch irgendeine andere externe Spannungsquelle, wie z.B. Batterie, Dynamo... , im Prinzip also mit allem möglichen.

Der endgültige Klang, den der VCO abgibt, ergibt sich in seiner Tonhöhe aus der Summe der am VCO angelegten Spannungen und der Spannungen, die ich mittels Drehschalter und Potis am VCO eingestellt habe.

Ich stelle den Drehschalter "Oktaves" auf + 1, die Potis "Semitones" und "Fine Tune" jeweils auf + 4 bzw. + 6 und drücke die Taste C auf dem Keyboard.

Die Summe dieser eingestellten und angelegten Spannungen betrage 6,34 V, so gibt der VCO eine ausgewählte Wellenform in der dazugehörigen Frequenz ab.

Führt man die externen Spannungen dem VCO über die Buchsen "CV 1" und "CV 2" zu, so kann man die Intensität dieser externen Einflüsse durch die Drehregler "Controlled Voltage" abschwächen, d.h. man kann diese externen Spannungen dem VCO in mehr oder weniger dosierter Form zuführen, was eine große Hilfe darstellt bei der Erzeugung des gewünschten Klanges.

Wird das Signal über die Buchsen "CV 3" und "CV 4" dem VCO zugeführt, so wirkt es in seiner ursprünglichen Intensität.

Synchronisation:

Will man, daß mehrere VCO's synchron laufen, d.h. daß die Klänge keine Schwebungen bilden, so verbindet man am besten die Buchse "N" oder "┐" des einen VCO mit einer der Buchsen "Synchronise" des anderen VCO. Laufen beide VCO's in einem ganzzahligen Frequenzverhältnis z.B. 1 : 4 zueinander, so geht man aus der Buchse "N" oder "┐" des höherlaufenden VCO in eine der Buchsen "Synchronise" des tieferlaufenden.

Synchronisiert man über die Pulswelle, so läßt sich durch Verstellen der Pulsweite die Phasenlage der beiden VCO's zueinander verändern, wodurch sich ganz spezielle außergewöhnliche Klangfarben erzeugen lassen (oder auch Klangsynthese durch Verwendung von Sinuswellen möglich ist).

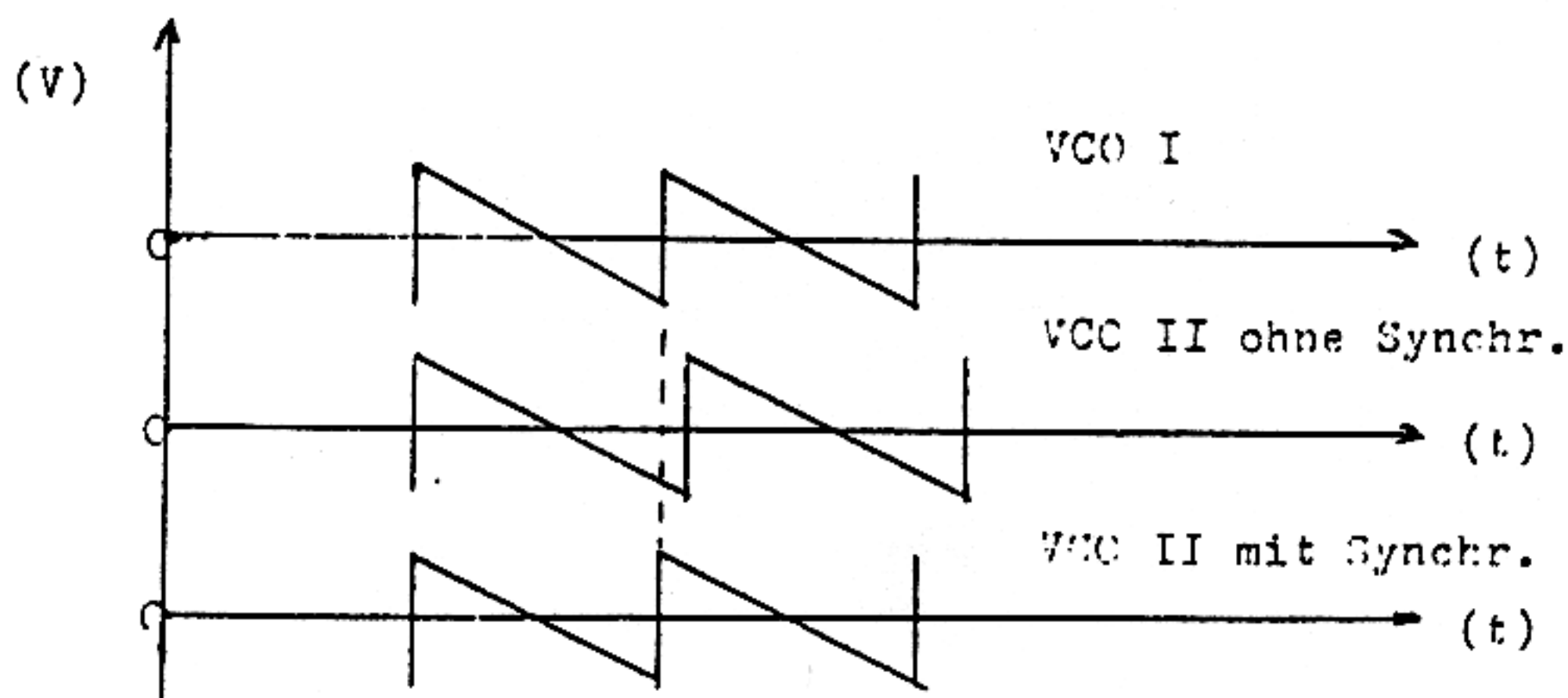


Abb. 2.2.a

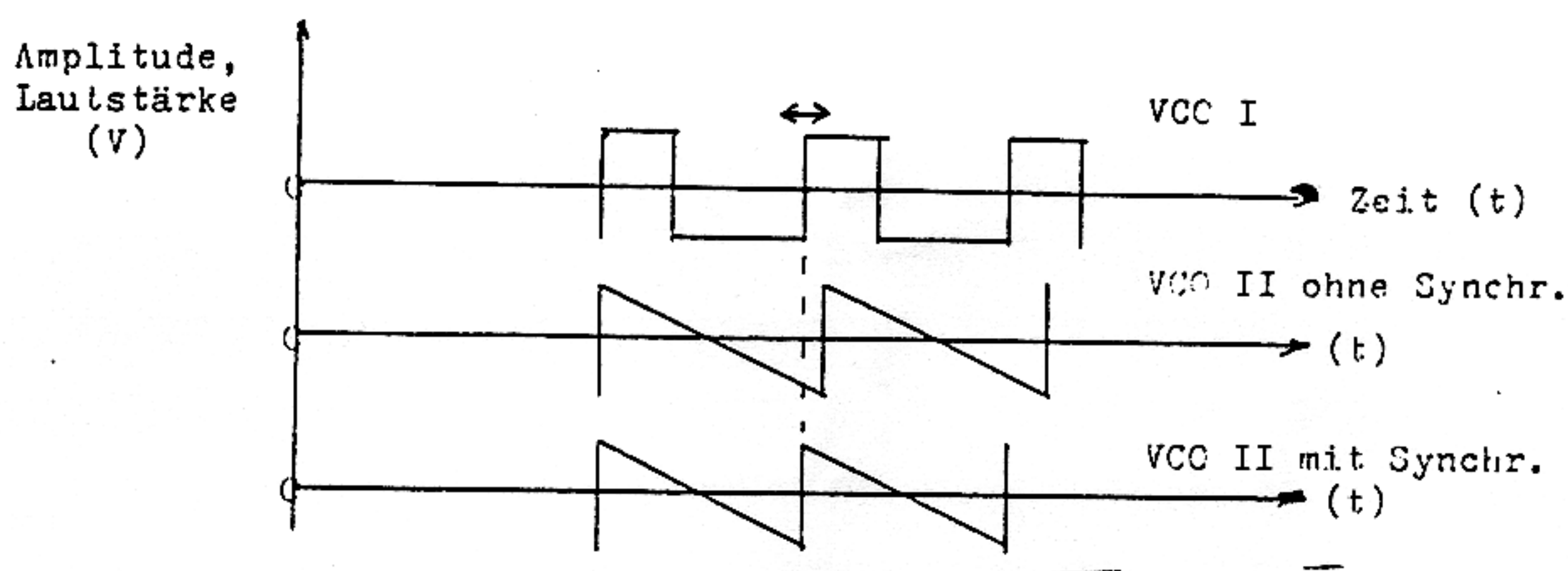


Abb. 2.2.b

2.3. Schwingungsformen

Mit unserem VCO, dem PPG 301, lassen sich vier verschiedene Grundschiwungsformen erzeugen:

- 1) die Sägezahnsschwingung
- 2) die Pulsschwingung
- 3) die Dreiecksschwingung
- und 4) die Sinusschwingung

Zu 1) die Sägezahnsschwingung (SZS)

Ihr Oszillogramm hat folgende Form:

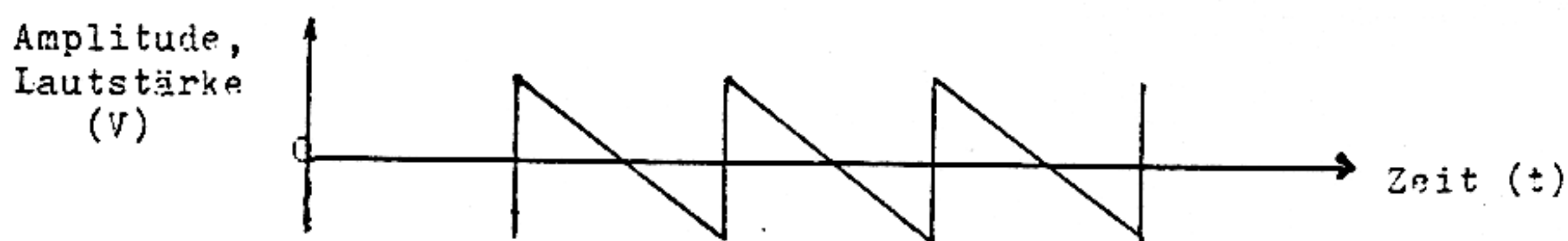


Abb. 2.3.a

Diese Wellenform enthält alle Obertöne in einem ganz bestimmten Lautstärkeverhältnis zueinander und klingt daher sehr voll und strahlend.

Am VCO PPG 301 kann man die SZS an der Buchse "N" abnehmen und dann mit irgendeinem anderen Modul, je nach gewünschtem Programm, koppeln.

zu 2) die Pulsschwingung (PUS)

Ihr Oszillogramm hat folgende Form:

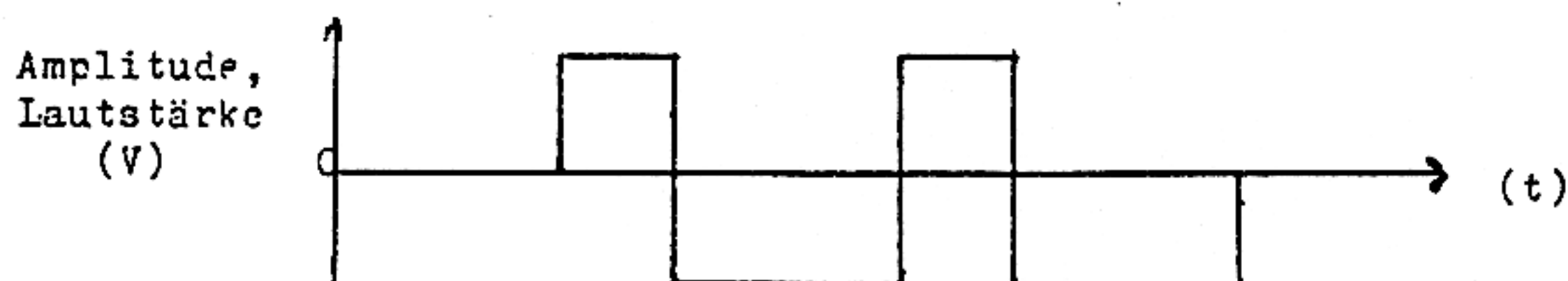


Abb. 2.3.b

Die Klangcharakteristik der PUS ist spitzer und härter als die der SZS. Verbunden mit einer extrem kurzen Abklingzeit erinnert der daraus entstehende Klang an ein Banjo.

Die Rechteckschwingung, eine Unterart der PUS, enthält neben dem Grundton nur ungeradzahlige Obertöne, deren Amplituden im gleichen Verhältnis, in dem sie zum Grundton stehen, abnehmen.

Der Klang der Rechteckschwingung erinnert an den der Holzblasinstrumente, insbesondere an den der Klarinette.

Die Form der PUS, ob nun einfache PUS oder Rechteck, läßt sich am VCO PPG 301 durch das Pöti "Fixed Voltage" einstellen. Ebenso ist es

möglich, diese Funktion auch über die Buchsen "PWM 1" und "PWM 2" mit Hilfe von Steuerspannungen auszuführen, ohne daß die anderen Wellenformen beeinflußt werden.

Das der Buchse "PWM 1" zugeführte Modulationssignal läßt sich dabei noch durch den Drehregler "Modulation PWM 1" in seiner Intensität abschwächen. Das der Buchse "PWM 2" zugeführte Signal wirkt auf die PUS in voller Intensität.

Abzunehmen ist der Klang der PUS an der Buchse "□"

Zu 3) die Dreiecksschwingung (DES)

Ihr Oszillogramm hat folgende Form:

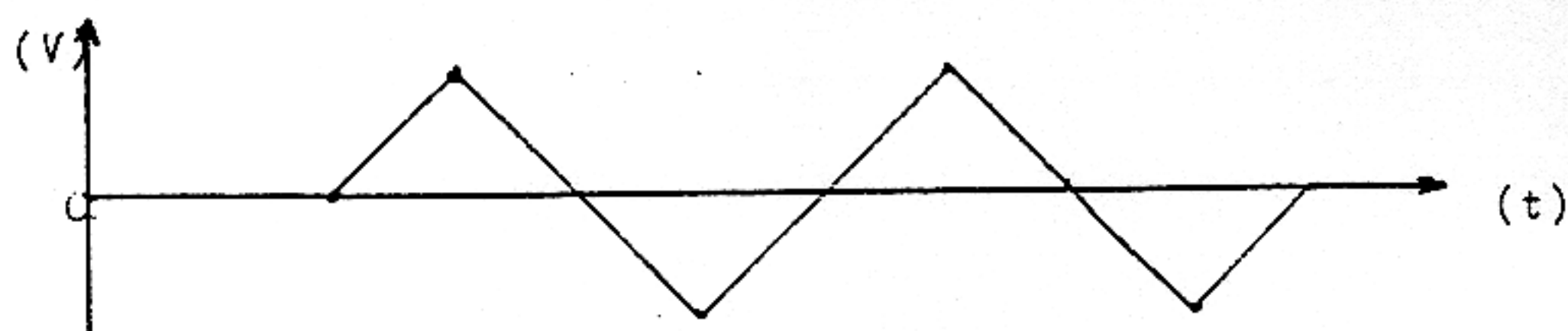


Abb. 2.3.c

Die Dreiecksschwingung (DES) zählt zu den zusammengesetzten periodischen Schwingungen, die sich ebenfalls als Summe von harmonischen sinusförmigen Einzelschwingungen ergeben. Die Teilschwingungen sind die ungeradzahigen vielfache der Grundfrequenz. Aufgrund ihrer Charakteristik hat die DES eine sehr weiche Klangfarbe, die an den Klang einer Flöte erinnert und dem Ton der Sinuswelle sehr nahe kommt. Die DES läßt sich an der Buchse "△" abnehmen.

Zu 4) die Sinusschwingung (SW)

Ihr Oszillogramm hat folgende Form:

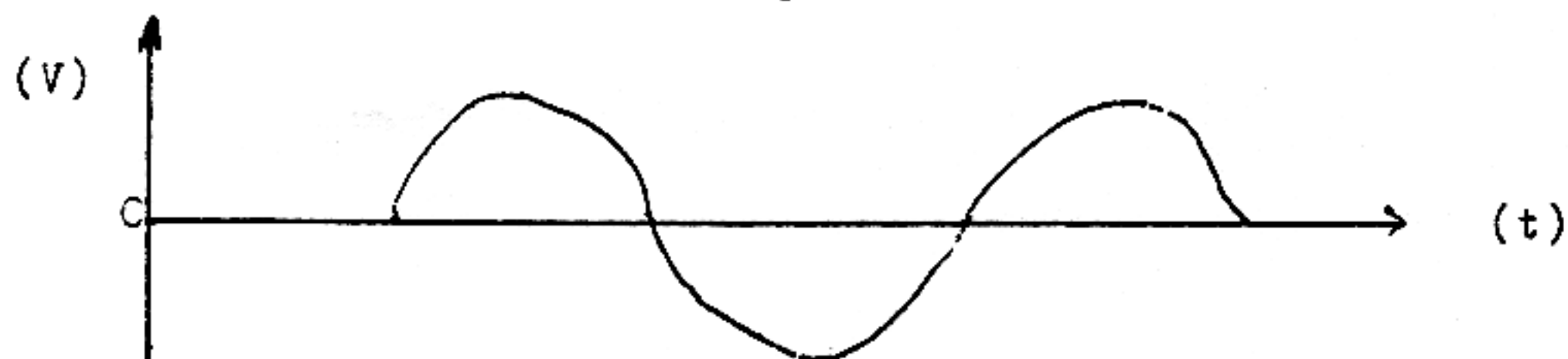


Abb. 2.3.d

Die SW in ihrer reinen Form ist eine obertonlose Schwingung, sie ist die einzige Schwingungsform, die man in der Akustik als Ton bezeichnet. Alle anderen Wellenformen sind ja Klänge oder Geräusche, da sie sich aus mehreren Tönen zusammensetzen.

Die Klangcharakteristik ist sehr weich und ebenfalls wie die DES flötenähnlich.

Man kann sie beim VCO PPG 301 an der Buchse "∞" abnehmen.

Auf alle vier hier vorgestellten Wellenformen trifft folgendes zu: Sie lassen sich sowohl zur direkten Tonerzeugung verwenden als auch kann man ihre Signale als Steuerspannungen zu Modulationszwecken benutzen, d.h. andere Module mit diesen Spannungen, die den in den Oszillogrammen dargestellten Verlauf haben, steuern.

Allein schon die Kopplung mehrerer VCO's untereinander führt immer wieder zu neuen unerschöpfbaren Klangergebnissen.

Die hier dargestellte Funktionsweise dieses Moduls PPG 301 und das hoffentlich damit verbundene Verständnis darum stellt die Basis dar zum Begreifen dieses Moduls.

3. Rausch- und Tieffrequenzgenerator (NG/LFO) Noise/Lowfrequency Oscillator PPG 304

Dieses Modul besteht aus einem Rauschgenerator und einem Tieffrequenzgenerator. Beide Modulparts arbeiten getrennt und völlig unabhängig voneinander. Die Rauschgeneratoren der PPG 300'er Serie erzeugen drei Rauschformen:

- a) weißes Rauschen (White Noise)
in diesem Rauschen sind Töne aller Frequenzen des hörbaren Frequenzspektrums enthalten, und zwar in Form von dicht beieinander liegenden nicht periodischen Schwingungsvorgängen.
- b) rosa Rauschen (Pink Noise)
Dieses Rauschen entsteht aus dem weißen Rauschen, in dem die tiefen Frequenzen hervorgehoben werden und die hohen Frequenzen abgedämpft werden; es klingt also dunkler, bedrohlicher.
- c) slow Random (langsame Zufallsschwingungen)
Diese Rauschform ist aus dem rosa Rauschen abgeleitet, durch Unterdrückung aller Frequenzen über 10 Hz. Es ist von daher nur zu Modulationszwecken zu benutzen.

Alle diese drei Rauschformen lassen sich beim PPG 304 an den entsprechenden Buchsen (je zwei) abnehmen.

Der LFO im PPG 304 erzeugt Rechteck-, Puls-, Dreieck- und Sinusschwingungen, die zu Modulationszwecken verwendet werden können.

Die Schwingungen lassen sich an den entsprechenden Buchsen abnehmen.

Die Frequenz der Schwingungen läßt sich durch das Poti "Frequency" steuern. Durch den Schalter "Range" läßt sich der Wirkungsbereich des Poti "Frequency" nach oben oder unten verschieben.

Über den Schalter "Oscillation on/off" läßt er sich starten bzw. stoppen. Durch das Poti "Puls width" kann man die Pulsweite der Pulswelle verändern.

Über die Eingangsbuchse "Reset" kann man auf den LFO einen Impuls geben, der ihn dazu veranlaßt, die wellenförmige Bewegung von ihrem Ausgangspunkt zu starten. Dieser liegt bei null Volt.

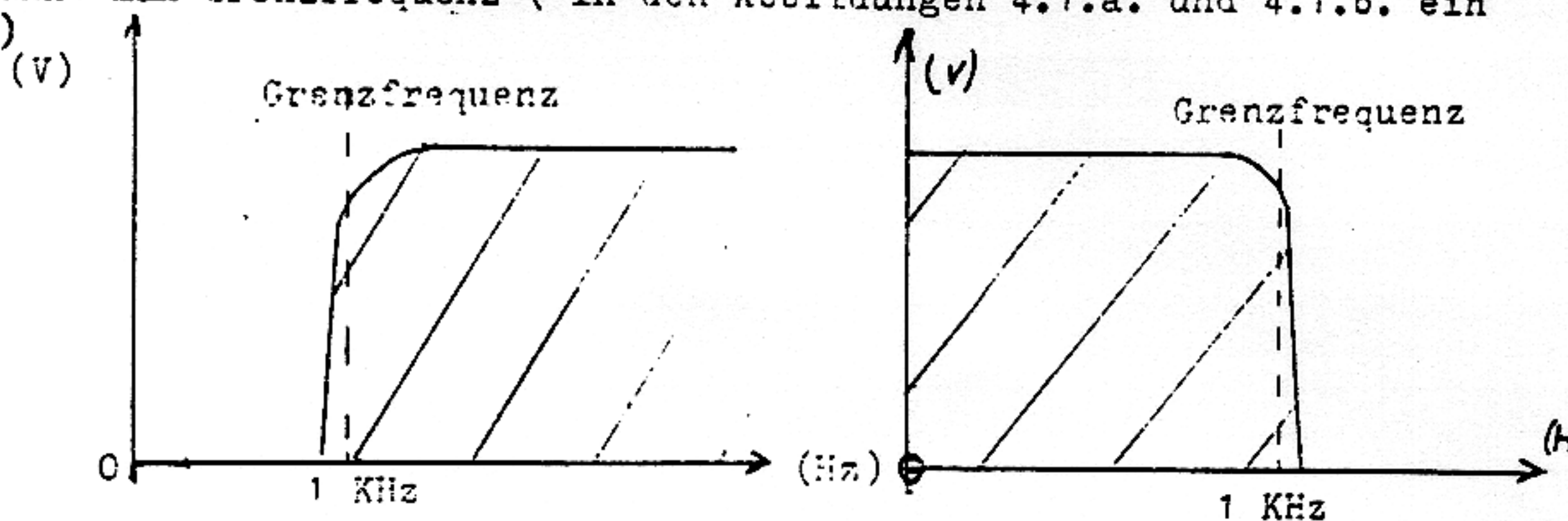
4. Spannungsgesteuerter Filter (VCF) Voltage Controlled Filter PPG 317

4.1. Allgemeines

Filter allgemein sind selektive Geräte, die bestimmte Frequenzgebiete ungeschwächt durchlassen, andere hingegen unterdrücken. Bei einer Sägezahn-schwingung würden also durch den Filter ganz bestimmte Obertonbereiche ausgefiltert, d.h. unterdrückt, was sich natürlich auf die Klangfarbe bemerkbar macht. Man kann durch einen Filter also Klänge in ihrer Klangfarbe verändern.

Man unterscheidet die beiden Filterarten Hochpaß (High Pass) und Tiefpaß (Low Pass). Der Hochpaß unterdrückt die tiefen Frequenzen und läßt die hohen Frequenzen "passieren". Der Tiefpaß unterdrückt die hohen Frequenzen und läßt die tiefen Frequenzen "passieren".

Die Frequenz, ab der der Tiefpaß unterdrückt oder der Hochpaß passieren läßt, nennt man Grenzfrequenz (in den Abbildungen 4.1.a. und 4.1.b. ein Kilo-Hz)

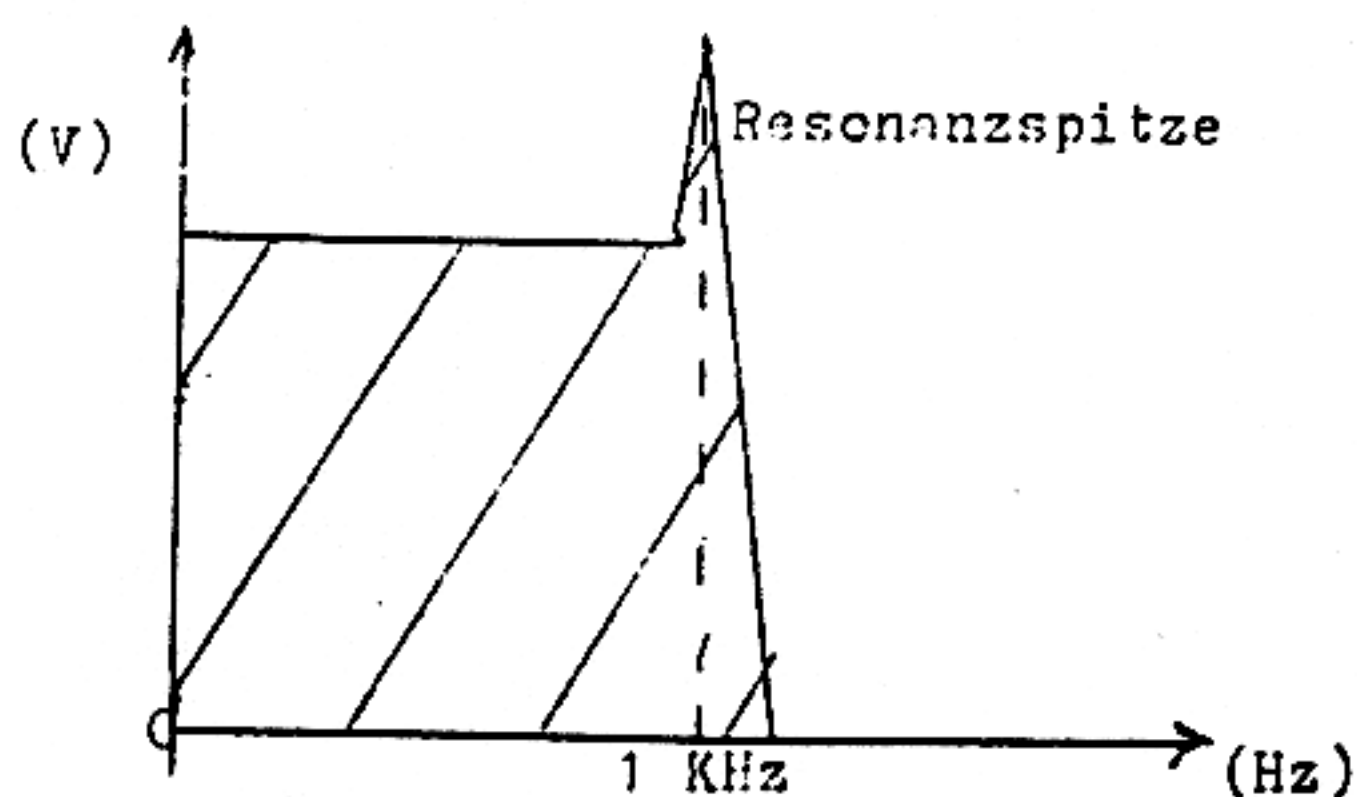


Hochpaß Abb. 4.1.a.

Tiefpaß

Abb. 4.1.b.

Beim Tiefpaß läßt sich an der Grenzfrequenz noch eine Resonanzspitze einstellen, d.h. die Frequenzen in unmittelbarer Nähe der Grenzfrequenz lassen sich besonders betonen.



Resonanzspitze

Abb. 4.1.c.

4.2. Funktionsweise des PPG 317

Das Voltage Controlled Filter (VCF) PPG 317 besteht aus einem spannungsgesteuerten Tiefpaß (Low Pass) mit Resonator, der über das Poti "Low Pass Generation", in der Intensität einstellbar, die oben dargestellte Resonanzspitze erzeugt, einem spannungsgesteuerten Hochpaß (High Pass) und einer Kopplerelektronik, mit der man die beiden Filter in ihrer Funktionsweise trennen kann (Stellung des Wahlschalters auf "separat"), oder in einem Bandpaß oder Bandsperre integrieren kann (Stellung des Drehschalters auf "Band Pass" bzw. "Band Rejekt").

Beim Bandpaß werden von einem Klang die oberen und unteren Frequenzen unterdrückt, und es gelangt nur noch ein schmäleres Frequenzband durch das Filter. Bei der Bandsperre ist es genau umgekehrt, dort wird ein Frequenzband ausgefiltert und die oberen und unteren Frequenzen des ursprünglichen Klages können passieren.

Nach dieser allgemeineren Darstellung will ich im folgenden konkret auf die Funktionsweise der einzelnen Bedienelemente des PPG 317 in den verschiedenen Funktionsstellungen eingehen.

- a) Steht der Wahlschalter (links oben) auf "Separat", so wirkt jeder Filter einzeln, d.h. der Hochpaß als Hochpaß und der Tiefpaß als Tiefpaß (siehe Abb. 4.1.a. und 4.1.b.).

Das Poti "Cutoff/Bandcentrfr." und "Cutofffrequ./Bandwidth" dienen zum Einstellen der Grenzfrequenz (siehe Abb. 4.1.a. und 4.1.b.).

Am praktischen Beispiel läßt sich das folgendermaßen demonstrieren: Ich nehme eine Sägezahnwelle an einem VCO ab, führe sie in die Buchse "In" des Tiefpasses und aus der Buchse "Out" in die Verstärkeranlage. Wenn ich jetzt langsam das Poti "Cutofffrequ./Bandwidth" von "Null" aus immer weiter aufdrehe, so höre ich am Anfang einen dumpfen Ton, der je weiter ich aufdrehe, immer heller wird, d.h. ich verschiebe die Grenzfrequenz nach rechts in immer höhere Frequenzbereiche, sodaß immer mehr Obertöne passieren können bis zuletzt der Sägezahn in seinem vollen Klangumfang zu hören ist.

Beim Tiefpaß kann ich jetzt noch durch Aufdrehen des Potis "Regeneration" im Bereich der Grenzfrequenz eine Resonanzspitze einstellen (siehe Abb. 4.1.c.). Dabei werden die Frequenzen in unmittelbarer Nähe der Grenzfrequenz gesondert angehoben und zwar je nach Stellung des Drehreglers "Regeneration" so weit, bis das es zu einer Rückkopplung kommt, d.h. der Filter fängt an zu pfeifen".

Die Buchsen für das Eingangssignal sind mit "In" bezeichnet, die für das Ausgangssignal mit "Out".

Die Buchsen "C 1", "C 2" und "C 3- HP" bzw. "C 3-LP" dienen bei beiden Filtern zur Steuerung der Grenzfrequenz. Ich kann also die Steuerung der Grenzfrequenz, die manuell an den Drehreglern "Cutoff/Bandcentrfr." bzw. "Cutofffrequ./Bandwidth" auszuführen ist, auch von einer Steuerspannung eines anderen Moduls übernehmen lassen, indem ich diese Steuerspannung einer der oben genannten Buchsen zuführe.

Bei den Buchsen "C 1" kann ich dieses Steuersignal jeweils über den Drehregler "C 1-Attenuator" (Abschwächer) abschwächen. In den anderen Buchsen wirkt das Steuersignal in unverminderter Intensität.

Würde ich die beiden Filter hintereinanderschalten, d.h. vom "Out" des Hochpasses in das "In" des Tiefpasses gehen, so würden sie auch hintereinander wirken, d.h. zuerst würden aus dem Klang die tiefen Frequenzen ausgefiltert und von dem verbleibenden Rest im Tiefpaß noch einmal die hohen, so daß je nach Stellung der "Cutoff..."-Regler ein mehr oder weniger breites Frequenzband übrig bleiben würde.

Du kannst Dir ja einmal überlegen bzw. antesten, wie die Filter wirken, wenn man zuerst den Tief- und dann den Hochpaß schaltet.

Natürlich kann man von den beiden Filtern in dieser Stellung auch nur einen benutzen, denn sie arbeiten ja unabhängig voneinander, je nachdem welchen Klang man erzeugen will.

- b) Steht der Wahlschalter auf "Band Pass", so arbeiten die Filter folgendermaßen zusammen:

Der Hochpaß läßt nur die hohen Frequenzen des Tonspektrums durch. Dieses beschnittene Spektrum wird nun dem Tiefpaß zugeführt. Dieser läßt davon nur die tiefen Frequenzen passieren; genauso wie unser Beispielfall aus dem letzten Abschnitt, nur daß diese Kopplung hier eben intern vorgenommen wird und die beiden Potis "Cutoff..." geänderte Funktionen haben.

Man gibt also das Klangsignal in die Buchse "In" des Hochpasses und entnimmt das gefilterte Signal der Buchse "Out" des Tiefpasses.

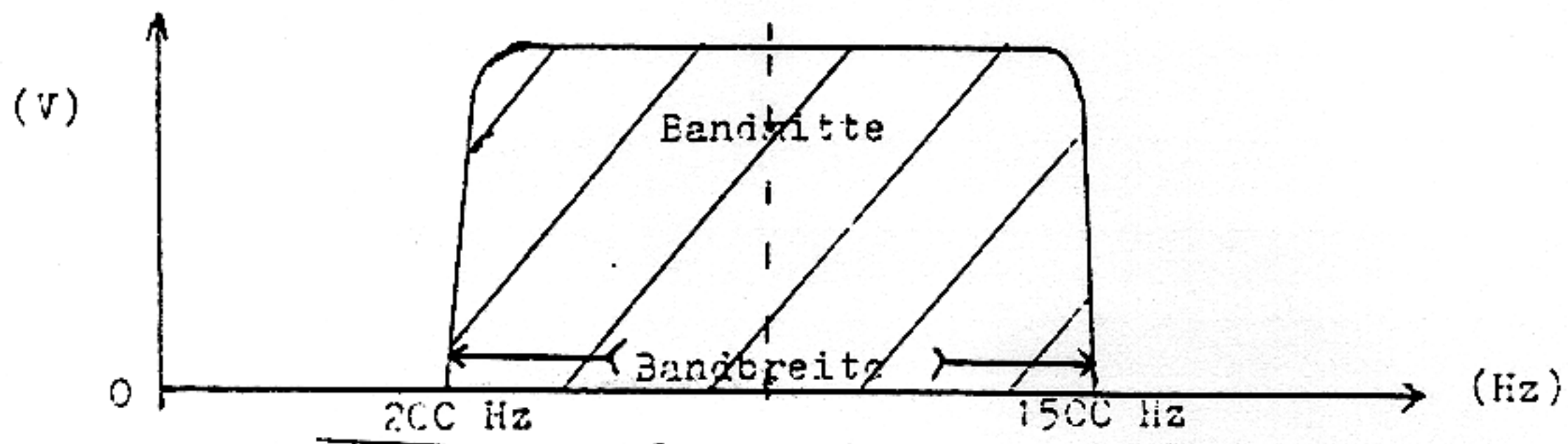
Das Poti "Cutoff/Bandcentrfr." im Hochpaß regelt jetzt die Bandmittelfrequenz, d.h. mit diesem Regler wird die Bandmitte in dem Frequenzspektrum

bestimmt, daß den Filter passieren kann.

Um diese Bandmitte wird nun zu beiden Seiten hin das Frequenzband aufgebaut, das den Filter passieren kann. Die Breite dieses Bandes wird jetzt durch den Regler "Cutofffrequ./Bandwidth" im Tiefpaß geregelt.

Die Funktionen der beiden eben beschriebenen Regler lassen sich auch extern durch Steuerspannungen übernehmen, und zwar werden diese in die Buchsen "C 1" und "C 2" der beiden Filter eingeführt.

Dabei lassen sich die Spannungen, die auf die Buchsen "C 1" gegeben werden, durch das Poti "C 1 Attenuator" abschwächen. Die Spannungen auf die Buchsen "C 2" erreichen die Filter in voller Intensität. Die Buchsen "C 3" werden nicht in ihrer Funktion geändert, sie steuern immer nur die Grenzfrequenz des dazugehörigen Filters.



Bandpaß

Abb. 4.2.a.

- c) Stellt man den Wahlschalter auf "Band Rejekt", so wirken die Filter als Bandsperre, d.h. ein Frequenzband, das, wie im Abschnitt b) beschrieben, die Filter passierte, wird hier ausgefiltert. Es passieren lediglich die höheren und tieferen Frequenzen, die außerhalb des Frequenzbandes liegen, die Filter.
- Das Frequenzband wird nach den gleichen Regeln aufgebaut, wie in Abschnitt b) beschrieben. Die Regler und Buchsen übernehmen ebenfalls die gleichen Funktionen.

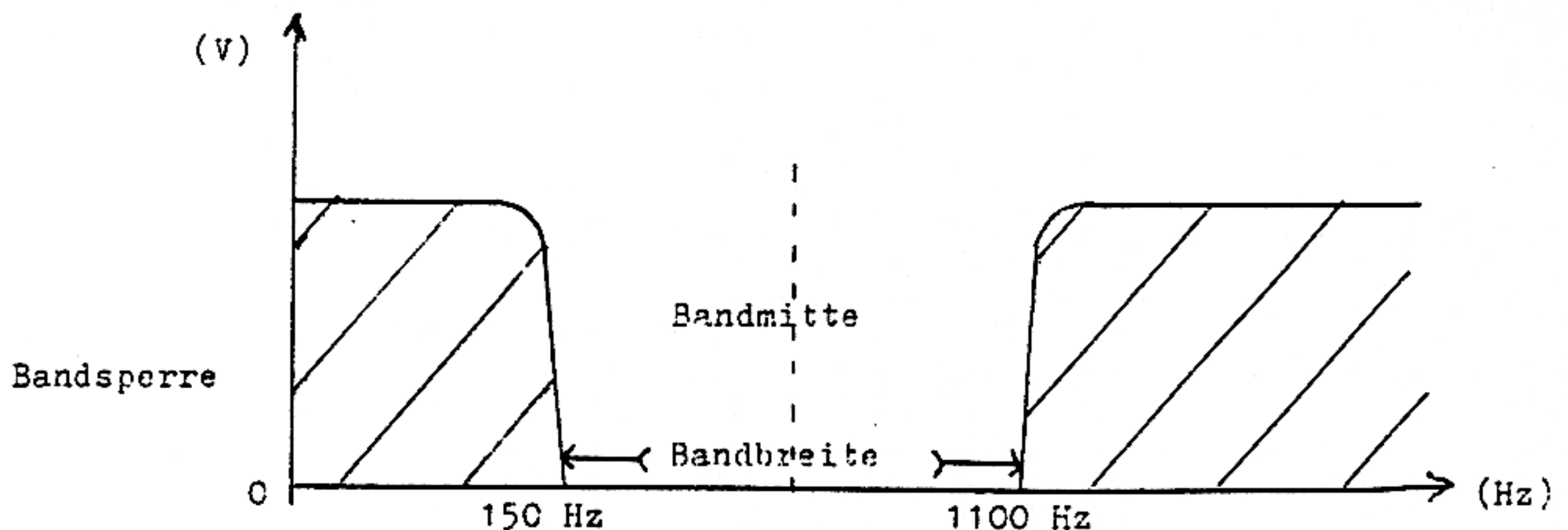


Abb. 4.2.b

5. Spannungsgesteuerter Verstärker (VCA) Voltage Controlled Amplifier PPG 315

5.1. Allgemeines

Der spannungsgesteuerte Verstärker (VCA) ermöglicht es, die Lautstärke eines Klangsignals (in der graphischen Darstellung ausgedrückt in der Amplitude), welches ich auf den Toneingang gebe, zu verändern, und zwar mit Hilfe einer Steuerspannung.

Nun ist der VCA aber kein Verstärker im herkömmlichen Sinne, sondern er ermöglicht es, das Eingangssignal von seinem ursprünglichen Lautstärkepegel kontinuierlich bis auf null abzuschwächen.

Der VCA ist also eigentlich von seiner Funktion her ein spannungsgesteuerter Abschwächer.

Die Funktion eines VCA besteht darin, mit Hilfe einer Steuerspannung die Amplitude von einer anderen Spannung abzuschwächen. Die Ausgangsamplitude ist dann proportional der Summe der Steuerspannungen.

Um das ein wenig verständlich zu machen, hier eine graphische Darstellung:

Irgendein Klangsignal wird dem VCA zugeführt, z.B. ein einfacher Sinuston mit folgendem Oszillogramm:

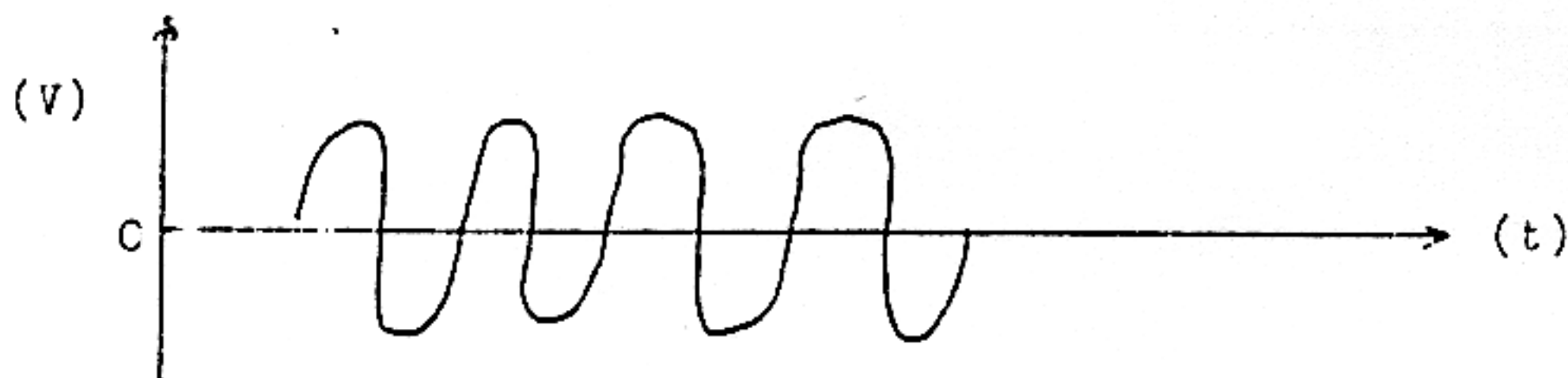


Abb. 5.1.a.

Dann hat das Ausgangssignal folgendes Oszillogramm:

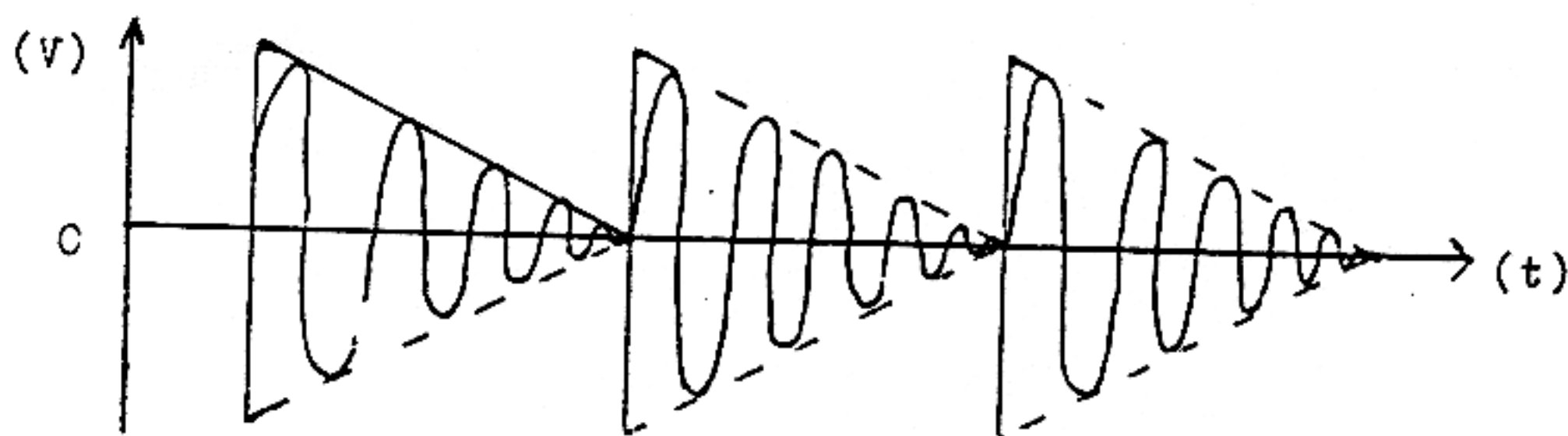


Abb. 5.1.b.

Dieser Klang wäre dann zuerst laut und würde dann bis auf "0" abklingen um sofort wieder mit der Ursprungslautstärke zu beginnen.

Er hätte also eine percussive Charakteristik.

Die gestrichelt gezeichnete Kurve, die jeweils nur die Spitzen der Ausgangsschwingung berührt, nennt man einhüllende Kurve oder Hüllkurve.

Sie entspricht der auf den VCA gegebenen Steuerspannung.

Die Aussteuerung der VCA's der PPG 300'er Serie ist von "0" bis + 10 V proportional der Ausgangsamplitude. Unter 0 Volt ist der Verstärker geschlossen, über + 10 V steigt die Amplitude nicht mehr an.

5.2. Funktionsweise des PPG 315

Nach diesen allgemeinen Erklärungen eines VCA's hier nun die VCA-Module der PPG 300'er Serie:

PPG 315 Dual Analog Multiplier (DAM) Zweifacher Analogmultiplizierer
Die rechte Hälfte des Moduls PPG 315 hat genau die im letzten Abschnitt beschriebene Funktion. Man gibt das Signal auf die Buchse "Y-In" und legt die Steuerspannung wahlweise auf die Buchsen "X 1", "X2" oder "X 3" wobei die auf "X 1" gelegte Spannung sich durch das Poti "X 1 - Attenuator" in ihrer Intensität abschwächen läßt. Das verarbeitete Signal ent-

nimmt man der Buchse "Out". Das Poti "X - Fixed Factor" legt eine Grundsteuerspannung fest, zu der dann noch die Steuerspannungen der Buchsen "X 1" bis "X 3" addiert werden. D.h. gebe ich z.B. eine Hüllkurve auf den VCA und das Poti "X-Fixed Factor" steht auf "0", so fällt der Klang je nach Einstellung der Hüllkurve in der Lautstärke ebenfalls bis auf null ab.

Würde man das Poti auf den Wert "3" einstellen, so fällt der Klang in seiner Lautstärke nicht bis auf "0" ab, sondern bleibt auf einem entsprechenden Pegel aufgrund dieser Konstellation stehen.

Die linke Hälfte des DAM FPG 315 enthält einen Four-Quadrant analog Multiplier, einen Vierquadrantmultiplizierer, was dem Laien herzlich wenig sagt. Er soll im folgenden sehr ausführlich beschrieben werden; außerdem sind in dieser Beschreibung zum besseren Verständnis eine Reihe von Anwendungsbeispielen eingearbeitet.

Der Analog-Multiplier (Analog Multiplizierer) im folgenden mit AM abgekürzt, hat drei grundsätzliche Anwendungsbereiche:

- a) Als Multiplizierer zweier Gleichspannungen, sowie Kurvenverformer von Modulationsschwingungen im Frequenzbereich 0-20 kHz.
- b) Als Ringmodulator zur Bildung "neuer" harmonischer sowie disharmonischer Klänge aus den Synthesizergrundwellenformen: Sägezahn, Puls, Dreieck, Sinus; oder zur Verzerrung und Verformung organischer Hörsignale wie Sprache, Musik, usw..
- c) Als Amplitudenmodulator; wobei man wie beim Voltage-Controll-Amplifier (VCA) eine "einseitige" Modulation erreichen kann, als auch eine "beidseitige" Amplitudenmodulation.

Bevor auf die einzelnen Abschnitte näher eingegangen wird, soll eine kurze Beschreibung der Regler- und Schalterfunktionen erfolgen. Der Schalter "Input Mode" bewirkt eine Unterdrückung der Gleichspannung beider Eingangssignale in der Stellung "AC". Es werden dann nur reine Wechselspannungen verarbeitet, was bei der Anwendung des AM als Ringmodulator von Vorteil ist (siehe Abschnitt b)). In der Stellung DC werden auch Gleichspannungen mit verarbeitet. Mit dem Schalter "Input-Level" kann der AM auf die geeignete Eingangsempfindlichkeit eingestellt werden. Bietet man ihm als Eingangssignale Spannungen über 2 V_{ss} an (z.B. Hüllkurven o.ä.) so muß der Schalter auf "High" stehen. Bei Signalen unter 2 V_{ss} (z.B. unverstärkte VCO-Ausgangsschwingungen) sollte der Schalter auf "Low" stehen. Die Buchsen "X" und "Y" sind die beiden Eingangsbuchsen. Mit dem Regler "X-Fixed-Factor" kann man einen festen Faktor vorwählen, mit dem das Y-Signal multipliziert wird. Beide Regler verlieren ihre Wirkung wenn der Schalter "Input-Mode" auf "AC" steht. Der Regler "Fixed-Output-Voltage" dient dazu einen unerwünschten Gleichspannungspegel am Ausgang des AM zu kompensieren oder einen bestimmten Gleichspannungswert einzustellen. Diesem vorbestimmten Gleichspannungswert ist das eigentlich Ausgangssignal des AM überlagert.

- aa) Der AM ist ein Rechenelement aus der Analogrechentechnik, und zwar bildet er das Produkt zweier Spannungen. Die beiden Eingänge X und Y sind dabei völlig gleichberechtigt, da $X \cdot Y = Y \cdot X$ gilt. Zu den Eingangssignalen, die an den Buchsen X und Y anliegen, werden im AM intern die eingestellten festen Faktoren an den betreffenden Reglern hinzuaddiert und erst dann miteinander multipliziert. Zu dem entstehenden Resultat wird dann noch der eingestellte Wert des Output-Voltage-Reglers hinzuaddiert, sodaß für die Ausgangsspannung gilt:

$$U_a = (X + X_{fix}) \cdot (Y + Y_{fix}) + U_{a_{fix}}$$

- ab) Am X-Eingang des AM ist die Tastatursteuerspannung angeschlossen, der Y-Eingang ist unbelegt, und alle Regler stehen auf 0. Mit dem Ausgangssignal wird ein VCO angesteuert. Wenn man nun auf der Tastatur spielt, wird sich die Tonhöhe des Oszillators nicht verändern, da die Tastaturspannung X mit $Y=0$ multipliziert wird. Stellt man den Y-Regler auf einen positiven Wert, so wird der Oszillator der Tastatur in gewohnter Weise folgen und zwar entsprechend der Reglerstellung Y mehr oder weniger stark. Stellt man den Regler Y auf negative Werte, so wird die Tastaturspannung mit $-Y$ multipliziert, d.h. der Oszillator muß der Tastatur im entgegengesetzten Sinne folgen.
- ac) Verbindet man nun auch den Y-Eingang mit der Tastaturspannung und stellt die beiden Regler X und Y auf 0, so erscheint am Ausgang das Produkt aus $X \cdot Y$, da X und Y gleich sind, also X^2 . Das bedeutet, daß man die linear ansteigende Tastaturspannung in eine gekrümmte parabelförmige Spannung umwandelt. Der Oszillator wird also bei den tiefen Tasten kleine Tonintervalle spielen, bei den hohen Tasten große Tonintervalle.

Spannungsdiagramme zu Abschnitt ac):

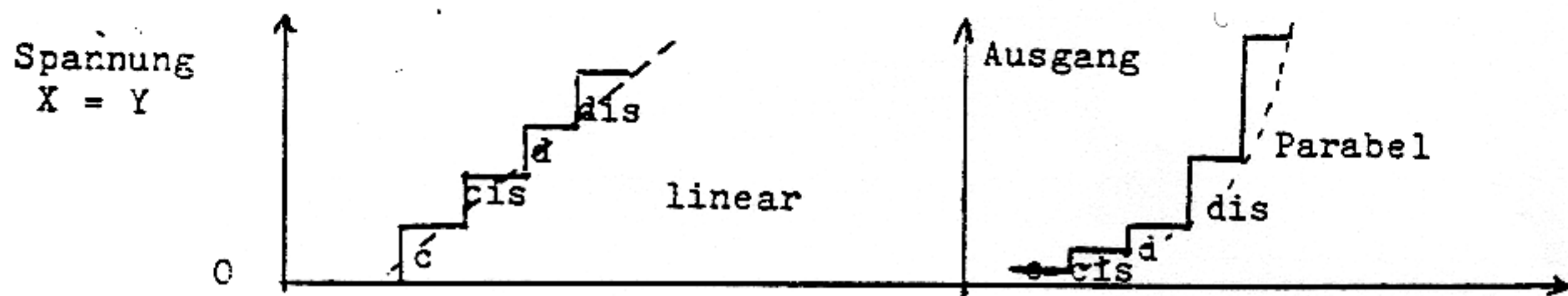


Abb. 5.2.a.

- ad) Stellt man den X-Regler und den Y-Regler auf einen negativen Wert, so wird der Tastaturspannung eine negative Gleichspannung hinzuaddiert; das hat zur Folge, daß bei den tiefen Tasten das Summensignal negativ wird. Da aber $-X \cdot -Y = +XY$, und $+X \cdot +Y = +XY$ ist, wird die Ausgangsspannung des AM im unteren und im oberen Teil der Tastatur positiv sein. Irgendwo dazwischen gibt es eine Stelle bei der sie gleich 0 V ist.

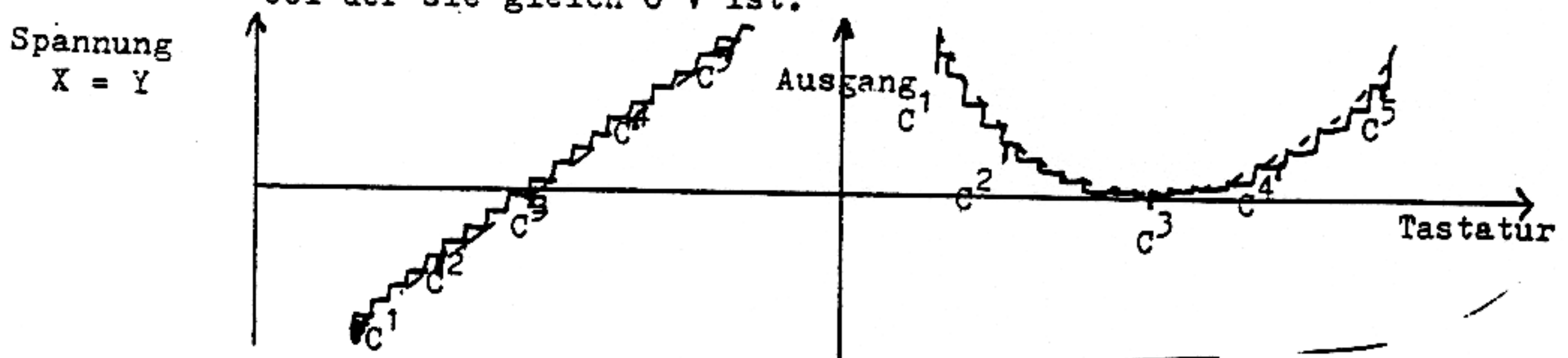


Abb. 5.2.b.

Man kann ähnliche Verformungen auch erreichen, wenn man Hüllkurven oder periodische Modulationsschwingungen als Ausgangsmaterial verwendet.

- ae) Quadriert man einen Sägezahn, ergibt sich eine Parabelwellenform. Stellt man einen der festen Faktoren aus seiner 0-Lage heraus, ergeben sich wieder neue Wellenformen.

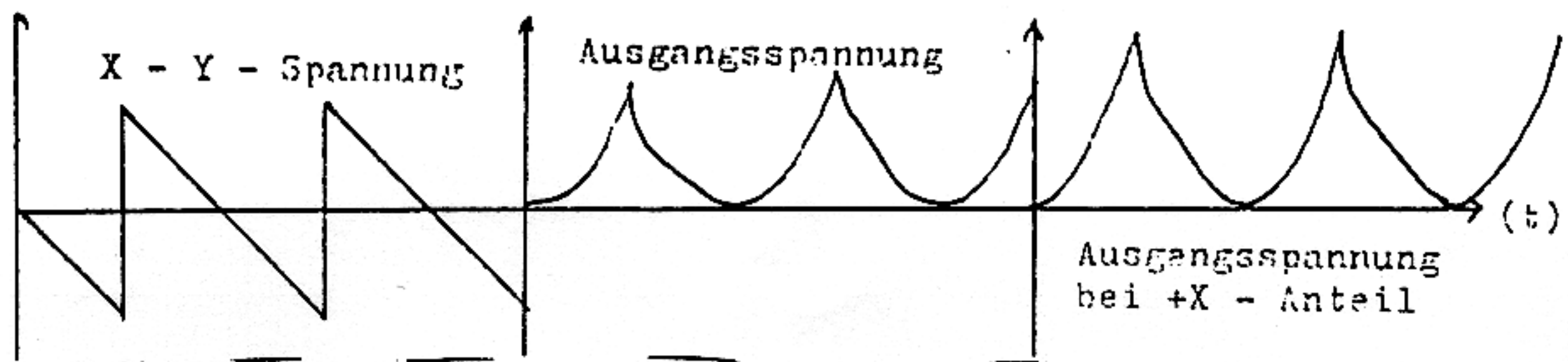


Abb. 5.2.c.

af) Die Eingangssignale und das Ausgangssignal des folgenden Beispiels ist aus den Diagrammen ersichtlich.

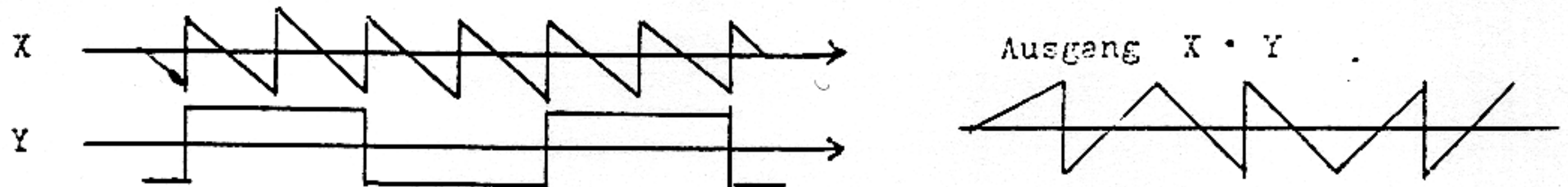


Abb. 5.2.d.

Man sieht, daß sich durch Multiplikationen von periodischen Schwingungen: neuartige Wellenformen bilden. Man kann sich die Ergebnisse gut veranschaulichen, wenn man ein Oszilloskop an den AM-Ausgang anschließt.

ba) Mit Hilfe der Additionstheoreme der trigonometrischen Funktionen:

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin\alpha \cdot \cos\beta + \cos\alpha \cdot \sin\beta$$

$$\text{und } \sin(\alpha - \beta) = \sin\alpha \cdot \cos\beta - \cos\alpha \cdot \sin\beta$$

kann man beweisen, daß zwei Sinuswellen mit den Frequenzen α und β miteinander multipliziert eine neue periodische Schwingung bilden, mit den Oberwellen $(\alpha + \beta)$ und $(\alpha - \beta)$. Wenn man z.B. auf den X-Eingang des AM eine Sinuswelle von 1000 Hz gibt und auf den Y-Eingang eine von 4000 Hz, so erscheint am Ausgang eine Welle, die sich aus den Sinusschwingungen 3000 und 5000 Hz zusammensetzt. Ein Gerät, welches diese Funktionen erfüllt, wird im allgemeinen Ringmodulator (Balance Modulator) genannt. Der Unterschied zwischen einem Ringmodulator und einem Analogmultiplizierer besteht darin, daß der Ringmodulator nur Wechselspannungen verarbeitet, wobei die untere Grenzfrequenz bei 50 Hz liegt. Der AM dagegen hat keine untere Grenzfrequenz. Soll der AM als Ringmodulator eingesetzt werden, muß man den Schalter "Input Mode" auf "AC" stellen. Schaltet man ihn auf "DC" und stellt die Regler X und Y aus der 0-Stellung heraus, so erscheinen am Ausgang des AM auch die Eingangssignale. Bei aufgedrehten X-Fixed-Factor wird das Y-Signal durchgelassen, bei aufgedrehtem Y-Fixed-Factor das X-Signal. Das gleiche passiert natürlich, wenn den Eingangssignalen Gleichspannungen überlagert sind. Die folgende Tabelle gibt eine Zusammenfassung:

Eingang X: Sinus ohne		
Gleichspannung	$F_x = A$	z.B. 1000 Hz
Eingang Y: Sinus ohne		
Gleichspannung	$F_y = B$	z.B. 4000 Hz
Ausgang bei Schalterstellung auf AC	$F_{\text{aus}} = (A+B), (A-B)$	3000, 5000 Hz

Ausgang bei Schalterst. DC

X-Regler auf 0

Y-Regler auf 0 $F_{\text{aus}} = (A+B), (A-B)$ 3000, 5000 Hz

Ausgang bei Schalterst. DC

X-Regler nicht 0

Y-Regler auf C $F_{\text{aus}} = (A+B), (A-B), A$ 3000, 5000, 4000 Hz

Ausgang bei Schalterst. DC

X-Regler auf C

Y-Regler nicht 0 $F_{\text{aus}} = (A+B), (A-B), A$ 3000, 5000, 1000 Hz

Ausgang bei Schalterst. DC

X-Regler nicht 0

Y-Regler nicht 0

$F_{\text{aus}} = (A+B), (A-B), A, B$ 3000, 5000, 1000, 4000 Hz

Es soll in diesem Abschnitt im weiteren nur auf die Funktionen des AM als Ringmodulator eingegangen werden.

- bb) Eingänge X und Y werden mit einem Sinus der Frequenz f angesteuert (gleiche Phasenlage)! Am Ausgang erscheinen nun die Wellen mit den Frequenzen $(f-f)$ und $(f+f)$. Da $f-f = 0$ bleibt nur die Schwingung mit der Frequenz $2f$ übrig. Der Ringmodulator arbeitet in diesem speziellen Fall als Frequenzverdoppler.
- bc) Der Eingang X wird mit einem Sinus mit der Frequenz f angesteuert, Eingang Y mit einem Sinus $2f$. Die Phasenlage der Wellen zueinander muß konstant sein, d.h. die Wellen müssen am Oszillator synchronisiert werden. Am Ausgang erscheinen nun die Frequenzen $(f-2f)$ und $(f+2f)$, also f und $3f$. Man sieht, daß wieder ein harmonischer Klang entsteht. Die folgende Tabelle faßt mehrere Ergebnisse dieser Art zusammen.

X	Y	Ausgang	Ausgang umgerechnet auf die Grundfrequenz
f	f	$2f$	f
f	$2f$	$f, 3f$	$1 \cdot (f, \frac{3f}{1})$
f	$3f$	$2f, 4f$	$2 \cdot (f, \frac{4f}{2})$
f	$4f$	$3f, 5f$	$3 \cdot (f, \frac{5f}{3})$
f	$5f$	$4f, 6f$	$4 \cdot (f, \frac{6f}{4})$
f	$6f$	$5f, 7f$	$5 \cdot (f, \frac{7f}{5})$
f	nf	$(n-1)f, (n+1)f$	$(n-1) \cdot (f, \frac{n+1}{n-1} f)$

Die letzte Zeile in der Tabelle stellt eine allgemeine Formel dar. Darin ist n irgendeine beliebige ganze Zahl. Man sieht aus der Tabelle, daß die entstehenden Zweiklänge immer disharmonischer werden, je weiter die Eingangsfrequenzen voneinander entfernt sind. Weitaus stärker zeigt sich dieser Effekt bei der Multiplikation von oberwellenreichen Klängen, z.B. bei Sägezahnwellen. Trotzdem die Schwingungen eine feste Phasenlage zueinander haben, entsteht ein disharmonischer Klang.

Man kann natürlich auch Klänge ringmodulieren, die eine Schwebung aufweisen oder auch aperiodische Spannungssignale; jedoch sind die Ergebnisse dann nicht mehr so einfach überschaubar.

- ca) Die AM kann auch als Amplitudenmodulator eingesetzt werden. Es soll zunächst kurz auf den Unterschied zwischen VCA und AM eingegangen werden. Der VCA ist ein Zweiquadrantenmultiplizierer, d.h. er arbeitet in zwei Quadranten eines X/Y-Koordinatensystems. Bezeichnet man den Signaleingang eines VCA's mit X, den Steuereingang mit Y, so kann der VCA nur in den oberen beiden Quadranten arbeiten, da die Steuerspannung Y bei negativen Werten wirkungslos ist.

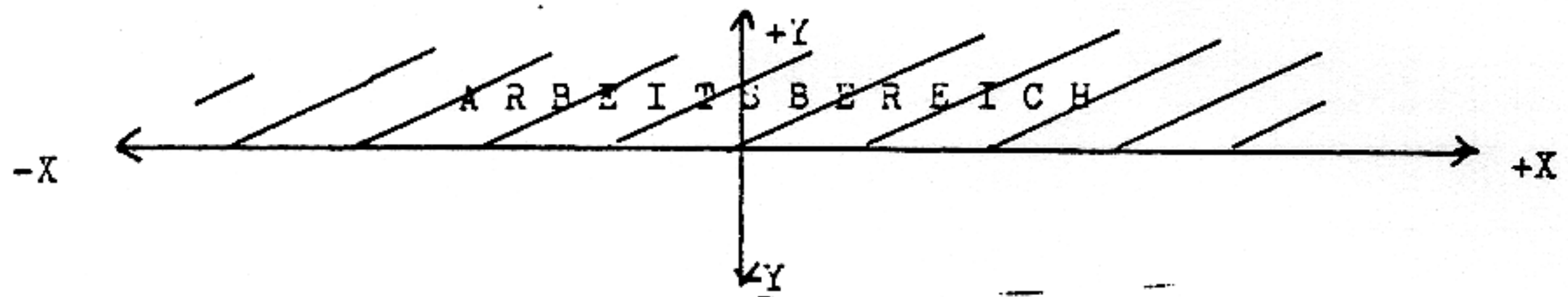


Abb. 5.2.e.

Der AM dagegen ist ein Vierquadrantenmultiplizierer. Beide Eingänge X, sowie Y sind positiv und negativ ansteuerbar. Sie sind daher gleichberechtigt. Zur Veranschaulichung einige Diagramme. Bei den Beispielen wurde vorausgesetzt, daß der Signaleingang des VCA's bzw. der X-Eingang des AM mit einer Sinuswelle angesteuert wird, deren Frequenz wesentlich höher als die Modulationsfrequenz ist.

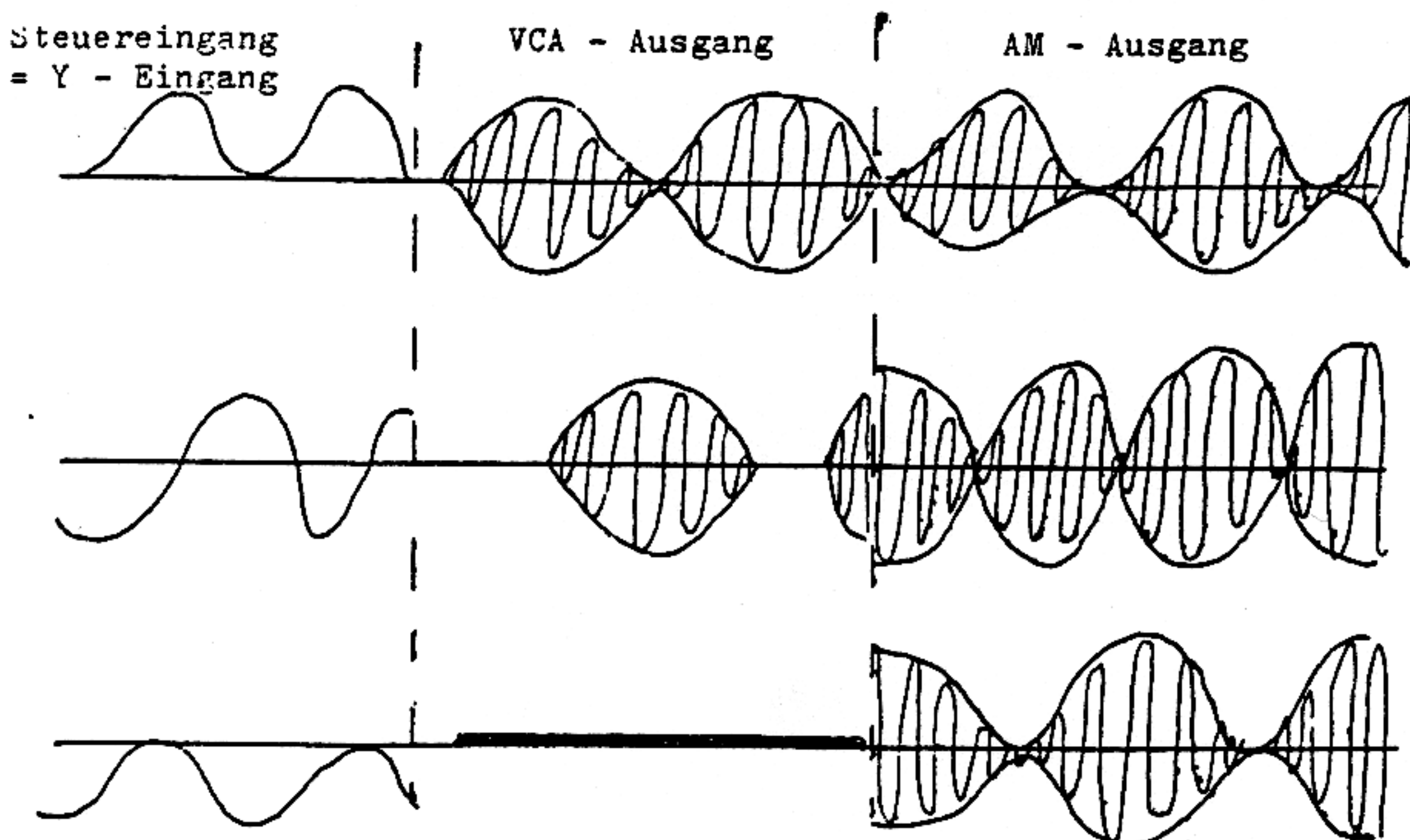


Abb. 5.2.f.

Über weitere Anwendungsbeispiele dieses Moduls ließen sich noch Bücher füllen. Das soll diese Mappe nicht leisten. Wir können hier nur noch einmal an Deine Experimentierfreudigkeit appellieren.

Und solltest Du da irgendwo Schwierigkeiten haben, dann ruf uns an, wir helfen Dir gerne weiter.

6. Spannungsgesteuerter Modifizierer (VCM) Voltage Controlled Modifier
PPG 303

Der VCM besteht aus einem spannungsgesteuerten Tiefpaßfilter und einem VCA. Er stellt somit die kompakte Kombination aus den Modulen PPG 317 und PPG 315 in ihrer vereinfachten Form dar. Die Funktionsweise der einzelnen Modulteile ist der Beschreibung des VCF und des VCA auf den vorherigen Seiten zu entnehmen.

Der Tiefpaßfilter aus dem Modul PPG 303 ist genauso aufgebaut wie der aus dem Modul PPG 317, d.h. mit Regeneration-Regler, Cutoff-Frequency-Regler und C 1-Attenuator für das Modulationssignal, das man über die Buchse C1 zuführt. Die Signale, die dem Modul über die Buchse C 2 und "C3" zugeführt werden, wirken in voller Intensität.

Das Klangsignal wird über die Buchse "In" dem Modul zugeführt und in verarbeiteter Form der Buchse "Cut" entnommen.

Der VCA in diesem Modul ist genauso aufgebaut wie der Two-Quadrant-AM im Modul PPG 315. Er verfügt also ebenfalls über einen "Gain-Fixed-CF-Regler", einen "X 1-Attenuator", mit dem man das Signal, das über die Buchse "X1" zugeführt wird, in seiner Intensität abschwächen kann, einer "In"-Buchse, einer "Out"-Buchse und noch über die Buchsen "X 2" und "X 3", über die der VCA ebenfalls moduliert werden kann. Zusätzlich verfügt der VCA-Part des Modul PPG 303 noch über einen Schalter "Control Mode", mit dem man die Kennlinie (Control Voltage zur Ausgangsamplitude) umschalten kann. In der Stellung "linear" bewirkt eine Steuerspannungserhöhung immer eine Ausgangsspannungserhöhung im gleichen Verhältnis. In der Stellung "Exponential" bewirkt eine Steuerspannungserhöhung von 1 V immer eine Verdopplung der Ausgangsamplitude, was das menschliche Ohr immer als einen gleichmäßigen Lautstärkezuwachs wahrnimmt.

7. Hüllkurvenformer (EVG) Dual Envelope Generator PPG 307 und PPG 308

Der Hüllkurvengenerator ist ein Synthesizer-Modul, das Steuerspannungen in variablen Abläufen produziert, mit denen andere Synthesizermodule gesteuert werden können. Hauptsächlich wird der EVG im Zusammenhang mit ein VCA benutzt, um die verschiedensten Lautstärkedynamischen Abläufe von Klängen halbautomatisch zu erzeugen; mit einem VCF, um klangfarbendynamische Abläufe zu erzeugen.

Jedesmal, wenn der EVG durch einen Impuls (über 2 V) getriggert wird, erzeugt er eine Hüllkurve. Diese Triggerung, also das Auslösen des EVG's erfolgt in der gebräuchlichsten Form von der Tastatur aus, d.h. ein Triggerausgang des Keyboards wird auf den "Gate"-Eingang des EVG gelegt, so daß pro Tastenanschlag eine Hüllkurve erzeugt wird.

Der Ablauf einer Hüllkurve unserer EVG-Module wird von folgenden Größen bestimmt:

- Einschwingzeit (Attack Time)
- Primäre Ausschwingzeit (Decay Time)
- Dauerpegel (Sustain Level)
- Ausschwingzeit (Final Decay Time).

Legen ich z.B. den Triggerimpuls des Keyboards auf den "Gate"-Eingang des EVG und gehe von der Buchse "Envelope" des EVG in die Buchse "X 2" eines Two-Quadrant "AM (VCA)", mit dem ich die Lautstärke eines Klanges regele, so läuft bei einem Anschlag auf der Tastatur folgender Prozeß ab: Die Lautstärke des Klanges geht von "0" auf ihr Maximum (0 bis +8 Volt) je nach Stellung des Potis "Attack Time". Steht dieses auf "0", so ist der Ton sofort in seiner ganzen Lautstärke da, steht es auf "10", dauert diese Anschwellen etwa 10 Sekunden. Sobald der Ton sein Maximum erreicht hat, klingt er ab bis auf den mit dem Poti "Sustain Level" eingestellten Pegel. Dieser Abklingvorgang läßt sich in seiner Dauer mit dem Poti "Decay Time" einstellen, ebenfalls zwischen 0 und 10 Sekunden. Der Klang bleibt in seiner durch das Poti "Sustain Level" (0 bis +8 Volt) eingestellten Lautstärke jetzt so lange stehen, so lange der Triggerimpuls gegeben wird, also in unserem Beispiel die Taste gedrückt bleibt. Lasse ich die Taste los, so klingt der Ton endgültig ab, und zwar in einer Zeitdauer, die ich mit dem Poti "Final Decay Time" einstelle, zwischen 0 und 10 Sekunden.

Aufgrund dieser 4 einstellbaren Größen lassen sich eine Unmenge von möglichen Hüllkurven erzeugen, mit denen fast alle aus unserer Umwelt bekannten Lautstärkeabläufe nachahmen kann und darüberhinaus ein Vielfaches von ganz ungewöhnlichen Abläufen erzeugen kann.

Zum besseren Verständnis sei hier eine mögliche Form graphisch dargestellt:

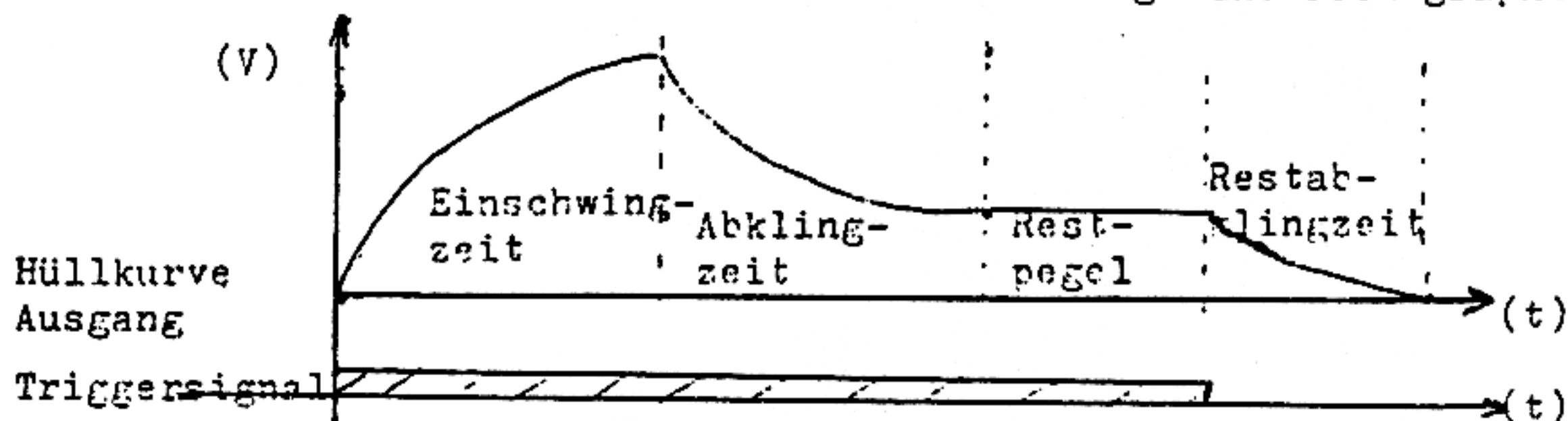


Abb. 7.a.

Die EVG Module PPG 307 und PPG 308 enthalten beide je zwei Hüllkurvengeneratoren, wobei beim Modul PPG 308 noch eine "Delay Time" (Verzögerungszeit) einstellbar ist, zwischen 0 und 5 Sekunden, d.h. der Einschwingvorgang setzt bei eingestellter "Delay Time" nicht sofort bei Geben des Triggerimpuls ein, sondern erst mit einer Verzögerung. Außerdem verfügt das Modul PPG 308 im Vergleich zu PPG 307 noch über eine Leuchtdiode, die die Triggerung anzeigt, und über einen Drucktaster zur Handauslösung der Triggerung z.B. zum kurzen Antesten.

8. Random Voltage Generator (RVG)

PPG 310

Der Rauschgenerator dieses Moduls erzeugt die gleichen Rauschformen wie auch schon beim Modul PPG 304 erklärt. Man kann sie ebenfalls an den entsprechenden Buchsen in ihrer reinen Form abnehmen. Zusätzlich kann man bei diesem Modul diese drei Rauschformen über die 3 entsprechenden Potis mischen und diesen "Mix" an den beiden Buchsen "Mixer Output" abnehmen. Im rechten Teil des Moduls PPG 310 befindet sich ein "Clock-Generator" (Taktgeber), dessen Taktfrequenz man über den Drehregler "Clock Frequency" steuern kann. Gebe ich nun über die Buchse "External Input" z.B. einen ganz langsamen Sägezahn (VCO "Octaves" auf " - 5 " und in Buchse "CV 3" minus 6 V aus den Referenzspannungsbuchsen am Mixer PPG 309, aus der Buchse "N" des VCO's den langsamen Sägezahn auf Buchse "External Input" des RVG PPG 310) und entnehme aus der Buchse "Output" des RVG PPG 310 das verarbeitete Signal, um es einem anderen VCO auf die Buchse "CV 3" zu geben, so höre ich, falls ich irgendeine Wellenform des letzteren VCO's zum "Output" des Power Supply führe, wie der letztere VCO im Takt der am Drehregler "Clock Frequency" des RVG PPG 310 eingestellten Frequenz in seiner Tonhöhe genau die Bewegung des modulierenden langsamen Sägezahnes nachmacht.

Wir rekonstruieren noch einmal den ganzen Vorgang: Der langsame Sägezahn macht folgende Bewegung

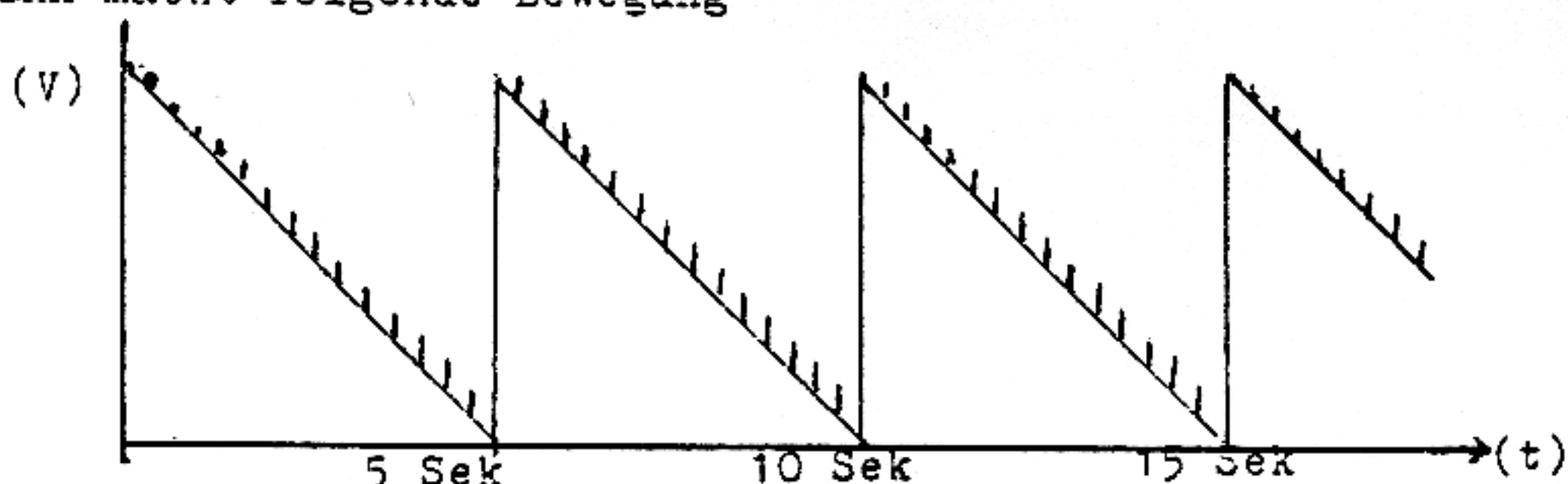


Abb. 8.a.

Dazu braucht er insgesamt vielleicht 15 Sekunden, also für jeden "Zacken" 5 Sekunden. Der Clock Generator des RVG PPG 310 ist so eingestellt, daß er pro Sekunde drei Impulse abgibt. Es erklingt also eine ablaufende Tonfolge mit ganz bestimmten Tonintervallen.

9. Signalmischer (SM) Signal Mixer

PPG 309

Das Modul PPG 309 erfüllt mehrere Funktionen:

Zum einen kann man in diesem Modul alle Signale, die man den Eingängen irgendwelcher anderen Module entnimmt und sie den vier Mixereingängen zuführt, in jedem beliebigen Verhältnis mischen. Bei diesen Signalen kann es sich sowohl um Klangsignale, also Wechselspannungen, als auch um Gleichspannungen handeln. Über den Drehregler "Master" kann man die Intensität bestimmen, mit der dieses gemischte Signal den Mixer verläßt. Und zwar über die Ausgangsbuchsen "Noninverting Output" in ursprünglicher Form oder über die Ausgangsbuchsen "Inverting Output" in phasen-umgekehrter Form.

Dann besitzt das Modul PPG 309 noch zwei Buchsen, an denen man konstante + 6 V und - 6 Volt abnehmen kann. Diese Festspannungen kann man z.B. auf einen VCO geben, um die Frequenz um sechs Oktaven zu senken bzw. zu erhöhen.

Außerdem befindet sich am Modul PPG 309 noch ein Multiple. Dieses hat einfache Verteilerfunktion. Ich gehe mit einem Signal in eine der vier Buchsen hinein und kann dann dieses Signal in dreifacher unveränderter Form an den übrigen drei Buchsen abnehmen.

10. Control Panel (CP)
PPG 302

Dieses Element stellt eine einfache wenn auch wirkungsvolle Spielhilfe dar. Da beim Stecken der verschiedensten Programme ganz bestimmte Verbindungen fast immer wieder verwendet werden, hielten wir es für sinnvoll, diese immer wieder auftretenden Verkabelungen intern vorzunehmen.

Diese internen Verbindungen lassen sich einfach durch Schalterdruck schließen und öffnen. Z.B. das Verbinden des Keyboards mit den einzelnen VCO's, das Triggern der einzelnen EG's usw.. Insgesamt lassen sich pro CP 24 Verbindungen herstellen, die wir auch ohne zusätzlichen Kostenaufwand je nach Wunsch des Bestellers vornehmen. Der Vorteil liegt einfach darin, daß man zum Stecken irgendeines Programms weniger Zeit benötigt und das ganze übersichtlicher bleibt, als wenn noch mehr Patch Cords im "Gelände" herumhängen.

11. Netzteil (PS) Power Supply
PPG 311

Das Power Supply ist ein hochstabilisiertes Netzteil, das konstante + 12 V und - 12 Volt abgibt und somit die Stromversorgung der einzelnen Module gewährleistet.

Des weiteren befinden sich an der Frontplatte dieses Moduls neben einer Kontrollleuchte, einem Hauptschalter und einem Sicherungshalter noch die Ausgangsbuchsen aller Keyboard-Signale:

Jeweils zwei Buchsen für die zwei Steuerspannungen und ebenfalls jeweils zwei Buchsen für die Triggerimpulse der beiden Keyboardstimmen.

Außerdem verfügt auch dieses Modul über ein Multiple, womit man einzelne Signale "vervielfältigen" kann.

Dann sind noch zwei Drehregler zu nennen, "Output 1" und "Output 2". Über jeden dieser Drehregler wird das Signal, das man auf die je zwei sich unter den Reglern befindlichen Buchsen gibt, in seiner Lautstärke geregelt, in der man es dann an den Hauptausgangsbuchsen des Synthesizers entweder mono oder stereo abnehmen und es einer Verstärkeranlage zuführen kann.

Man kann also hier zwei Programme vorstecken, sie über diese beiden "Outputs" geben, und je nach Belieben das eine oder andere abfragen oder sie in einem beliebigen Verhältnis mischen.

12. Sequencer (SEQ) Clocked Sequential Control PPG 314

Der Sequencer gehört nicht zur Grundausstattung eines Synthesizers, er ist aber wohl das Modul, das den Synthesizer am meisten in seinen Möglichkeiten bereichert.

Seine Funktion besteht darin, daß man mit ihm Spannungen vorwählen kann und dann hintereinander abfragen kann. Das klingt sehr einfach, umfaßt aber eine Palette an herrlichen Einsatzmöglichkeiten, die das bisher Beschriebene nach unserer Meinung in den Schatten stellen.

Gehe ich z.B. mit den vorgewählten Spannungen auf einen VCO, so ergibt das die Möglichkeit, bestimmte Tonfolgen zu programmieren, oder gehe ich damit auf einen VCA, so erhalte ich eine Lautstärkenvariante eines Klages in beliebiger Schnelligkeit und Reihenfolge, oder gehe ich auf den Filter, so ändert sich die Klangfarbe, ich kann umfangreiche Klangmuster damit aufbauen, und das ließe sich noch seitenlang so fortführen.

Das muß man sich einfach mal anhören oder selbst ausprobieren!

Zur genaueren Funktion:

Mit dem Sequencer PPG 314 kann man 32 Parameter in Form von Gleichspannungen einstellen, d.h. man kann 32 verschiedene Spannungen speichern und sie auf vielfältige Weise zur Steuerung der Synthesizergrundfunktionen abrufen. Die 24 Regler (kontinuierliche Spannungseinstellung) und 8 Schalter (diskrete Spannungseinstellung) des Sequencers sind aufgeteilt in 4 waagrecht angeordneten Reihen. Mit den jeweils 8 Reglern bzw. Schaltern lassen sich feste Gleichspannungen einstellen, von denen immer nur eine z.Zt. pro Reihe zur Verfügung stehen. Man kann diese Spannungen an den Buchsen recht unten "CVA", "CVB", "CVC" und "Time CV" sowohl einzeln als auch gemeinsam, d.h. parallel abnehmen. Über den Ausgangsbuchsen befindet sich jeweils ein Drehschalter "Attenuator" mit vier verschiedenen Stellungen. Mit diesem Schalter läßt sich die Ausgangsspannung in vier Stufen abschwächen.

Der Sequencer ist weiterhin in 8 senkrecht verlaufende Spalten eingeteilt. Es kann immer nur eine dieser Spalten zur Zeit in Betrieb sein, was durch eine Leuchtdiode ("LED") angezeigt wird. Leuchtet z.B. die "LED 4", so ist die vierte Spalte in Betrieb, d.h. daß die Spannung des vierten Reglers der ersten Reihe am Ausgang "CVA" anliegt, die Spannung des vierten Reglers der zweiten Reihe am Ausgang "CVB" anliegt, usw. Außerdem ist an der Buchse 4 (unten) ein Triggerimpuls verfügbar, mit dem andere Synthesizerfunktionen z.B. Hüllkurven ausgelöst werden können.

Mit dem rechts befindlichen Taster "SHIFT" lassen sich die 8 Spalten des Sequencers der Reihe nach hintereinander in Betrieb setzen. Dieses ist auch durch Triggerimpulse, die in die Buchse "SHIFT" eingegeben werden können, möglich. Die Buchse links neben der Buchse "SHIFT" heißt "GO TO 1" "→ 1". Gibt man in diese Buchse einen Impuls, so wird der Sequencer sofort auf die Spalte 1 zurückgeschaltet, egal welche Stufe vorher gesetzt war. Unterhalb der 4 besprochenen Reglerreihen "CVA", "CVB", "CVC", "TIME CV" befindet sich eine fünfte Reihe mit Funktionsschaltern. Hiermit kann der Sequencer in seinen Funktionen auf vielfältige Weise verändert werden. Steht ein Schalter in Stellung "LAST", so wird beim Erreichen dieser Spalte die vorherige Spalte nochmals eingesetzt.

In der Stellung "→" (Go To Next) wird die betreffende Spalte ganz ausgelassen, da beim Erreichen dieser Spalte der Sequencer sofort den Befehl erhält zur nächsten Spalte zu gehen. Bei der Stellung "→ 1" (GO TO 1) wird beim Erreichen dieser Spalte sofort auf Spalte 1 zurückgeschaltet. In der Stellung "♦" (Stop) wird beim Erreichen dieser Spalte der "Clock Oszillator" gestoppt, d.h. der Sequencer bleibt an dieser Stelle stehen. In der Stellung "Sel.Trig." (Select Trigger Pulse) findet eine Triggerauswahl statt. Die ausgewählten Trigger können an der Buchse "Sel.Trig.Output" abgenommen werden. Die letzte Stellung "Normal" läßt den Sequencer unbeeinflusst.

Startet man nun den Sequencer, wie das geht, wird weiter unten beschrieben, so läuft er gleichmäßig durch, d.h. die Intervalldauer ist für alle Spalten gleich lang.

Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, einen bestimmten Rhythmus vorzuprogrammieren. Und zwar schaltet man dazu den Schalter "Time CV" ganz links obere Hälfte auf "on", dann gelten die auf der vierten Reihe Drehschalter eingestellten Werte. Diese gehen von "1; $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{4}$; ... bis $\frac{1}{32}$ ". Ich kann also sozusagen die Notenwerte einer Tonfolge an diesen Drehschaltern einstellen, damit die Sequencerdurchläufe im entsprechenden Rhythmus ablaufen. Die Spalte, wo dieser Schalter auf "1" steht hat eine viermal so lange Verweildauer, wie die Spalte, wo dieser Schalter auf $\frac{1}{4}$ steht.

Die generelle Durchlaufgeschwindigkeit kann man links auf dem Clock Oscillator Panel am Poti "Frequency" einstellen, dessen Bereich sich durch den Schalter "Range" noch zusätzlich grob vorwählen läßt. Darüberhinaus kann man die Durchlaufgeschwindigkeit auch noch extrem über Steuerspannungen beeinflussen, die man auf die Buchsen "CV 1" und "CV 2" gibt.

Die Pulsweite der vom Clock Oscillator (Taktgeber) gegebenen Triggerimpulse kann man durch das Poti "Pulsewidth" von 0 - 100 % variieren.

Den Clock Oscillator, und somit den Sequencer, kann man per Hand durch den Taster "Start" starten und durch den Taster "Stop" stoppen.

Die Funktionen kann man auch durch externe Triggerimpulse übernehmen lassen, die man auf die entsprechenden darunter befindlichen Buchsen gibt.

Die Triggerimpulse des Clock Oscillator kann man an den Buchsen "Trigger" abnehmen.

13. Sequential Switch (SS)

PPG 313

Der PPG 313 Sequential Switch ist ein elektronischer Schalter, der eins von vier Eingangssignalen auf einen gemeinsamen Ausgang durchschaltet. Diese Signale können Tonsignale, Steuerspannungen, sowie Triggerimpulse sein. Die Hauptanwendung besteht in Zusammenhang mit dem Sequencer, wodurch erreicht werden kann, daß die 32 vorgewählten Spannungen nacheinander zur Verfügung stehen. Die Signaleingänge sind die unteren 4 Buchsen "SW.1", "SW.2", "SW.3" und "SW.4". Die Einschaltung eines dieser 4 Schalter auf den Ausgang "Switch Output" kann entweder von Hand durch die Taster oder durch Triggersignale über die Buchsen "SET 1", "SET 2" usw. erreicht werden. Mit dem Taster bzw. über die Buchse "Shift" können die 4 Positionen des elektronischen Schalters der Reihe nach eingesetzt werden. Die Sequenz, in denen die 4 Schaltstufen durchlaufen werden, läßt sich bestimmen durch die 4 Drehschalter "Counter Programming". Mit diesen Schaltern werden elektronische Zähler vorprogrammiert. Stehen z.B. alle 4 Schalter in Stellung "1", so werden die 4 Positionen gleichmäßig nacheinander durchgeschaltet, entsprechend der Impulse, die auf den "Shift" Eingang gegeben werden. Steht ein Schalter z.B. in Stellung "4", so wird diese Stufe viermal eingeschaltet, die übrigen entsprechend so oft, wie man sie über diesen Schalter vorwählt. In der Stellung "0" wird die Stufe ganz ausgelassen.

Die Buchsen "Trigger 1 - 4" sind Triggerausgangsbuchsen.

14. Frequency Follower (FF)

PPG 316

Der PPG 316 ermöglicht es, mit jeder anderen Klangwelle, ob nun natürliches oder elektronisches Instrument oder auch alles andere, was irgendwie mit dem Ohr wahrnehmbar ist, den Synthesizer wie vom Keyboard aus zu steuern.

Das macht den Synthesizer für all diejenigen interessant, die z.B. keine Tasteninstrumente spielen.

Man nimmt die Tonquelle z.B. mit einem Micro ab und geht dann mit dem Mikrokabel oder, falls es sich um eine elektronische Klangwelle handelt, wie E-Gitarre oder E-Bass usw, dann von dieser mit einem Kabel direkt in eine der "Input"-Buchsen.

Der FF erzeugt nun zum einen eine Steuerspannung, die der Frequenz des Eingangssignals proportional ist. Ein damit angesteuerter VCO würde also in der Frequenz parallel zu bzw. identisch mit der Ursprungsklangwelle laufen.

Eine zweite vom FF erzeugte Steuerspannung bildet die Lautstärkebewegungen des Eingangssignals ab. Würde man also diese Steuerspannung auf einen VCA geben, so würde dieser die gleichen Lautstärkebewegungen machen wie das Ursprungssignal. Natürlich kann man mit diesen beiden Steuerspannungen auch beliebig andere Synthesizer-Module ansteuern.

Selbstverständlich kann man auch mit dem Ursprungssignal über den FF Triggerimpulse erzeugen. Der Schwellwert ab dem dieser Impuls gegeben wird, läßt sich durch das Poti "Sensitivity" einstellen.

Die darunter befindliche Leuchtdiode zeigt die Erzeugung des Triggerimpulses an.

Auf der linken Seite befinden sich drei Potis:

"Pitch" zur Einstellung der Gesamtstimmung.

"Glide" zur Einstellung des Formantglissando-Effekts (Heulen).

"Threshold" zur Bestimmung der Welligkeit der Lautstärkekurve.

Ebenfalls auf der linken Seite befinden sich je eine bzw. zwei Buchsen:

"Input" als Eingang für das Ursprungssignal.

"Output" als Ausgang des unveränderten leicht verstärkten Ursprungssignals.

"Fuzz" als Ausgang des Ursprungssignals in verzerrter Form; der Verzerrungsgrad läßt sich durch das Poti "Sensitivity" einstellen.

"Pitch" als Ausgang der Steuerspannung, die aus der Frequenzveränderung des Ursprungssignals abgeleitet wurde.

"Envelope" als Ausgang der Steuerspannung, die aus der Lautstärkebewegung des Ursprungssignals abgeleitet wurde.

"Trigger" als Ausgang des Triggerimpulses.

Auf der rechten Seite befinden sich neben dem Poti "Sensitivity" und der Leuchtdiode zur Triggeranzeige noch 4 Buchsen "Gate Switch".

Denn dieser Part des FF ist noch als elektronischer Schalter einsetzbar.

Gehe ich z.B. mit einem Eingangssignal in eine der zwei "In"-Buchsen, kommt dieses Signal nur dann auf den beiden "Out"-Buchsen, wenn die Leuchtdiode aufleuchtet, also ein Triggerimpuls gegeben wird.

Wir hoffen, aus diesen Beschreibungen ist klar geworden, daß der FF sich vielfältig einsetzen läßt; doch ist unbedingt darauf hinzuweisen, daß das Ansteuern eines Synthesizers durch ein beliebiges Instrument über einen FF eine besondere Spielweise erfordert, da ein FF nur eine Eingangsfrequenz verarbeitet. Mehrstimmiges Spielen ist also hier nicht möglich.

15. Keyboards

PPG 322 Duophonic Digital Keyboard

PPG 323 Multicontrol Keyboard

PPG 324 Quadrofonic Digital Keyboard

Die meist verbreitete Spielweise eines Synthesizers ist die über das Keyboard. Man kann zwar über einen Frequency Follower auch mit jedem anderen Instrument den Synthesizer spielen, doch nimmt das Keyboard eine unbestrittene Sonderstellung ein.

Aus diesem Grund haben wir spezielle Synthesizer-Keyboards entwickelt und konstruiert, die alle an sie gestellten Anforderungen erfüllen. Auf ihre Technik und Funktionsweise soll weiter unten eingegangen werden. Wir können unser Standard-Keyboard PPG 322 mit jedem gewünschten Sonderkomfort ausrüsten, der in seiner ausgeprägtesten Form dann zum Multicontrol Keyboard PPG 323 führt, mit dem man 8 beliebige Synthesizerfunktionen vom Keyboard aus über Steuerwippen und -räder steuern kann.



Foto 15

Diese Wippen sind mechanisch so aufgebaut, daß sie nach dem Loslassen immer in ihre "Null"-Position (Mittelstellung) zurückgehen. Drückt man den oberen Teil der Wippe nach unten, so ergibt sich an dem entsprechenden Signalausgang ein proportionaler Spannungsanstieg. Die maximale Spannung läßt sich über einen Drehschalter vorwählen, sodaß sich bei der Ansteuerung eines VCC folgende Intervalle ergeben:

- Sekunde
- Quarte
- Quinte
- 1 Oktave
- 2 Oktaven
- 4 Oktaven

Läßt man also die Wippe nach Betätigung wieder los, so kehrt der Ton exakt in die Grundstimmung zurück, und daß sogar in der Stellung ± 4 Oktaven. Verantwortlich für diese Funktion ist eine spezielle Regelelektronik.

Drückt man den unteren Teil der Wippe nach unten, so geht die Ausgangsspannung den oberen Erklärungen entsprechend nach unten.

Räder haben die gleiche Funktion wie normale Drehregler, nur eben über eine andere Mechanik, die einen größeren Schiebereich besitzt. Dadurch gestattet ihr Einsatz eine feinfühligere Bedienungsmöglichkeit.

Bei unseren Digital-Keyboards wird jeder einzelne Tastenkontakt von einer Digitalelektronik abgetastet, und dabei wird festgestellt, ob die Taste gedrückt ist oder nicht. Diese Abfrageelektronik ist so hochhomig, daß die Kontakte nicht belastet werden und auch bei starker Verschmutzung immer noch funktionieren (kein Jaulen der Töne, sauberer Tonansatz). Die digitale Information über die Anzahl und Lage der gedrückten Tasten wird nun in einer Logikschaltung ausgewertet. Bei unseren zweistimmigen Keyboards gibt es pro Stimme vier Programmiermöglichkeiten, die mit Wahlschaltern vorgewählt werden.

Grundsätzlich wird immer der einen Steuerspannung "CV 1" der tiefste gedrückte Ton zugeordnet und der Steuerspannung "CV 2" der höchste. Stehen beide Funktionsschalter in der Einstellung "Mono", so kann man ein- und mehrstimmig spielen. Drückt man nur eine Taste auf dem Keyboard, so haben beide Steuerspannungen den gleichen Wert; das bedeutet, zwei nachgeschaltete VCC's würden den gleichen Ton erzeugen (vorausgesetzt sie haben die gleiche Grundstimmung). Drückt man zwei Tasten auf dem Keyboard, so würde der entsprechende Zweiklang erzeugt. Würde man jetzt beide Tasten exakt gleichzeitig loslassen (was nur äußerst selten vorkommt), dann würden diese beiden Töne gespeichert bleiben. In der Mehrzahl der praktischen Fälle wird aber immer nur eine Steuerspannung gespeichert bleiben, da man eine Taste immer eine Kleinigkeit eher losläßt als die andere.

Stehen beide Wahlschalter in Stellung "Duo", so reagiert das Keyboard nur dann, wenn duophon gespielt wird, d.h. mehr als eine Taste gedrückt wird. Das hat den Vorteil, daß garantiert immer die letzten beiden Töne gespeichert sind, auch wenn man sie nacheinander losläßt.

Diese Einstellung würde man z.B. bei einer ausgeprägten duophonen Spielweise der "Mono"-Einstellung vorziehen.

Stehen beide Wahlschalter in Stellung "Splitting", so ist das Keyboard in zwei Hälften geteilt; man kann beide Stimmen völlig getrennt und unabhängig voneinander spielen und auch speichern, und zwar die eine Stimme in der oberen und die andere in der unteren Hälfte des Keyboards.

Stehen beide Wahlschalter in Stellung "Memory", so kann man auf beiden speichern jeweils einen Ton fest abspeichern. Man drückt dazu die gewünschte Taste auf dem Keyboard und betätigt den Taster "Store", dann ist dieser Ton gespeichert, bis man auf die eben geschilderte Weise einen neuen Ton in den Speicher gibt.

Interessant wird diese Möglichkeit, wenn man mit Sequencer arbeitet und darin abgespeicherte Tonfolgen davon unabhängig über das Keyboard begleiten will, den Grundton der Sequencerfolge aber hin und wieder transponieren will. Dies ist über den abgespeicherten Ton möglich.

Die Daten, die den beiden Tönen entsprechen und aus der oben genannten Logikschaltung ausgewählt werden, werden in zwei Digitalspeichern abgespeichert.

Der Vorteil liegt auf der Hand:

Digitale Werte ändern ihre Daten nicht, solange der Strom nicht abgeschaltet wird; d.h. die Töne bleiben beliebig lange konstant, was bei herkömmlichen Keyboards nicht der Fall ist und sich besonders negativ dann auswirkt, wenn man mit langanhaltenden Tönen arbeitet oder Sequencer-Tonfolgen über längere Zeit transponieren will.

Nach dem Digitalspeicher kommt dann ein Digitalanalog-Wandler, der die gespeicherten Daten in die erforderliche Steuerspannung umwandelt. Die Keyboard-Steuerspannung und Triggerimpulse kann man am Power Supply den schon auf Seite 21 dargestellten Ausgangsbuchsen entnehmen und sie den entsprechenden Modulen zuleiten.

16. Standard Holzkabinette PPG 318 und PPG 319

Standard Leichtmetallkoffer PPG 320

Die Holzkabinette haben folgende Maße:

Breite: 120 cm

Höhe: 50 cm

Tiefe: 22 bzw. 45 cm

Das Gewicht beträgt etwa 14 Kilo. Die Farbe ist schwarz (Kunstlederbezug). Es lassen sich jeweils 20 Module in einem Kabinett unterbringen. Der Unterschied zwischen PPG 318 und PPG 319 besteht darin, daß PPG 319 eine schräge Front besitzt, wogegen die Front bei PPG 318 senkrecht ist.

Der Leichtmetallkoffer ist etwas schmaler. Es lassen sich maximal 18 Module in ihm unterbringen. Der Deckel ist abnehmbar. Der Koffer läßt sich mehrfach verschließen und gewährleistet eine ausgezeichnete Transportfähigkeit.

Im Preis aller Gehäuse inbegriffen ist die komplette Stromversorgungsverkabelung, die ein problemloses Erweitern bzw. Austauschen unserer Module erlaubt.

17. Nachwort

Natürlich gibt es an dieser Mappe noch eine Menge auszusetzen, ganz abgesehen von irgendwelchen Druck- oder Darstellungsfehlern.

An der Behebung dieser Mängel sind wir natürlich sehr interessiert, um diese in folgenden Auflagen auszuräumen.

Deshalb unsere Bitte an Dich:

Schreib uns, rufe uns an, sag uns irgendwie Bescheid, ...
was Dir nicht gefällt,
was Du nicht verstanden hast,
oder was Dir überflüssig erscheint
und was noch fehlt.

Im voraus schon vielen Dank
für Deine sicherlich fruchtbare Kritik!

Wir hoffen, daß das Studium dieser Mappe Dir einiges gebracht hat in Bezug auf Deine Weiterarbeit mit dem Wahnsinnsinstrument

S = Y = N = T = H = E = S = I = Z = E = R
=====

Er. Kötter
Edmund Kötter

Vorbemerkungen

Lieber Leser,

Wir hoffen, dieser Mappe ist schon einführendes Info-Material vorausgegangen, sodaß wir gleich zur "Sache" kommen können.

Deshalb gleich einiges zum sinnvollen Gebrauch dieser Mappe:

Auf jeden Fall solltest Du eine Abbildung der hier beschriebenen Geräte, z.B. eine aus den Dir zugeschickten Prospekten, beim Studium dieser Mappe immer zur Hand haben, damit Du gleich sehen kannst, wie die beschriebenen Geräte aussehen und wo sich welche Bedienungselemente genau befinden.

Falls Du irgendwelche Passagen nicht gleich verstanden hast, solltest Du Dich dadurch nicht so schnell entmutigen lassen. Der hier zu erklärende Gegenstand ist dermaßen komplex, daß man sich Stück für Stück darin hineinarbeiten muß. Die Dir vorliegende Mappe stellt dazu ein Hilfsmittel da.

In jedem Fall würde ich Dir nach einem gewissen Zeitabstand ein wiederholtes Durcharbeiten empfehlen, da Du dadurch Neues dazulernen wirst, was Dir vorher vielleicht unklar war oder Dir nicht aufgefallen ist. Falls dennoch Unklarheiten bestehen bleiben sollten, ruf uns an und frag uns!

Wir helfen Dir gerne weiter!

Wir haben versucht, die Mappe so zu gestalten, daß ihr Studium sowohl dem unbelasteten Laien als auch dem schon versierten Insider etwas bringt.

Von daher sind einige Passagen für den einen zu trivial und für den anderen andere zu kompliziert.

Auch das sollte nicht abschrecken!

Viele Bezeichnungen werden nach anfänglichen Erklärungen im Laufe des Textes nur noch als Abkürzungen geführt.

Wenn möglich, verwenden wir englische Bezeichnungen, da auch unsere Geräte englisch beschriftet sind und sich dieser "Code" mehr oder weniger überall in diesem Bereich durchgesetzt hat.

Wichtige Bezeichnungen werden auch mehrmals wiederholt, damit sie sich besser einprägen. So lernst Du möglichst schnell, Dich in dieser Materie zurechtzufinden.

Also viel Spaß mit dieser Mappe.

Hamburg, Dezember 1976

Edmund Hechtner