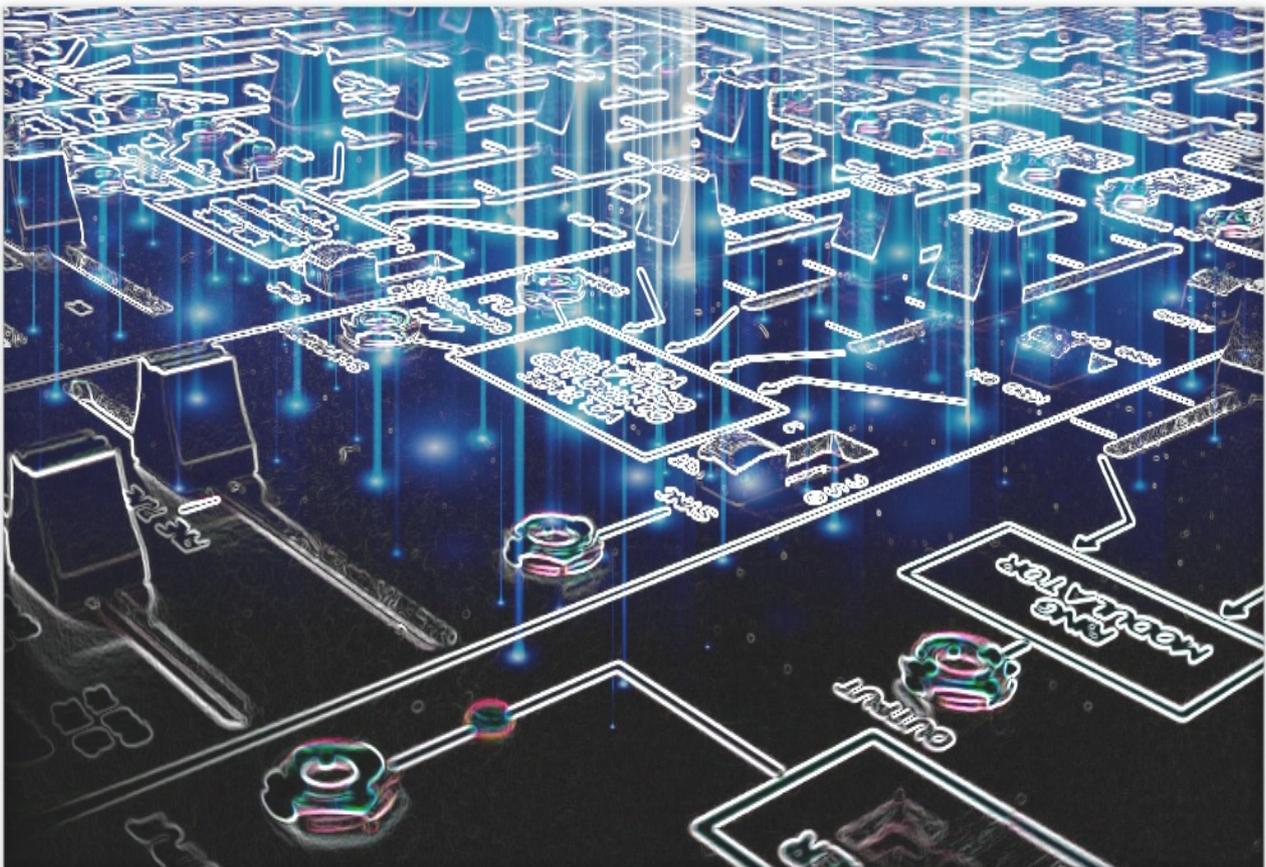


# MS2600NG

## - Bedienungsanleitung -



Version 1.1b - 21.08.21

© DIY-MMS - Matthias Beese



Danksagung:

- ✓ Das Kapitel 4 „Synthesizerwissen Kompakt“ basiert auf dem CYBORG-Synthesizer-Kurs und wurde mit freundlicher Genehmigung von CYBORG SYNTHESIS (Lutz) im Handbuch aufgenommen.
- ✓ Danke an Axel und Stefan von Schmidt Synthesizers für die Samples und Wavepresets vom VCO4, ebenso an Olivier von Mutable Instrum. für die freundlicher Genehmigung zur Verwendung aufgenommener Samples des BRAIDS und Thorsten für die Aufnahme dieser Samples. Danke auch an Kristoffer für seine „free samples AKWF Waveforms“.

---

---

## Inhaltsverzeichnis

1. VORWORT.....	6
2. EINLEITUNG.....	7
3. ÜBERSICHT MS2600NG.....	8
4. SYNTHESIZERWISSEN KOMPAKT.....	9
4.1 Einleitung und Grundlagen der Akustik.....	9
4.1.1 Die Synthesizer - Idee.....	9
4.1.2 Ohne Analyse keine Synthese!.....	9
4.1.3 Schwingungen.....	10
4.1.4 Laut oder Leise – die Dynamik des Sounds!.....	11
4.1.5 Frequenz! Amplitude!...und wo bleibt der Klang?.....	12
4.1.6 Klangräume.....	14
4.2 BAUFORMEN, SYSTEM UND GRUNDLAGEN.....	15
4.2.1 Synthesizer - Bauformen.....	15
4.2.2 Elektrophysikalische Grundlagen.....	16
4.2.3 Das Synthesizer-System.....	18
4.3 SYNTHESIZER-MODULE I (SIGNALERZEUGER).....	19
4.3.1 VCO (Voltage Controled Oscillator).....	19
4.3.2 Wellenformen und deren 'Baumuster'.....	24
4.4 SYNTHESIZER-MODULE II (NOISE UND FILTER).....	29
4.4.1 Noise.....	29
4.4.2 Random.....	30
4.4.3 Signal- und Steuerspannungs Mischer.....	31
4.4.4 Spannungssteuerbare Filter (VCF).....	32
4.4.5 Resonanzfilterbänke / Festfilterbänke.....	39
4.5 SYNTHESIZER-MODULE III (AMPLITUDENBEARBEITUNG & STEUERSPANNUNGSQUELLEN).....	40
4.5.1 VCA (Voltage Controled Amplifier).....	40
4.5.2 Hüllkurvengenerator (Envelope Generator).....	41
4.5.3 Modulationsgenerator (LFO).....	43
4.5.4 Random / Slow Random.....	45
4.5.5 Sequenzer.....	46
4.6 SYNTHESIZER-MODULE IV (STEUERSPANNUNGSBEARBEITUNG).....	48
4.6.1 CV-Prozessor / Inverter.....	48
4.6.2 Ringmodulator.....	49
4.6.3 Slew-Limiter und Portamento / Glide.....	50
4.6.4 Sample&Hold Generator (S&H).....	51
4.6.5 Externe Steuerpannung und Signalquellen.....	52

---

---

5. BLOCKSCHALTBILD DES MS2600NG.....	54
6. MODULE DES MS2600NG.....	55
6.1 PREAMPLIFIER, ENVELOPE-FOLLOWER UND RING-MODULATOR.....	56
6.2 VCO-1.....	59
6.3 VCO-2.....	61
6.4 VCO-3.....	63
6.5 VCF-1.....	65
6.6 ADSR & AR-1.....	67
6.7 VCA-1.....	69
6.8 MIXER & REVERB.....	70
6.9 KBD & MULTI.....	72
6.10 MIDI (V2 - 2021).....	73
6.11 SEQUENCER.....	78
6.12 VOLTAGE PROCESSORS.....	86
6.13 AR-2 & ARSR.....	88
6.14 NOISE, SAMPLE&HOLD.....	89
6.15 VCO-4 DUAL WAVETABLE.....	93
6.16 VCF-2.....	97
6.17 VCA-2.....	99
6.18 HEADPHONE AMP.....	100

## 1. VORWORT

Basis dieses DIY-Projektes war die Idee eines ARP2600-CLONE.

Nachdem ich mich mit dem Original und dessen Serviceunterlagen beschäftigt hatte, war eines klar 'hier steckt mehr Potential drin, als nur ein 100% Nachbau des Originals'.

Dieser MS2600NG-Synthesizer vereint also zwei Ideen in einem Projekt<sup>1</sup>.

- Den Nachbau eines ARP2600 anhand der original Schaltpläne.
- Die Erweiterung des Klassikers um ein paar Funktionen und Module.

Und so begann im September 2016 die Planung. Nach gut 1½ Jahren Bau- und Entwicklungszeit, sollte nun das gute Stück fertig sein.

Viel Spaß

Matthias  
DIY-MMS



---

<sup>1</sup> Meine Projekte beruhen auf einer nicht-kommerzieller Basis (Open-Source-Gedanken). Meine Projekte dürfen für den privaten Gebrauch kostenlos nachgebaut und verwendet werden. Da es "Do-It-Yourself" ist, ist somit jeder komplett für sein Gebasteltes und eventuelle Folgen selbst verantwortlich.

---

## 2. EINLEITUNG

Bei dem MS2600NG handelt es sich um einen semi-modularen Analog-Synthesizer. Dies heißt, dass die einzelnen Module des Synthesizer intern bereits miteinander verbunden sind, sodass der Synthesizer ohne auch nur ein einziges Patchkabel verwendet werden kann.

Nichtsdestotrotz haben die einzelnen Module diverse Ein- und Ausgänge, sodass diese beliebig gepatched werden können. Das Einstecken des Patchkabel in eine Eingangsbuchse trennt dabei die vorhandene interne Verschaltung und führt das externe Signal ein.

Der obere Hälfte des MS2600NG entspricht fast 1:1 das Original.

Änderungen:

- Clipping LED beim PreAmp, VCF und Mixer
- GATE Funktion beim Envelope-Follower
- SYNC für VCO1 und VCO2
- Heizung für die frequenzbestimmenden Transistoren aller VCO (Erhöhung der Freq.-stabilität).
- TRI und SINE-Ausgang für VCO3
- PWM Eingang für VCO3
- MIXER ist um einen Kanal (VCA2) erweitert.

Der untere Hälfte des MS2600NG wurde um einige neue Module erweitert.

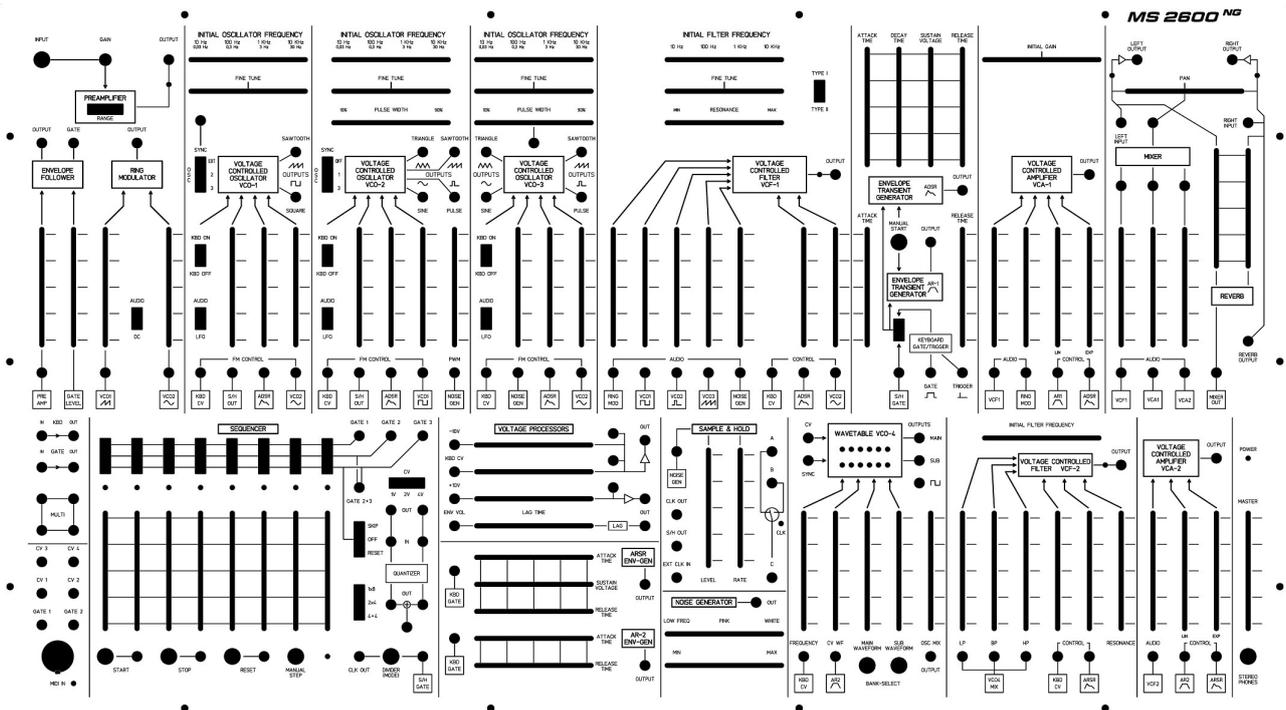
NEU:

- Midi IN (2\*GATE + 4\*CV)
- Sequencer mit Quantizer
- ARSR und AD2
- DUAL-8Bit Wavetable VCO
- MultiMode VCF
- VCA2
- 2\*15W Klasse-AB-Endstufe

Die Lautsprecher wurden als „BOX in CASE“ realisiert, d.h. sie bekommen im unteren Teil ein geschlossenes Gehäuse mit Bassreflexöffnung.

### 3. ÜBERSICHT MS2600NG

Der MS2600NG ist mit 21 analog, 3 digital/analog Modulen, einem passiven Verteiler, sowie einem 2\*15W NF-Verstärker mit VISATON Breitbandlautsprecher und Bassreflexöffnung ausgestattet.



#### Oberer Bereich

- PreAmp
- ENV-Follower
- Ring-Modulator
- VCO-1
- VCO-2
- VCO-3
- VCF-1
- ADSR
- AR-1
- VCA-1
- MIXER
- REVERB

#### Unterer Bereich

- MIDI-IN
- MULTI
- SEQUENCER mit QUANTIZER
- VOLTAGE PROCESSOR
- ARSR
- AR-2
- S&H
- NOISE GENERATOR
- VCO-4 DUAL 8Bit WAVETABLE
- VCF-2 MULTIMODE
- VCA-2
- HEADPHONE AMP

## **4. SYNTHESIZERWISSEN KOMPAKT**

In diesem Kapitel soll versucht werden, fundiertes Hintergrundwissen über die Technik und Anwendung analoger Synthesizer-Systeme zu vermitteln.

### **4.1 Einleitung und Grundlagen der Akustik**

#### **4.1.1 Die Synthesizer - Idee**

Die Idee zum Synthesizer in der heutigen Form kam Mitte der 60ziger Jahre von den Herren Moog und Buchla aus den USA. Das Hauptmerkmal der Instrumente ist die Trennung der einzelnen, zur Klangsynthese notwendigen elektronischen Baugruppen. Man spricht von einer „Modularisierung“. Den Musikern soll damit die Möglichkeit gegeben werden, die Art und Anzahl der Module seinen Bedürfnissen entsprechend, beliebig zu kombinieren. Das tollste daran ist jedoch die Tatsache, dass man für die Bedienung dieser Synthesizer kein Elektronikstudium absolviert haben muss.

Damit Funktionsabläufe bei der Klangsynthesen nicht nur manuell, sondern auch automatisch oder gar programmierbar gesteuert werden können, ist es notwendig, alle elektrischen Vorgänge im Synthesizer zu vereinheitlichen. Aus Gründen der recht einfachen Handhabung bei der Konstruktion und Bedienung der Wunderkisten wählte man die elektrische Spannung als einheitliche Steuergröße aus.

#### **4.1.2 Ohne Analyse keine Synthese!**

Tagtäglich dringen Tausende der unterschiedlichsten Schallereignisse auf uns ein. Dieser Schall kann angenehm sein und Freude vermitteln oder aber unglaublich nerven und auf die Dauer körperlich und psychisch krank machen. Aber in einem Punkt haben sie etwas gemeinsam: Schall wird durch ein Übertragungsmedium, meistens also durch die Luft vom Schallerzeuger zu unseren Ohren transportiert.

Schall breitet sich wellenförmig, ähnlich wie Wellen auf dem Wasser aus. Er pflanzt sich in der Luft mit einer Geschwindigkeit von etwa 330 Metern in der Sekunde fort. Diese Schallgeschwindigkeit ist jedoch stark abhängig von der

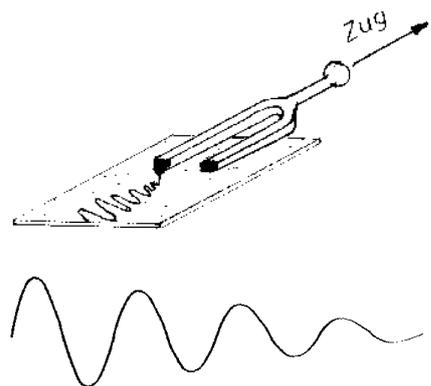
Beschaffenheit des Übertragungsmediums. Sie ist zum Beispiel im Wasser oder in Metallkörpern wesentlich höher, und sogar Lufttemperatur und Feuchte verändern die Schallgeschwindigkeit. Achtet einfach das nächste Mal beim Schwimmen in freien Gewässern darauf wie gut das Wasser den Schall von den Motoren der Sportboote leitet - man hört sie unter Wasser bereits, bevor sie über Wasser zu vernehmen sind. Überhaupt, die Anmerkung sei mir gestattet, schult es ungemein das Gehör wenn man sich angewöhnt, Klänge nicht nur oberflächlich wahrzunehmen, zu konsumieren, sondern sie bewußt zu hören und versucht, Schallereignisse in einzelne Phasen und Merkmale zu unterteilen. Das muß ja nicht gleich zur fixen Idee werden, es hilft aber wirklich enorm in unserem Vorhaben, Meister der Klangsynthese zu werden.

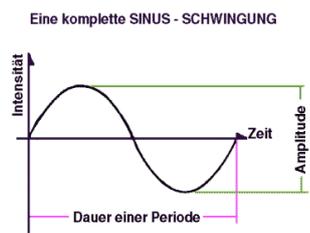
Denn **ohne Analyse - keine Synthese!** Bevor wir jedoch darangehen, unsere Fans mit dem ultimativen Wahnsinnsound zu beglücken, muss uns klar werden, was einen Klang überhaupt ausmacht.

### 4.1.3 Schwingungen

Schwingungen entstehen zum Beispiel durch schnelles hin- und herpendeln eines Körpers um eine Ruhelage. Dieses Pendeln hält solange an, bis die gesamte Bewegungsenergie des schwingenden Körpers aufgebraucht ist. Das klingt kompliziert, ist es aber nicht, wie ein Versuch zeigen kann:

Nehmen wir eine möglichst große Stimmgabel für einen tiefen Ton und befestigen an einem ihrer Schenkel eine kleine Metallspitze (Büroklammer o.ä.). Wenn man nun diese Stimmgabel anschlägt und die Metallspitze zügig über eine rußgeschwärmte Glasplatte zieht, kratzt sie eine Spur in die Oberfläche. Schauen wir uns diese Spur genauer an: Sie zeigt einen, sich wiederholenden, regelmäßigen Schwingungsvorgang, der mit dem Ausklingen der Stimmgabel immer schwächer wird. Eine komplette Schwingung, also die Auslenkung der Stimmgabel vom Nullpunkt (Ruhelage) zu der einen Seite, zurück und über den Nullpunkt hinaus zur anderen Seite und erneut zurück zum Nullpunkt, bezeichnet man als eine Periode. (1 Periode = 1 Welle = 2 Halbwellen)





Begriffe wie Periode, Schwingung und Wellen sollten vorerst geklärt sein, höchste Zeit uns eine weitere wichtige Eigenschaft einer Schallschwingung anzusehen.

Als Schall können Menschen Schwingungen nur wahrnehmen, wenn sie die einzelnen Wellen in der Sekunde zwischen 16 und etwa 16000 mal wiederholen.

Die Maßeinheit mit der die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, die Frequenz, angegeben wird ist die Einheit Hertz, benannt nach dem deutschen Physiker Heinrich Hertz. Der Hörbereich des Menschen umfasst im Durchschnitt etwa 16 bis 16000 Hertz und ist sowohl abhängig vom Alter (Kinder hören bis 20000 Hertz) wie auch von eventuellen Schäden durch zu laute Musik oder andere Umwelteinflüsse.

Die Maßeinheit Hertz schreibt man abgekürzt Hz

Hertz	(Hz)	= 1 Hz = 1 Schwingung pro Sekunde
Kilohertz	(kHz)	= 1000 Hz
Megahertz	(MHz)	= 1000 kHz

Auswahl von Frequenzen im Hörbereich (physikalische Stimmung)

tiefster Orgelton, „Subcontra - C“	16 Hz
Netzbrummen alter Radios	50 od. 100 Hz
Normstimmton (Kammerton A)	440 Hz
Normpegel / Meßton	1000 Hz
viergestrichenes „C“	2048 Hz

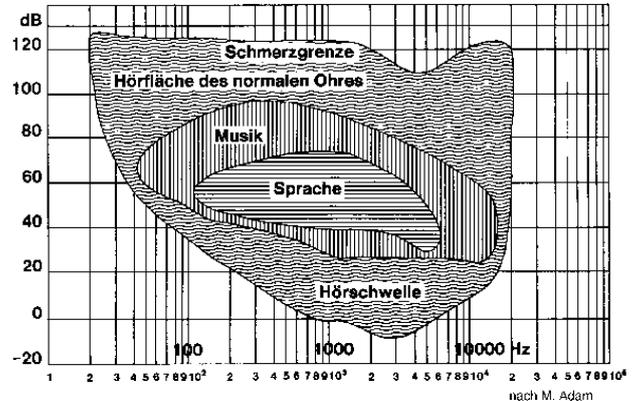
#### 4.1.4 Laut oder Leise – die Dynamik des Sounds!

Hier geht es um die dritte Größe bei dem Stimmgabeexperiment. Man kann neben der periodisch wiederkehrenden Schwingung auch gut erkennen, dass die ersten Wellen größer waren als die nachfolgenden. Sie haben eine, im Lauf der Zeit abnehmende Intensität. In unserem Fach spricht man von der Amplitude einer Schwingung um deren Stärke zu beschreiben. In der Akustik nennt man das ganz volkstümlich Lautstärke.

Bei den Beschreibungen der Synthesizerbaugruppen reden wir jedoch immer über elektrische Schwingungen und Größen. Zu Schallwellen, zu einem Klang wird das alles erst wieder viel später durch die Umwandlung der elektrischen in

mechanische Schwingungen z.B. durch einen Kopfhörer. Bei diesen elektrischen Schwingungen handelt es sich um solche, die um einen willkürlich (relativen) Nullpunkt schwingen.

Als Ergänzung für alle, die es noch genauer wissen möchten: Die nebenstehende Abbildung stellt die Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs in Abhängigkeit zwischen Frequenz und Lautstärke dar. Zu erkennen ist, dass das Gehör am empfindlichsten im Bereich um 3000 Hz ist (mittlere Sprachfrequenz). Die extrem hohen oder tiefen Töne werden deutlich schlechter wahrgenommen.



#### 4.1.5 Frequenz! Amplitude!...und wo bleibt der Klang?

Verschiedene Schwingungen können wir nun schon durch zwei Parameter (Größen) unterscheiden. Das sind bis jetzt die Frequenz und die Amplitude. Schön und gut - aber wenn nun ein Pianist, ein Gitarrist und ein Synthesist jeweils einen Ton identischer Tonhöhe und Lautstärke erzeugen, klingen die Ergebnisse dennoch völlig unterschiedlich, woran liegt das denn nun? Die Unterschiede einfach damit zu „erklären“, dass verschiedene Instrumente natürlich auch einen unterschiedlichen Sound haben, ist mindestens dürftig, wenn nicht sogar einfältig.

Die Physik-Cracks unter den Lesern werden schon schmunzeln. Ganz klar, sagen sie: Es liegt in der Form der Schwingungen denn nicht alle sehen so schön gleichmäßig geformt aus wie die bisher in den Abbildungen dargestellten. Alle Schwingungsformen (Wellenformen), egal wie chaotisch sie auch aussehen mögen, bestehen aus einer Mischung von diesen schönen glatten Wellen, den Sinuswellen. Jede dieser Einzelschwingungen kann eine andere Frequenz (Tonhöhe) und Amplitude (Intensität, Lautstärke) haben. Sie mischen sich durch Addition zu einer resultierenden Wellenform. Wichtig ist es nie zu vergessen: FREQUENZ und AMPLITUDE sind unabhängige Größen. Das heißt, bei einer beliebigen Schwingung kann die Wellenform, die Frequenz oder die Amplitude geändert werden, ohne dass sich dabei einer der anderen Parameter ändert. (Im Arbeitsbereich von Synthesizern sollte das jedenfalls so

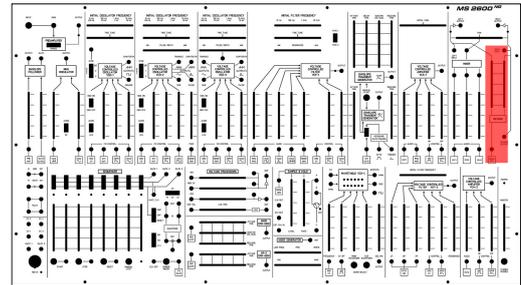
sein!) Doch bevor wir näheres über Elektroakustik erfahren, sollten zuvor drei wichtige, häufig leider falsch gebrauchte Begriffe erklärt werden.

Jedes Schallereignis lässt sich in eine der drei folgenden Kategorien einordnen:

- Ein Ton hat zu jeder Zeit eine eindeutige Frequenz die man hören oder z.B. mit einem Frequenzzähler messen kann. Streng physikalisch gesehen ist eigentlich nur eine reine Sinusschwingung als Ton anzusehen weil alles andere ja bereits Mischungen sind (s.o.). In der Praxis der Klangsynthese ist es jedoch sinnvoll, auch andere, in der Frequenz eindeutig bestimmbare Schallereignisse als TON zu bezeichnen.
- Während ein Ton theoretisch über eine unendlich lange Zeit hinweg konstant sein kann, verändert sich bei einem Geräusch die Mischung der Sinuswellen, (meist auch deren Frequenz und Amplitude) rasend schnell und heftig über den ganzen Zeitraum des Schallereignisses. Als Beispiele seien hier Donner, Schüsse, Wasserplätschern, Windrauschen usw. genannt. Bei keinem dieser Geräusche läßt sich eine eindeutige Frequenz erkennen.
- Ein Gemisch aus einem oder mehreren Tönen und Geräuschen wird Klang genannt wenn die Frequenzen der tragenden Töne noch klar zu definieren sind. Bei einem Schlagzeugklang sind zum Beispiel die Geräuschanteile extrem hoch, die Grundtöne sind jedoch noch so gut wahrnehmbar, dass man die Trommeln gut stimmen muß, damit es im Zusammenspiel gut klingt. Bei einer Flöte überwiegt deutlich der tonale Anteil - man muß genau hinhören um das Blasgeräusch, verursacht durch die strömende Luft, wahrzunehmen.

### 4.1.6 Klangräume

Bei allen Schallereignissen muss man noch das akustische Umfeld beachten. Durch Brechung und Reflexion der Schallwellen in verschiedenen Räumen entstehen jeweils typische, akustische Phänomene wie z.B. Hall und Echo. Für eine perfekte Klangsynthese bedient man sich heute modernster Technik zur Raumsimulation. Aber auch elektromechanische Gerätschaften wie Federhall-Systeme und Bandechomaschinen werden eingesetzt um eine möglichst große Spannweite der Klanggestaltung zu haben.



## **4.2 BAUFORMEN, SYSTEM UND GRUNDLAGEN**

### **4.2.1 Synthesizer - Bauformen**

Es gibt verschiedene Möglichkeiten einen Synthesizer zusammenzubauen. Im Handel findet man monophone (einstimmige), polyphone (mehrstimmige), programmierbare und nicht-programmierbare, analoge, digitale, modulare, vorverkabelte halboffene Systeme, Stagesynthesizer, Expandereinheiten usw.

#### **MODULARSYSTEME**

Dinosaurier und Klassiker zugleich. Jedes Modul hat eine eigene Frontplatte und eigene, von anderen Modulen unabhängige Elektronik, Regler, Ein- und Ausgänge usw. Bis auf die Betriebsspannung werden alle zur Klangsynthese notwendigen Verbindungen mit den sogenannten PATCHCORDS vorgenommen.

Der große Vorteil solcher Systeme ist die völlig offene Struktur. Jeder Klang, jede noch so „abwegige“ Einstellung kann genutzt werden. Nachteilig ist der relativ hohe Zeitaufwand beim Umstecken der Patchcords. Aus diesen Gründen findet man MODULARSYSTEME meist nur in Studios.

#### **STAGESYNTHESIZER (vollverkabelt)**

Der Hinweis „vollverkabelt“ erklärt schon vieles. Alle Baugruppen sind hinter einer gemeinsamen Frontplatte untergebracht. Diese werden vom Hersteller mit den wichtigsten Verbindungen, von denen nur einige noch abschaltbar oder umschaltbar sind, versehen. Erweiterungen und Veränderungen sind nicht mehr zu machen und die Klangvielfalt ist zugunsten der schnellen Bedienbarkeit stark eingeschränkt. Ein klassisches Beispiel für diese Art ist der Minimoog.

#### **Halboffene Systeme (teilverkabelt)**

Bei diesem Typ – z.B. ARP 2600 - handelt es sich eigentlich um einen Stagesynthesizer, bei dem es möglich ist durch zusätzliche Patchcord - Verbindungen die intern vorgegebenen Vernetzungen zu ergänzen oder zu ersetzen. Möglich ist dies durch die Verwendung von Schaltbuchsen, die dann die interne Vorverkabelung individuell auftrennen.

## 4.2.2 Elektrophysikalische Grundlagen

Bevor man mit der Elektronik umgeht, sollte man zumindest die wesentlichen Begriffe der Elektrotechnik kennen. Durch deren Verständnis kann man sich später dann auch das eine oder andere selbst basteln oder neue Ideen entwickeln. Hier bietet das Internet eine Vielzahl von Seiten die eine Einführung bieten.

Mit Hilfe einiger aktiver elektronischer Bauelemente wie Transistoren, Dioden, integrierten Schaltkreisen und anderen Bauteilen wie Widerständen, Kondensatoren usw. kann man schon einen Synthesizer bauen. Wie im Kapitel über die Synthesizer - Idee schon verraten, wählte man als einheitliche Größe für die Tonerzeugung und Steuerung in Synthesizer-Modulen die elektrische Spannung aus. Mit welchen Spannungen arbeitet nun ein Synthesizer?

### **Die Betriebsspannung**

Ohne sie läuft gar nichts. Die Betriebsspannung ist sozusagen das Futter für die Elektronik und muß in ihrer Höhe absolut stabil sein. Sie darf sich auch bei schwankenden Umwelteinflüssen wie Temperatur- oder Netzspannungsschwankungen nicht verändern. Auch bei modular aufgebauten Synthesizern wird diese vom Hersteller intern vorverdrahtet. Da wir darauf keinen Einfluß nehmen wollen und können, brauchen wir uns mit ihr nicht weiter zu beschäftigen..

### **Die Signalspannung (Signal Voltage = SV od. AUDIO)**

Signalspannungen sind Wechselspannungen mit Frequenzen im tonfrequenten Bereich. Sie werden nach der Umwandlung in mechanische Schwingungen in einem Kopfhörer oder Lautsprecher hörbar, dazu müssen sie jedoch normalerweise verstärkt werden. Synthesisten und Elektronikmusiker jedweder Art haben verabredet, als Signalspannungen (SV / AUDIO) nur solche Spannungen zu benennen, die auch tatsächlich hörbar gemacht werden sollen. Die Höhe der Amplituden beträgt 10 Vpp (PEAK-PEAK) oder 10Vss (Spitze-Spitze).

### **Die Steuerspannung (Control Voltage = CV)**

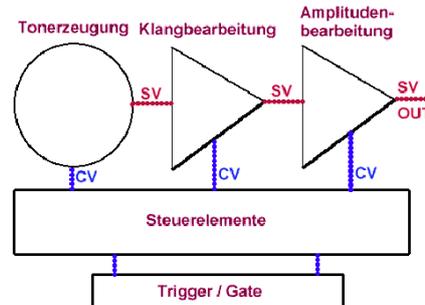
Steuerspannungen dienen, wie es der Name unschwer erraten lässt, zur Steuerung verschiedenster Funktionen der Synthesizermodule. Ihre Größe bewegt sich in einem Bereich von 0 bis 10 Volt. Es können sowohl Gleich- wie auch Wechspannungen verwendet werden. Wird eine „Signalspannung“ als Steuerung eingesetzt, wird aus ihr automatisch eine CV - soweit die Verabredung!

### **Trigger / Gate - Spannungen (TRIG / GATE)**

Einige Module in einem Synthesizersystem lassen zuvor eingestellte Steuerspannungsverläufe ablaufen wenn sie dazu einen Startimpuls bekommen. Ein Trigger ist eine nadelförmige Spannungsspitze die nur kurzzeitig das Spannungsmaximum erreicht. Üblich ist eine Impulsdauer von nur etwa 50 ms (Millisekunden). Beim Gate ist die Impulsdauer variabel. (z.B. Länge des Tastendrucks) Die Spannung weist eine Höhe von 5 - 10 Volt auf.

### 4.2.3 Das Synthesizer-System

Die Abbildung zeigt ein Blockdiagramm, also eine Übersichtszeichnung. Sie verdeutlicht, welche Arten von Baugruppen eine Klangsynthese benötigt, also alles, was ein vollwertiger Synthesizer haben muss.



Die verschiedenen Baugruppen, ich nenne sie fortan auch MODULE, werden wie folgt eingeteilt:

Signalerzeuger	Klangbearbeitung	Amplitudenbearbeitung	Steuerelemente
VCO NOISE Externe Quellen	VCF-Tiefpass VCF-Hochpass VCF-Bandpass VCF-Bandsperre Resonanzfilter (Ringmodulator)	VCA (Ringmodulator) Mixer (passiv) Vorverstärker (passiv)	Envelope-Generator (Ringmodulator) Sequencer CV-Prozessor Sample&Hold LFO Tastatur Spielhilfen und Externe Quellen*

#### \*EXTERNE QUELLEN:

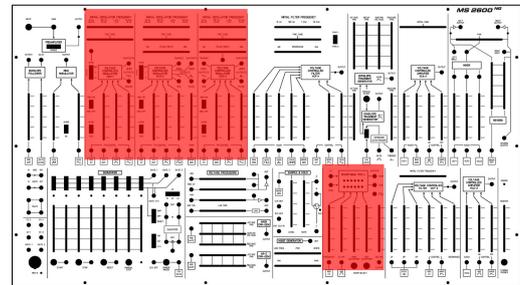
Externe Signalquellen können z.B. Mikrophone, E-Gitarren, Orgeln oder ähnliches sein. Damit diese Signale im Synthesizersystem verarbeitet werden können, müssen sie durch einen Vorverstärker auf einen genügend hohen Pegel, also auf mindestens 5 Vss, besser auf 10 Vss angehoben werden.

Externe Steuerelemente, also Steuerspannungsquellen, können alle Gerätschaften sein, die Spannungen im Bereich von 0 bis 10 Volt (positiv oder negativ) abgeben können. Denkbar sind neben handelsüblichen RIBBON-CONTROLLERN und DRUMPADS auch FOTZELLEN, druckempfindliche Halbleiter usw.

## 4.3 SYNTHESIZER-MODULE I (SIGNALERZEUGER)

### 4.3.1 VCO (Voltage Control Oscillator)

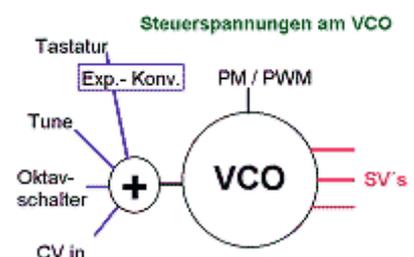
Der VCO, der spannungsgesteuerte Oszillator soll das erste Modul sein, welches ich beschreiben möchte. Leider gehört dies auch zu den Baugruppen, die am meisten Erklärungen benötigen weil der VCO eine ganze Reihe neuer und wichtiger Begriffe beinhaltet.



Ein Tongenerator hat die Aufgabe, eine saubere, hauptsächlich tonfrequente Schwingung zu erzeugen. Diese soll dann in mehreren Wellenformen gleichzeitig und in der Frequenz durch eine Spannung steuerbar zur Verfügung stehen. Um mit einem VCO eine exakt steuerbare Frequenz über einen Tonumfang von 10 Oktaven (etwa der Hörbereich) zu erhalten, ist es notwendig, dass er im Betrieb hochkonstante Werte aufweist. Weicht ein Tongenerator bei Temperaturveränderungen nach einigen Minuten Betrieb (bei Luftzug o.ä.) von seiner Sollfrequenz ab, spricht man von „temperaturabhängiger Frequenzdrift“.

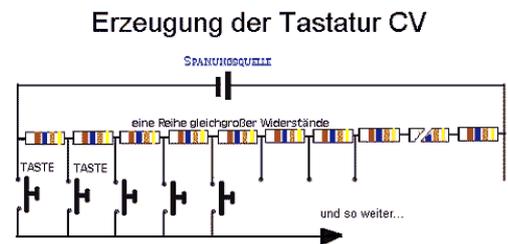
Wird der VCO mit der Betriebsspannung versorgt, beginnt er sofort mit der Produktion der Schwingung. Dieses tut er ohne Pause und in einer Frequenz, deren Höhe von der Summe aller ihm zugeführten Steuerspannungen abhängig ist.

Die Gesamtsteuerspannung setzt sich in der Regel mindestens durch die KEYBOARD-CV (Tastatursteuerspannung), der CV des OKTAVSCHALTERS und der, des TUNE REGLERS zusammen.



## Kurzausflug zur Tastatursteuerspannung (KEYB. - CV)

Die Keyboard - CV wird in der Regel durch Aufteilung einer Spannung durch Widerstände in gleich große Teilspannungen erzeugt (siehe Abbildung). Diese Teilspannungen werden dann durch die Tastenkontakte zu einer Elektronik weitergeschaltet, welche dann diese Spannung solange aufrecht erhält bis erneut eine Taste gedrückt wird. (Sample & Hold-Prinzip)



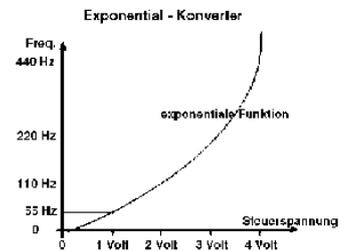
Zur Tastatur muss noch gesagt werden, dass es sich bei meinem schematischem Beispiel um eine einstimmige, sprich monophone Tastatur handelt. Bei monophonen Tastaturen wird nur eine Steuerspannung (CV) zum Ausgang geschickt. Neben dieser CV wird noch ein zweites Signal beim Tastendruck erzeugt. Eine Impulsspannung - in einem früheren Kapitel bereits kurz erwähnt. Diese Impulsspannung springt bei Tastendruck sofort auf ihren Maximalwert (meist 5-10 V) und endet genauso plötzlich, wenn die letzte aller gedrückten Tasten wieder gelöst wird. Diesen Impuls, dessen Dauer sehr unterschiedlich sein kann nennt man GATE. Ein neues GATE bekommt man nur, wenn zuvor alle Taste gelöst waren. Bei einigen Synthesizer-Keyboards gibt es Zusatzschaltungen, die automatisch bei jedem zusätzlichen Tastendruck ein neues GATE oder TRIGGER auslösen können.

### ...wieder zurück zum VCO:

Die Keyboard - CV steigt also, wenn man „höhere“ Tasten drückt. Pro Taste steigt die Steuerspannung um exakt  $1/12$  Volt. Die Spannung steigt also linear an (immer um den gleichen Betrag). Zu dem Wert von  $1/12$  Volt kommen wir durch eine internationale Absprache, die besagt: eine Spannungsänderung von einem Volt soll die Tonhöhe um eine Oktave steigen lassen. Da nun eine Oktave 12 Einzeltöne hat, ist ein einzelner Ton eben ein Zwölftel von einem Volt. Untersuchen wir aber die Tonleiter frequenzmäßig, dann stellen wir fest, dass ein bestimmter Ton einer beliebigen Oktave die doppelte Frequenz hat wie der Ton eine Oktave tiefer. Man muss also die linear ansteigende Steuerspannung der Tastatur so umwandeln, dass sich am Ende eine Frequenzverdoppelung von Oktave zu Oktave ergibt.

Für diese Umwandlung braucht man einen sogenannten EXPONENTIAL - KONVERTER. Die Zusammenhänge sollten die nachfolgende Tabelle und die Grafik klären können.

Oktave	lineare Keyb. CV	Frequenz
1	1 Volt	55 Hz
2	2 Volt	110 Hz
3	3 Volt	220 Hz
4	4 Volt	440 Hz
5	5 Volt	880 Hz



Zum Glück brauchen wir die Exp.-Konverter nicht auch noch gesondert zu kaufen, jeder VCO und fast jedes bessere Filtermodul enthält bereits, von außen nicht sichtbar, eine dieser Baugruppen. Sollten einmal bei einem Synthesizer die Tonabstände der Tastatur nicht mehr stimmen, dann wird sich wohl die SPREIZUNG des Exponentialkonverters im Lauf der Zeit verändert haben oder aber man hat bei der Wahl der Steuerspannung oder des CV - Einganges am VCO einen Fehler gemacht.

Der Frequenzbereich eines guten VCO's sollte möglichst groß sein damit man seine Wellenformen auch als Steuerspannung nutzen kann. So ist ein Bereich von 0,003 Hz bis 10 kHz eigentlich nicht selten.

## Wellenformen des VCO

Bei der Abbildung der VCO-Frontplatte sind euch auch sicher die Darstellungen verschiedener Wellenformen ins Auge gefallen. Wie man sich in der Praxis leicht überzeugen kann, klingen die verschiedenen Formen trotz gleicher Frequenz und Amplitude unterschiedlich und scheinen auch unterschiedlich laut zu sein. Wie bereits schon kurz erwähnt, handelt es sich bei allen Schwingungsformen um Mischungen einzelner Sinuswellen. Diese Sinusschwingungen weisen unterschiedliche Frequenzen und Amplituden auf. Die resultierende Kurvenform ergibt sich dann aus der Spannungsaddition aller Sinii (Mehrzahl von Sinus).

Einige VOKABELN zum Thema Schwingungsformen

- Die Sinusschwingung mit der niedrigsten Frequenz nennt man GRUNDTON.
- Alle anderen Sinuswellen sind OBERTÖNE.
- Obertöne, deren Frequenz ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz ist, nennt man auch HARMONISCHE. (2-fach, 3-fach aber nicht 2.4-fach usw.)
- Mit NICHTHARMONISCH bezeichnet man Obertöne mit einem nicht-ganzzahligen Vielfachen der Grundtonfrequenz. (1.3-fach oder 5.6-fach usw.).

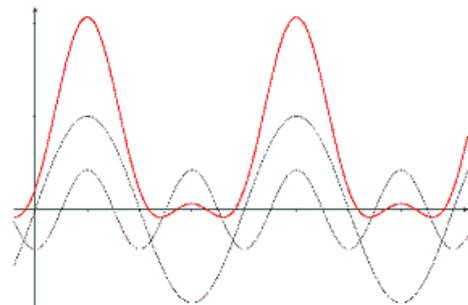
Die von den Tongeneratoren direkt erzeugten Schwingungsformen enthalten ausschließlich harmonische Obertöne. Analysiert man verschiedene Schwingungsformen, stellt sich heraus, dass sie sich durch zwei Kriterien unterscheiden. Genau gesagt durch das OBERTONSPEKTRUM und die AMPLITUDENDÄMPFUNG.

- Das Obertonspektrum gibt an, welche Obertöne in einer Wellenform enthalten sind. Das heißt, es können z.B. in der einen Wellenform alle Harmonischen (1,2,3,4,5..), in einer anderen nur alle ungeradzahligen Harmonischen ( 3x 5x 7x...) enthalten sein. Die erste Harmonische ist wieder die Grundwelle.

- Bei der Amplitudendämpfung handelt es sich um einen Ausdruck, der das Verhältnis der Obertonamplitude zur Grundtonamplitude beschreibt.  
 Bsp: Amplitudendämpfung =  $1/n$   
 Die '1' steht für den Amplitudenhöhe der Grundwelle. Trägt man anstelle von [n] die Nummer der Harmonischen ein, deren Amplitude errechnet werden soll, ergibt sich deren Wert von alleine. Die 5. Harmonische hätte beim Verhältnis  $1/n$  also nur 1/5tel der Grundwellenamplitude. Reale Zahlen sind hierbei selten interessant, wichtig ist nur das Verhältnis der Lautstärken untereinander. Durch die Angabe dieser beiden Merkmale ist es möglich jede Wellenform physikalisch unverwechselbar zu beschreiben. Jede Wellenform hat theoretisch unendlich viele Obertöne, in der Praxis kann man sich auf maximal 64 beschränken, alle darüberliegenden beeinflussen den später hörbaren Klang nicht mehr.

Obertonspektrum und Amplitudendämpfung einer Wellenform verändern sich nicht, wenn die Tonhöhe verändert wird

Die Abbildung zeigt, wie aus der Addition einiger Sinuswellen mit verschiedener Frequenz und Amplitude eine neue Schwingungsform entsteht. Wird die Klangerzeugung genau so vorgenommen, wendet man eine sogenannte ADDITIVE SYNTHESE an.



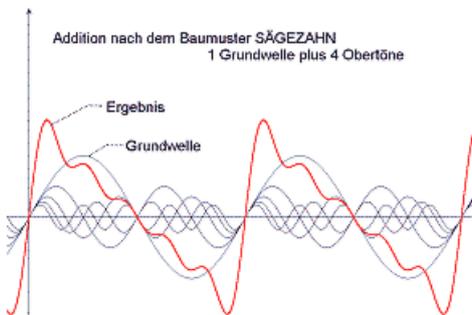
Bei einem „normalen“ analogen Synthesizer wird eine Klangveränderung erst später durch herausnehmen bestimmter Frequenzanteile erreicht. Dies wiederum nennt sich dann folgerichtig: SUBTRAKTIVE SYNTHESE.

Um die, uns hauptsächlich interessierende subtraktive Synthese, Filterfunktionen usw. besser verstehen zu können muss man sozusagen „das Pferd von hinten aufzäumen“, also vorerst die leichter einsehbare Addition verstehen lernen.

Die neue Wellenform in der Abbildung (rot markiert) entstand durch die Addition von zwei willkürlich gewählten, schwächeren Sinuswellen. Dabei werden die jeweiligen Spannungswerte der Eingangssignale ihren Vorzeichen entsprechend addiert. [also z.B.  $(4)+(-3) = 1$ ,  $(-1)+(-3)=-4$ ,.... und so weiter]

## 4.3.2 Wellenformen und deren 'Baumuster'

### DIE SÄGEZAHNSCHWINGUNG (Sawtooth)

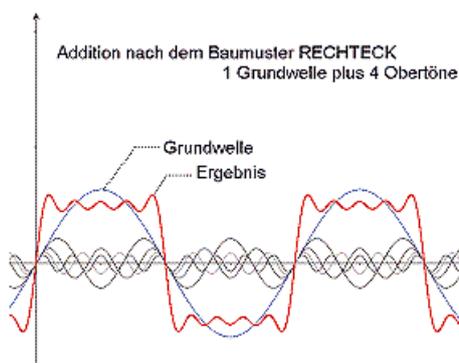


Diese Kurvenform enthält ALLE harmonischen (also geradzahlige und ungeradzahlige) Obertöne bei einer geringen Amplitudendämpfung. Durch die geringe Amplitudendämpfung sind sehr viele Harmonische hörbar, sodass es zu einem scharfen, vollen Klangbild kommt. Wie aus der Abbildung zu ersehen ist, hat die zweite

Harmonische die doppelte Frequenz der Grundwelle aber nur deren halbe Amplitude, die dritte Harmonische mit der dreifachen Frequenz nur ein Drittel, die vierte ein Viertel usw. Mit jedem weiteren Oberton nähert sich das Ergebnis dem „Idealbild“ der Kurvenform an, aber zur Demonstration reicht´s - oder? Man kann das Baumuster für eine Sägezahn-Schwingung wie folgt zusammenfassen:

OBERTONSPEKTRUM	: alle harmonische Obertöne
AMPLITUDENDÄMPFUNG	: $1/n$

### DIE RECHTECK - oder IMPULSSCHWINGUNG (Square oder Pulse)



Eine Impulsschwingung besteht immer aus zwei unterschiedlichen Spannungsniveaus, dem IMPULS und der PAUSE (High/Low). Impuls und Pause können dabei durchaus unterschiedliche Längen haben. Man findet bei fast allen VCO's die Angabe

„PULSWEITE“ oder 'PW'. Wenn der Impuls und die Pause gleich lang sind, nennt man diese Sonderform einer Impulsschwingung ein „RECHTECK“ (engl. Square). Solche Rechteckschwingung enthält bei gleicher Amplitudendämpfung wie eine Sägezahnwellenform weit weniger Obertöne, nämlich nur noch ALLE UNGERADZAHLIGEN HARMONISCHEN. Rechteckwellen klingen daher sauberer und wärmer als „Sägezähne“. Bei Impulsschwingungen mit anderen Pulsweiten wird die Dämpfung der Obertöne

ein „RECHTECK“ (engl. Square). Solche Rechteckschwingung enthält bei gleicher Amplitudendämpfung wie eine Sägezahnwellenform weit weniger Obertöne, nämlich nur noch ALLE UNGERADZAHLIGEN HARMONISCHEN. Rechteckwellen klingen daher sauberer und wärmer als „Sägezähne“. Bei Impulsschwingungen mit anderen Pulsweiten wird die Dämpfung der Obertöne

immer geringer, was auch der Grund für den nasalen, engen Klang solcher Formen ist.

Die Pulsweite sollte sich an einem vernünftigen VCO nicht nur von Hand, sondern auch durch Steuerspannungen beeinflussen lassen, also sollte ein Eingang und/oder ein Regler mit der Bezeichnung „PWM“ auf der Frontplatte finden lassen. Das ist die Kurzform für „Pulsweitenmodulation“. Setzt man pulsweitenmodulierte SV´s bei Klängen ein, kann man leicht mit geringem Aufwand einen breiten, fülligen Klang erreichen, es klingt fast wie mehrere, auf gleicher Frequenz schwingende VCO´s. Das Baumuster eines Rechtecks ist in Kurzform :

Obertonspektrum : alle ungeradzahligen Harmonischen  
Amplitudendämpfung :  $1/n$

### **DIE DREIECKSCHWINGUNG (Triangel)**

Der weiche, reine Klang des Dreiecks hat seine Ursache in der sehr hohen Amplitudendämpfung. So weist z.B. die 5. Harmonische beim Dreieck nur  $1/25$ , die 7. Harmonische nur  $1/49$  der Grundwellenamplitude auf. Das Maß der Dämpfung entspricht jeweils dem Quadrat der Nummer des Obertones. Es ist uns also nicht möglich, viele der natürlich auch hier vorhandenen Obertöne zu hören weil diese viel zu schwach sind. Das Obertonspektrum ist dabei das gleiche wie beim Rechteck: Es existieren also nur die ungeradzahligen Harmonischen. Die Kurzform sieht also so aus:

Obertonspektrum : alle ungeradzahligen Harmonischen  
Amplitudendämpfung :  $1/n^2$

### **DIE SINUSSCHWINGUNG (Sine)**

Sozusagen zum Ausruhen nun eine sehr einfache, schon bekannte Wellenform, die Sinusschwingung. Nur selten findet man diese Form an VCO´s. Da sie eine Schwingungsform darstellt, die keinerlei Obertöne aufweist, eignet sie sich in dieser Form kaum als Signalquelle weil man sie nicht durch Filterung bearbeiten kann. Doch dazu, und wie man sie auch anderswo erzeugen kann später mehr. Sinnvoll ist eine Sinusschwingung allerdings wieder dann einzusetzen, wenn es möglich ist, den VCO mit sehr niedrigen Frequenzen zu betreiben um ihn so als Steuerspannungsgeber zu verwenden. Der

Vollständigkeit halber, auch hier der Steckbrief aber ohne Spektrogramm, was ja nun wirklich unnötig wäre.

Obertonspektrum : keine Obertöne  
Amplitudendämpfung : (unendlich groß)

## **WEITERE SCHWINGUNGSFORMEN**

Alle anderen „periodischen“ Schwingungsformen, die man mitunter sonst noch vorfindet, sind meist simple Additionen von z.B. Rechteck und Sägezahn - Wellenformen. Diese Additionen können wir jedoch meist leicht selbst mit Hilfe von Mixern oder, noch einfacher, durch Zusammenstecken verschiedener Wellen auf einem Steckfeld (Multiple) durchführen. Daher ist es nicht notwendig die Frontplatten mit überflüssigen Buchsen zu „verzieren“

Hier eine kleine Übersicht über die Anwendung verschiedener Wellenformen als Basis für die Klangsynthese sogenannter „Natürlicher Instrumente“:

Basiswellenformen für die Synthese einiger „Natürlicher Instrumente“

Dreieck : Baß - Drum, Blockflöte, Glockenspiele, Vibraphon etc.  
Sägezahn : Streichinstrumente, Blechbläser  
Rechteck : alle Dreieck - Sounds, Klarinette  
Pulswellen : Holzbläser, Querflöte, Saxophon, Baßgitarre, Cembalo

## **SIGNALMISCHUNG**

Wie schon im Kapitel über die Wellenformen beschrieben, ergeben sich durch Mischung (Addition) verschieden geformter Signalspannungen neue Kurvenformen. Betrachten wir aber nun mal, was sich frequenzmäßig bei einer Addition abspielt. Mischt man zwei, in ihrer Frequenz unterschiedliche Signalspannungen, was zum Beispiel in einem MIXER oder durch ein einfaches „zusammenstecken“ an einem MULTIPLE (zusammengeschaltete Buchsenleisten als Verteiler oder Sammelschiene) geschehen kann, so stellt sich fast immer sofort eine neue, dritte Frequenz ein. Nichtelektroniker sagen einfach: „es klingt gut“ oder „es ist grausam schräg“ oder „das schwebt“. Sehen wir uns die Sache mal genauer an:

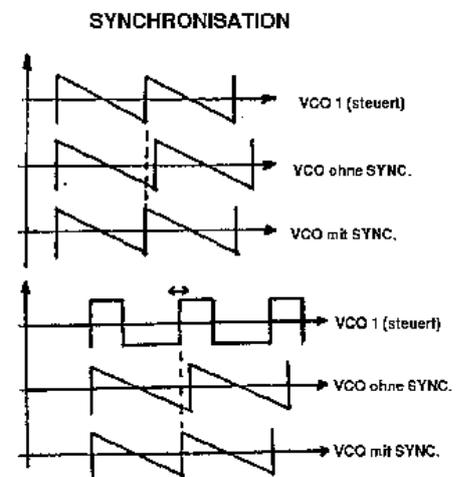
Diese neue Frequenz ergibt sich aus der Differenz der beiden Grundfrequenzen. Liegt die Differenzfrequenz ( $F_{diff} = F1 - F2$ ) unterhalb des Hörbereiches, macht sie sich hauptsächlich durch eine gut hörbare Amplitudenmodulation (Modulation= Beeinflussung) bemerkbar. Eine derartiger Effekt wird allgemein SCHWEBUNG genannt. Schwebungen können, wenn man sie geschickt einsetzt, einen Klang reizvoller, lebendiger, satter machen. Möchte man mehrere VCO's möglichst genau auf die gleiche Tonhöhe abstimmen, so wird man bestrebt sein sie auf SCHWEBUNGSNULL abzugleichen. Was nichts weiter bedeutet, wie jede Art von Schwebung zu vermeiden. Wer dies schon einmal versucht hat wird bemerkt haben, wie schwierig dies ist. Sind denn diese teuren Dinger von VCO's so ungenau?? Keineswegs muß das an den VCO's liegen: Das Problem ist nur, dass sich nicht nur die Grundfrequenzen mischen und dabei Schwebungen entstehen lassen, auch die Schwebungsfrequenzen mischen sich ja wieder untereinander und mit den Grundfrequenzen. Ihr seht sicher schon, dass wird ein Irrgarten! Aber wir sollten froh sein, dass alles genau so - und nicht anders funktioniert. Durch diese ganze „Schweberei“ werden Klänge lebendig und wirken nicht halb so mechanisch wie es bei vielen der Mini-Synthesizer mit nur einem VCO der Fall ist.

Einige Beispiele:

<b>Frequenz 1</b>	<b>Frequenz 2</b>	<b>Differenzfreq.</b>	<b>Bemerkungen</b>
440 Hz	602 Hz	162 Hz	brrrr, klingt grausam
440 Hz	880 Hz	440 Hz	$F_{diff}=F1$ , keine Schwebung
440 Hz	330 Hz	110 Hz	2 Oktaven unter F1, keine S.
440 Hz	442 Hz	2 Hz	sanfte Schwebung, O.K.!

## SYNCHRONISATION

Synchronisationsschaltungen wurden entwickelt um zwei oder mehr VCO's so exakt auf eine gemeinsame Frequenz abzustimmen das es keinerlei Schwebungen mehr geben kann. Bei der Synchronisation wird jeweils der gesteuerte (synchronisierte) Generator auf die Frequenz des Steuernden gezwungen. Dies lässt sich im Prinzip so genau machen, dass der Frequenzunterschied, an der Synchronisation beteiligten Generatoren, überhaupt keine Rolle mehr spielt. Einige werden jetzt vielleicht denken: „Prima, eine tolle Arbeitserleichterung - kein aufwendiges Stimmen etc.“. Aber denkt mal dran was mit dem Klang geschieht wenn man genau gleiche Frequenzen mischt (addiert)!? Genau! Nämlich gar nichts, außer das der Ton einfach nur lauter wird weil sich die Amplituden addieren. Langweilig ist das und obendrein höchst unwirtschaftlich wenn 6 oder 8 VCO's klingen wie einer. Sinnvoll kann Synchronisation sein, wenn man unterschiedliche Kurvenformen verschiedener VCO's mischen will um so eine neue, anders klingende Wellenform zu erhalten. Hier muß man Schwebungen möglicherweise vermeiden und genau dabei hilft die Synchronisation weiter.

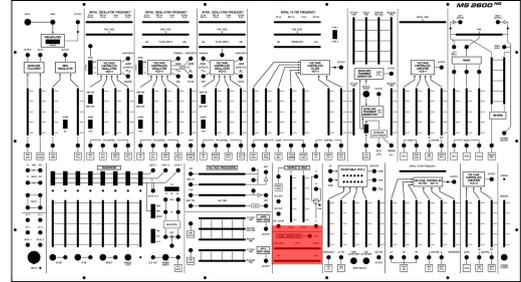


Abhängig vom Schaltungsdesign ergeben sich unterschiedliche Arbeitsbereich. So kann es geschehen, dass es nicht mehr möglich ist, den gesteuerten VCO auf die Grundfrequenz des steuernden VCO's zu bringen. Besonders leicht geschieht das wenn der gesteuerte VCO wesentlich höher gestimmt wurde. Der Synchronisationsschaltung fällt in diesem Falle nichts besseres ein, wie den gesteuerten VCO auf die Frequenz eines Obertones des steuernden einzustellen. Dreht man jetzt auch noch am gesteuerten VCO die Frequenz hin- und her oder läßt man diese von einer Steuerspannung modulieren, ergeben sich Klangeffekte, die am ehesten mit einem Phaser oder Flanger verglichen werden können. Auf jeden Fall ein Spitzensound für fetzige Soli wenn der angesteuerte VCO, der nun auch SLAVE VCO genannt werden kann, mit Handrädern, Joysticks oder Hüllkurven in der Eigenfrequenz verändert wird. Es soll Leute geben, die jahrelang Synthesizer benutzen und diesen Effekt nicht kennen und solche, die keinen Synth ohne Synchronisationsmöglichkeit kaufen würden.

## 4.4 SYNTHESIZER-MODULE II (NOISE UND FILTER)

### 4.4.1 Noise

Sicher gibt es nichts, was einen Studiofreak mehr nervt wie Rauschen. Er investiert meist bereitwillig Unsummen in rauscharme Mixer, Effektgeräte, Verstärker, Kabel, Tonbandmaschinen und Rauschunterdrückungssysteme. Wer hier meint, man könne doch das Rauschen einfach rauschneiden oder rausfiltern ist auf einem ganz morschen Holzweg. Das ganze Frequenzspektrum des Rauschens herausschneiden heißt nämlich nichts weiter wie Abschied von jeglicher Verstärkung, Tonaufzeichnung usw. zu nehmen. Kurz, es gibt nichts was nicht rauscht. Die Gemeinheit ist obendrein, dass sich der Frequenzbereich des Rauschens über den gesamten Frequenzbereich erstreckt und nicht nur über den hörbaren. Es reicht vom Infraschall (Sub-Audio, unterhalb der Hörgrenze) bis die allerhöchsten, uns bekannten Frequenzbereiche (Hintergrundstrahlung aus dem Interplanetaren Raum).



Doch genug davon, diese Sorgen wollen wir nicht teilen denn in unserem Synthesizer soll es mit voller Absicht rauschen was das Zeug hält, dazu gibt's sogar ein spezielles Modul. Die Baugruppe, die uns das ermöglicht ist der Rauschgenerator, meist NOISE genannt. Hier wird ein möglichst präzises Rauschen erzeugt, was gar nicht so leicht ist, auch wenn es sich wie ein Widerspruch anhört.

Ein Frequenzgemisch, in dem alle Frequenzen, alle Obertöne enthalten sind und bei dem diese statistisch alle die gleiche Amplitude aufweisen, nennt man WEISSES RAUSCHEN (WHITE NOISE). Fast immer findet man auf der Frontplatte des Synthesizers neben dem WHITE NOISE auch noch die Bezeichnung PINK NOISE. Beim ROSA RAUSCHEN werden die hohen Frequenzanteile meist durch Festfilter bedämpft. Mein Edel-Noise-Modul, das es in der Form tatsächlich einmal gab, besitzt sogar die Möglichkeit die Färbung des Rauschens frei einzustellen (von Rot: tieffrequente Teile überwiegen stark, bis Blau: hochfrequente Anteile dominieren) In der Tontechnik wird ROSA RAUSCHEN zum Einmessen von Beschallungsanlagen genutzt, es entspricht

mit seinem Spektrum am ehesten dem Frequenzgang eines durchschnittlichen Musikprogramms.

Auch hier das „Kochrezept“ für das weiße Rauschen:

Obertonspektrum : alle Obertöne (harmonische u. nichtharmonische)

Amplitudendämpfung : im Idealfall, also theoretisch= 0

Die Synthesizer Elektronik sollte das Rauschen mit einer Amplitude von 10 Vss zur Verfügung stellen. So kann man mit dem Rauschen universell als Signal - und /oder Steuerspannung arbeiten. Es wird als Signalspannung für sehr viele Instrumentalsynthesen benötigt. Flöte, Pfeifenorgel, Harmonium, gepfiffene Töne, alles schreit förmlich nach Rauschen, aber auch „Naturgeräusche“ lassen sich nicht „ohne“ realisieren (Wind, Brandung....).

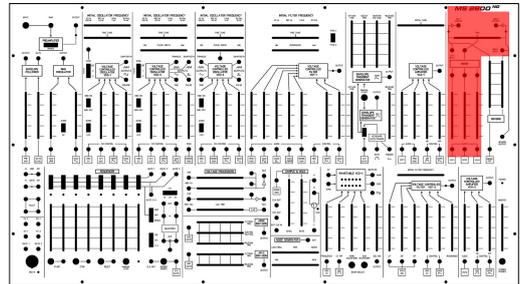
#### **4.4.2 Random**

Gleich nach dem Abschnitt über das Rauschen will ich die RANDOM - Spannungen erläutern:

Eigentlich sind RANDOM Spannungen nichts anderes, wie sehr tieffrequente Anteile des Rauschens. Da sie unterhalb des Hörbereiches liegen, kann man sie ausschließlich als Steuerspannungen verwenden ( max. ca. 10 Hz). Sollte ein Hersteller auch beim RANDOM verschiedene Varianten bereitstellen, ist das nur zu begrüßen (Random, Slow Random, variables Random). Hierüber ist nichts weiter zu sagen, auch mit der Random-CV kann man sonst statische Klänge durch Modulation gezielt lebendiger machen.

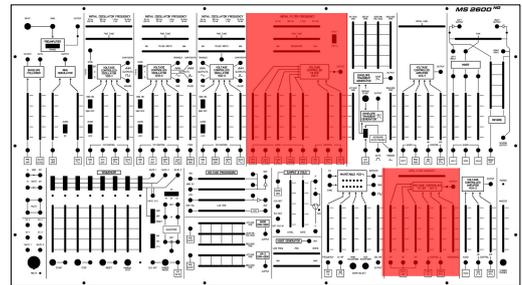
### 4.4.3 Signal- und Steuerspannungs Mischer

Mischer (neudeutsch MIXER) sind für alle Arten von Spannungen sinnvoll einzusetzen wenn es darauf ankommt ein bestimmtes Mischungsverhältnis herzustellen. Ohne Mixer kann man zwar mehrere Spannungen durch einfaches zusammenstecken mischen, aber eben ohne die Würze der Abstimmung. Ein Allround - Synthesizermixer sollte eine Übersteuerungsanzeige haben, sodass der Ausgangspegel der Spannungen nicht zu hoch wird und es dadurch an den nachfolgenden Baugruppen zu Funktionsstörungen oder Verzerrungen kommen kann. Da auch Steuerspannungen gemischt werden sollten, muß wie beim noch zu beschreibenden VCA der MIXER auch Gleichspannungen verarbeiten können. Wenn man irgendwoher aus dem Modulsystem stabile Gleichspannungen bekommt (10 Volt positiv oder negativ), kann man so auf einfache Weise „Lageverschiebungen“ von Steuerspannungen vornehmen (siehe auch CV – PROZESSOR).



#### 4.4.4 Spannungssteuerbare Filter (VCF)

Nachdem wir uns ausgiebig damit beschäftigt haben wie verschiedene Wellenformen der Signalquellen aussehen, wollen wir nun dazu übergehen diese mehr oder weniger langweiligen Schwingungsformen soweit zu „verbiegen“ bis sie weder von der Form her,



noch vom Klang wiederzuerkennen sind. In der Musikelektronik benutzt man zu diesem Zweck einen, oder mehrere FILTER. Diese Filter müssen für unsere Anwendung natürlich wieder spannungssteuerbar sein um möglichst viele, farbige Klänge produzieren zu können.

Was aber ist nun ein Filter? Die uns interessierenden Filter „trennen“ Schwingungen unterschiedlicher Frequenzen. Wir müssen uns nur merken:

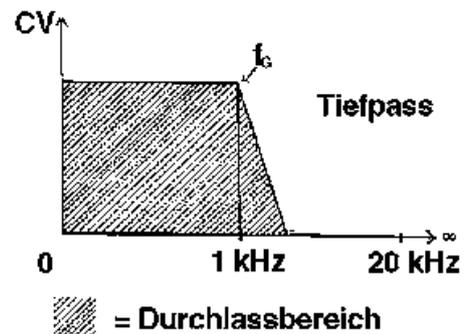
Der Effekt des Filters in der Synthesizertechnik soll in der Veränderung des Klanges der Signalspannungen (AUDIO) liegen. Im Prinzip ist einfach zu verstehen wie er das macht: Erinnert Euch mal wieder daran, dass jede Wellenform aus einer Mischung verschiedener Sinuswellen besteht. Verändert man die Amplitudendämpfung eines solchen Gemisches, verändert sich zwangsläufig auch dessen Klangbild. Genau das ist es, was ein Filter macht, die Dämpfung bestimmter Frequenzanteile zu verändern. Sollte jemand einmal Gelegenheit haben diesen Vorgang mit Hilfe eines Oszilloskops zu verfolgen dann wird er selbst sehen wie stark sich bei Veränderung der Filtereinstellungen die Kurvenformen verändern.

Die Wirkungsweise unserer spannungssteuerbaren Filter ( VCF ´s) beruht also auf der selektiven Erhöhung der Amplitudendämpfung. Es werden also nicht alle Obertöne gleichzeitig oder gleich stark bedämpft, sondern nur die, eines bestimmten Frequenzbereiches. Doch dazu gleich genaueres. Es ist also nicht möglich, mit Filtern neue, in der ursprünglichen Wellenform nicht enthaltene Obertöne zu erzeugen. Dieses Verfahren, also dem verändern von Klängen durch „Wegschneiden“ von Obertönen nennt man auch SUBTRAKTIVE SYNTHESE.

In unseren Synthesizern findet man verschiedene Arten von VCF ´s. So gibt es TIEFPASS - HOCHPASS - BANDPASS - BANDSPERR - und RESONANZFILTER.

## DER TIEFPASSFILTER (Low Pass, LP)

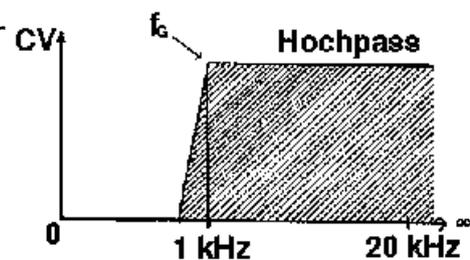
Einen Tiefpassfilter wird man in allen Synthesizern finden, es ist sozusagen der normale Filter". Schon aus dem Namen kann man seine Aufgabe ableiten. Tiefpassfilter sollen die tiefen Frequenzen passieren lassen und höhere Frequenzen des Obertongemisches zunehmend bedämpfen (sperrern).



## Der Hochpassfilter (High Pass, HP)

Die gleichen Gesetzmäßigkeiten wie beim Tiefpass gelten auch im übertragenem Sinne für den Hochpassfilter.

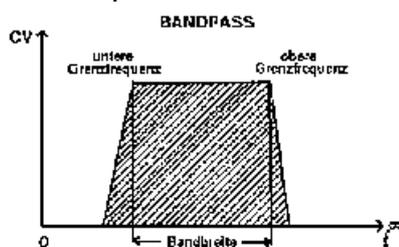
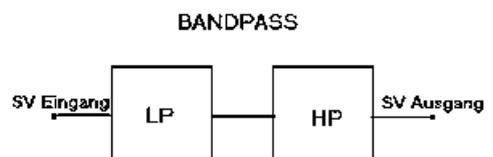
Dieser soll die hohen Frequenzen passieren lassen und dagegen aber diejenigen unterhalb der Grenzfrequenz sperren.



## Bandpassfilter

Wer nun noch immer nicht genug hat und nach immer neuen Möglichkeiten der Klangverformung sucht, ist sicher ein echter Synthesist. Doch dem kann geholfen werden, so bieten sich bestimmte Kombinationen von Hoch - und Tiefpassfiltern an um neue Klangeffekte zu erzielen.

Läßt man beispielsweise ein Signal oder Signalgemisch beide Filter nacheinander passieren (Reihenschaltung), so kann man sowohl tiefe, wie auch hohe Frequenzanteile bedämpfen. Was schließlich vom Eingangssignal noch erhalten bleibt hängt von



der Einstellung der Grenzfrequenzen beider Filter ab. Man muß beachten, dass die Grenzfrequenz des Hochpasses immer unter der des Tiefpasses liegt, so wie in der Abbildung zu sehen.

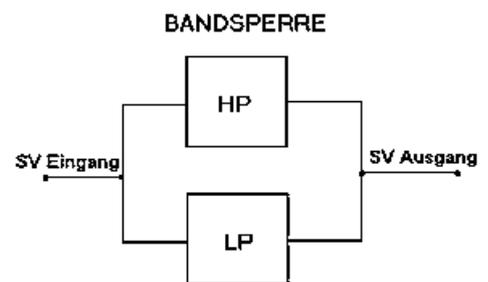
In diesem Beispiel wird nur ein geringer Teil des Eingangssignals die Filterkombination, den Bandpass, passieren können. Diesen Teil nennt man das Frequenzband. Die

Bandbreite sieht man deutlich auf der Abbildung, sie wird jeweils von den Grenzfrequenzen der beiden Einzelfilter gebildet. Diese Bandpassfilterungen sind bei Stage-Synthesizern nur selten zu finden da sie nicht so populär sind und einen Mehraufwand bei der Herstellung bedeuten.

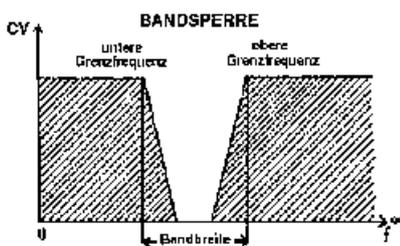
Verschiebt man nun beide Grenzfrequenzen mit der gleichen Steuerspannung, was die Regel ist, dann wird das Frequenzband bei gleichbleibender Bandbreite durch den gesamten Hörbereich „gefahren“. Bei modularen Systemen hat man ohne weiteres die Möglichkeit, mit getrennten Steuerspannungen zu arbeiten, was natürlich sehr viel effektvoller sein kann. Nur auf eines muss man dabei achten: Die Grenzfrequenzen müssen sich stets überlappen sonst wird aus dem Bandpass ein „Nopass“ (Nopass = Nix passiert )

### Der Bandsperrefilter (Band Reject, Notch)

Sehr selten findet man diesen Filter, den ich jetzt beschreiben möchte. Dies ist der Bandsperrefilter, der meist Notch genannt wird, wenn er als eigenständige Baugruppe auftaucht. In einem modularen System, verwirklicht man diese Art von Filter durch die Parallelschaltung von Hoch - und Tiefpass.



Damit diese seltene Filter - Kombination auch korrekt arbeiten kann, muss die Grenzfrequenz des Tiefpasses immer unter der, des Hochpasses liegen. Im anderen Falle würde ja sonst alles, was der Tiefpass sperren kann, den Hochpass ungehindert durchlaufen. Die realen klanglichen Auswirkungen von Bandpass und Bandsperrefilter sind nicht leicht zu beschreiben und so kann ich nur dazu raten, es selbst auszuprobieren. Auf jeden Fall nur etwas für geübte Ohren.



## Steuerspannungen am Filter

Selbstverständlich können am Filter alle Spannungen zu Steuerzwecken eingesetzt werden die eine entsprechende Größe haben (typ 10 V<sub>ss</sub>). Gesteuert wird am Filter die Grenzfrequenz. Bei einigen Systemen gibt es eine spannungssteuerbare Resonanz. Solltet Ihr einmal über den Begriff "Tracking Filter" stolpern, so verbirgt sich dahinter nicht etwa ein neuartiger oder besonders guter Filter sondern nur die Tatsache, dass man die Grenzfrequenz mittels der Tastatursteuerspannung (Keyboard - CV) „mitziehen“ kann. Ein Tiefpass öffnet sich also dann zum Beispiel parallel zur ansteigenden Tonhöhe.

## GRENZFREQUENZ, STEILHEIT, RESONANZ und BANDBREITE

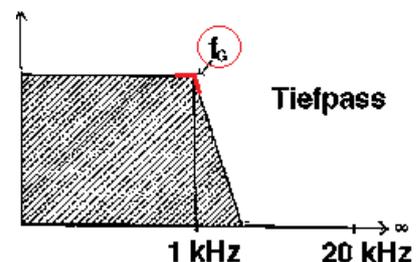
Beim genaueren Betrachten der Abbildung fallen ein paar Begriffe auf, die bisher noch nicht behandelt wurden. Und, wie gewohnt hier nun die Erklärungen, die für alle Filtertypen gilt:

### Die Grenzfrequenz ( $f_c$ )

Sie wird bei Synthesizern verschiedener Herkunft "natürlich" auch immer wieder anders genannt, man liebt es offenbar, sich von Konkurrenten auf dem Markt wenigstens durch phantasievolle Namengebung abzusetzen. Ich denke da nur mal an die Bezeichnungen "CUTOFF FREQUENCY", "BASISFREQUENZ" oder einfach "FREQUENZ". Gemeint ist in jedem Fall ein bestimmter Punkt im Arbeitsbereich eines Filters. Dabei spielt es keine Rolle um welchen Filtertyp es sich handelt. Vorab „knalle“ ich Euch erst einmal die technische Definition für die Grenzfrequenz hin:

„Mit der Bezeichnung Grenzfrequenz benennt man den Punkt einer Filterkurve, an dem das Eingangssignal um 3 dB (Dezibel) bedämpft wird.“

3dB bedeutet das die Ausgangsspannung gegenüber der Eingangsspannung um 50% reduziert ist. (EIN = 10V<sub>ss</sub> → fg → AUS = 5V<sub>ss</sub>)



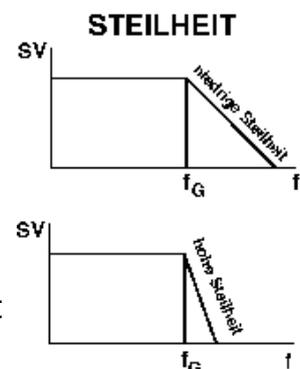
Ich werde an dieser Stelle wegen der Wichtigkeit, diese Vorgänge zu verstehen, noch einmal rekapitulieren: Was genau geschieht denn nun mit einem Klang durch Filterung? Schlagt doch gleich noch mal nach bei der Abbildung Schwingungsformen, Rechteck. Dort hatten wir aus vielen

Sinuswellen eine zunehmend obertonreichere Mischung hergestellt bis wir annähernd ein Rechteck als Resultat erhielten. Bei der Filterung durch einen Tiefpass geschieht nun fast das genaue Gegenteil. Das heißt also, wir haben als Ausgangsposition den Regler der Grenzfrequenz auf „Maximal“ gestellt. Man sagt zu diesem Zustand auch: „der Filter ist offen“ und meint, der Filter hat keinen Einfluss auf den Klang des Signals. Wenn wir nun den Filter langsam schließen werden wir bemerken, dass das Signal mit geringer werdender Grenzfrequenz immer Obertonärmer wird und somit wärmer, weicher klingt. Kurz bevor der Filter völlig „zu“ ist, hören wir dann eigentlich nur noch den Grundton des Signals welches wir an den Filtereingang gelegt haben. Dies ist letztendlich eine Sinuswelle, nämlich die der Grundfrequenz, des 1. und damit amplitudenstärksten Obertones. An dieser Stelle wird es Euch auch einleuchten weshalb Synthesizerhersteller den SINUS als Wellenform am VCO so selten zur Verfügung stellen: Nur eine „Harmonische“, nichts zu filtern also! Wer das nun alles ausprobieren möchte, sollte darauf achten den Filter vorerst nur von Hand zu steuern, der Effekt wird dabei deutlicher.

## Die Steilheit

Es gibt, wie sicher schon viele von Euch gehört haben, Filter mit 12db, Filter mit 18dB und solche mit 24dB pro Oktave. Was bedeutet das nun und ist das ein Qualitätsmerkmal eines Synthesizers? Mit den Zahlenangaben in „dB“ (Dezibel) gibt man bei Filtern deren Steilheit an und meint damit wie exakt sie in der Lage sind, die gewollten von den ungewollten Frequenzbereiche zu trennen. Die Bezeichnung dB ist dabei keine Maßeinheit im üblichen Sinne. Mit ihr wird ein Verhältnis, im speziellen Fall das Verhältnis der Ausgangsspannung zur Eingangsspannung beschrieben, das zu wissen reicht uns vorerst.

Das Idealbild von Filter wäre für Techniker ein Filter mit einem übergangslosem Schnitt und damit mit einer knallharten Trennung der Frequenzbereiche. Dies lässt sich jedoch technisch nicht durch solche Filter realisieren und so müssen wir eine „Übergangszone“ in Kauf nehmen. Je größer die Steilheit eines Filters ist, desto kleiner ist dieser Bereich. Die Zahlenangabe, z.B. 12db/Oktave, gibt Auskunft darüber, wie stark eine Signalamplitude in Verhältnis zur



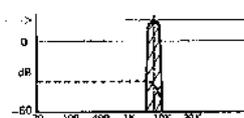
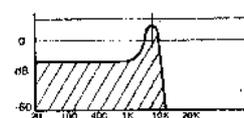
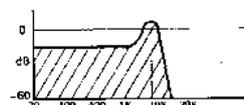
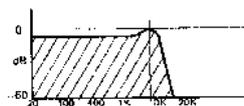
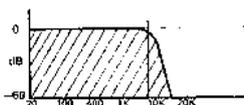
steigenden Frequenz bedämpft wird. Zwei Beispiele verschiedener Steilheiten sind in der Abbildung zu sehen.

Solange es Synthesizer gibt, gibt es auch das Märchen vom besseren 24 dB Filter. Besser oder schlechter? In der Synthesizerpraxis kann man nur sagen, dass Filter eben unterschiedlich klingen. In gut ausgestatteten Systemen hängen in seeliger Eintracht nebeneinander Filter unterschiedlicher Steilheit von MOOG, OBERHEIM, ROLAND, PPG und so weiter, denn die meisten Filter besitzen obendrein „von Haus aus“ einen ganz eigenen Klangcharakter. Ursache dafür sind einfach unterschiedliche Schaltungstechniken im Innern der Elektronik.

Abschließend sei noch bemerkt das die Steilheit nicht veränderbar ist, da sie konstruktionsbedingt ist.

## Die Resonanz

Synthesizerfilter besitzen fast alle einen Regler, der mit "RESONANZ", "PEAK", "REGENERATION", "FILTER SWEEP", „Q“ o.ä. bezeichnet ist. Entzückende Vielfalt, oder? Mit diesen Reglern ist es ohne Probleme möglich, in den unpassendsten Momenten die fürchterlichsten, alle Mischpulte übersteuernden und unsere Ohren aufs äußerste strapazierende Heul- und Pfeifgeräusche hervorzubringen. Diese lieblichen Töne entstehen durch den Resonanzeffekt.



Mit Resonanz bezeichnet man die Möglichkeit von Filtern, Frequenzen an der Stelle des Grenzfrequenzpunktes durch Anheben der Amplitude zu verstärken. Das übrige, den Filter passierende Signal wird dabei zunehmend stark bedämpft. Schließlich schwingt der Filter von selbst und erzeugt, ähnlich einem VCO, eine Frequenz, die der Grenzfrequenzeinstellung entspricht. Bringt man einen Filter auf diese Art zu „jubeln“, kann man getrost das Eingangssignal abschalten, er erzeugt noch immer eine reine Sinusschwingung. Da es möglich ist, die Tastatursteuerspannung zum Verschieben der Filter - Grenzfrequenz zu benutzen, ist es bei exakt arbeitenden Filtern möglich, diese als Sinus - Tongenerator oder als hervorragenden Steuerspannungserzeuger zu gebrauchen. Damit diese Töne exakt über die Tastatur gespielt und mit VCO's sauber gestimmt werden können, müssen auch sie

„FINE TUNE - Regler“ zum Stimmen und einen CV - Eingang haben, hinter dem ein Exponentialkonverter für die notwendige Umwandlung auf 1 Oktave pro Volt sorgt.

Warum aber die ganze, kitschige Fummelei?? Auf die Idee mit dem Resonanzregler ist man sicher gekommen weil auch alle natürlichen Instrumente Resonanzen aufweisen. Jedes Instrument, auch unsere Stimmen klingen nur deshalb so unverwechselbar (krächzz!) weil sie aufgrund vieler typischer Resonanzen einige Bereiche des Frequenzspektrums besonders hervorheben. Bei natürlichen Instrumenten werden die Resonanzfrequenzen u.a. durch die Größe und Form der Klangkörper, durch die Wahl des Materials (z.B. der Holzart) und ähnliches abgestimmt. Versucht Euch mal vorzustellen wenn man eine Geige aus Obstkistenholz herstellen würde, da nützen auch die Originalmaße der STRADIVARI nicht die Bohne.

### Resonanzen und typ. Wellenformen einiger "natürlicher" Instrumente

Instrument	Resonanzfrequenz (ca.)	Basiswellenform
Querflöte	800 Hz	asymm. Puls
Klarinette	1000 - 2000 Hz*	Rechteck
Oboe	1300 - 1700 Hz*	asymm. Puls
Trompete	1500 Hz	Sägezahn
Tuba	250 Hz	Sägezahn
Geige	400 Hz	Sägezahn
Cello	200 Hz	Sägezahn
Baß	100 Hz	asymm. Puls

\* am besten mehrere Resonanzen im genannten Bereich einsetzen

Eine Wellenform verändert sich durch Resonanz weil ein oder mehrere Obertöne „verstärkt“ werden und sich damit auch mal wieder die Summe aller Obertöne, und somit der Klang verändert. Die Wichtigkeit von Resonanzfiltern hat sich bisher nur wenig rumgesprochen. Leider kann man feststellen, dass einige Hersteller statt guter technischer Ausstattung immer öfter unnütze Spielereien und oberflächliche Gags anpreisen. So kommen auch nicht alle Filter ohne Eingangssignal in Resonanz, sie eignen sich also nur mit Einschränkungen als Synthesizerfilter. Ganz toll ist es natürlich, wenn auch die Höhe der Resonanz durch eine CV steuerbar ist.

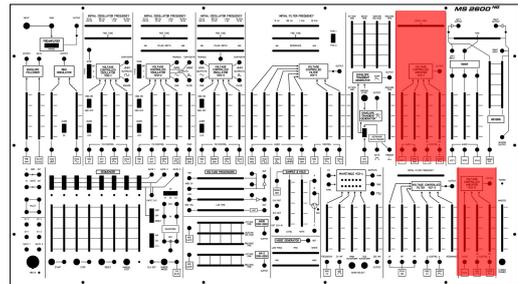
#### 4.4.5 Resonanzfilterbänke / Festfilterbänke

Ganz edle Stücke sind sogenannte Resonanzfilterbänke. Mit diesen kann man mehrere bestimmte Bereiche im Klangspektrum beeinflussen. Diese Bänke bestehen aus mehreren, meist nicht spannungssteuerbaren Filtern, bei denen nur die Grenzfrequenz und die Resonanz eingestellt werden können. Sie werden eingesetzt um Klangsynthesen zu verfeinern oder spezielle vokale (stimmhafte) Sounds zu erzeugen. Spannungssteuerbarkeit wäre hier sicher auch nicht unbedingt sinnvoll, der Witz bei „natürlichen Resonanzen“ ist nämlich der, dass diese konstruktionsbedingt feste Plätze in einem Klangspektrum haben. (oder hat schon mal jemand eine Geige während eines Konzertes wachsen oder schrumpfen gesehen??) Man nennt sie auch FESTFILTERBÄNKE. Gut brauchbar sind wenn man 3 - 8 Einzelfilter, jeweils mit Frequenz und Resonanzreglern nutzen kann.

## 4.5 SYNTHESIZER-MODULE III (AMPLITUDENBEARBEITUNG & STEUERSPANNUNGSQUELLEN)

### 4.5.1 VCA (Voltage Controled Amplifier)

Nachdem wir bis jetzt schon immerhin die Signalerzeugung und die Frequenzgemischbearbeitung (Filterung) durchgeackert haben, bleibt beim Signalweg nur noch die Veränderung der Signalamplituden übrig. Aber großes Kopfzerbrechen wird hierbei

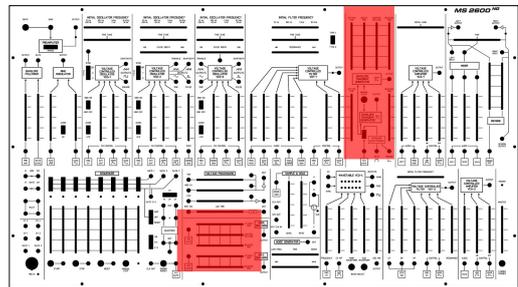


nicht auftreten, die VCA's sind einfach zu verstehende Baugruppen. Den Ausdruck VCA (Voltage Controled Amplifier spannungsgesteuerter Verstärker) sollte man jedoch nicht zu wörtlich nehmen. In der Praxis ist er nichts weiter wie ein gesteuerter Abschwächer (Attenuator). Er soll wirklich nichts verstärken sondern die ihm zugeführten Spannungen von „Null“ höchstens auf deren „Maximum“ steuern. Je größer die, dem VCA zugeführte Steuerspannung ist, desto geringer dämpft er das Eingangssignal. Ein guter VCA sollte in der Lage sein, alle im Synthesizer zur Verfügung stehenden Spannungen ohne Abhängigkeit von deren Frequenz und Polarität verarbeiten zu können.

Mit dem VCA haben wir alle wichtigen Baugruppen im Signalweg kennengelernt. Von Steuerspannungen war aber schon reichlich oft die Rede und nun soll es darum gehen, woher sie eigentlich kommen und wie man auch diese wiederum mit anderen CV's verändern kann. Erst Steuerspannungen hauchen unserer Elektronikbüchse Leben ein.

## 4.5.2 Hüllkurvengenerator (Envelope Generator)

Jedes natürliche Schallereignis verändert sich im Lauf der Zeit, zumindest hört es irgendwann wieder auf. Manche Schallereignisse wie zum Beispiel ein Schuß sind sehr kurz, andere erscheinen uns schier unendlich lang und gleichförmig (Wind, Brandung, Verkehrslärm, Büttenreden...). Damit auch unsere elektronischen Klänge dynamischer werden ohne die Hilfe von sechs Händen in Anspruch nehmen zu müssen, benutzen wir Hüllkurvengeneratoren. Diese werden mittels Startimpulsen ausgelöst und lassen dann eine zuvor eingestellte Steuerspannungskurve ablaufen. Gestartet werden sie meist von GATE- oder TRIGGER-Impulsen der Tastatur von Sequenzern oder CLOCK-Generatoren.



Die Steuerspannungen von Hüllkurvengeneratoren werden üblicherweise überwiegend zum steuern von Filtern und VCA's benutzt. Andere Verwendungsformen sind seltener aber durchaus sehr effektiv. Alle Steuerspannungen die ein Hüllkurvengenerator erzeugt sind, mit einer Ausnahme, zeitabhängig einstellbar. Hier nun die Funktionen der einzelnen Regler:

### **Attack (Anstiegszeit)**

Mit dem Attack - Regler stellt man die Zeit ein, die vom Starten des Generators bis zum Erreichen seiner maximalen Ausgangssteuerspannung (10 Volt) vergehen soll. Der Attack Regler regelt also nur die ZEITSPANNE. Die maximale Steuerspannung wird in jedem Fall erreicht.

### **DECAY (primäre Abklingzeit)**

In der einstellbaren Decayzeit sinkt die, nach Ablauf der Attackzeit erreichte, maximale Steuerspannung auf einen Wert ab, den man mit dem Sustain Regler einstellen kann. Der DECAY Regler regelt also auch eine ZEITSPANNE

## Sustain (Spannungspegel)

Mit dem Sustain Regler kann man einen Spannungswert zwischen 0 Volt und dem Spannungsmaximum (normalerweise 10 V) einstellen. Diese Spannung liegt dann nach Ablauf von Attack und Decay am Ausgang des Hüllkurvengenerators. Abgebrochen wird diese Dauerspannungabgabe erst, wenn am Starteingang des Generators das GATE-Signal abgeschaltet wird. (z.B. durch lösen einer Taste auf dem Keyboard). Der Sustain Regler stellt also keine Zeit sondern eine SPANNUNG fest ein und fällt daher etwas aus dem Rahmen.

## Release (finale Ausklingzeit)

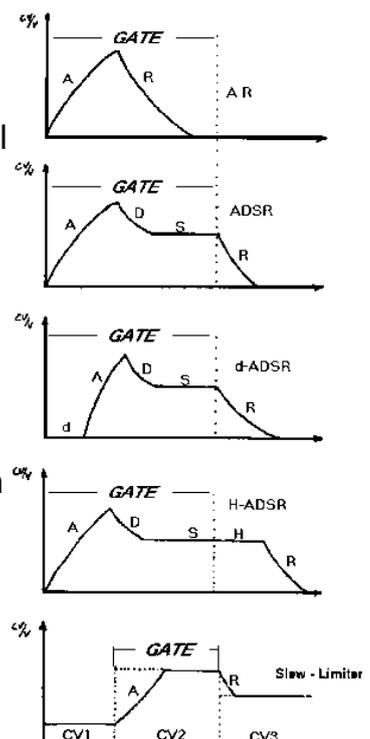
Mit dem Release Regler letztlich stellt man die Zeit ein, welche vergehen soll, bis nach Ende des Gate Impulses die Ausgangssteuerspannung am Hüllkurvengenerator vom Sustain Wert wieder auf 0 Volt absinkt. RELEASE ist die finale AUSKLINGZEIT.

## Allgemeines:

Schaut Euch die Darstellungen genau an und vergesst niemals, dass die maximale Steuerspannung in jedem Fall erreicht wird. Sollte diese CV zu hoch sein für Steueraufgaben, kann man sie ja bequem entweder an den zu steuernden Modulen oder aber mit Hilfe von separaten Abschwächern feinfühlig einstellen.

Die einfachste Art stellt ein AR - Generator dar, der gebräuchlichste ist der ADSR. Die Namen sind Abkürzungen und geben Aufschluß über die Möglichkeiten der Hüllkurvengeneratoren. Hier eine kurze Auflistung verschiedener, denkbarer (und auch gesehener) Varianten:

- AR : Attack - Release
- ADSR : Attack - Decay - Sustain - Release
- hADSR : Hold (Gate Hold) - Attack - Decay - Sustain - Release
- dADSR : Delay (Gate Delay) - Attack - Decay - Sustain - Release
- VCADSR : Voltage Controled - ADSR



### Erklärung von Sonderfunktionen:

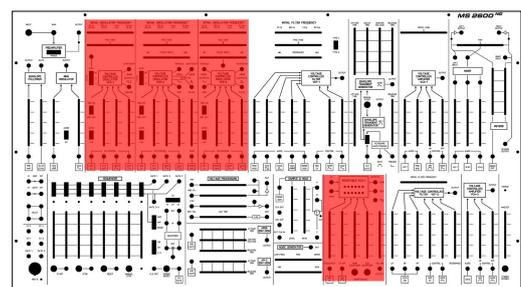
Ein GATE - DELAY (d) ist eine elektronische Schaltung, die den Startimpuls für den Hüllkurvengenerator um eine einstellbare Zeitspanne verzögert. Die Verzögerungszeit von bis zu 3 Sekunden reicht aus um beispielsweise nach einem sanften Lautstärkenanstieg (ADSR 1 steuert VCA), dann eine plötzliche Filteröffnung (dADSR mit Delay steuert Filter) zu erreichen.

Einen HOLD Regler verlängert ein Gate oder Trigger künstlich um bis zu 20 Sekunden. Danach geht's wie bei jedem anderen ENVELOPE GEN. weiter (Release setzt ein).

SPANNUNGSSTEURBARE ADSR, z.B. VC-ADSR - Generatoren findet man nur sehr selten, eine exakte Steuerung erfordert vom Hersteller erheblichen technischen Aufwand. Bei ihnen ist es nicht nur möglich die Dauer der gesamten Hüllkurve mit dem SCALE - Regler schnell mal zu verändern, man kann auch zum gleichen Zweck Steuerspannungen benutzen. Anbieten tut sich hier auf jeden Fall die Keyboard - CV, welche dann auch die Länge des gespielten Klanges beeinflusst. Das ist eine schöne Möglichkeit z.B. bei Synthesen von natürlichen Instrumenten. Dort verklingen ja auch die energieärmeren Töne eher wie die tieferen Frequenzen.

### 4.5.3 Modulationsgenerator (LFO)

Der LFO (Low Frequency Generator) wird fast ausschließlich zu Modulationszwecken als Steuerspannungserzeuger eingesetzt. Es gibt Bauarten von LFO's, auch LOW-VCO's genannt, deren Frequenz auch mit einer externen CV gesteuert werden kann und



deren Schwingungen bis in den Hörbereich hinein reichen. Eigentlich sind das „nur“ einfache VCO's, die jedoch besonders tiefe Frequenzen erzeugen können. Die Firma MOOG, die die Idee der Modularisierung in einem Modulsystem am konsequentesten durchführte, bietet so erst gar keinen LFO an. Bei MOOG werden einfach die VCO's als Modulationsgeneratoren benutzt. Der Frequenzbereich dieser „Edelteile“ reicht immerhin von 0.005 Hz bis 40 kHz. Eine weitere Variante stellen triggerbare LFO's dar. Diese können mit

Hilfe von Trigger oder Gate jeweils vom höchsten oder vom niedrigsten Spannungswert der vorgewählten Kurvenform aus, gestartet werden.

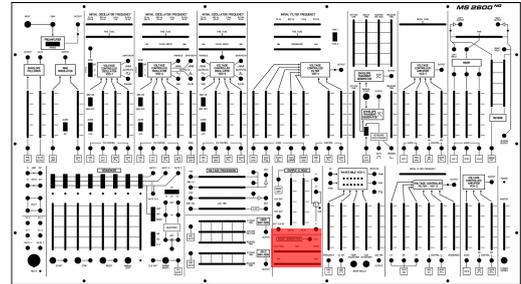
Damit sind wir auch schon bei den Kurvenformen der LFO's: Beim Kauf von Modulationsgeneratoren gilt die einfache Faustregel: Je mehr verschiedene Kurvenformen ein LFO bietet, desto besser kann er verwendet werden. Man findet so auch meist alle bekannten Wellenformen, diesmal inklusive der Sinusschwingung die beim modulieren deutlich anders wirkt wie das eben nur ähnliche Dreieck. Eine interessante Variante ist ein LFO, bei dem jeweils alle Rechteck bzw. alle Dreieckschwingungen an zwei getrennten Ausgängen anliegen. Die Kurvenformen kann man bei diesem Modell mittels WAVE-SHAPE-Regler stufenlos von einem Extrem zum anderen übereilenden.

Modulieren kann man in einem Modulsystem so ziemlich alles: Die Frequenz von Tongeneratoren, diejenige anderer LFO's, die Grenzfrequenz und Resonanz von Filtern, Amplituden beliebiger SV's oder CV's, ja sogar Zeiten lassen sich mittels LFO's beeinflussen. Die Anwendungen von LFO's sind also sehr vielseitig, ja ich möchte behaupten, dass man gar nicht genug von den Dingen haben kann. Die Steuerspannungsamplitude beträgt selbstverständlich wieder 10 Volt, sodass es notwendig ist, sie über einen Abschwächer auf andere Synthesizerfunktionen wirken zu lassen damit die Modulationstiefe nicht zu heftig wird - aber das dürfte inzwischen klar sein. Nun stellt Euch bitte mal vor welch herrlich „chaotischen“ Steuerspannungsverläufe man erhält, wenn man mehrere LFO-Kurven mischt oder wenn man einen LFO mit einem anderen steuert - und dann diese, sekundäre CV benutzt..!?

Also - nun mal nicht so träge, Leute! Ran ans Experimentieren, ohne LFO's wäre die elektronische Musik wirklich das, was ihre Gegner oft vorschnell von ihr behaupten, nämlich: statisch, mechanisch, langweilig, eben so wie die hübschen Digitalkisten :-)

#### 4.5.4 Random / Slow Random

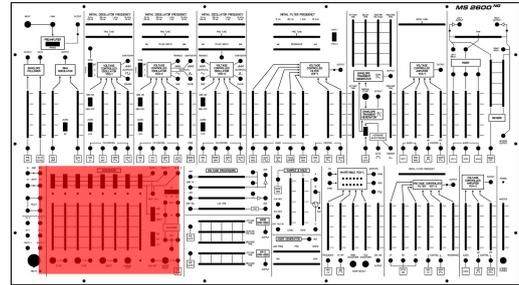
Meist in der Nähe des Rauschgenerators findet man auch die Ausgänge der sogenannten RANDOM - Spannung. Man spricht im Jargon einfach vom Random oder auch Slow Random. Diese Spannungsverläufe entstehen wenn aus dem Rauschen alle



hörbaren Frequenzanteile herausgefiltert werden. Die Random - CV setzt sich aus einem Gemisch von Frequenzen zwischen 1 Hz und etwa 10 Hz zusammen und ist, da im Rauschen ja alle Frequenzen vorhanden sind (diese aber nicht ständig mit gleicher Amplitude), ständig in Bewegung. Die Kurvenform ändert sich ständig und es bietet sich uns somit die Möglichkeit, neben den vielen exakten, sich periodisch wiederholenden Steuergrößen auch mal eine recht zufällige, schwankende einzusetzen. Random läßt sich gut für dezente Filtermodulationen und Pulsweitenmodulationen einsetzen. Die Unterscheidung mancher Hersteller in Random und Slow - Random bezieht sich nur auf die Stärke der Filterung, also auf den Frequenzbereich der Ausgangsspannung dieses Moduls. Wegen der Übersichtlichkeit ist eine Leuchtdiode zur Frequenzanzeige des LFO eine gute Sache und keine Spielerei.

### 4.5.5 Sequenzer

Sicher werden einige von Euch dieses Kapitel aufschlagen, bevor sie den ganzen anderen „Kram“ verdaut haben. Von Sequenzern geht ein besonderer Reiz aus. Gut eingesetzte Sequenzer übertreffen die spielerisch, technischen Möglichkeiten eines Tasten-



drückers und dessen Durchhaltevermögen leicht. Dutzende von Knöpfen, Schaltern und blitzenden, rasenden Leuchtdioden wie aus einem B-Movie des Genres Science Fiction, das sind Sequenzer für die „handgemachte“ elektronische Musik. Wegen der Größe dieser Baugruppen werden sie meist in separaten Gehäusen mit eigener Stromversorgung untergebracht. Nüchtern gesehen ist es der Zweck eines Sequenzers, voreingestellte Spannungswerte der Reihenfolge nach ablaufen zu lassen und bei Bedarf immer wieder zu wiederholen.

Größere, gut durchdachte Geräte lassen es zu, eine Vielzahl von VCO's, VCF's und Hüllkurvengeneratoren gleichzeitig zu steuern, ja sogar richtige polyphone Sätze aufzubauen, diese schließlich mit frei wählbarer Geschwindigkeit ablaufen zu lassen. Die Gefahr, die Sequenzer mit sich bringen, kommt von der Versuchung den Maschinen einen zu großen Teil der Musik zu überlassen und selbst dann nur noch die Begleitfunktion zu übernehmen. Unbestreitbar ist, dass solche „Zauberkästen“ in der Lage sind, hervorragende rhythmische Unterlagen zu bilden zu denen sich gut spielen und improvisieren lässt.

#### Technik der „stinknormalen“ analogen Sequenzer.

Die mit den Potentiometern (Reglern) eingestellten Spannungen werden der Reihe nach „abgefragt“ und zum CV - Ausgang des Sequenzers durchgeschaltet. In meinem Beispiel sehen wir einen Sequenzer mit zwei, voneinander unabhängigen Steuerspannungsreihen. Diese bezeichnet man allgemein als „KANÄLE. Die Geschwindigkeit, besser: die Clock-Frequenz mit der der Abtastvorgang stattfindet, wird vom Clock-Generator oder von externen Taktgebern bestimmt. Von der „CLOCK“ erhält man auch die Trigger/Gate-Impulse zum starten von Hüllkurvengeneratoren, anderen Sequenzern etc. Der Clock-Generator sollte unbedingt spannungssteuerbar sein damit es

möglich ist, diesen in der Frequenz (Verweildauer auf einem Spannungswert) durch eine der Steuerspannungsreihen rhythmisch beeinflussen zu können.

Die meisten analogen Sequenzer besitzen mehrere Kanäle die man dann meist nicht nur gleichzeitig, sondern auch hintereinander ablaufen lassen kann. Die einstellbaren Spannungswerte sollten in einem Bereich von 0 Volt bis 10 Volt liegen damit sowohl Tonhöhen, wie auch Filtersteuerungen sauber durchgeführt werden können. Schalter, die den Bereich der einstellbaren Steuerspannung des dazugehörigen Kanals vorwählen, erleichtern das ohnehin nicht einfache „Stimmen“ der Sequenzen. Einige Sequenzer besitzen elektronische Stimmhilfen, die diese Prozedur erheblich beschleunigen. Eine dieser Einrichtung, wohl die verbreitetste, ist ein QUANTIZIERER. Diese „Trickschaltung“ teilt bei Bedarf die sonst stufenlos einstellbare Steuerspannung am Sequenzerkanal in Schritte zu jeweils 1/12 Volt ein. Da dieses 1/12 Volt nach der Funktion 1 Volt pro Oktave einen Halbton entspricht, können wir nun die Regler exakt in Halbtonschritten bewegen.

## 4.6 SYNTHESIZER-MODULE IV (STEUERSpannungSBearbeitung)

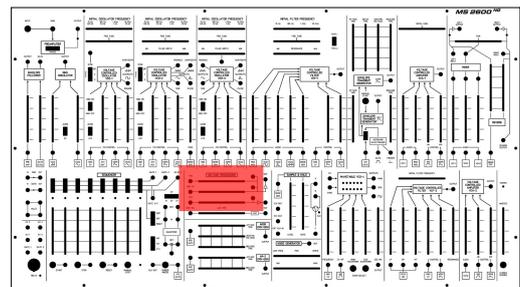
Um ein interessantes Klangbild zu erzeugen sollte man sich nicht allein auf die Bearbeitung der SV's (Signalspannungen) beschränken, auch die Steuerspannungen können und sollten verändert werden. Mischen und modulieren sind hierbei die wichtigsten Aufgaben. Sehen wir uns aber hier nur mal den Steuerspannungsprozessor und den Ringmodulator an. Beide Baugruppen sind irgendwie etwas besonderes:

Den Ringmodulator kann man nicht recht in unser Schema (siehe Teil 1) einordnen.

### 4.6.1 CV-Prozessor / Inverter

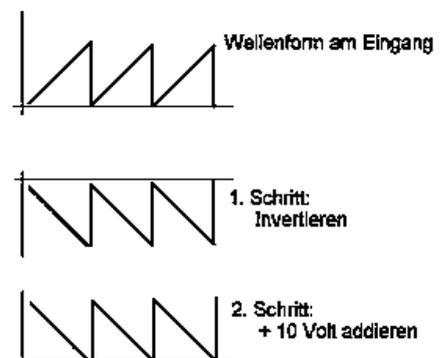
Eine der interessantesten Baugruppen zur Steuerspannungsbearbeitung ist der CV-Prozessor. Wie schon gesagt, die Funktion ist eigentlich recht simpel. Ein CV-Prozessor besteht im Prinzip nur aus mehreren Invertern. Was das schon wieder ist?? Also:

Ein Inverter kehrt die Polarität einer Spannung die man ihm zuführt einfach um. Die Amplituden und Kurvenformen werden nicht beeinflusst. Das ist schon alles, am Besten die Abbildung anschauen!



Addiert man zu diesem Resultat eine Gleichspannung regelbarer Höhe und wählbarer Polarität, so kann man die resultierende Kurve beliebig verschieben. Nehmen wir zum Beispiel eine Spannung von + 10 Volt, so erhalten wir in diesem Fall eine Sägezahnkurve mit steilem Flankenanstieg. Diese Kurvenform als Signalspannung benutzt, hat gegenüber dem Original keine klangliche Veränderung zur Folge weil sich weder Obertonspektrum noch Amplitudendämpfung verändert haben. Deutliche Unterschiede gibt es aber, wenn man diese Kurvenform zum Modulieren anderer Funktionen benutzt. Ein CV-Prozessor ist nun weiter nichts anderes wie eine Sammlung von Invertern und

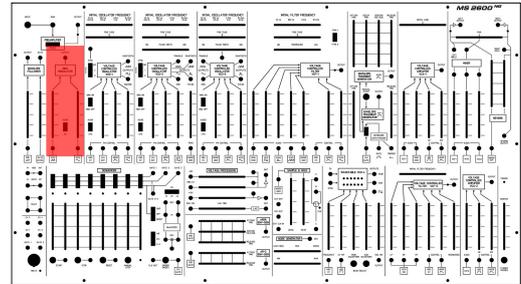
Beispiel: CV-Prozessor



Spannungsaddierern. Durch Benutzung dieser Baugruppe kann man, eine Spannung so oft verändern bis am Schluss das gleiche rauskommt, was man vorn reingeschickt hat. Ähh....

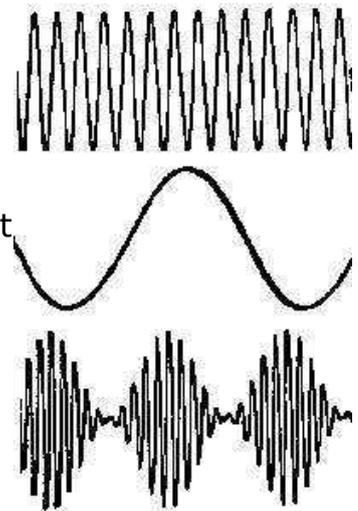
## 4.6.2 Ringmodulator

Eine betagte, schon seit den 30ziger Jahren in der Fernmeldetechnik (zu anderen Zwecken jedoch) bewährte Baugruppe ist der Ringmodulator. Er erschließt in der Synthesizertechnik völlig neuartige Klänge, die vor allem auch nichtharmonische Obertöne enthalten. Ein Ringmodulator ist eine sehr sinnvolle Ergänzung eines Synthesizersystems.



Wie aber arbeitet er nun? Ein Ringmodulator besitzt in der Regel zwei Eingänge und einen Ausgang. Alle, dem Ringmodulator zugeführten Sinuswellen, und nur diese (!), werden so bearbeitet, dass die Ausgangsspannung aus den Summen und den Differenzfrequenzen der Eingangssinuswellen besteht. Der klangliche Effekt ist folgender: Legt man an den einen Eingang eine Signal (SV) mit unveränderlicher Frequenz und anderen Eingang eine Signal (SV), die langsam von den ganz tiefen Tönen an immer höhergestimmt wird, hört man neben der steigenden Frequenz dieser SV auch eine zweite, abwärtsgleitende Frequenz. An einem Punkt in der „Mitte“ vereinen sich die beiden Eingangsfrequenzen zu einer einzigen Ausgangsfrequenz. Das hört sich kompliziert an, ist es auch! Deshalb hier ein einfaches Beispiel :

Es werden in die Eingänge „X“ und „Y“ nur Sinuswellen eingespeist, das macht die Erklärung einfacher. Werden statt der Sinuswellen komplexere Wellenformen benutzt, werden alle Harmonischen der einen Spannung mit allen Harmonischen der anderen Spannung verarbeitet. Die Art der Mischung, wie sie ein Ringmodulator vollzieht nennt man „multiplikative Mischung“. Im Unterschied zur additiven Mischung, bei der ja keine Frequenzanteile verlorengehen, werden beim Ringmodulator die Eingangsspannungen vollständig unterdrückt. Die korrekte Funktion eines Ringmodulators zu testen ist



daher recht einfach. Wenn eines der Eingangssignale fehlt darf am Ausgang kein Signal auftreten.

So, während die Mathe Freaks nun vielleicht wild beim Rechnen sind um mögliche Resultate beim Ringmodulator zu erkennen, macht man besser schon erste Erfahrungen durch das Experiment. Die Quellen für die zu modulierenden Spannungen sind beliebige Signal- oder/und Steuerspannungen. Die resultierenden Klänge erscheinen uns meist metallisch - futuristisch, Fingerspitzengefühl ist Trumpf! Mischt man ein Audio Signal mit einer Steuerspannung (z.B. vom LFO) ist das Ergebnis eine recht lebendige Amplitudenmodulation wie man sie gerne zur Synthese von Streicherklängen einsetzt. Auch die berühmten ROBOTERSTIMMEN entstammen, wenn nicht einem Vocoder, dann einer Mischung im Ringmodulator (Stimme und VCO). Dem Experiment sind kaum Grenzen gesetzt.

### 4.6.3 Slew-Limiter und Portamento / Glide

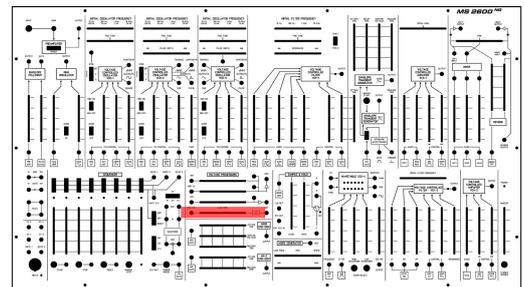
Diese beiden Funktionsgruppen, zumindest das Portamento findet man nicht immer auf einer separaten Frontplatte.

Slew-Limiter - für Deutschfans

„Anstiegsgeschwindigkeitsbegrenzer“ - sucht man als erstes in der Nähe von CV-

Prozessoren. Die Portamento-Funktion ist fast immer Bestandteil der Keyboard-Elektronik. Die Aufgabe beider ist es, Eingangs - CV's zu „verschleifen“. So wird zum Beispiel beim Wechsel von einer Taste auf dem Keyboard auf eine andere, aus der sich normalerweise sprunghaft ändernden Keyboard-CV eine langsam an- oder absteigende.

Konkret wird Portamento zum Verschleifen von Tonhöhenänderungen eingesetzt. Da die internen AR-Generatoren wie alle Hüllkurvengeneratoren gestartet werden müssen, wird diese Funktion erst dann ausgelöst wenn es ein neues Gate gibt. (alte Taste lösen, dann erst neue drücken.) Beim Glide ist das etwas anders, meist werden hiermit solche Funktionen benannt, die auch bei Legato-Spielweise (neue Taste drücken bevor die alte gelöst wird) die beschriebenen Effekte bewirken. Wie so oft, ist auch hier nicht unbedingt

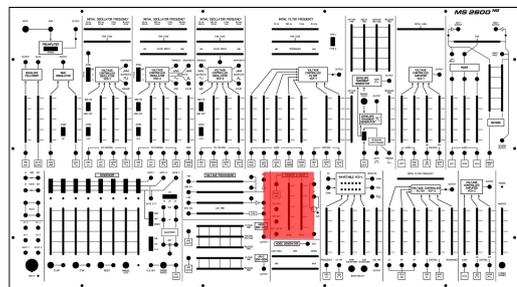


Verlaß auf die Bezeichnungen da verschiedene Hersteller gerne Begriffe verwenden, die garnicht zutreffend sind. Ausprobieren heißt also die Devise!

Slew-Limiter sind ebenso Steuerspannungsverändernde Baugruppen. In einer einstellbaren Zeit werden Steuerspannungssprünge am Eingang verschliffen und am Ausgang zur weiteren Verwendung bereitgestellt. Zur Auslösung der Funktion werden keine Startimpulse benötigt. Die Baugruppen überwachen den Eingangsspannung und starten sich bei Bedarf selbst. Am häufigsten sieht man diese Funktion bei den Sample & Hold Generatoren.

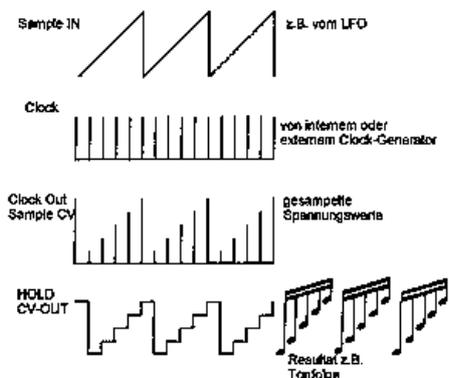
#### 4.6.4 Sample&Hold Generator (S&H)

Programmierbare, voraussehbare Zufälle - wo gibt's das schon? - Genau in diesem Modul! Ich möchte nun den Zufallsgenerator, den Sample and Hold Generator vorstellen. Der S&H macht nichts weiter wie in einem bestimmten Moment eine Spannung zu messen und diese bis zur nächsten Messung als Ausgangsspannung aufrecht zu erhalten. Aber langsam, eins nach dem anderen! Solch S&H muss zunächst einmal einen eingebauten Taktgenerator haben. Wenn dies nicht der Fall ist, muss ein Eingang für einen externen Trigger vorhanden sein. Ein Eingang für die zu sampelnde (abzutastende) Spannung muss ebenfalls da sein - und natürlich auch ein Ausgang.



Ist, wie im Bild ein Taktgenerator eingebaut, findet man immer auch einen Ausgang, an dem der Triggerimpuls (Clock) im Rhythmus des internen Taktgenerators abgenommen werden kann.

Die Eingangsspannung liegt also an, nehmen wir einmal an, dass es sich um eine Sägezahnspannung handelt. Den Takt bestimmt der eingebauter Clock-Generator oder ein anderer Taktgeber. (Dazu eignet sich u.a. auch eine Rechteck - Spannung aus einem LFO oder VCF!!). Jedesmal wenn ein Impuls an die S&H Schaltung geschickt wird, stellt diese den momentanen Spannungswert der Eingangsspannung fest. Dieser Wert wird gespeichert und

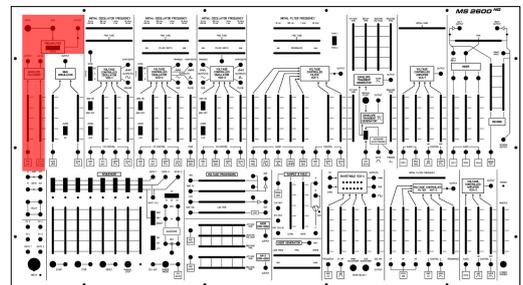


zum Ausgang weitergeleitet. Diese Spannung bleibt in ihrer Höhe bestehen, bis ein erneuter Impuls den S&H zur nächsten Messung veranlasst. Diese Spannung muss, wenn keine neuen Trigger kommen möglichst lange ohne Drift (Veränderung) bestehen bleiben.

Das ist schon alles, aber wozu der Spuk? Mit einem Zufallsgenerator kann man zufällige oder aber auch vorhersehbare Steuerspannungsfolgen erhalten. Was am Ende rauskommt, ist abhängig von der Form und Regelmäßigkeit der Eingangsspannung und dem Verhältnis Taktfrequenz / Eingangsfrequenz. „Sampelt“ man ein Random oder Rauschen ergeben sich mit Sicherheit zufällige Steuerspannungen am Ausgang, Verwendet man jedoch zum Beispiel als Quelle eine Hüllkurve, so läßt sich diese treppenförmig auf- und absteigend „zerhacken“. Ich will nicht viel Worte über den S&H verlieren, die Beispiele sollten genügen. Nur noch eines : Viele S&H haben noch einen zusätzlichen Regler, mit dem man die sonst harten Steuerspannungssprünge „verschleifen“ kann. (siehe auch Portamento, Slew-Limiter)

#### 4.6.5 Externe Steuerpannungen und Signalquellen

Sehr oft tritt der Wunsch auf, Synthesizer einmal auf ganz andere Art als mittels Keyboard und Drehknöpfen zu steuern: Denkbar sind hier viele Möglichkeiten, aufzählen möchte nur mal Fotowiderstände, Temperaturfühler, Fußpedale etc. als Steuerspannungsquellen und Gitarren, Mikrofone, Orgeln u.a. als Signalquellen. Alles gar kein großes Problem, nur auf den richtigen Spannungsbereich muss geachtet werden damit die Synthesizer-Elektronik auch richtig reagieren kann.



Um beispielsweise ein Mikrofon an einen Synthesizer anschließen zu können, muss die sehr geringe Ausgangsspannung erst einmal verstärkt werden. Zu diesem Zweck gibt es bei fast allen Modulsystemen spezielle Vorverstärker oder sogar richtige „Audio-Interfaces“, die dann auch noch die Erzeugung eines Trigger - Impulses möglich machen.

Wenn jemand ein (möglichst monophones) anderes Instrument zur umfassenden Steuerung seines Synthesizers benutzen will, muss schon

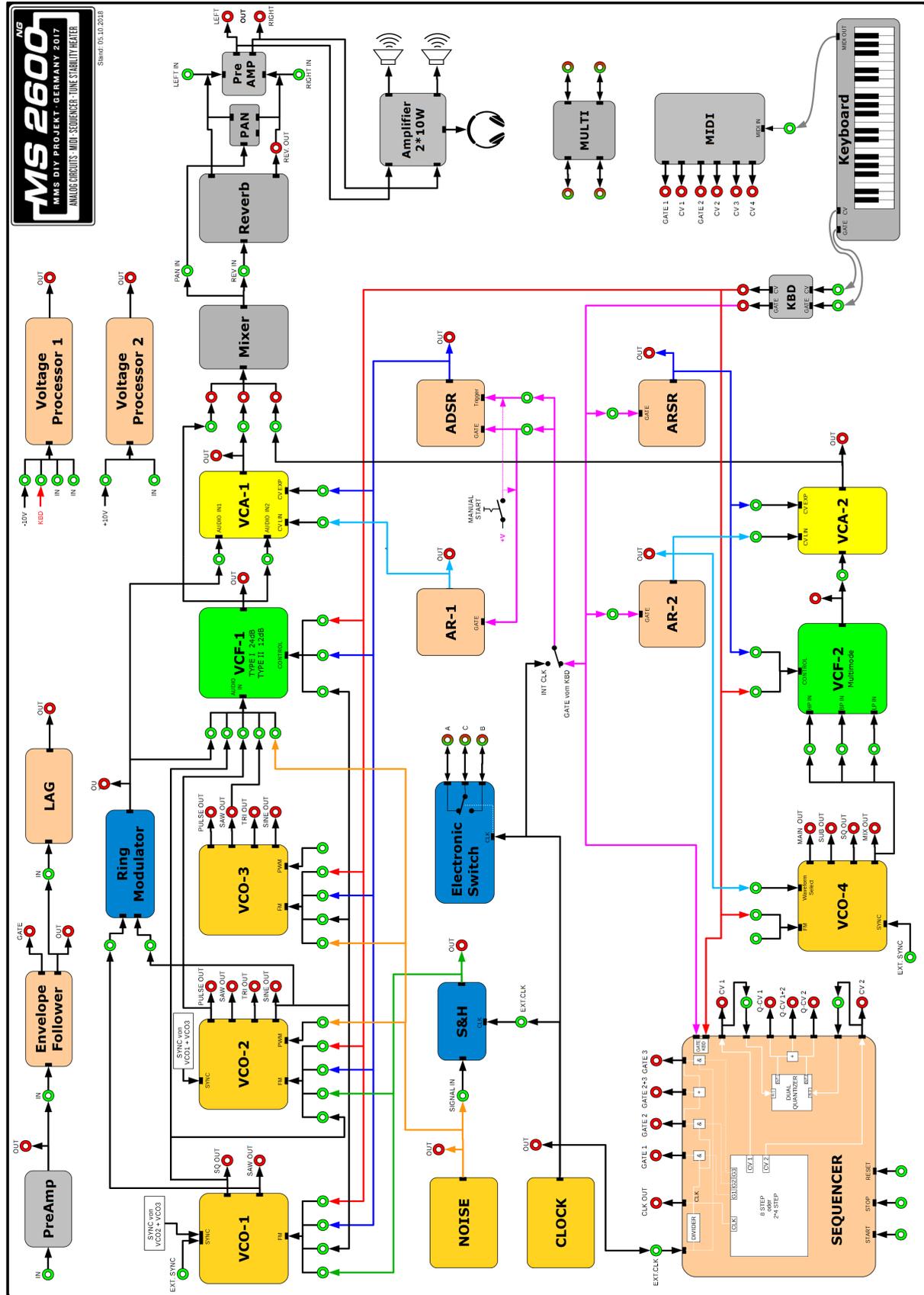
größerer Aufwand betrieben werden. Schließlich sollen ja auch Frequenz, Filterung, Lautstärke und Hüllkurven beeinflusst werden können. Nach der Anpassung der Amplitude an den Synthesizer kann noch recht einfach die Lautstärkenhüllkurve der externen Quelle in eine Steuerspannung umgewandelt werden. Ein Trigger Impuls wird bei einer einstellbaren Spannungsschwelle erzeugt. Dieses Gerätchen nennt man „Envelope - Follower mit Triggererzeugung“.

Mit ihm ist es nun immerhin möglich eine „natürliche“ Hüllkurve zu verwenden oder das originale Klangbild des Instrumentes im Synthesizer zu bearbeiten. Das fraglos größte Problem stellt dann aber die Umwandlung der Tonhöhe in eine exakte Steuerspannung zur VCO - Steuerung dar. Dieses Problem sollen die sogenannten „Pitch To Voltage Converter“ lösen. Ich schreibe „sollen“ weil das Gelingen dieses Vorhabens ganz wesentlich davon abhängt, wie der externe Klang beschaffen ist. Ein solcher Converter kann nur aus dem Grundton eine brauchbare Steuerspannung ableiten, es ist also unter anderem nicht möglich aus einem Mehrklang eine einzelne CV zu erhalten.

**SCHLUSS JETZT, JETZT IST SCHLUSS!**

So langsam geht es mit der Beschreibung von Modulen dem Ende zu. Sicher, es gibt noch eine Unzahl Baugruppen, die man in Systemen finden kann, nur will ich mich auf das Wesentliche beschränken: Clock-Sequencer, Frequenz-Vervielfacher, Frequenz-Teiler, Vocoder, Kurvenformer, Sample-Klangquellen usw. das alles sind Module, die ihr mit dem notwendigen Basiswissen schnell und ohne Probleme selbst erproben und verstehen könnt.

# 5. BLOCKSCHALTBIKD DES MS2600NG



## 6. MODULE DES MS2600NG

Bei dem MS2600NG handelt es sich um einen semi-modularen Analog-Synthesizer. Dieses Kapitel beschreibt die einzelnen Module und deren Anschlussmöglichkeiten.

Der MS2600NG arbeitet mit den üblichen MODULAR-Pegeln. D.h. Audiosignale haben typ. 10V<sub>ss</sub>, ENV 0..10V und GATE 0/10V. Ab ca. 25V<sub>ss</sub> beginnt das Clipping, der maximale Pegel sollte 30V<sub>ss</sub> (+-15V) nicht überschreiten.

Es gibt technisch keine Vorgaben bezüglich Patchverbindungen. Es kann jede Buchse mit jeder Buchse gepatched werden ohne das irgendein Modul einen Schaden nimmt. (Ob jede Verbindung Sinnvoll ist – bleibt eine andere Frage. Viel Spaß beim Experimentieren).

Bei der Beschreibung der Module werden folgende Symbole verwendet:

-  **Eingangsbuchse**
-  **Ausgangsbuchse**
-  **Potentiometer / Slider**
-  **Schalter**
-  **LED**
-  **Taster**

Nach dem Einschalten benötigt der MS2600NG eine „Warmlaufzeit“ von ca. 60-120 Minuten, dies betrifft besonders die Frequenzstabilität der VCO1-3.

Der MS2600NG ist für den Betrieb an 240V vorgesehen. Der MS2600NG ist mit drei Sicherungen ausgestattet. Die Sicherung zum Netz (240V) befindet sich auf der Rückseite in der Kaltgerätebuchse. Hier ist eine Feinsicherung 5\*20 vom TYP Superträge (TT) mit 1,25A. Im MS2600NG befinden sich zwei weitere Feinsicherungen mit je 5A auf der Sekundärseite des Trafos.

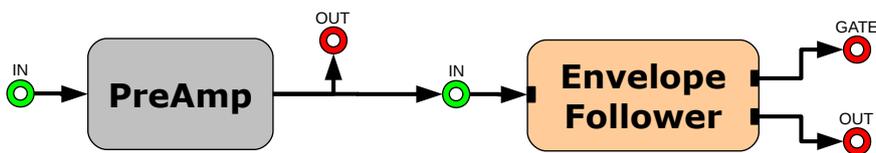


### **240V = LEBENSGEFAHR!!!**

Sollte das Gerät für den Abgleich oder andere Servicetätigkeiten geöffnet werden, ist vorher der Netzstecker ziehen. Wird das Gerät in geöffnetem Zustand betrieben, ist besondere VORSICHT am NETZSTECKER und dem NETZTEIL geboten.

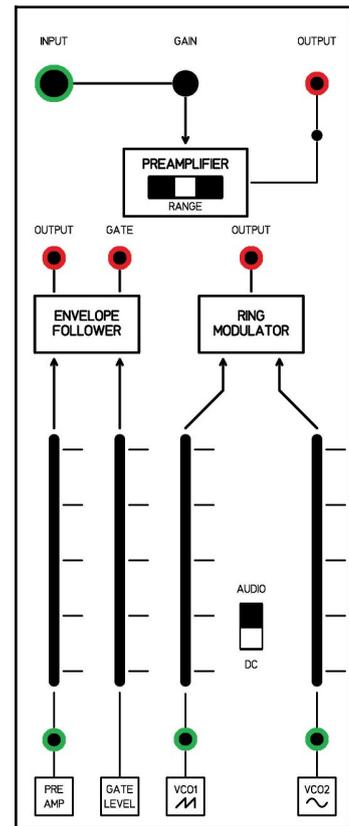
## 6.1 PREAMPLIFIER, ENVELOPE-FOLLOWER UND RING-MODULATOR

Diese drei Module sind in der ersten Sektion zu finden.



### Preamplifier:

Dieser Vorverstärker ist als Universalverstärker einsetzbar. Es können Mikrofone, Instrumente (e.B. E-Gitarre) oder beliebige Quellen angeschlossen werden, um den Signalpegel anzupassen. Über einen Schalter können Verstärkungen von 60/40/20dB (Faktor 1000/100/10) ausgewählt werden.



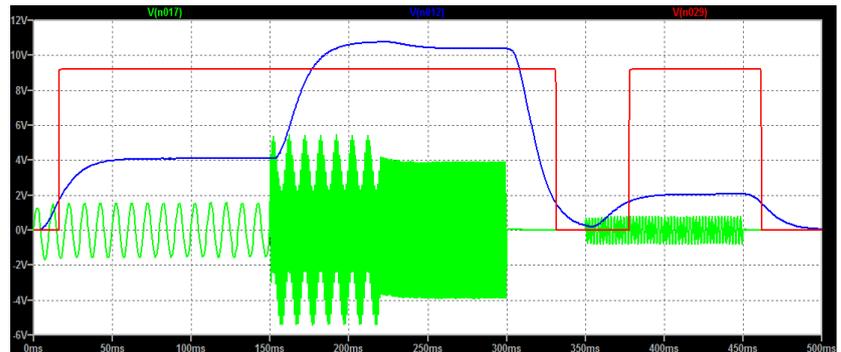
	<b>INPUT</b>	beliebiges Eingangssignal 10mV...20V	10mV...20V
	<b>GAIN</b>	Einstellung des Eingangspegel	0..100%
	<b>RANGE</b>	Einstellung der Verstärkung 60/40/20dB	60/40/20 dB
	<b>LED</b>	Clippinganzeige	ca. 25Vpp
	<b>OUTPUT</b>	Ausgangssignal	typ. 10Vpp

**Envelope-Follower:**

Der Envelope Follower erzeugt eine pegelabhängige Steuerspannung (CV) aus einem anliegenden Audiosignal. Das GATE-Signal wird bei entspr. Pegel ein-/ausgeschaltet.

	<b>INPUT</b>	Eingangssignal AUDIO Default: PRE-AMP	typ. 10Vpp
	<b>OUTPUT</b>	CV-Ausgangssignal Abhängig vom Pegel des Eingangssignales	0..10V
	<b>GATE LEVEL</b>	Einstellen des Schwellwertes für das GATE-Signal	0..10V
	<b>GATE</b>	schaltet entp. dem eingestellten Schwellwert die GATE-Spannung an bzw. aus.	0/10V

INPUT - Audiosignal (GRÜN)  
 OUTPUT - Steuerspannung (BLAU)  
 OUTPUT - GATE (ROT)



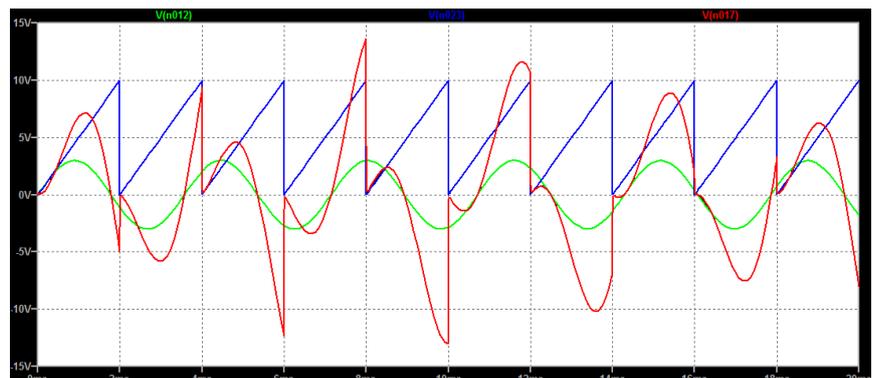
**Ring-Modulator:**



Der Ringmodulator führt eine Variation der Amplitudenmodulation durch, bei der zwei Eingangssignale multipliziert werden. Die Summe und die Differenz der Eingangssignale (sogenannte Seitenbänder) bilden das Ausgangssignal, aber ohne die ursprünglichen Eingangssignale selbst. Das Ergebnis ist ein sehr seltsamer glockenartiger Klang, der nur mit einem Ringmodulator erzeugt werden kann.

<input checked="" type="radio"/>	<b>INPUT 1</b>	Eingangssignal Default: VCO1 SAW	typ. 10Vpp
<input checked="" type="radio"/>	<b>INPUT 1</b>	Eingangssignal Default: VCO2 SINE	typ. 10Vpp
<input type="checkbox"/>	<b>DC/AUDIO Schalter</b>	In der Stellung AUDIO werden alle DC Anteile beider Eingangssignale eliminiert.	
<input checked="" type="radio"/>	<b>OUTPUT</b>	Ausgangssignal	typ. 10Vpp

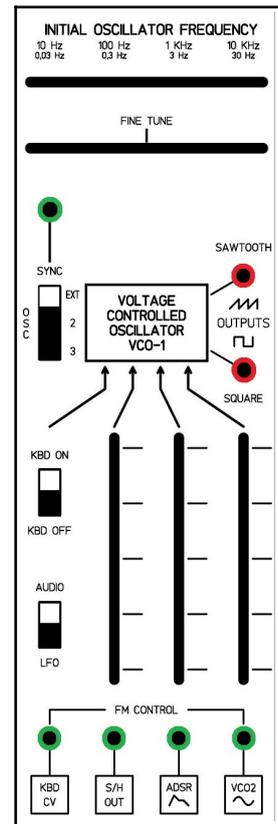
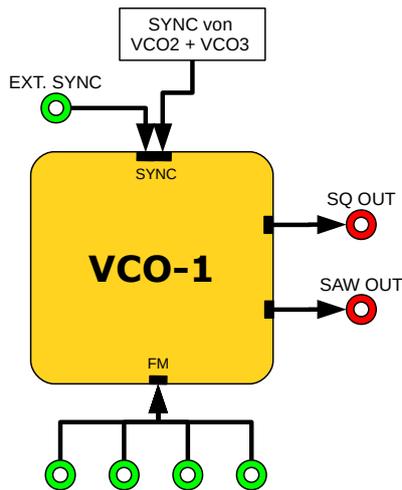
INPUT1 – SINE (GRÜN)  
 INPUT2 – SAW (BLAU)  
 OUTPUT (ROT)



*TIPP: In der Stellung DC kann der Ring.-Mod. auch als VCA genutzt werden. Hierzu das Audiosignal an INPUT 2 und die Steuerspannung am INPUT 1 anschließen.*

## 6.2 VCO-1

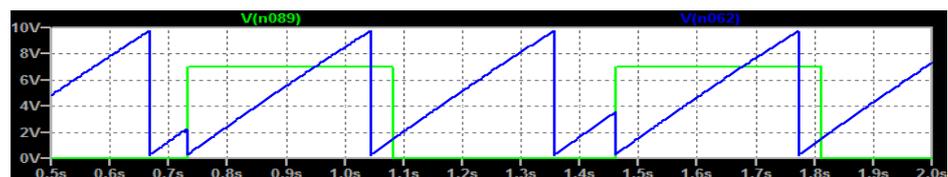
Der VCO-1 arbeitet von ca. 30mHz – 20kHz. Als Ausgangssignal steht SAW und SQUARE zur Verfügung. Der VCO-2 lässt sich EXTERN, mit dem VCO-2 oder VCO-3 synchronisieren.



Grundeinstellungen:

<input type="checkbox"/>	<b>INITIAL OSC</b>	Grobe Frequenzeinstellung des VCO	AUDIO: 10Hz–10kHz LFO: 30mHz – 30 Hz
<input type="checkbox"/>	<b>FINE TUNE</b>	Feine Frequenzeinstellung des VCO	ca. 1 Oktave
<input type="checkbox"/>	<b>PULSE WIDTH</b>	Tastverhältnis des PULSE Signales einstellen	10..90%
<input type="checkbox"/>	<b>LFO/AUDIO</b>	Umschalten zw. AUDIO und LFO-Betrieb	
<input type="checkbox"/>	<b>KBD ON/OFF</b>	Schaltet die KBD CV EIN/AUS	
<input type="checkbox"/>	<b>SYNC</b>	Synchronisation des VCO-1 durch VCO-2, VCO-3 oder ein externes Signal.	
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>SYNC IN</b>	Eingang für das externe Signal. Default: KEIN SYNC	>5V

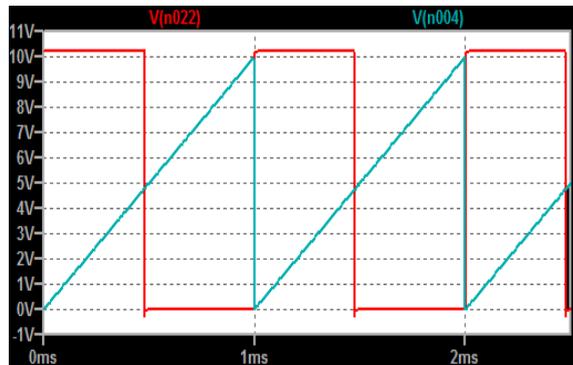
SYNC IN (GRÜN)  
SAW OUT mit SYNC (BLAU)



Ausgangssignale:

<input type="radio"/>	<b>OUTPUT SAW</b>	Ausgangssignal Sägezahn	0...10V (10Vpp)
<input type="radio"/>	<b>OUTPUT PULSE</b>	Ausgangssignal Rechteck	0...10V (10Vpp) PW 50% fest

OUT Sägezahn (TÜRKIS)  
OUT Rechteck (ROT)



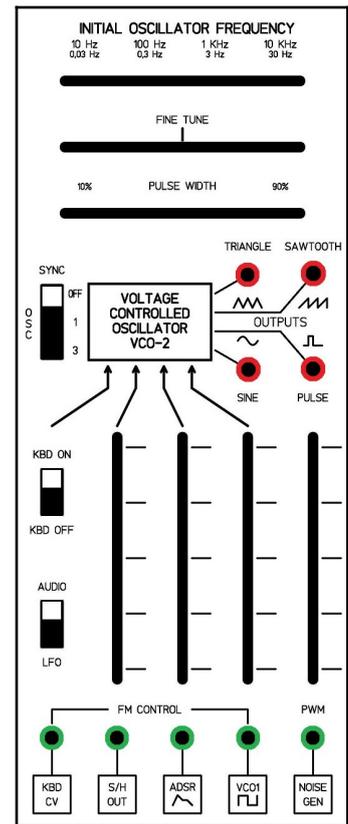
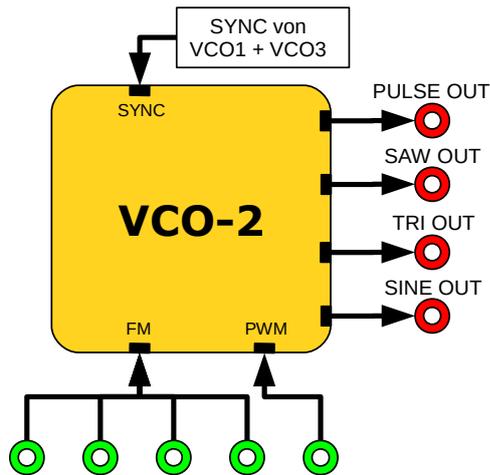
Steuereingänge:

Der VCO ist mit 4 Eingänge zur Frequenzmodulation ausgestattet.

<input checked="" type="radio"/>	<b>CV1 INPUT</b>	CV-Steuerspannung - fest Default: KBD CV	1 V/OKT 100% Modulation
<input checked="" type="radio"/>	<b>CV2 INPUT</b>	CV-Steuerspannung - regelbar Default: S/H	ca. 1V/OKT 100% Modulation
<input checked="" type="radio"/>	<b>CV3 INPUT</b>	CV-Steuerspannung - regelbar Default: ADSR	ca. 2V/OKT 50% Modulation
<input checked="" type="radio"/>	<b>CV4 INPUT</b>	CV-Steuerspannung - regelbar Default: VCO2 SINE	ca. 5V/OKT 20% Modulation

## 6.3 VCO-2

Der VCO-2 arbeitet von ca. 30mHz – 20kHz. Als Ausgangssignal steht TRI, SAW, SINE und PULSE zur Verfügung. Die Pulsweite lässt sich manuell einstellen und mittels CV modulieren. Der VCO-2 lässt sich mit dem VCO-1 oder VCO-3 synchronisieren.



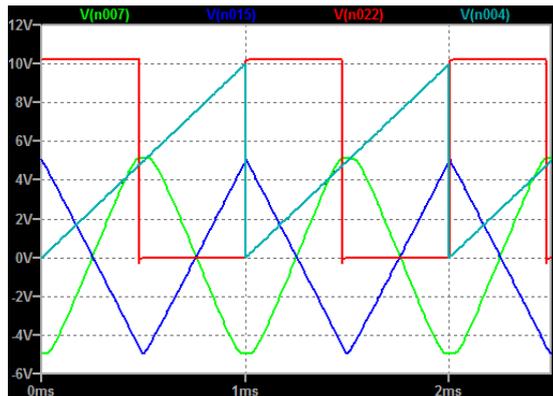
Grundeinstellungen:

<input type="checkbox"/>	<b>INITIAL OSC</b>	Grobe Frequenzeinstellung des VCO	AUDIO: 10Hz–10kHz LFO: 30mHz – 30 Hz
<input type="checkbox"/>	<b>FINE TUNE</b>	Feine Frequenzeinstellung des VCO	ca. 1 Oktave
<input type="checkbox"/>	<b>PULSE WIDTH</b>	Tastverhältnis des PULSE Signales einstellen	10..90%
<input type="checkbox"/>	<b>LFO/AUDIO</b>	Umschalten zw. AUDIO und LFO-Betrieb	
<input type="checkbox"/>	<b>KBD ON/OFF</b>	Schaltet die KBD CV EIN/AUS	
<input type="checkbox"/>	<b>SYNC</b>	Synchronisation des VCO2 durch VCO1 oder VCO3.	

Ausgangssignale:

○	<b>OUTPUT SAW</b>	Ausgangssignal Sägezahn	0...10V (10Vpp)
○	<b>OUTPUT PULSE</b>	Ausgangssignal Rechteck	0...10V (10Vpp)
○	<b>OUTPUT TRI</b>	Ausgangssignal Dreieck	-5...5V (10Vpp)
○	<b>OUTPUT SINE</b>	Ausgangssignal Sinus	-5...5V (10Vpp)

OUT Sägezahn (TÜRKIS)  
 OUT Rechteck (ROT)  
 OUT Sinus (GRÜN)  
 OUT Dreieck (BLAU)

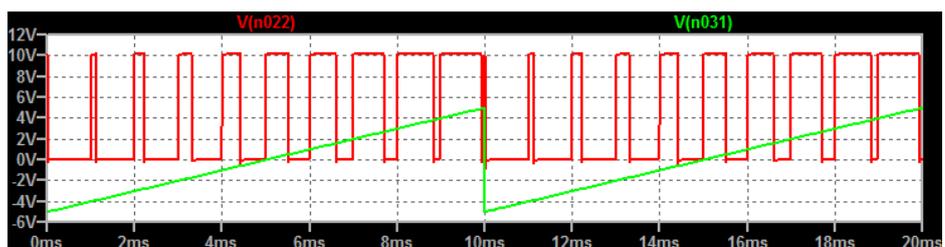


Steuereingänge:

Der VCO ist mit 4 Eingänge zur Frequenzmodulation ausgestattet und einem Steuereingang für PWM.

○	<b>CV1 INPUT</b>	CV-Steuerspannung - fest Default: KBD CV	1 V/OKT 100% Modulation
○	<b>CV2 INPUT</b>	CV-Steuerspannung - regelbar Default: S/H	ca. 1V/OKT 100% Modulation
○	<b>CV3 INPUT</b>	CV-Steuerspannung - regelbar Default: ADSR	ca. 2V/OKT 50% Modulation
○	<b>CV4 INPUT</b>	CV-Steuerspannung - regelbar Default: VCO1 SQUARE	ca. 5V/OKT 20% Modulation
○	<b>CV5 PWM</b>	CV-Steuerspannung zur Einstellung des Tastverhältnis des PULSE Signales	0..100% typ. +-5V

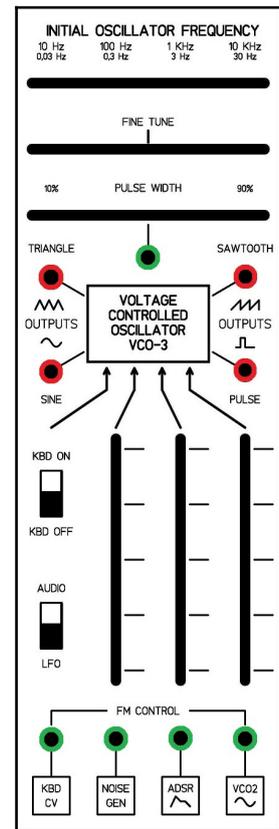
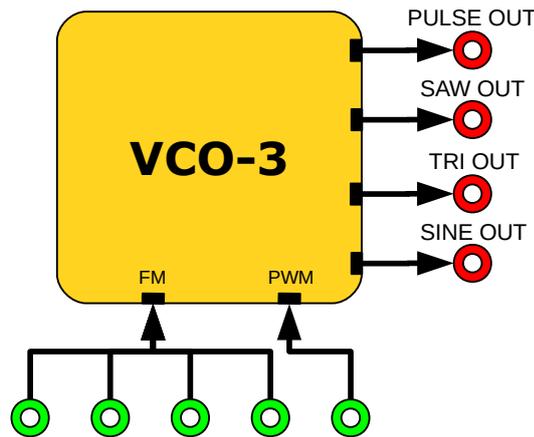
CV5 PWM (GRÜN)  
 OUT PULSE (ROT)



PWM in Abhängigkeit der Steuerspannung (GRÜN)

## 6.4 VCO-3

Der VCO-3 arbeitet von ca. 30mHz – 20kHz. Als Ausgangssignal steht TRI, SAW, SINE und PULSE zur Verfügung. Die Pulsweite lässt sich manuell einstellen und mittels CV modulieren.



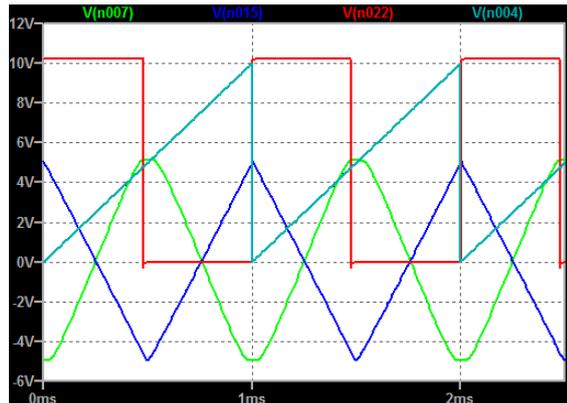
Grundeinstellungen:

<input type="range"/>	<b>INITIAL OSC</b>	Grobe Frequenzeinstellung des VCO	AUDIO: 10Hz–10kHz LFO: 30mHz – 30 Hz
<input type="range"/>	<b>FINE TUNE</b>	Feine Frequenzeinstellung des VCO	ca. 1 Oktave
<input type="range"/>	<b>PULSE WIDTH</b>	Tastverhältnis des PULSE Signales einstellen	10..90%
<input type="checkbox"/>	<b>LFO/AUDIO</b>	Umschalten zw. AUDIO und LFO-Betrieb	
<input type="checkbox"/>	<b>KBD ON/OFF</b>	Schaltet die KBD CV EIN/AUS	
<input type="checkbox"/>	<b>SYNC</b>	Synchronisation des VCO2 durch VCO1 oder VCO3.	

Ausgangssignale:

<input type="radio"/>	<b>OUTPUT SAW</b>	Ausgangssignal Sägezahn	0...10V (10Vpp)
<input type="radio"/>	<b>OUTPUT PULSE</b>	Ausgangssignal Rechteck	0...10V (10Vpp)
<input type="radio"/>	<b>OUTPUT TRI</b>	Ausgangssignal Dreieck	-5...5V (10Vpp)
<input type="radio"/>	<b>OUTPUT SINE</b>	Ausgangssignal Sinus	-5...5V (10Vpp)

OUT Sägezahn (TÜRKIS)  
 OUT Rechteck (ROT)  
 OUT Sinus (GRÜN)  
 OUT Dreieck (BLAU)

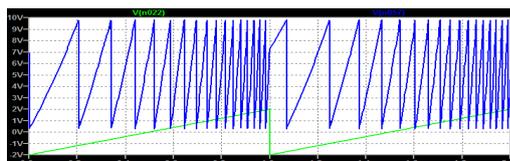


Steuereingänge:

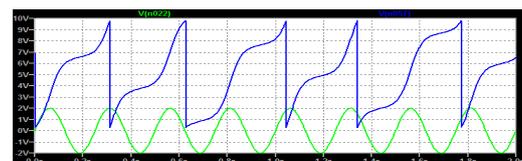
Der VCO ist mit 4 Eingänge zur Frequenzmodulation ausgestattet und einem Steuereingang für PWM.

<input type="radio"/>	<b>CV1 INPUT</b>	CV-Steuerspannung - fest Default: KBD CV	1 V/OKT 100% Modulation
<input type="radio"/>	<b>CV2 INPUT</b>	CV-Steuerspannung - regelbar Default: NOISE GEN	ca. 1V/OKT 100% Modulation
<input type="radio"/>	<b>CV3 INPUT</b>	CV-Steuerspannung - regelbar Default: ADSR	ca. 2V/OKT 50% Modulation
<input type="radio"/>	<b>CV4 INPUT</b>	CV-Steuerspannung - regelbar Default: VCO2 SINE	ca. 5V/OKT 20% Modulation
<input type="radio"/>	<b>CV5 PWM</b>	CV-Steuerspannung zur Einstellung des Tastverhältnis. Die PWM-Intensität ändert sich automatisch mit dem eingestellten Tastverhältnis. PULS WIDE: 10...30...50...70...90% PWM MOD : 0...50...100...50...0 %	0..100% typ. +-5V

Bsp. FM-Modulation:  
 CV1 (GRÜN)  
 OUT SAW (BLAU)



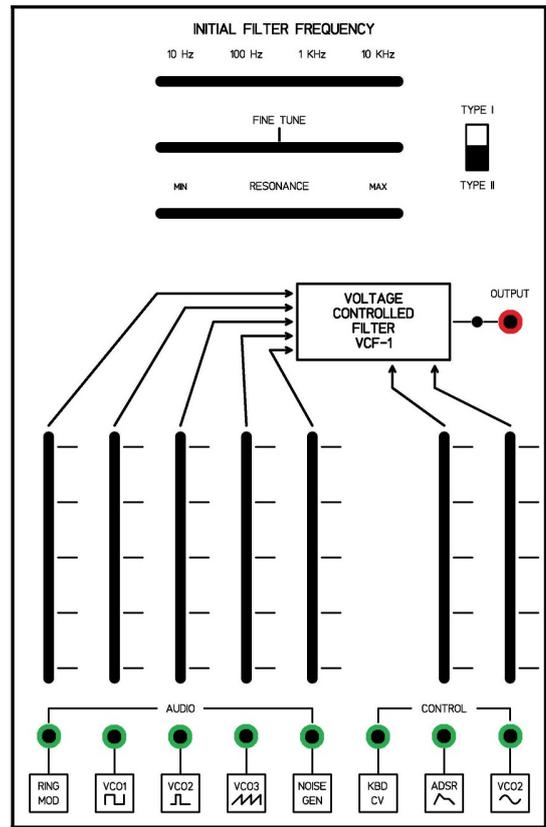
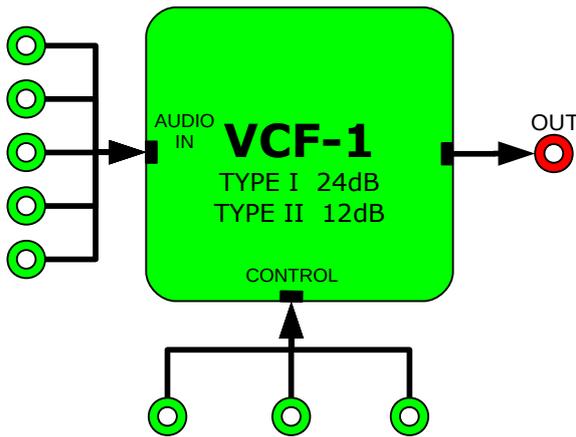
$f(\text{mod}) < f(\text{vco})$



$f(\text{mod}) > f(\text{vco})$

## 6.5 VCF-1

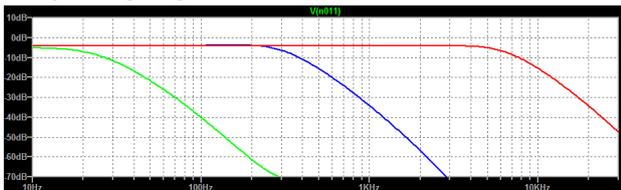
Beim VCF-1 handelt es sich um ein Tiefpassfilter. Der MS2600NG hat zwei verschiedene Typen von Filter.



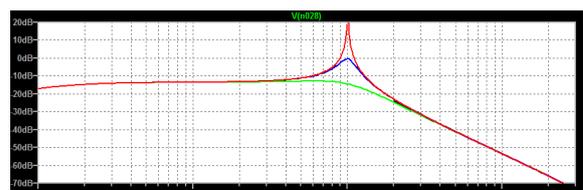
Grundeinstellungen:

<input type="checkbox"/>	<b>FILTERWAHL</b>	TYPE I ist ein 12dB Filter TYPE II ist ein 24dB Filter	TYP 4023 TYP 4072
	<b>INITIAL FILTER FERQ</b>	Grobe Einstellung der CUTOFF-Frequenz	10Hz.. 10kHz
	<b>FINE TUNE</b>	Feine Einstellung der CUTOFF-Frequenz	
	<b>RESONANCE</b>	Einstellen der Filterresonanz	0..100% (Eigenresonanz)
	<b>LED</b>	Clippinganzeige	> 24Vpp

Frequenzgang



Resonanz



**AUDIO Eingänge:**

Der VCF hat 5 Signaleingänge die summiert zum Filter geführt werden.

<input type="radio"/>	<b>INPUT 1</b>	Eingangssignal AUDIO Default: RING-Mod	typ. 10Vpp
<input type="radio"/>	<b>INPUT 2</b>	Eingangssignal AUDIO Default: VCO-1 SQ	typ. 10Vpp
<input type="radio"/>	<b>INPUT 3</b>	Eingangssignal AUDIO Default: VCO-2 PULSE	typ. 10Vpp
<input type="radio"/>	<b>INPUT 4</b>	Eingangssignal AUDIO Default: VCO-3 SAW	typ. 10Vpp
<input type="radio"/>	<b>INPUT 5</b>	Eingangssignal AUDIO Default: NOISE	typ. 10Vpp

**Audio-Ausgang:**

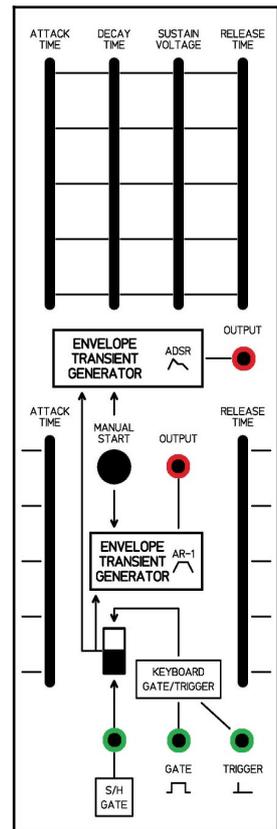
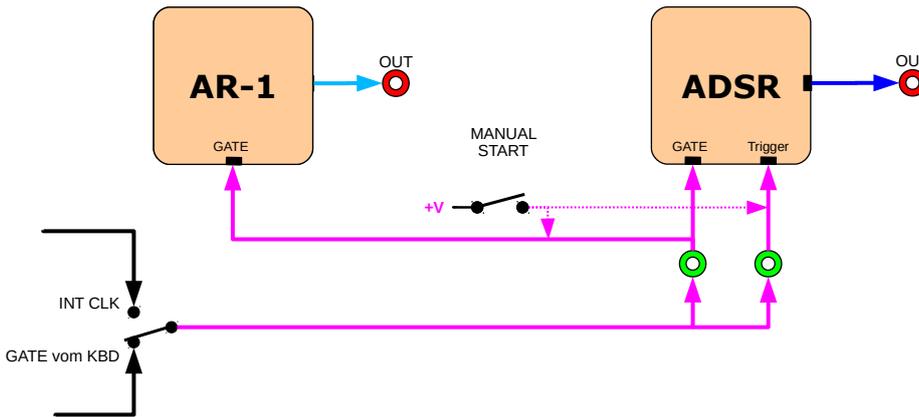
<input type="radio"/>	<b>OUTPUT</b>	Filterausgang AUDIO	typ. 10Vpp max. 25Vpp
-----------------------	---------------	---------------------	--------------------------

**Steuereingänge:**

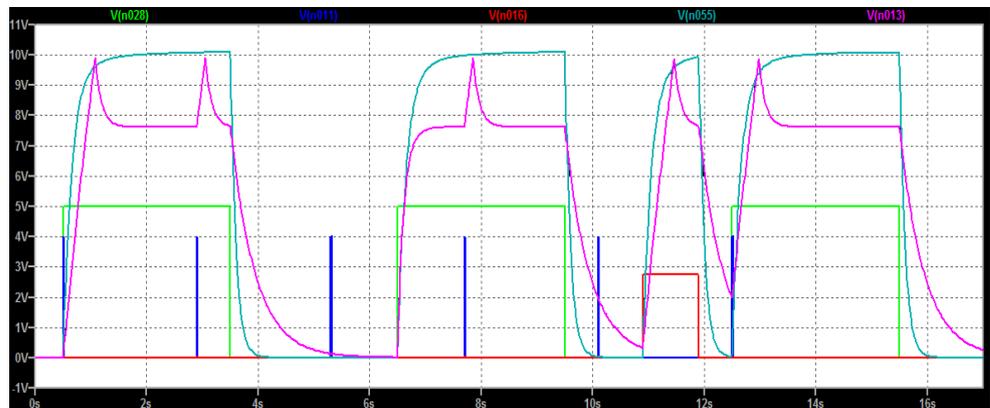
<input type="radio"/>	<b>CV1 INPUT</b>	CV-Steuerspannung für CUTOFF-Freq (nicht regelbar – kann mit einem Blindstecker abgeschaltet werden) Default: KBD CV	ca. 1 V/OKT
<input type="radio"/>	<b>CV2 INPUT</b>	CV-Steuerspannung für CUTOFF-Freq Default: ADSR	ca. 1V/OKT
<input type="radio"/>	<b>CV3 INPUT</b>	CV-Steuerspannung für CUTOFF-Freq Default: VCO-2 SINE	ca. 1V/OKT

## 6.6 ADSR & AR-1

Dieser Hüllkurvengenerator ist eine Kombination aus einem AR und einem ADSR. Beide Hüllkurvengeneratoren werden gleichzeitig angesteuert.



OUT AR (TÜRKIS)  
 OUT ADSR (LILA)  
 GATE-Signal (GRÜN)  
 Trigger-Signal (BLAU)  
 Taster (ROT)



AR:  
 $t = 0,5s / 6,5s / 12,5s$   
 $t = 3,5s / 9,5s / 15,5s$   
 $t = 11s / 11,9s$

→ AR wird durch das GATE-Signal ausgelöst (ATTACK)  
 → AR geht in die RELEASE-Phase (ENDE des GATE-Signals)  
 → AR wird durch den Taster manuell angesteuert

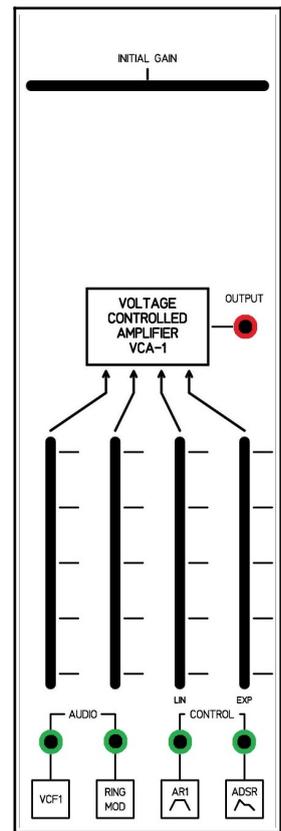
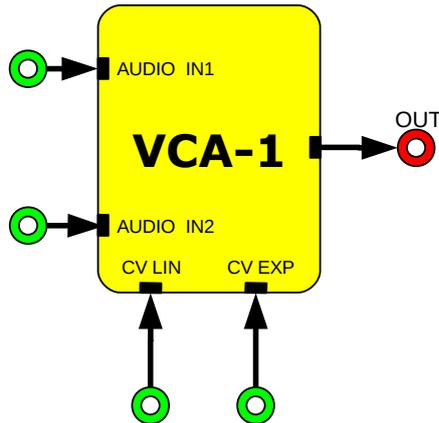
ADSR:  
 $t = 0,5s$   
 $t = 3s$   
 $t = 3,5s / 9,5 / 15,5s$   
 $t = 5,5s$   
 $t = 6,5s$

→ ADSR wird durch das GATE- und TRIGGER-Signal ausgelöst (ATTACK-Phase)  
 → ADSR wird durch das TRIGGER-Signal erneut ausgelöst (2.ATTACK-Phase)  
 → ADSR geht in die RELEASE-Phase (ENDE des GATE-Signals)  
 → Das TRIGGER-Signal hat keine Funktion, da kein GATE-Signal anliegt  
 → Das GATE-Signal löst den ADSR aus, jedoch wird kein ATTACK gestartet, da kein TRIGGER-Signal anliegt. Die Ausgangsspannung steigt mit der DECAY-Zeit auf Sustain-Pegel.  
 → ATTACK wird durch den TRIGGER gestartet.  
 $t = 7,5s$   
 $t = 11s / 11,9s$   
 $t = 12,5s$   
 → ADSR wird durch den Taster manuell angesteuert  
 → ADSR wird durch das GATE- und TRIGGER-Signal ausgelöst (ATTACK-Phase), beginnt jedoch nicht bei 0V da der RELEASE noch nicht beendet wurde.

	<b>A,D,S,R Slider</b>	Einstellung der Attack-, Decay -und Releasezeit, sowie des Sustainpegel	A 1ms..1s D 5ms..5s S 0..10V R 1ms..8s
	<b>OUTPUT ADSR</b>	Ausgangssignal	0...10V A 10ms..5s R 5ms..5s
	<b>A,R Slider</b>	Einstellung der Attack- und Releasezeit	ca. 1V/OKT
	<b>OUTPUT AR-2</b>	Ausgangssignal 0...10V	0...10V
	<b>Manual Start</b>	Mit dem Taster kann jederzeit der Hüllkurvengenerator manuell betätigt werden	
	<b>UMSCHALTER</b>	Auswahl zwischen Keyboard (Gate/Trigger) und INPUT 1	
	<b>INPUT 1</b>	GATE-Eingang zum ADSR und AR. (Trigger für ADSR wird intern erzeugt) Default: S&H Gate (interner CLK)	min. 5V
	<b>GATE</b>	GATE-Eingang zum ADSR und AR. Default: KDB-GATE	min. 5V
	<b>TRIGGER</b>	Trigger-Eingang zum ADSR. Angelegte GATE-Signale werde intern in ein Triggersignal gewandelt. Default: KDB-GATE	min. 5V, 2ms

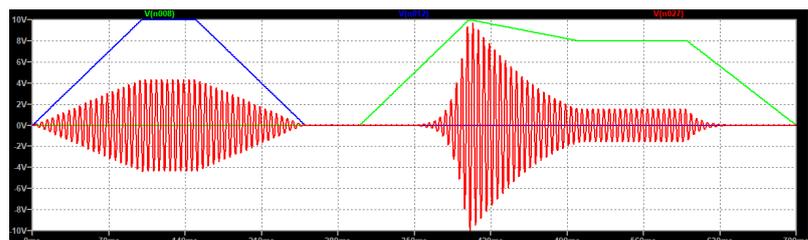
## 6.7 VCA-1

Der VCA-1 des MS2600NG hat zwei AUDIO Eingänge und zwei Steuereingänge für die Verstärkung. Wobei der Erste eine LINEARE Steuerung und der Zweite eine EXPONENTIELLE ermöglicht.



	<b>INITIAL GAIN</b>	Einstellung der Grundverstärkung (Anfangspegel)	0..100%
	<b>INPUT 1</b>	Eingangssignal AUDIO Default: VCF-1	typ. 10Vpp
	<b>INPUT 2</b>	Eingangssignal AUDIO Default: RING-MOD	typ. 10Vpp
	<b>INPUT 3</b>	CV-Steuerspannung 0..10V Das Ausgangssignal ändert sich <b>linear</b> zur CV Default: AR1	0...10V
	<b>INPUT 4</b>	CV-Steuerspannung 0..10V Das Ausgangssignal ändert sich <b>exponential</b> zur CV Default: ADSR	0...10V
	<b>OUTPUT</b>	Ausgangssignal AUDIO	typ. 10Vpp max. 25Vpp AUDIO

INPUT1 - AR (BLAU)  
 INPUT2 - ADSR (GRÜN)  
 OUTPUT - Ausgangssignal  
 (AR->LIN, ADSR->EXP.) (ROT)



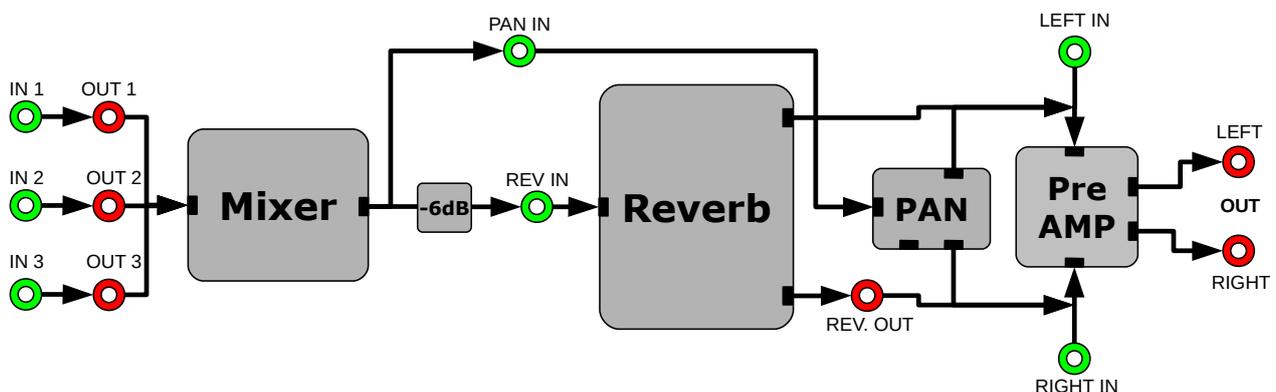
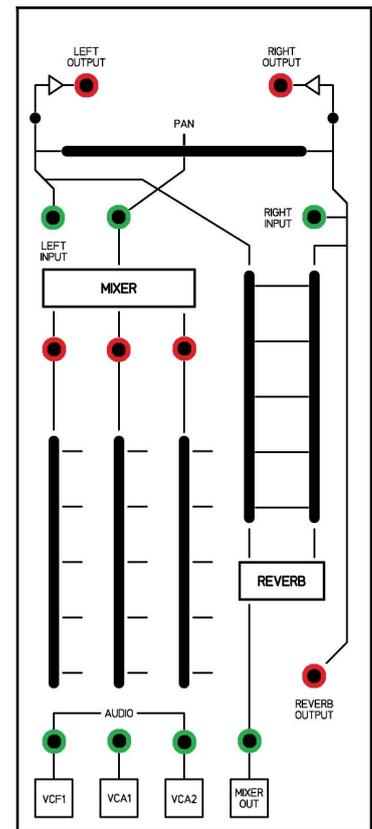
## 6.8 MIXER & REVERB

Diese Sektion ist eine Kombination aus Audio-Mischpult und Reverb-Effekt. Der Reverb wird beim MS2600NG durch eine HALL-Feder erzeugt.

Der MIXER stellt 3 Eingänge zur Verfügung. Der Ausgang des MIXER wird über den PAN-Regler zu den beiden Ausgängen (LEFT/RIGHT OUTPUT) geführt und über ein 6dB Dämpfungsglied zum REVERB Eingang.

Mittels der beiden REVERB-Slider (LEFT/RIGHT) wird der Effekt dem Ausgangssignal beigemischt. Den beiden Ausgängen kann auch noch ein weiteres Signal zugemischt werden (LEFT/RIGHT INPUT).

Wird ein Signal direkt auf den REVERB gelegt, ist das o.g. Dämpfungsglied nicht vorgeschaltet. Somit wird die Hallfeder stärker angesteuert. Der rechte Kanal des REVERB steht auch als Ausgang zur Verfügung.

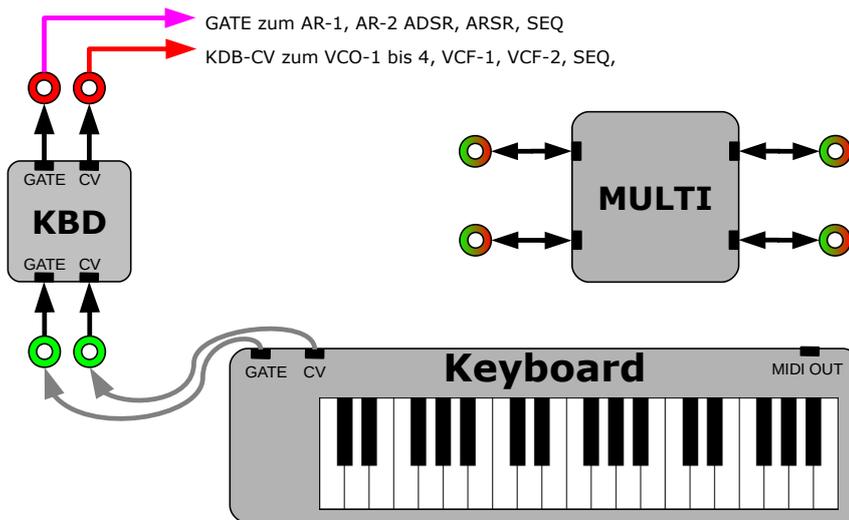
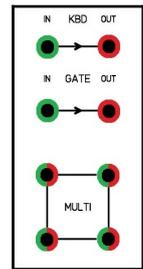


	<b>INPUT 1</b>	Eingangssignal AUDIO Default: VCF-1	typ. 10Vpp
	<b>INPUT 2</b>	Eingangssignal AUDIO Default: VCA-1	typ. 10Vpp
	<b>INPUT 3</b>	Eingangssignal AUDIO Default: VCA-2	typ. 10Vpp
	<b>INPUT PAN</b>	Eingangssignal AUDIO Default: MIXER OUT	typ. 10Vpp
	<b>PAN</b>	Mit dem Panoramaregler wird die Lautstärkeverteilung des Audiosignals auf die beiden Kanäle (LEFT/RIGHT) geregelt.	
	<b>INPUT REVERB</b>	Eingangssignal AUDIO Default: MIXER OUT	typ. 10Vpp
	<b>INPUT LEFT</b>	Eingangssignal AUDIO Default: nicht belegt	typ. 10Vpp
	<b>INPUT RIGHT</b>	Eingangssignal AUDIO Default: nicht belegt	typ. 10Vpp
	<b>OUTPUT 1</b>	Ausgangssignal AUDIO	0..100% INPUT 1
	<b>OUTPUT 2</b>	Ausgangssignal AUDIO	0..100% INPUT 2
	<b>OUTPUT 3</b>	Ausgangssignal AUDIO	0..100% INPUT 3
	<b>REVERB OUT</b>	Ausgangssignal REVERB (100% WET)	typ. 10Vpp
	<b>LEFT OUT</b>	Gesamtausgangssignal AUDIO	0..100% INPUT 1
	<b>RIGHT OUT</b>	Gesamtausgangssignal AUDIO Hinweis: Dieses Ausgangssignal wird zur Audio-PA geführt. Die Lautstärkenregelung der Audio-PA ändert diesen Pegel <u>NICHT</u> .	typ. 4Vpp
	<b>LED</b>	Clippinganzeige LEFT	> 24Vpp
	<b>LED</b>	Clippinganzeige RIGHT	> 24Vpp

## 6.9 KBD & MULTI

Über die IN Buchsen wird die KDB-CV und das GATE Signal an dem MS2600NG angeschlossen und intern verteilt.

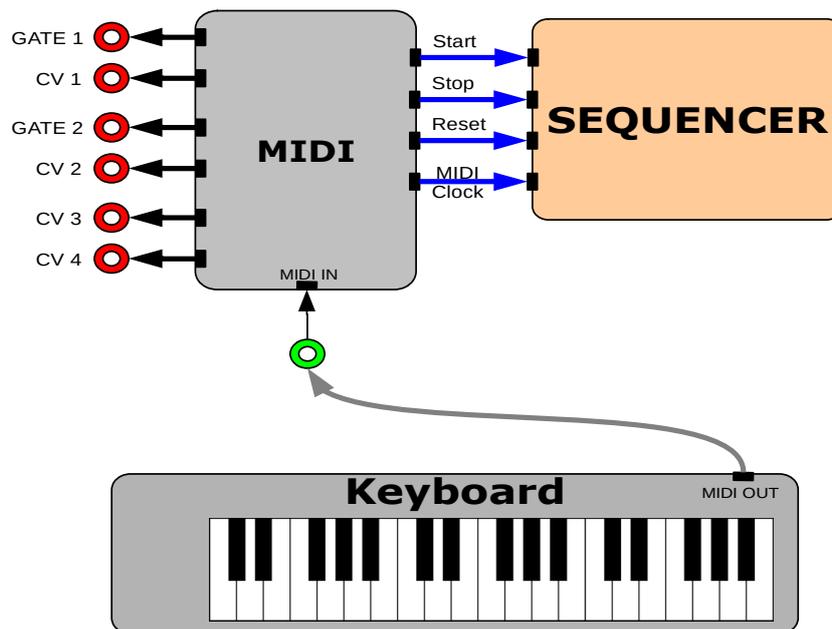
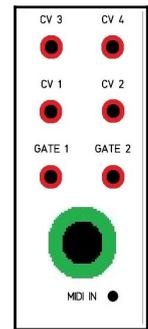
Bei dem MULTI handelt es sich um einen passiven Verteiler.



	<b>GATE-IN</b>	Eingangssignal GATE Default: zum AR-1, AR-2 ADSR, ARSR, SEQ	typ. 0/10V min. 0/5V
	<b>KDB-IN</b>	Steuerspannung Default: zum VCO-1 bis 4, VCF-1, VCF-2, SEQ	typ. 0-10V max. +-12V
	<b>GATE-OUT</b>	zusätzlicher Ausgang	= GATE-IN
	<b>KDB-OUT</b>	zusätzlicher Ausgang	= KDB-CV IN
	<b>IN/OUT</b>	passiver 4-fach Verteiler	

## 6.10 MIDI (V2 - 2021)

Das neue MIDI Interface basiert auf einem ATMEGA88. Das Projekt wurde im SEQUENCER.DE Forum beschrieben und ist Freeware. Für den MS2600NG und das MS2600KBD wurde die Software entsprechend angepasst.



🟢	<b>MIDI-IN</b>	Standard: MIDI-Eingangssignal (Optional: PIN1+3 MIDI LEARN Taster)	MIDI-Standard
🔴	<b>GATE1</b>	GATE Ausgang	0/8V
🔴	<b>GATE2</b>	GATE Ausgang	0/10V
🟢	<b>CV1 - CV4</b>	CV-Ausgang (1V/Oct Pitch CV)	0..10V
💡	<b>LED</b>	Multifunktionsanzeige	

- Alle Parameter können durch SysEx Befehle eingestellt werden
- Flash-Speicher für die Konfiguration
- MIDI Learn / Panic / Default

LINK: [https://www.sequencer.de/synth/index.php/MCV876\\_Controller\\_Update](https://www.sequencer.de/synth/index.php/MCV876_Controller_Update)

## Die MIDI LED

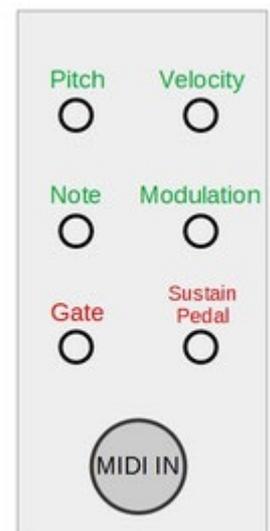
Beim erstmaligen Einschalten blinkt die LED 4x und die Standardeinstellung wird gesetzt. Bei jedem weiteren Einschalten blinkt die LED 2x. Weiterhin leuchtet die LED solange eine Note (=ein Gate) eingeschaltet ist. CC oder RTM Befehle werden nicht angezeigt.

## MIDI-learn-Taster

Ist die einfachste Möglichkeit das Interfaces zu konfigurieren.

So funktioniert es:

- Wird der "MIDI-learn-Taster" beim Einschalten gehalten, wird die rechts gezeigte Standardeinstellung gesetzt.
- Ein kurzes Drücken des "MIDI-learn-Taster" führt einen Reset aus (PANIC-Funktion).
- Wird der "Midi-learn-Taster" für ca. 2 Sekunden gedrückt (MIDI LED leuchtet), ist der LEARN-Modus aktiv. Nun eine beliebige Note mit dem gewünschten Kanal am Keyboard spielen und das Interface stellt sich auf diesen Kanal ein. Die LED blinkt 3x, um das permanente Abspeichern des Kanals anzuzeigen.



Sollte der Kanal bereits eingestellt sein, wird die gedrückte Keytaste als Basisnote (also die Note, bei der das Interface 0 V ausgibt) übernommen. Die LED blinkt 3x, um das permanente Abspeichern der Note anzuzeigen.

Der LEARN-Modus wird ohne Aktion nach 10s automatisch verlassen.

- Wird der "Midi-learn-Taster" für ca. 5 Sekunden gedrückt (MIDI LED geht nach 2s an und nach 5s wieder aus), wird der CLK-Eingang des SEQ vom 'int.-CLK' auf den 'MIDI-CLK' umgeschaltet. (Für diese Funktion muss die SEQ\_Switch\_Platine eingebaut sein.)

\* Der Taster ist auf der Platine MP9 zu finden. Optional kann ein weiterer Taster an der Frontplatte montiert werden.

### **Play-Modus:**

Das Interface kann im MONO oder MULTI2 Modus betrieben werden. Bei MONO werden alle Ausgänge über einen MIDI-Kanal gesteuert. Bei MULTI2 können die einzelnen Ausgänge über 2 MIDI-Kanäle angesprochen werden. (z.B. zwei MIDI-Spuren aus der DAW).

Polyphonie, also zwei oder mehr gleichzeitige Noten auf einem MIDI-Kanal, wird NICHT unterstützt.

### **MIDI Clock & Sequenzer Start / Stop**

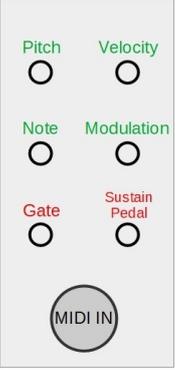
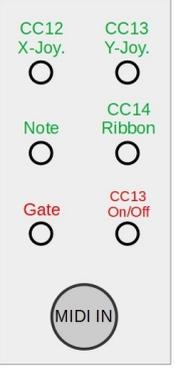
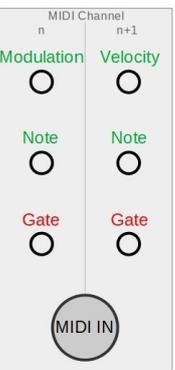
Das MIDI Interface empfängt MIDI-RTM-Meldungen (Start / Stop / Continue / CLK) und kann damit den SEQ steuern. Der Teiler für die CLK kann frei gewählt werden (1-250).

(Für diese Funktion muss die SEQ\_Switch\_Platine eingebaut sein.)

## System Exclusive (SysEx)

Alle Parameter des Interfaces können mit MIDI-SysEx Befehlen bearbeitet werden.

Musterkonfigurationen (passend zum MS2600KBD):

		
<pre>f0 70 7d 00 23 00 00 f7 f0 70 7d 00 24 00 0c f7 f0 70 7d 00 25 0f 0f f7 f0 70 7d 00 26 0f 0f f7 f0 70 7d 00 27 00 01 f7 f0 70 7d 00 28 0f 0f f7 f0 70 7d 00 29 00 00 f7 f0 70 7d 00 2a 0f 0f f7 f0 70 7d 00 2b 04 00 f7 f0 70 7d 00 2c 0f 0f f7 f0 70 7d 00 2d 00 00 f7 f0 70 7d 00 2e 00 06 f7 f0 70 7d 00 2f 00 01 f7 f0 70 7d 00 30 00 0c f7 f0 70 7d 00 31 00 00 f7 f0 70 7d 00 32 02 08 f7 f0 70 7d 00 33 00 00 f7 f0 70 7d 00 14 07 0b f7</pre>	<pre>f0 70 7d 00 23 00 00 f7 f0 70 7d 00 24 00 0c f7 f0 70 7d 00 25 0f 0f f7 f0 70 7d 00 26 00 0c f7 f0 70 7d 00 27 00 0e f7 f0 70 7d 00 28 00 0d f7 f0 70 7d 00 29 00 00 f7 f0 70 7d 00 2a 0f 0f f7 f0 70 7d 00 2b 00 0d f7 f0 70 7d 00 2c 0f 0f f7 f0 70 7d 00 2d 00 01 f7 f0 70 7d 00 2e 00 06 f7 f0 70 7d 00 2f 00 01 f7 f0 70 7d 00 30 00 0e f7 f0 70 7d 00 31 00 00 f7 f0 70 7d 00 32 00 00 f7 f0 70 7d 00 33 00 00 f7 f0 70 7d 00 14 07 0b f7</pre>	<pre>f0 70 7d 00 23 00 00 f7 f0 70 7d 00 24 00 0c f7 f0 70 7d 00 25 0f 0f f7 f0 70 7d 00 26 00 01 f7 f0 70 7d 00 27 0f 0f f7 f0 70 7d 00 28 0f 0f f7 f0 70 7d 00 29 0f 0f f7 f0 70 7d 00 2a 0f 0f f7 f0 70 7d 00 2b 0f 0f f7 f0 70 7d 00 2c 0f 0f f7 f0 70 7d 00 2d 00 00 f7 f0 70 7d 00 2e 00 06 f7 f0 70 7d 00 2f 00 01 f7 f0 70 7d 00 30 04 0a f7 f0 70 7d 00 31 00 00 f7 f0 70 7d 00 32 00 08 f7 f0 70 7d 00 33 00 00 f7 f0 70 7d 00 14 07 0b f7</pre>

Einstellen des MIDI CLK Teilers:

DIV=6 enstp. 1/16 Noten

```
f0 70 7d 00 2e 00 06 f7
f0 70 7d 00 14 07 0b f7
```

DIV=12 enstp. 1/8 Noten

```
f0 70 7d 00 2e 00 0c f7
f0 70 7d 00 14 07 0b f7
```

DIV=24 enstp. 1/4 Noten

```
f0 70 7d 00 2e 01 08 f7
f0 70 7d 00 14 07 0b f7
```

DIV=48 enstp. 1/2 Noten

```
f0 70 7d 00 2e 03 00 f7
f0 70 7d 00 14 07 0b f7
```

DIV=96 enstp. ganzen Noten

```
f0 70 7d 00 2e 06 00 f7
f0 70 7d 00 14 07 0b f7
```

Umschalten zwischen MIDI-CLK und INT-CLK

```
f0 70 7d 00 2e 0f 0f f7
```

Sysex message decription - All values are in hexadecimal!

-----  
 PARAMETERS ADRESSES  
 -----

The firmware V3.0x use 17 parameters from adress 23 up to 33.

MIDI\_CAN equ 23 ; MIDI Channel ( 0..0F )  
 NOTE\_REF equ 24 ; lowest playable note ( ref note 0..FF)  
 CTRL\_REF0 equ 25 ; controller assigned to the DAC0 ( value 0..FF )  
 CTRL\_REF1 equ 26 ; idem DAC1  
 CTRL\_REF2 equ 27 ; idem DAC2  
 CTRL\_REF3 equ 28 ; idem DAC3  
 MCGT\_REF0 equ 29 ; controleur number assigned to the gate0 (mode controller only)  
 MCGT\_REF1 equ 2A ; idem gate 1 value range 0..FF  
 MCGT\_REF2 equ 2B ; idem gate 2  
 MCGT\_REF3 equ 2C ; idem gate 3  
 MCGT\_THD equ 2D ; GATE Threshold (mode controller) ( 0..FF )  
 PASCLK equ 2E ; MIDI Clock divider value ( 0..FF )  
 TRIGTIME equ 2F ; Trigger time duration ( 0..FF)

MCV\_CFG0 equ 30 ; Config BYTE 0  
 ; bit 0 = CVGate0/ ctrl  
 ; bit 1 = CVGate1/ ctrl  
 ; bit 2 = CVGate2/ ctrl  
 ; bit 3 = CVGate3/ ctrl  
 ; bit 4 =  
 ; bit 5 = mode 2 or 4 chan/voices ( multi/poly)  
 ; bit 6 = mode mono/multican  
 ; bit 7 = mode mono/Poly

MCV\_CFG1 equ 31 ; Config BYTE 1  
 ; bit 0 = Gate0 reTrigg mode / trig ctrl  
 ; bit 1 = Gate1 reTrigg mode / trig ctrl  
 ; bit 2 = Gate2 reTrigg mode / trig ctrl  
 ; bit 3 = Gate3 reTrigg mode / trig ctrl  
 ; bit 4 = Gate4 Trigg mode  
 ; bit 5-7 = not used

DAC\_CFG1 equ 32 ; Config BYTE 2  
 ; bit 0 = velo1/ctrl DAC0  
 ; bit 1 = Velo1/ctrl DAC1  
 ; bit 2 = Velo2/ctrl DAC2 only used in poly 2 mode  
 ; bit 3 = Velo2/ctrl DAC3  
 ; bit 4 = Pitch Bend DAC0 no PB in poly mode  
 ; bit 5 = Pitch Bend DAC1  
 ; bit 6 = Pitch Bend DAC2  
 ; bit 7 = Pitch Bend DAC3

DAC\_CFG2 equ 33 ; Config BYTE 3  
 ; bit 0 = cal CV0  
 ; bit 1 = cal CV1  
 ; bit 2 = cal CV2  
 ; bit 3 = cal CV3  
 ; bit 4-7 = not used

-----  
 Sysex messages are composed as follow:  
 -----

- F0 = begin sysex  
 - 70 = ID constructor ( arbitrary = 0x70 )  
 - 7D = ID model ( arbitrary = 0x7D = MCV876)  
 - 0x = the MIDI channel x is the channel number from 0 to F  
 - yy = the parameter adress  
 - ww = Data LSB ( format 0000 aaaa)  
 - zz = DATA MSB ( format 0000 bbbb)  
 - F7 = EOX ( end of exclusive msg... )

with :  
 data MSB byte and data LSB are internaly combined by the MCV876 interface to compose a 8 bit number as this :  
 0000aaaa + (0000bbbb \* 16) = bbbbaaaa = the config byte...

-----  
 The write to flash command ( WTF)  
 -----

To force the microcontroller to write all parameters in RAM memory ( 17 bytes ) to the flash EPROM a special sysex command is used :

Adress = 14  
 LSB = 07  
 MSB = 0b

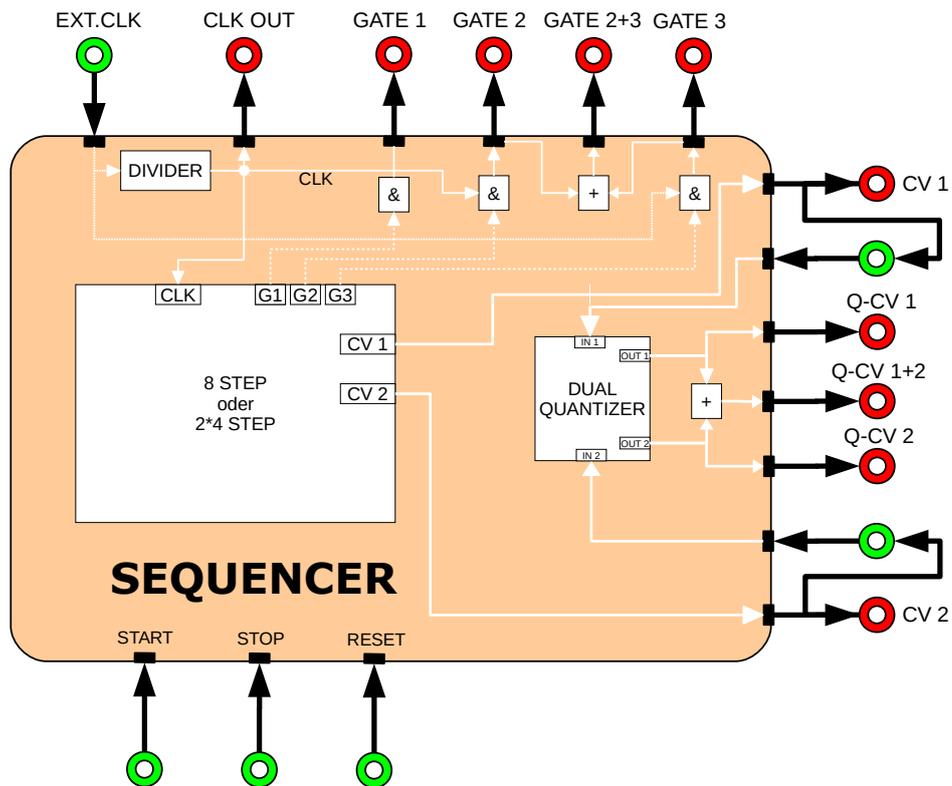
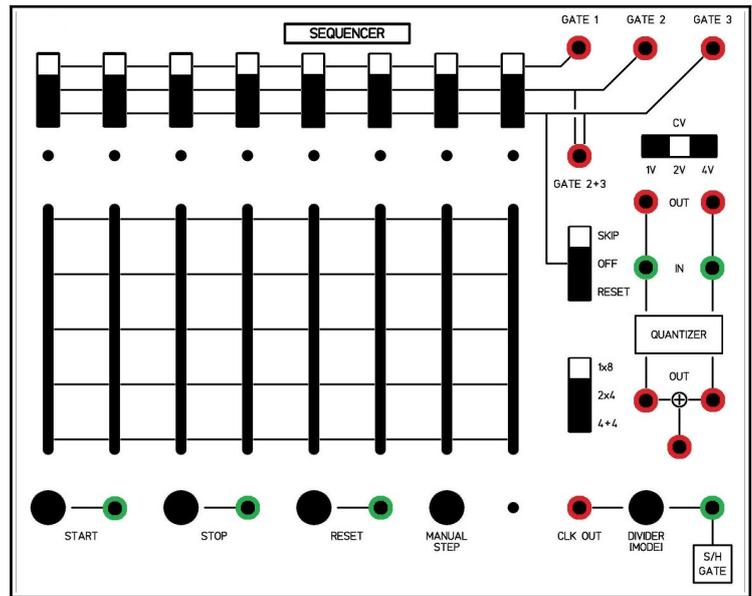
example: WTF send on channel 1 = F0 70 7D 00 14 07 0B F7

## 6.11 SEQUENCER

In diesem Kapitel beschäftigen wir uns mit dem Sequencer des MS2600NG.

Der Sequencer verfügt über 8 Steps, einer Gate-Sektion sowie einem Dual Quantizer.

Der Sequencer wird durch einen Mikroprozessor gesteuert, daher sind einige Funktionen über das SETUP-Menü einstellbar.



Beginnen wir mal bei der Steuereinheit ganz unten.  
Hier befinden sich 5 Taster, 4 Eingänge und ein Ausgang.

●	<b>START</b>	Startet den Sequencer. Der Sequencer startet immer mit dem nächsten freien Step. Bsp.: Steht der SEQ am Anfang (keine LED an) wird mit dem START zu STEP 1 gewechselt. Steht der SEQ auf STEP4, wird nach dem START zu STEP5 gesprungen (ohne STEP4 auszugeben, dieser wurde bereits vor dem STOP ausgegeben) Der Start erfolgt mit dem nächsten CLK-HIGH, oder sofort wenn der CLK gerade HIGH ist.	
○	<b>START INPUT</b>	Triggereingang für den Start-Taster Default: nicht belegt	> 5V > 2ms
●	<b>STOP</b>	Stopt den Sequencer. Der Sequencer bleibt bei der aktuellen Position stehen. Die CLK-Ausgabe wird unterdrückt, der CLK selbst läuft intern weiter.	
○	<b>STOP INPUT</b>	Triggereingang für den Stop-Taster Default: nicht belegt	> 5V > 2ms
●	<b>RESET</b>	SEQ. läuft: (RUN) Sequencer wird in Startposition gesetzt und es wird eine neue „16 Step Random-Sequenz“ generiert. SEQ. steht: (STBY) Zusätzlich wird der CLK synchronisiert. D.h. solange RESET gerückt ist, wird CLK-LOW ausgegeben, sowie RESET losgelassen wird startet der CLK (Dies ist wichtig wenn ein Teiler für den CLK eingestellt ist)	
○	<b>RESET INPUT</b>	Triggereingang für den RESET-Taster Default: nicht belegt	> 5V > 2ms
●	<b>MANUAL STEP</b>	NUR im STBY: Die 8 Steps können manuell durchlaufen werden, z.B. um eine Tonfolge einzustellen.	
●	<b>DIVIDER/ MODUS</b>	→ kurzes drücken <0,5s: Clock-Teiler erhöhen → ca.1s drücken: Clock-Teiler reset → langes drücken >3s : <b>SETUP-Modus</b>	1,2,3,4,5,6,7,8
○	<b>CLK INPUT</b>	Clock-Eingang Default: S&H CLK alternativ MIDI CLK ( siehe 6.10 )	> 3V max. 2kHz bzw. 8kHz (WF)
○	<b>CLK OUTPUT</b>	Clock-Ausgang nach dem Teiler	0/10V

Weiter geht es mit den Einstellung der Ausgangsspannung, hier sind 8 SLIDER, 3 Schalter und 2 Buchsen zu finden.

	<b>STEP 1-8</b>	Slider zum Einstellen der Ausgangsspannung. Die 8 SLIDER sind in zwei Gruppen unterteilt. Gruppe A: Step 1-4 Gruppe B: Step 5-8																																																																																																												
	<b>LED 1-8</b>	→ Grundfunktion: Anzeige des aktiven/ausgewählten STEP → im SETUP-Menü: Anzeige der Konfiguration																																																																																																												
	<b>CV Schalter</b>	Mit dem Schalter wird festgelegt, welche max. Ausgangsspannung über die SLIDER eingestellt werden kann.	1 / 2 / 4V																																																																																																											
	<b>OUT A</b>	Unter dem CV-Schalter befinden sich die Ausgangsbuchsen. (max. 4V) Links die GRUPPE A und Rechts die GRUPPE B (über das SETUP-MENÜ können diese aber auch summiert ausgegeben werden)	0..4V bzw. summiert 0..8V																																																																																																											
	<b>OUT B</b>																																																																																																													
	<b>STEP Schalter</b>	Dieser Schalter bestimmt den Ablauf der Sequenz.  <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td></td> <td>TAKT</td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td> <td>9</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td> </tr> <tr> <td>→ 1*8: Ablauf Gruppe A+B:</td> <td></td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td> </tr> <tr> <td>→ 2*4: Ablauf Gruppe A:</td> <td></td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td> </tr> <tr> <td>    Gruppe B:</td> <td></td> <td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td> <td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td> </tr> <tr> <td>→ 4+4: Ablauf Gruppe A:</td> <td></td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td> </tr> <tr> <td>    Gruppe B:</td> <td></td> <td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>6</td><td>6</td><td>6</td><td>6</td> <td>7</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td> </tr> </table> Gruppe A+B können als getrennte oder summierte Spannung ausgegeben werden (SETUP-MENÜ).		TAKT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	→ 1*8: Ablauf Gruppe A+B:		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	→ 2*4: Ablauf Gruppe A:		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	Gruppe B:		5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	→ 4+4: Ablauf Gruppe A:		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	Gruppe B:		5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	1*8  2*4  4+4
	TAKT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F																																																																																														
→ 1*8: Ablauf Gruppe A+B:		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8																																																																																													
→ 2*4: Ablauf Gruppe A:		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4																																																																																													
Gruppe B:		5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8																																																																																													
→ 4+4: Ablauf Gruppe A:		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4																																																																																													
Gruppe B:		5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8																																																																																													
	<b>GATE3 Schalter</b>	Mit dem Schalter wird festgelegt, welche Aktion bei geschaltetem GATE 3 ausgeführt wird.	SKIP STEP KEINE RESET																																																																																																											

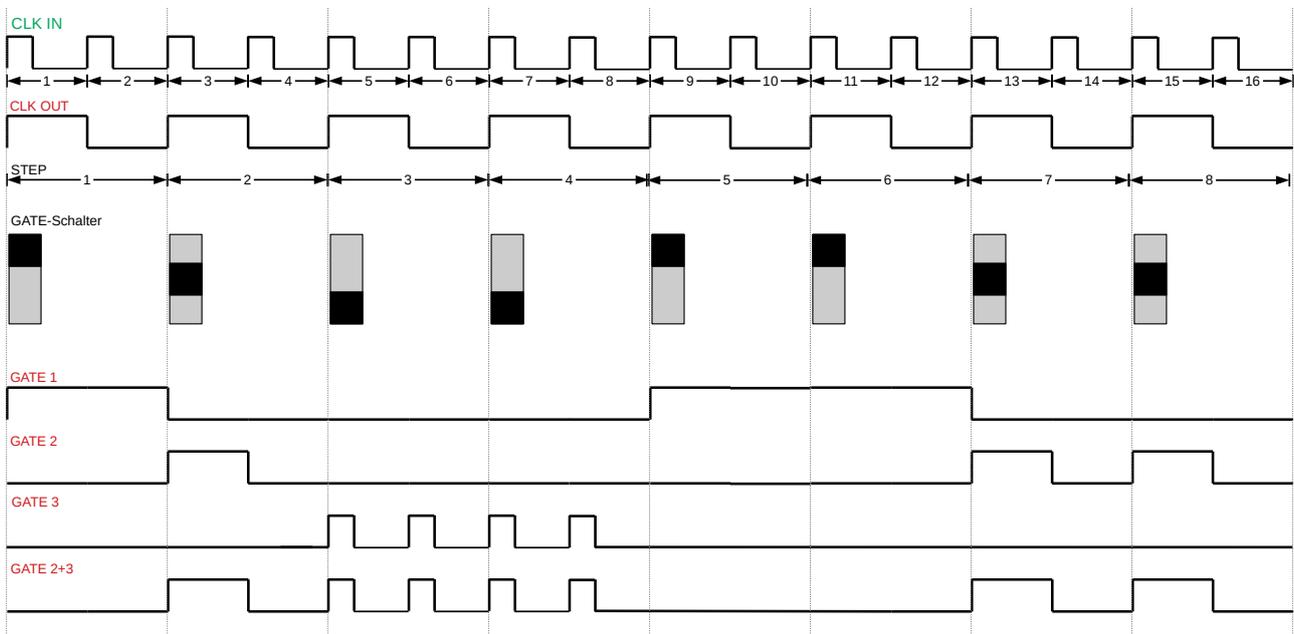
Verfolgen wir nun den Weg der Ausgangsspannung weiter zum Dual-Quantizer. Der Quantizer ist mit 2 Eingangs- und 3 Ausgangsbuchsen bestückt.

	<b>IN A, IN B</b>	Eingangsspannung Default: OUT A und OUT B	0..8V
	<b>QOUT A, QOUT B</b>	Ausgangsbuchsen des Quantizer. Die Art der Quantisierung kann im SETUP eingestellt werden (Chromatisch oder Individuell)	0..8V
	<b>QOUT A+B</b>	Ausgangsbuchsen mit der SUMME von QOUT A+B (max. 12V)	0..12V

Der letzte Bereich des Sequencer ist die GATE Sektion mit 8 Schaltern und 4 Ausgängen.

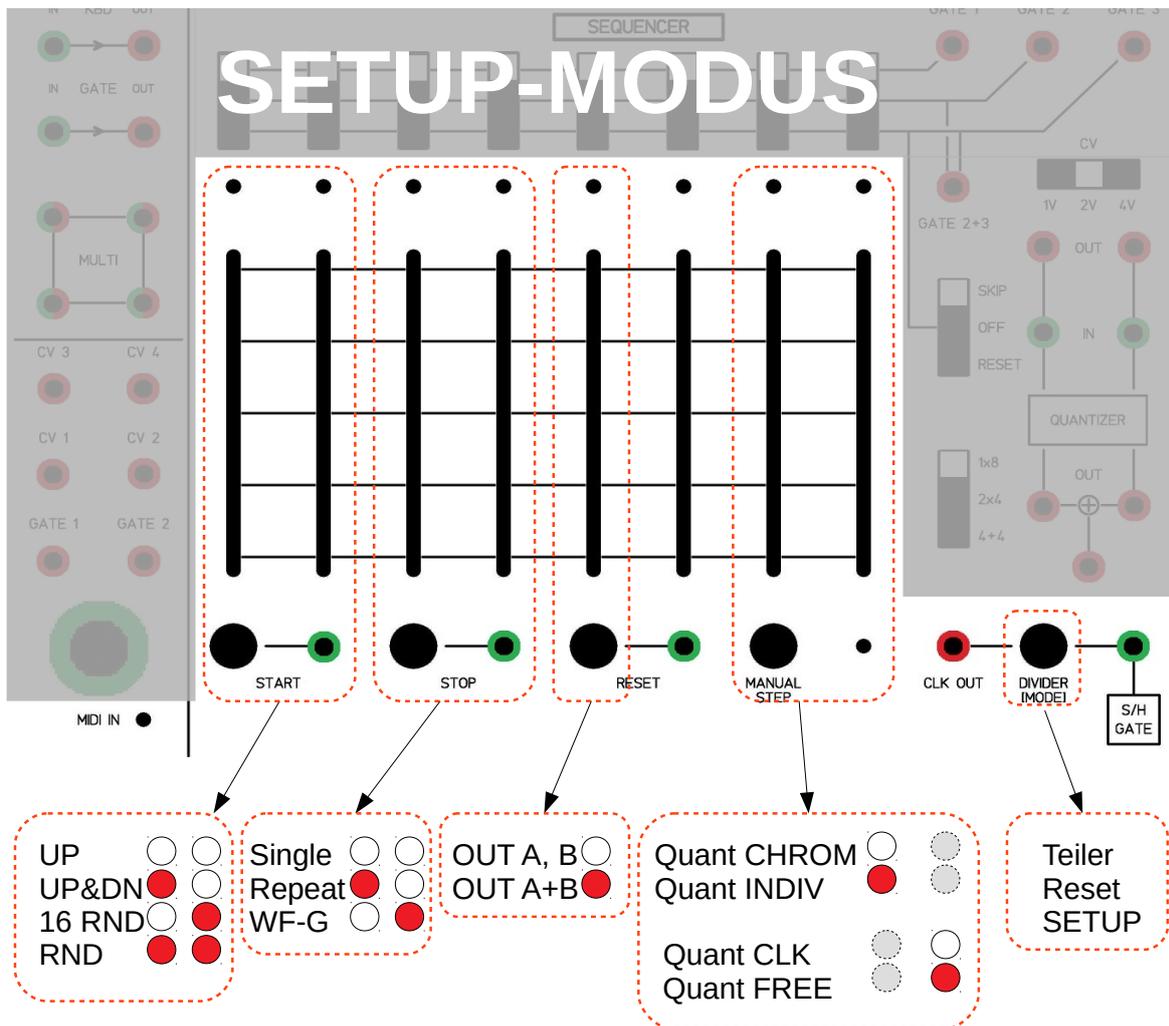
<input type="checkbox"/>	<b>GATE Schalter 1-8</b>	Mit dem Schalter wird festgelegt, welches GATE für diesen STEP ausgeführt wird.	GATE 1 GATE 2 GATE 3
<input checked="" type="radio"/>	<b>GATE 1</b>	GATE 1 Das Signal wird aus dem geteilten CLK abgeleitet und hat eine GATE-Länge von 100%.	0/10V
<input checked="" type="radio"/>	<b>GATE 2</b>	GATE 2 Das Signal wird aus dem geteilten CLK abgeleitet und hat eine GATE-Länge von 50%.	0/10V
<input checked="" type="radio"/>	<b>GATE 3</b>	GATE 3 Teilfaktor n=1: Das Signal wird aus dem CLK-IN abgeleitet und entspricht in seiner GATE-Länge dem CLK-IN. Teilfaktor n=2-8: (Ändern mit DIVIDER-Taster) Abhängig vom Teilfaktor, werden n-GATE pro STEP ausgegeben	0/10V
<input checked="" type="radio"/>	<b>GATE 2+3</b>	Ausgangsbuchse mit der logischen Verknüpfung von GATE 2 und GATE 3	0/10V

Beispiel mit Teilfaktor n=2



Im **SETUP-Modus** kann der Sequencer konfiguriert werden.  
 Nachdem der MODUS-Taster länger als 3s gedrückt wurden, wird der SETUP-Modus durch ein kurzes Lauflicht eingeleitet.  
 Anschließend stellen die 8 LEDs die eingestellten Funktionen dar.

Hier lassen sich SEQ-Laufrichtung, SEQ-MODE, A+B OUT und der Quantizer einstellen, sowie die individuelle Skala für den Quantizer einspielen.



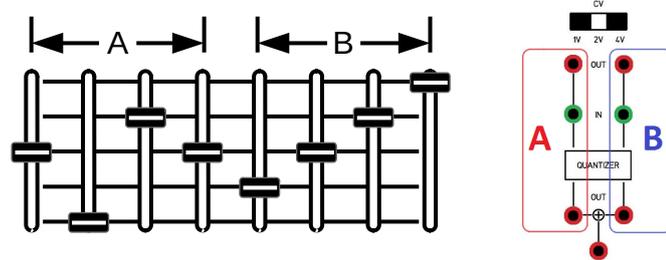
Hinweis:  
 Wenn der DIVIDER/MODE Taster beim Einschalten für 3s gedrückt wird, gelangt man ins Menü für den Abgleich und die Kalibrierung des Quantizer. Zu erkennen am schnellen blinken ALLER LEDs.  
 Details stehen im „Servicemanual“



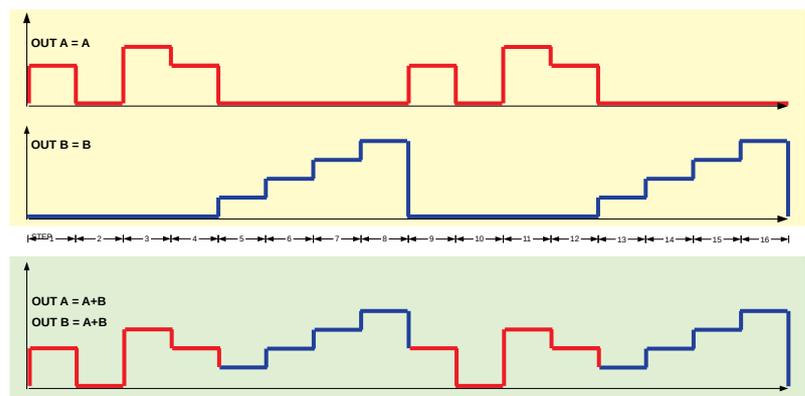
Beispiel zu OUT A, OUT B über 16 Steps:

Die folgenden Grafiken zeigen die Ausgangsspannung OUT A und OUT B in Abhängigkeit der Einstellung „CV Getrennt/Addiert“ und mit den verschiedenen STEP Möglichkeiten.

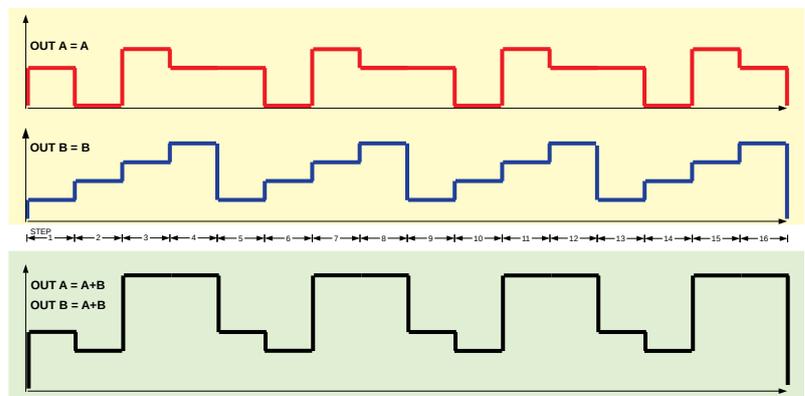
Einstellung der SLIDER



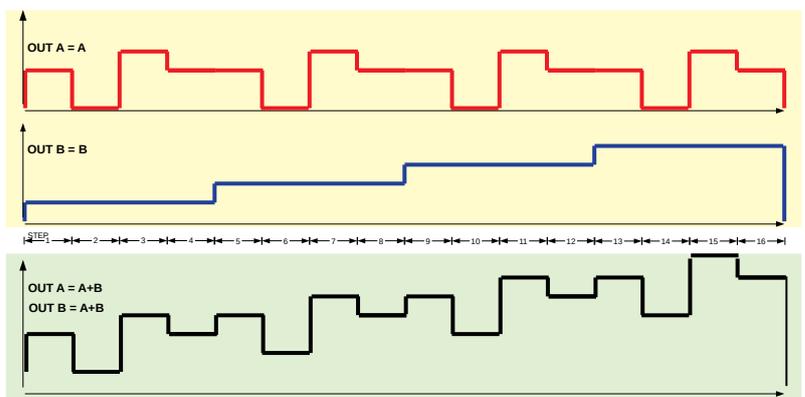
STEP Schalter auf **1\*8**



STEP Schalter auf **2\*4**



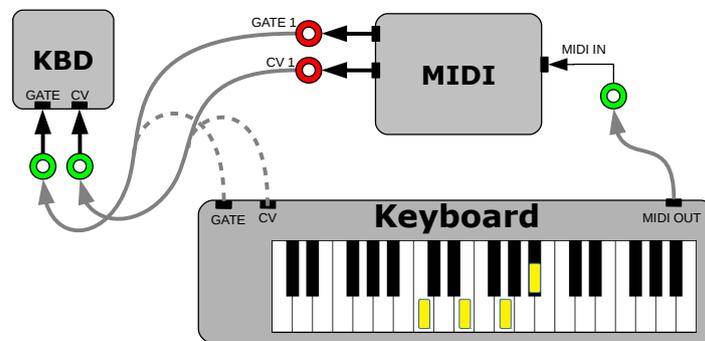
STEP Schalter auf **4+4**



Im **QUANTIZER-SETUP** kann die individuelle Quantizer-Skala konfiguriert werden. LED7+8 blinken wenn dieser SETUP-Modus an ist. Die gewünschten Töne der individuellen Skala werden über die KBD-CV/GATE eingegeben.

●	<b>START</b>	Einspielen starten - Oktave ist egal, aber NICHT C0, max. 12 Töne nacheinander einspielen (C, C#,D...A,B,H)  Jeder Tastendruck wird durch LED 7+8 bestätigt. LED 7 signalisiert das Erkennen des GATE-Signals und LED 8 das Erkennen der KBC-CV (Ton). Wenn beide LEDs ausgehen wurde der Wert übernommen. Wenn LED 7 kurz blinkt lag ein Fehler vor. Am besten ein RESET durchführen und alles erneut einspielen.	ALLE LEDs sind aus.
●	<b>STOP</b>	Einspielen beenden, Skala speichern und zurück zum <b>SETUP-Modus</b>	zurück zum SETUP-Modus
●	<b>RESET</b>	Löschen der aktuellen Quantisierungs-Skala	LED 7+8 sind für ca. 3s an
●	<b>DIVIDER/MODUS</b>	→ kurzes drücken : Skala speichern und QUANTIZER-SETUP verlassen	zurück zum SETUP-Modus

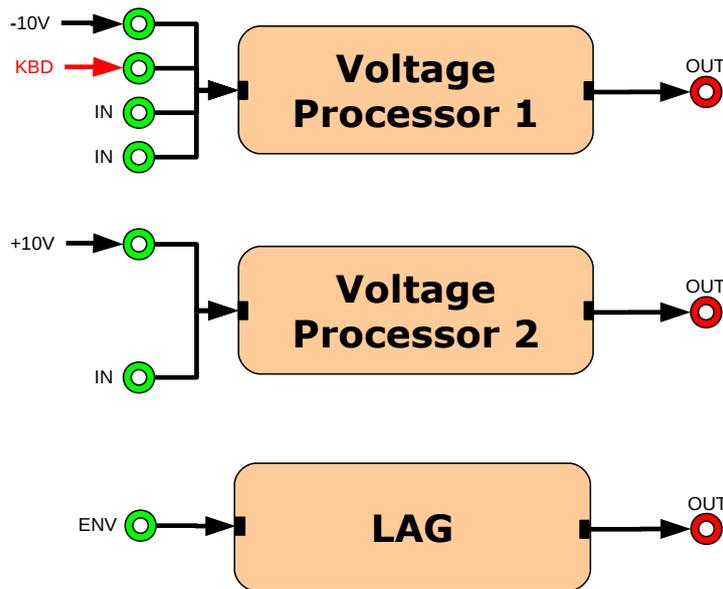
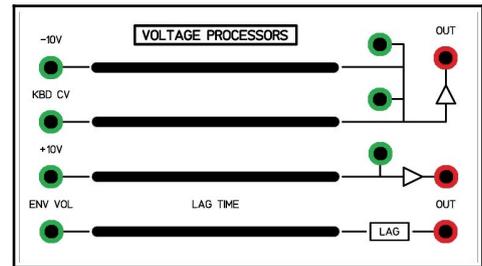
Beispiel zum Erstellen einer individuellen Quantisierungs-Skala:



- ✓ Keyboard via CV/GATE oder über MIDI anschließen.
- ✓ **DIVIDER/MODUS** >3s drücken, um in den SETUP-MODUS zu gelangen
- ✓ **MANUAL STEP** >3s drücken, um in das QUANTIZER-SETUP zu gelangen
- ✓ **RESET** drücken um alles zu löschen
- ✓ **START** drücken
- ✓ Noten einspielen (C,E,G,B nacheinander drücken)
- ✓ **STOP** drücken, um das QUANTIZER-SETUP zu verlassen
- ✓ ggf. **MANUAL STEP** drücken, um von CHROM. auf INDIV. zu wechseln
- ✓ **DIVIDER/MODUS** kurz drücken, um den SETUP-MODUS zu verlassen.

## 6.12 VOLTAGE PROCESSORS

Mit dem VOLTAGE PROCESSOR können Spannungen addiert, invertiert und um Pegel angepasst werden. Der VOLTAGE PROCESSOR des MS2600NG verarbeitet AUDIO Signale wie auch Steuerspannungen gleichermaßen.



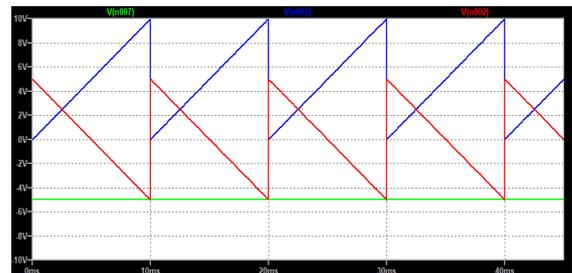
Der 1. Teil des VP besteht aus vier Eingängen die Addiert und anschließend Invertiert werden. Zwei Eingänge können im Pegel angepasst werden.

⊙	<b>INPUT 1</b>	Eingang des 1. Addierers – Pegel einstellbar Default: -10V	max. +-12V
⊙	<b>INPUT 2</b>	Eingang des 1. Addierers – Pegel einstellbar Default: KBD CV	max. +-12V
⊙	<b>INPUT 3</b>	Eingang des 1. Addierers (max. +-12V) Default: nicht belegt	max. +-12V
⊙	<b>INPUT 4</b>	Eingang des 1. Addierers (max. +-12V) Default: nicht belegt	max. +-12V
⊙	<b>OUTPUT 1</b>	Invertierter Ausgangssignal des 1. Addierers	max. +-12V

Der 2. Teil des VP besteht auf zwei Eingängen die Addiert und anschließend Invertiert werden. Ein Eingang kann im Pegel angepasst werden.

<input checked="" type="radio"/>	<b>INPUT 5</b>	Eingang des 2. Addierers – Pegel einstellbar Default: +10V	max. +-12V
<input checked="" type="radio"/>	<b>INPUT 6</b>	Eingang des 2. Addierers Default: nicht belegt	max. +-12V
<input checked="" type="radio"/>	<b>OUTPUT 2</b>	Invertierter Ausgangssignal des 2. Addierers	max. +-12V

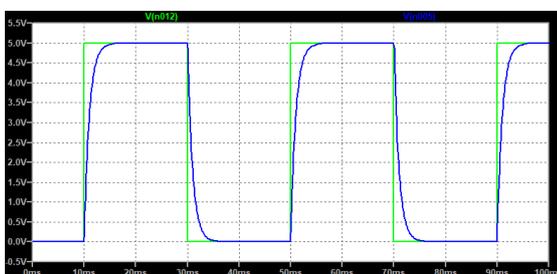
INPUT1 – -10V Slider in Mittelstellung (GRÜN)  
 INPUT2 – SAW Signal (BLAU)  
 OUTPUT – Ausgangssignal (ROT)  
 (IN1+IN2 addiert und invertiert)



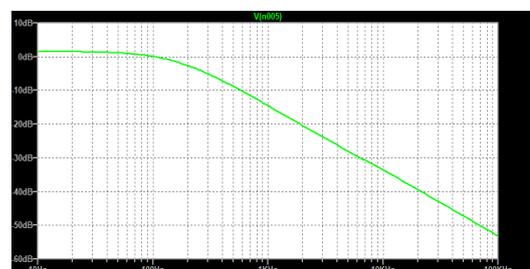
Der 3. Teil des VP – hier als LAG bezeichnet – ist eine Schaltung, die die Geschwindigkeit begrenzt, mit der ein Signal seinen Wert erhöhen oder verringern kann. Der LAG zeigt eine exponentielle Transferkurve. Hiermit lassen sich z.B. Portamento erzeugen.

Der LAG ist als Tiefpassfilter mit einstellbarer Grenzfrequenz realisiert, daher kann man diesen auch bedingt als TP-Filter einsetzen.

<input checked="" type="radio"/>	<b>INPUT 7</b>	LAG-Eingang Default: ENV VOL	max. +-12V
<input type="checkbox"/>	<b>LAG-Zeit</b>	Einstellung der LAG Zeit (Grenzfrequenz)	
<input checked="" type="radio"/>	<b>OUTPUT 3</b>	LAG Ausgangssignal	max. +-12V



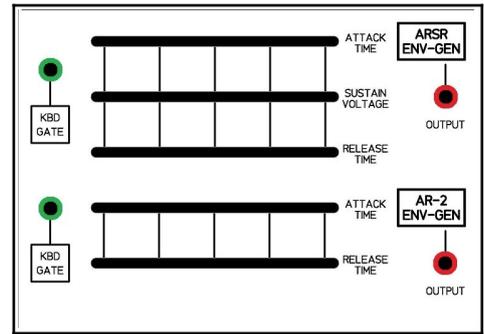
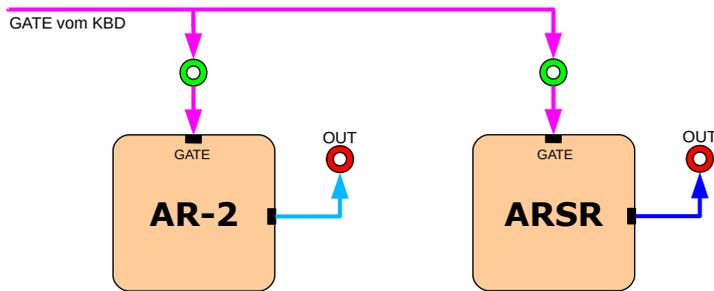
INPUT – SQ-Signal (GRÜN)  
 OUTPUT – Ausgangssignal (ROT)



LAG Frequenzgang (GRÜN)

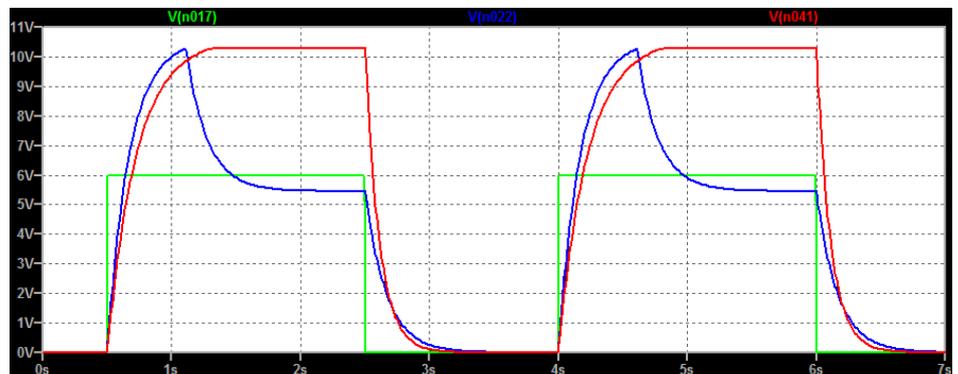
## 6.13 AR-2 & ARSR

Dieser Hüllkurvengenerator ist eine Kombination aus einem AR und einem ARSR. Die Hüllkurvengeneratoren werden einzeln angesteuert.



	<b>A,S,R Slider</b>	Einstellung der Attack-, Releasezeit, sowie des Sustainpegels.	A 1ms..1s R 5ms..5s S 0..10V R 1ms..8s
	<b>OUTPUT ARSR</b>	Ausgangssignal	0...10V A 10ms..5s R 5ms..5s
	<b>A,R Slider</b>	Einstellung der Attack- und Releasezeit	ca. 1V/OKT
	<b>OUTPUT AR-2</b>	Ausgangssignal 0...10V	0...10V
	<b>GATE 1</b>	GATE-Eingang zum ARSR. Default: KDB-GATE	min. 5V
	<b>GATE 2</b>	GATE-Eingang zum AR-2. Default: KDB-GATE	min. 5V

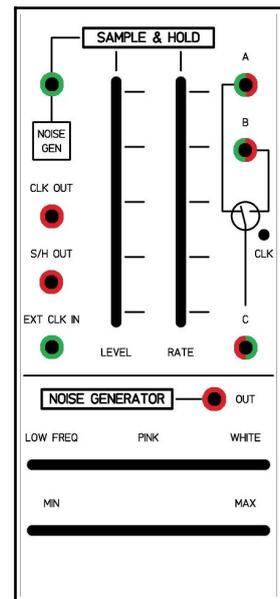
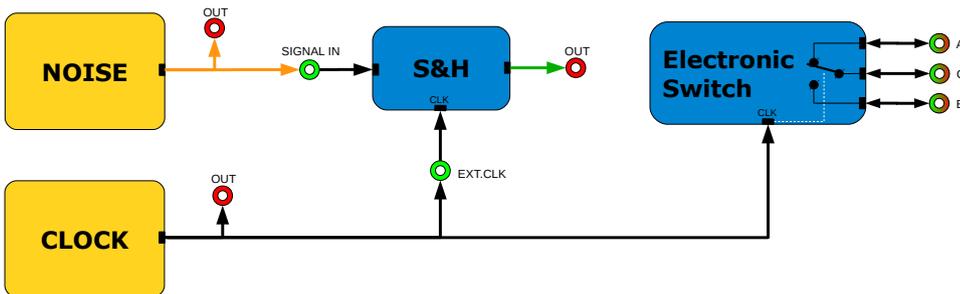
INPUT GATE (GRÜN)  
OUTPUT ARSR (BLAU)  
OUTPUT AR (ROT)



## 6.14 NOISE, SAMPLE&HOLD

In dieser Sektion des Synthesizer sind wieder mehrere Baugruppen untergebracht, die eng zusammenarbeiten.

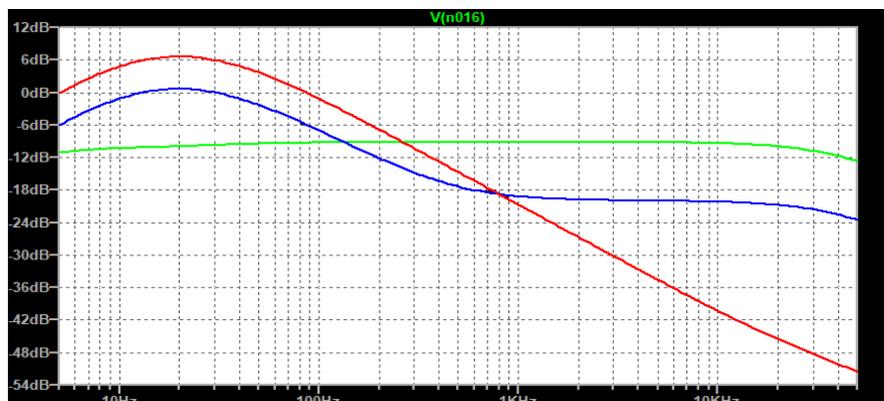
Der Rauschgenerator, der Sample&Hold, der elektronische Umschalter und der interne Clock-Generator



Kein Synth ohne Rauschen. Der **NOISE GENERATOR** erzeugt ein weißes Rauschen, welches in seiner Färbung und in seinem Pegel angepasst werden kann.

	<b>Färbung</b>	Hier kann das Rauschen vom WEIß über ROSA bis zu LOW FREQ (Slow Random)eingestellt werden.	
	<b>LEVEL</b>	Einstellen des Ausgangspegel	0..100%
	<b>OUTPUT</b>	Ausgangssignal NOISE	typ. 10Vppp

GRÜN - weißes Rauschen  
 ROT - LOW FREQ  
 BLAU - „rosa-ähnliches“ Rauschen

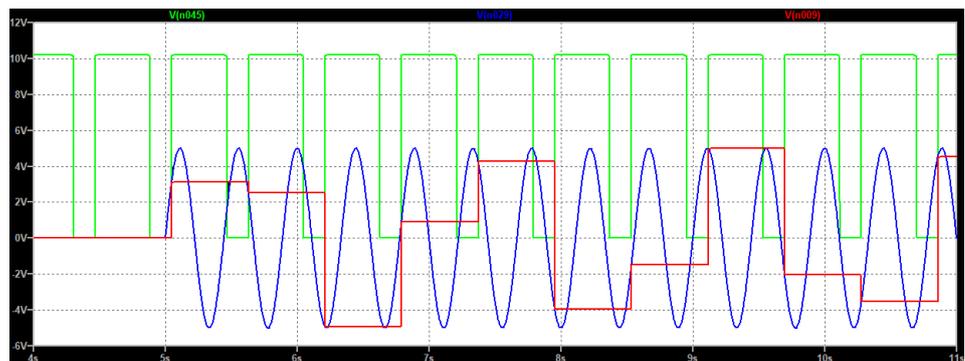


Der **SAMPLE&HOLD** speichert zu einem bestimmten Moment eine Spannung und gibt diese bis zur nächsten Messung aus.

Dafür sind folgende Ein-/Ausgänge am S&H vorhanden:

	<b>INPUT</b>	Eingangssignal Default: NOISE OUT	typ. 10Vpp
	<b>LEVEL</b>	Einstellen des Eingangspegel	0..100%
	<b>EXT CLK IN</b>	Taktsignal Default: INT CLK	min. 2V 2 kHz
	<b>OUTPUT</b>	S&H Ausgangssignal	Max. +-12V

GRÜN – EXT CLK  
BLAU – Eingangssignal  
ROT – S&H OUT

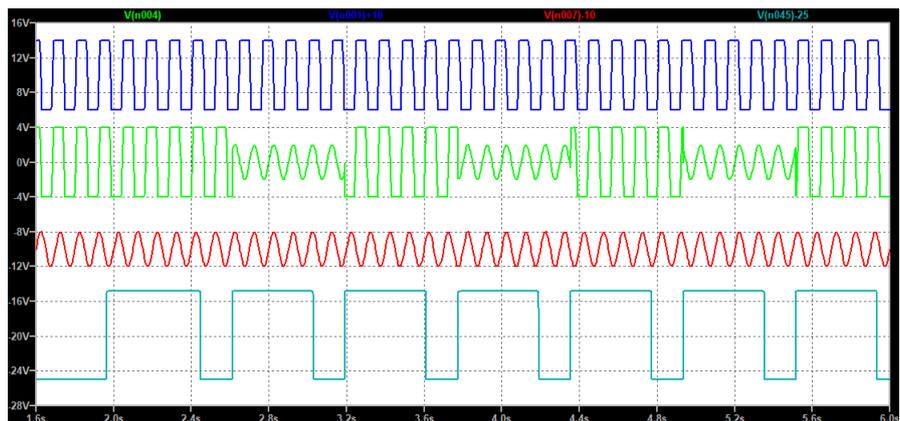


Mit dem **ELEKTRONISCHEN SCHALTER** können CV und Audio-Signal umgeschaltet werden. Dabei kann EIN Eingangssignal (C) zwischen die beiden Ausgänge (A+B) umgeschaltet werden, oder ZWEI Eingangssignale (A+B) abwechselnd auf den Ausgang (C) geschaltet werden.

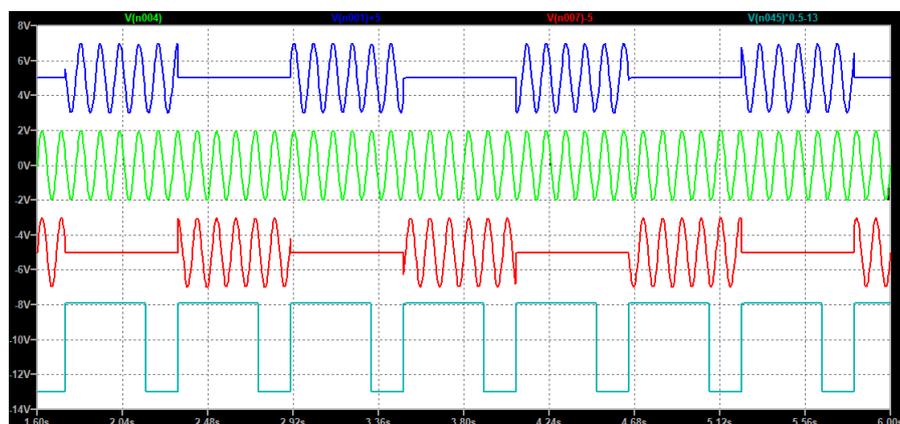
Der Schalter wird IMMER mit der INT CLK gesteuert (die EXT CLK IN hat nur Einfluss auf den S&H).

	<b>A</b>	Eingangs- oder Ausgangssignal	max. +-12V
	<b>B</b>	Eingangs- oder Ausgangssignal	max. +-12V
	<b>C</b>	Ausgangs- oder Eingangssignal	max. +-12V

TÜRKIS – INT CLK  
 BLAU – Eingangssignal A  
 ROT – Eingangssignal B  
 GRÜN – Ausgangssignal C  
 (zur besseren Übersicht die Kurven in der Y-Achse verschoben)



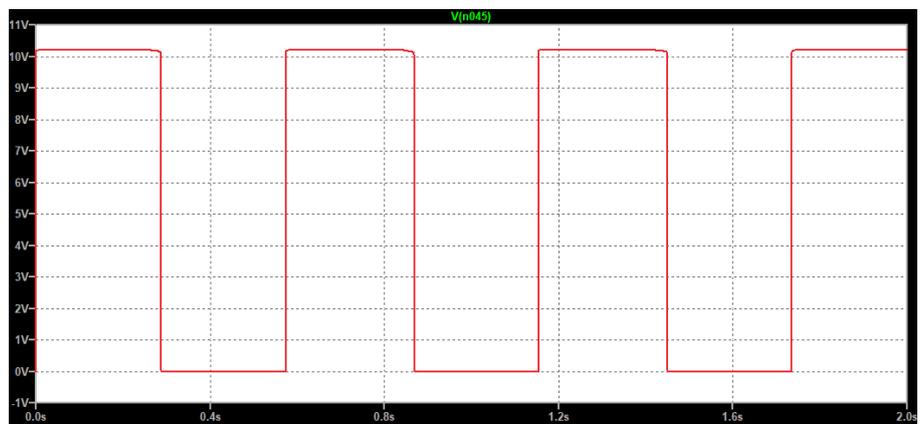
TÜRKIS – INT CLK  
 BLAU – Ausgangssignal A  
 ROT – Ausgangssignal B  
 GRÜN – Eingangssignal C  
 (zur besseren Übersicht die Kurven in der Y-Achse verschoben)



Der **INT CLOCK** liefert ein Taktsignal zw. 100 mHz – 35 Hz. Der INT CLK steuert die S&H, den elektronischen Umschalter und den Sequencer.

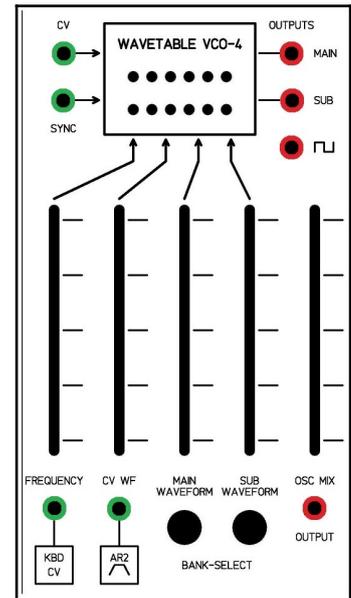
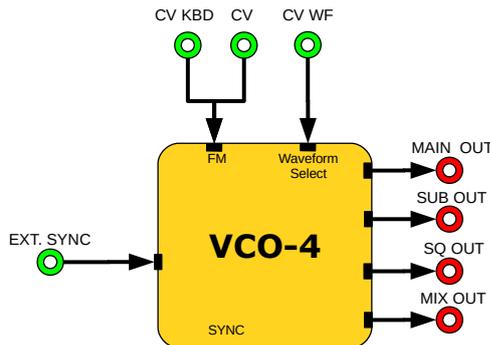
	<b>RATE</b>	Einstellen der Frequenz/Taktrate	0,1 .. 35 Hz
	<b>OUTPUT</b>	Clock-Signal	0/10V

ROT – Ausgangssignal CLK OUT



## 6.15 VCO-4 DUAL WAVETABLE

Der VCO-4 ist ein dualer Wavetable Oszillator. MAIN- und SUB-Oszillator verfügen über jeweils 6 Bänke mit je 16 Waveforms und können komplett separat angesteuert werden. Der VCO-4 arbeitet von ca. 15mHz – 20kHz.



Grundeinstellungen:

	<b>FREQUENCY</b>	<p>Dieser SLIDER hat mehrere Funktionen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Grundfunktion: Feinabgleich der OSC-Frequenz</li> <li>→ mit gedrücktem BANK-SELECT: Grobabgleich der OSC-Frequenz</li> <li>→ im SETUP-Modus: Auswahl der Einstellungen</li> </ul> <p>Im LFO Betrieb:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Grundfunktion: KEINE</li> <li>→ mit gedrücktem BANK-SELECT: Grobabgleich der LFO-Frequenz</li> </ul>	<p>1 Halbton 2 Oktaven quantisiert</p> <p>siehe SETUP</p>
	<b>CV WF</b>	Pegeleinstellung zum CV WF INPUT	0..100%
	<b>BANK SELECT MAIN &amp; SUB</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ kurzes Drücken &lt;0,5s: Auswahl der Wavetable-BANK</li> <li>→ gedrückt halten + FREQ-Silder: Einstellen des OSC-Grundtons</li> <li>→ beide Taster &gt;3s drücken: SETUP-Modus starten/beenden</li> </ul>	<p>BANK 1-6 (Verschiebung über 2 Oktaven)</p> <p>siehe SETUP</p>
	<b>MAIN WF</b>	Auswahl der Waveforms innerhalb der BANK	WF 1..16
	<b>SUB WF</b>	Auswahl der Waveforms innerhalb der BANK	WF 1..16
	<b>LEDs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Grundfunktion: Anzeige der ausgewählten BANK</li> <li>→ im SETUP-Menü: Anzeige der Konfiguration</li> </ul>	<p>1..6</p> <p>siehe SETUP</p>

Steuereingänge:

<input checked="" type="radio"/>	<b>FREQUENCY</b>	CV-Steuerspannung - chromatisch quantisiert Default: KBD CV	0..8V 1V/OCT
<input checked="" type="radio"/>	<b>CV WF</b>	CV-Steuerspannung (0..5V) zur Auswahl der Waveform innerhalb einer BANK Default: AR2	0..5V
<input checked="" type="radio"/>	<b>SYNC</b>	Hard-Sync-Eingang. Dieser wirkt immer auf beide OSC MAIN & SUB Default: nicht belegt	min. 5V
<input checked="" type="radio"/>	<b>CV</b>	Zweite CV-Steuerspannung → chromatisch quantisiert 1V/OCT oder → linear nicht quantisiert Default: nicht belegt	0..4V

Hinweis: FM ist bedingt möglich (Nur Modulationssignal mit geringer Frequenz)

Ausgangssignale:

<input checked="" type="radio"/>	<b>MAIN</b>	MAIN-OSC-Ausgang	typ.10Vpp
<input checked="" type="radio"/>	<b>SUB</b>	SUB-OSC-Ausgang	typ.10Vpp
<input checked="" type="radio"/>	<b>SUB SQUARE</b>	Zweiter SUB-OSC der 1 Oktave unterhalb des MAIN-OSC liegt	0/5V
<input type="checkbox"/>	<b>OSC MIX</b>	Crossfader für MAIN- / SUB-OSC	Oben 100 %MAIN Mitte MIX je 50% Unten 100% SUB
<input checked="" type="radio"/>	<b>OSC MIX</b>	MAIN-SUB-MIX Ausgang. Das Signal ist zum dedizierten MAIN- und SUB- Ausgang invertiert	typ.10Vpp

Belegung der Wavetable-BÄNKE:

<b>BANK</b>	SINE 1	Modulation 2	HUMAN 3	SAW 4	LINES 5	OVERDRIVE 6
<b>MAIN-VCO</b>	Additive SINE	FM-Bells	H-Voices	Mixed SAW	Linear Curve	Distortion
<b>SUB-VCO</b>	Additive SINE	Ringmod.- OSC	Vowel Synthesis	Combined SAW	TRI Sync	Overtones

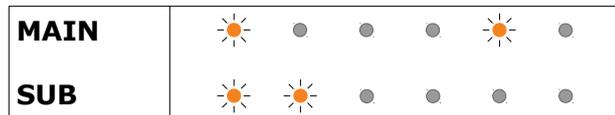
Im **SETUP-Modus** können Funktionen und Eingänge ein-/ausgeschaltet werden. Die Einstellungen sind für MAIN und SUB getrennt möglich. Nachdem die beiden BANK-Taster länger als 3s gedrückt wurden, wird der SETUP-Modus durch ein kurzes Lauflicht eingeleitet. Anschließend stellen die 12 LEDs die aktivierten Funktionen dar.

Möchte man eine Funktion ändern, ist diese mit dem **FREQ-SILDER** auszuwählen und dann mit dem entspr. **BANK-SELECT** Taster für MAIN oder SUB einstellbar. Der SETUP-Modus wird beendet, indem beide **BANK-SELECT**-Taster wieder 3s gedrückt werden (Lauflicht bestätigt das verlassen – die Einstellungen werden gespeichert).

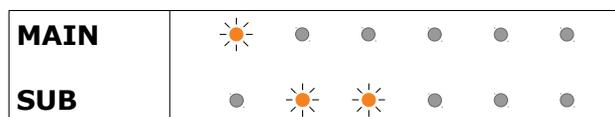
	<b>FREQUENCY</b>	<i>Auswahl der einzustellenden Funktion</i>   <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 5 Teilstrich: LFO Betrieb</li> <li>→ 4 Teilstrich: CV WF</li> <li>→ 3 Teilstrich: CV</li> <li>→ 2 Teilstrich: FREQ Feinabgleich</li> <li>→ 1 Teilstrich: KBD CV</li> </ul>	   <i>EIN-AUS</i> <i>EIN-AUS</i> <i>CHROM.-LINEAR-AUS</i> <i>EIN-AUS</i> <i>EIN-AUS</i>
	<b>BANK SELECT MAIN &amp; SUB</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ kurzes Drücken: o.g. Funktion Ein-/Ausschalten</li> <li>→ beide Taster &gt;3s drücken: SETUP-Modus starten/beenden</li> </ul>	<i>siehe FREQUENCY</i>
	<b>LEDs für MAIN &amp; SUB</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ LED 1 - KBD CV</li> <li>→ LED 2 - SLIDER FREQ für Feinabgleich</li> <li>→ LED 3 - CV ist aktiv</li> <li>→ LED 4 - CV ist aktiv</li> <li>→ LED 5 - CV WF ist aktiv</li> <li>→ LED 6 - LFO Betrieb</li> </ul> <p>LED 1 = LINKS ..... LED 6 = RECHTS</p>	   <i>4 OCT, 1V/OCT,</i> <i>chrom.quantisiert</i> <i>2 OCT, LINEAR,</i> <i>nicht quantisiert</i>

Hier ein paar Setup-Beispiele. Als Default empfiehlt sich Setup 1.

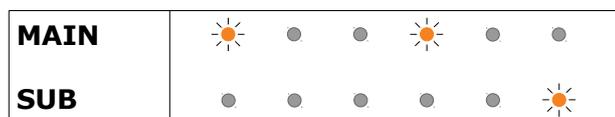
1.) MAIN und SUB werden per KBD-CV gespielt, SUB kann für leichte Schwebungen gegenüber dem MAIN verstimmt werden. Zusätzlich lässt sich die WF des MAIN per CV ändern (z.B. vom Sequencer).



2.) MAIN und SUB werden getrennt per KBD-CV und CV gespielt



3.) MAIN wird per KBD-CV gespielt und zusätzlich noch mit einer weiteren CV moduliert. Der SUB wird hier im LFO betrieben und kann z.B. den MAIN modulieren (über VP wegen Pegelanpassung)



**Besonderheiten im LFO Betrieb:**

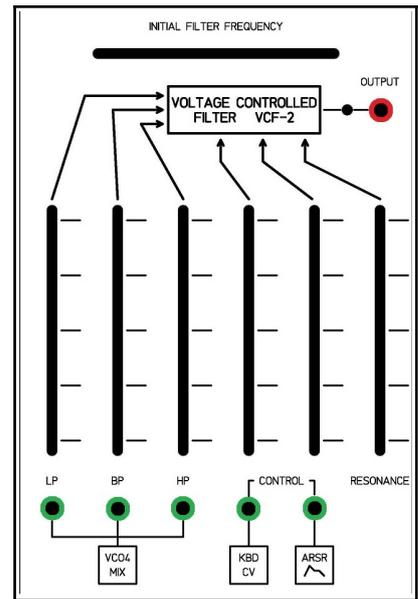
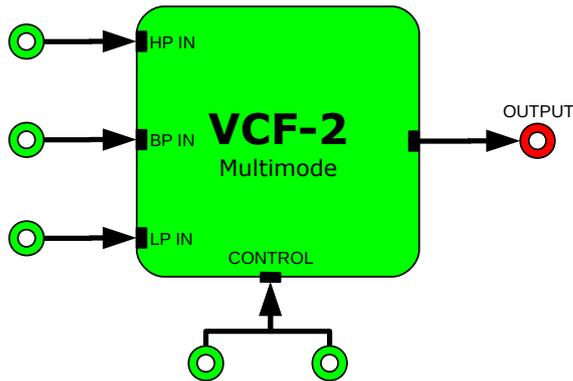
Die Funktionen KBD CV, Freq. Feinabgleich und CV 1V/OCT sind nicht aktiv und können nicht eingestellt werden.

Typischerweise wird im LFO Betrieb die Frequenz über BANK-SELECT + FREQ-SLIDER eingestellt. Optional kann noch der CV Eingang mit LINEAR FM genutzt werden.

TIPP: Im LFO Betrieb lässt sich über den LAG das Ausgangssignal noch glätten.

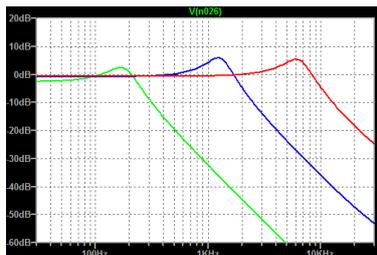
## 6.16 VCF-2

Beim VCF-2 handelt es sich um ein Multimodemodul mit Tief-, Band- und Hochpassfilter.

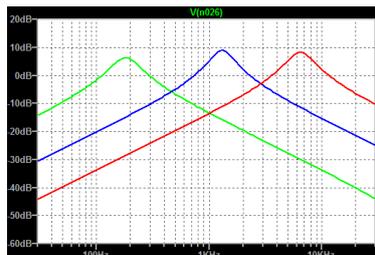


Die Filter können gleichzeitig genutzt werden. D.h. es können beliebige Kombinationen aus TP, BP und HP eingestellt werden. Es können auch verschiedene Signale an die einzelnen Eingänge gelegt werden (Bsp.: VCO-4 SUB auf LP und NOISE auf HP)

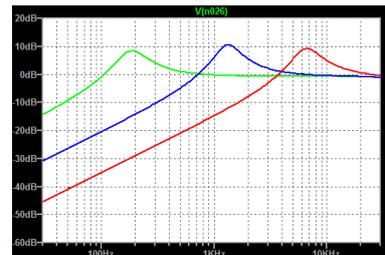
Tiefpass



Bandpass



Hochpass



Grundeinstellungen:

	<b>INITIAL FILTER FREQ</b>	Einstellung der CUTOFF-Frequenz	10Hz.. 10kHz
	<b>RESONANCE</b>	Einstellen der Filterresonanz	0..100% (Eigenresonanz)
	<b>LED</b>	Clippinganzeige	> 24Vpp

AUDIO Ein-/Ausgänge:

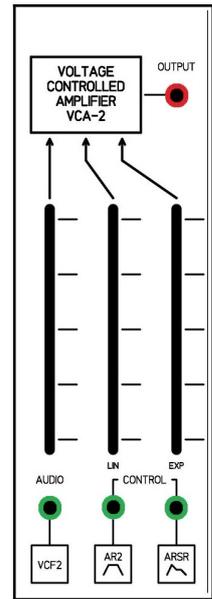
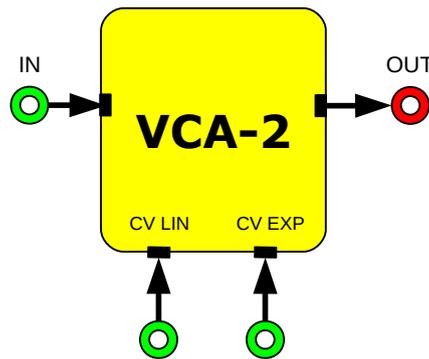
	<b>INPUT 1 - TP (LP)</b>	Eingangssignal AUDIO des Tiefpassfilter Default: VCO-4 OSC MIX	typ. 10Vpp
	<b>INPUT 2 - BP</b>	Eingangssignal AUDIO des Bandpassfilter Default: VCO-4 OSC MIX	typ. 10Vpp
	<b>INPUT 3 - HP</b>	Eingangssignal AUDIO des Hochpassfilter Default: VCO-4 OSC MIX	typ. 10Vpp
	<b>OUTPUT</b>	Filterausgang AUDIO	typ. 10Vpp max. 25Vpp

Steuereingänge:

	<b>CV1 INPUT</b>	CV-Steuerspannung für CUTOFF-Freq Default: KBD CV	typ. 0..8V max. +-10V
	<b>CV2 INPUT</b>	CV-Steuerspannung für CUTOFF-Freq Default: ARSR	typ. 0..8V max. +-10V

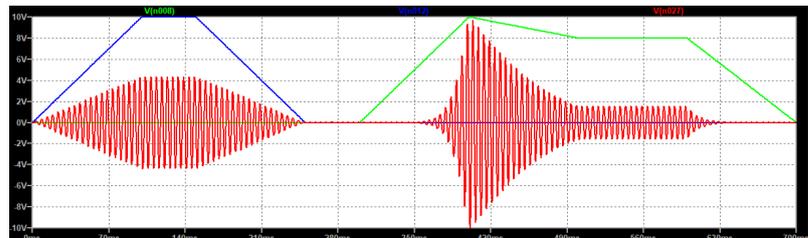
## 6.17 VCA-2

Der VCA-2 des MS2600NG hat einen AUDIO Eingang und zwei Steuereingänge für die Verstärkung. Wobei der Erste eine LINEARE Steuerung und der Zweite eine EXPONENTIELLE ermöglicht.



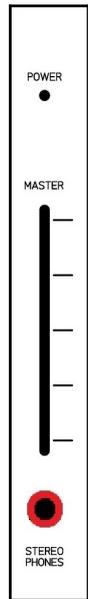
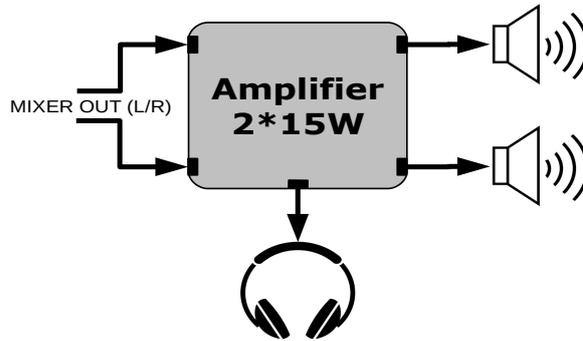
	<b>INPUT 1</b>	Eingangssignal AUDIO Default: VCF-2	typ. 10Vpp
	<b>INPUT 2</b>	CV-Steuerspannung 0..10V Das Ausgangssignal ändert sich <b>linear</b> zur CV Default: AR2	0...10V
	<b>INPUT 3</b>	CV-Steuerspannung 0..10V Das Ausgangssignal ändert sich <b>exponential</b> zur CV Default: ARSR	0...10V
	<b>OUTPUT</b>	Ausgangssignal AUDIO	typ. 10Vpp max. 25Vpp AUDIO

INPUT1 – AR (BLAU)  
 INPUT2 – ADSR (GRÜN)  
 OUTPUT – Ausgangssignal  
 (AR->LIN, ADSR->EXP.) (ROT)



## 6.18 HEADPHONE AMP

Die internen Lautsprecher, sowie der Kopfhörerausgang wird über die gleiche AUDIO-Endstufe angesteuert.



	<b>LED</b>	POWER-Anzeige	AN
	<b>MASTER</b>	Gesamtlautstärke	LA 2*15W
	<b>OUTPUT PHONES</b>	<p>Ausgangs für Kopfhörer 8-240 Ohm</p> <p>Die Buchse schaltet die internen Lautsprecher aus, wenn ein Stecker eingesteckt wird. Die Lautstärkeneinstellung wirkt auf die internen Lautsprecher und den Kopfhörer, jedoch NICHT auf das OUT-Signal des MIXER.</p> <p><b>! Achtung!</b> <b>Zu lautes Hören kann Hörschäden oder Hörverlust zur Folge haben!</b></p> <p>Die Ausgangsleistungen für Kopfhörer von 32Ω – 600Ω liegt bei ca. 25mW (10Vpp PEGEL). Mit dieser Leistung erreicht man mit den meisten Kopfhörern einen Schallpegel &gt;&gt; 100dBA!! Ab rund 85 dB(A) ist nebst der Lautstärke auch die Hördauer für das Risiko eines Hörverlustes entscheidend. Je lauter die Musik ist, desto kürzer ist somit die zulässige Hörzeit und desto längere Pausen werden notwendig.</p>	<p>typ. 25mW max. 200mW</p>

