



CS-8 Series

**Bedienungsanleitung
Omega-Phi II**

Bedienungsanleitung von Carsten Schippmann
Grafikdesign CS-8 Series: Carsten Schippmann
Elektronik- und Produktentwicklung: Carsten Schippmann

Englische Übersetzung von Carsten Schippmann

Kontakt:

Schippmann electronic musical instruments
Dipl.-Ing. Carsten Schippmann
Wartburgstr. 8
D-10823 Berlin

Web: www.schippmann-music.com
Email: info@schippmann-music.com

Die Firma *Schippmann electronic musical instruments* ist ständig an Verbesserungen und Weiterentwicklungen ihrer Produkte interessiert. Deshalb behalten wir uns vor, technische Änderungen, die der Verbesserung des Produktes dienen, jederzeit auch ohne Ankündigung vorzunehmen. Das Erscheinungsbild des Gerätes kann ebenfalls davon betroffen sein und daher von den Abbildungen dieser Anleitung abweichen.

Jegliche Vervielfältigung, auch auszugsweise, in jeder Form und für jeden Zweck, bedarf der schriftlichen Genehmigung von *Schippmann electronic musical instruments*.

© 2016, Schippmann electronic musical instruments, Irrtümer vorbehalten.

VORWORT

Zunächst einmal herzlichen Glückwunsch zum Erwerb dieses 3 HE Synthesizer-Rackmoduls. Die vorliegende Bedienungsanleitung ist kurz gefasst und richtet sich an Benutzer mit gewissen Vorkenntnissen.

Der verbesserte **Thru-Zero²** $\omega - \frac{\delta\phi}{\delta t}$ **high performance VCO Omega-Phi II** der CS-8 Serie ist ein sogenannter *Thru-zero* Oszillator zum Quadrat.

Verbessert wurde vor allem die Genauigkeit rund um die mathematische Abbildung der linearen (Thru-zero)-Frequenzmodulation. Dazu wurden diverse Schaltkreise ausgetauscht, verbessert und hinzugefügt.

Oszillatoren dieser Gattung sind in der Lage negative Steuerspannungen zu verarbeiten, was zu einer Umkehrung ihres Phasenverlaufes führt.

Mit diesem technischen Unterschied ergeben sich für **Thru-zero** Oszillatoren sehr bedeutsame Eigenschaften. Im Vergleich zu gewöhnlichen Oszillatoren bleiben die harmonischen Verhältnisse unabhängig von der Modulationstiefe unverändert, weshalb mit solchen analogen Oszillatoren (sofern sie auch die technischen Qualitäten mitbringen) echte FM-Synthese möglich ist.

Ein ultimatives Feature des **Omega-Phi II**, darüberhinaus, ist eine echte **Phasenmodulationseinheit**. Sie ist dem Kern-VCO nachgeschaltet und der Frequenzmodulation in ihrer besonderen Klangästhetik sehr ähnlich. Durch die Nachschaltung ergeben sich zahlreiche und mächtige Möglichkeiten der Klangsynthese. Beispielsweise lassen sich mit der Phasenmodulation typische FM-Klänge erzeugen (Phi-Sektions-Ausgänge), während an den Omega-Sektions-Ausgängen zeitgleich unberührte Oszillatorwellenformen für z.B. subtraktive Klangsynthesen zur Verfügung stehen. Es lassen sich auch Modulationskaskaden generieren, indem ein erster Modulator FM-Synthese erzeugt und ein weiterer dieses Ergebnis, das auch an den Phasenmodulationsausgängen vorliegt, noch einmal phasenmoduliert. Die Möglichkeiten sprengen den Rahmen dieser Anleitung.

Daneben gibt es zahlreiche **Synchronisationsmöglichkeiten**, interessante Zwischenzustände (zwischen "Thru zero" und "normal"), für jede der beiden Omega- und Phi-Sektionen eine um eine Oktave tiefer schwingende

Subfrequenz und neben PWM ein ebenfalls mächtiges Sägezahn-Wave-shaping mit 1-2 Oktaven-herauf-Effekt. Außerdem stellt dieser Oszillator ein absolut superrundes Sinus bereit.

Die Frequenzbereiche lassen sich mit einem 4-pol Dreh- und einem Kippschalter flott und zielgenau über sieben Oktaven anwählen und von dort aus nochmal $\pm$ eine Oktave, sowie $\pm$ 100 Cent stufenlos verstimmen. Der realisierbare Frequenzbereich liegt von alle paar Hundert Sekunden ein Knack bis zig Kilohertz.

Der Oszillator verfügt dank absoluter High-Tech-Komponenten über eine sehr hohe Oktavreinheit, beste Temperaturstabilität und wegen seines extrem geringen Phasenrauschens (Jitter) über einen überragend reinen Sound und ungeheuer druckvolles Potential.

Die Entwicklung und Fertigung bis hin zum Versand findet ausschließlich in Deutschland statt. Und nun viel Spaß!

Made in Germany

1. GARANTIE	5
1.1 Garantieleistung	5
1.2 Garantieberechtigung	5
1.3 Übertragbarkeit der Garantieleistung	5
1.4 Schadensersatzansprüche	5
2. NORMKONFORMITÄT	6
3. ENTSORGUNG	6
4. SICHERHEITSHINWEISE	7
5. REINIGUNG	8
6. VORBEREITUNGEN	8
6.1 Auspacken	8
6.2 Aufstellen	9
7. MODULELEMENTE	9
7.1 Modulvorderseite	9
7.2 Modulrückseite	13
7.3 Inbetriebnahme	15
8.1. Struktur	16
8.2. Der e-Funktionsgenerator	17
8.3. Der VCO-Kern und seine Wellenformen	18
8.4. Die lineare Frequenzmodulation FM	20
8.4.1. Der FM VCA	24
8.5. Die Synchronisationssektion	25
8.6. Die Phasenmodulation PM	27
8.6.1. Der PM VCA	30
9. THEORETISCHE BETRACHTUNGEN	31
9.1. Frequenzmodulation FM	31
9.2. Phasenmodulation PM	32
10. TECHNISCHE DATEN UND GRENZWERTE	36
10.1 Technische Daten (allgemein)	36
10.2 Signale und Grenzwerte	36

1. GARANTIE

1.1 Garantieleistung

Schippmann electronic musical instruments gewährt für elektronische und mechanische Bauteile des Produkts nach Maßgabe der hier beschriebenen Bedingungen, eine Garantie von 2 Jahren. Treten innerhalb dieser Garantiefrist berechtigte Mängel auf, so werden diese wahlweise durch Ersatz oder Reparatur des Gerätes behoben. Es gelten grundsätzlich die allgemeinen Geschäftsbedingungen der Firma *Schippmann electronic musical instruments*.

1.2 Garantieberechtigung

Schippmann electronic musical instruments behält sich vor, die Ausführung der Reparatur oder den Ersatz des Gerätes von der Garantieberechtigung abhängig zu machen. Hierzu ist es unter anderem notwendig, den Kaufbeleg (Händlerrechnung) beizufügen. Die endgültige Entscheidung über den Garantieanspruch trifft ausschließlich *Schippmann electronic musical instruments*. Tritt ein berechtigter Garantiefall ein, wird das Produkt innerhalb von 30 Tagen nach Wareneingang bei *Schippmann electronic musical instruments* repariert oder ersetzt. Bei festgestellten mechanischen Beschädigungen und/oder Fremdeingriffen verfällt jegliche Garantieberechtigung. Produkte ohne Garantieanspruch werden kostenpflichtig repariert. Die Kosten für Verpackung und Lieferung werden gesondert in Rechnung gestellt und per Nachnahme erhoben. Bei berechtigten Garantieansprüchen wird das Produkt innerhalb Deutschlands portofrei zugesandt. **Außerhalb Deutschlands erfolgt die Zusendung zu Lasten des Käufers.**

1.3 Übertragbarkeit der Garantieleistung

Die Garantie wird ausschließlich für den ursprünglichen Käufer geleistet und ist nicht übertragbar. Außer *Schippmann electronic musical instruments* ist kein Dritter (Händler, etc.) berechtigt, Garantieleistungen zuzusichern oder auszuführen. Andere als die vorgenannten Garantieleistungen werden nicht gewährt.

1.4 Schadensersatzansprüche

Schadensersatzansprüche jeglicher Art, insbesondere aufgrund von Folgeschäden sind ausgeschlossen. Die Haftung von *Schippmann electronic musical instruments* beschränkt sich in allen Fällen auf den Warenwert des Produktes. Alle Leistungen und Lieferungen erfolgen ausschließlich aufgrund der Allgemeinen Geschäftsbedingungen von *Schippmann electronic musical instruments*.

Hinweis: Die Bedienelemente, insbesondere die Potentiometer, vor allem Regler wie **Tune** oder **Index** sind **keine Controller!!** sondern nur Stellregler. Für verschlissene oder korrodierte Potentiometer, Buchsen und Schalter können wir keine Garantieleistungen übernehmen.

2. NORMKONFORMITÄT

Dieses Gerät wurde in Übereinstimmung mit der für Europa gültigen Norm **DIN EN 60065** (Sicherheitsanforderungen für Audio-, Video- und ähnliche elektronische Geräte) konstruiert.

Weiterhin wurde das Gerät in Übereinstimmung mit den Normen **EN 55103-1** (Störaussendung für AV-Geräte) und **EN 55103-2** (Störfestigkeit) konstruiert. Aufgrund seines rein analogen Aufbaus strahlt es keine Energie im Rundfunk-Frequenzbereich aus. Es ist äußerst störfest gegenüber äußeren Einflüssen, wie abgestrahlte Hochfrequenz (Handy, Phasenanschnittsteuerungen (Dimmer), Gasentladungslampen, etc.) oder leitungsgeführten Störungen, z.B. aus dem Stromnetz oder in Signalleitungen eingekoppelte Störungen.

3. ENTSORGUNG

Das Gerät wird in Übereinstimmung mit der Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates RoHS-konform gefertigt und ist somit frei von Blei, Quecksilber, Cadmium und sechswertigem Chrom.

!! Dennoch handelt es sich bei der Entsorgung dieses Produktes um Sondermüll und darf nicht durch die gewöhnliche Mülltonne für Hausabfälle entsorgt werden!!

Zur Entsorgung wenden Sie sich bitte an Ihren Händler oder an *Schippmann electronic musical instruments*.

4.SICHERHEITSHINWEISE

BEVOR SIE DAS GERÄT BENUTZEN, LESEN SIE BITTE DIE GESAMTE BEDIENUNGSANLEITUNG.

- BEACHTEN SIE BITTE, DAS KEINE KABEL GEKNICKT WERDEN.
- KABEL SOLLTEN NICHT IN REICHWEITE VON KINDERN ODER HAUSTIEREN VERLEGT WERDEN.
- TRETEN SIE NICHT AUF DAS GEHÄUSE DES GERÄTES, STELLEN SIE KEINE SCHWEREN GEGENSTÄNDE AUF DAS GERÄT.
- BEVOR SIE DAS GERÄT AN EINER ANDEREN STELLE AUFSTELLEN, ZIEHEN SIE BITTE DEN NETZSTECKER IHRER STROMVERSORGUNG AUS DER STECKDOSE UND ENTFERNEN SIE ALLE KABELVERBINDUNGEN.
- WENN SIE BLITZSCHLAG IN IHRER UMGEBUNG ERWARTEN, ZIEHEN SIE BITTE DEN NETZSTECKER IHRER STROMVERSORGUNG AUS DER STECKDOSE.
- DAS GERÄT DARF NUR VON AUTORISIERTEM FACHPERSONAL REPARIERT ODER MODIFIZIERT WERDEN. VERSUCHEN SIE NICHT, DIE INTERNEN SCHALTUNGEN ZU VERÄNDERN.
- STELLEN SIE KEINE OFFENEN BRANDQUELEN AUF DAS GERÄT.
- DAS GERÄT DARF NICHT TROPF-ODER SPRITZWASSER AUSGESETZT WERDEN.
- SOLLTE DIE MÖGLICHKEIT BESTEHEN; DASS DOCH WASSER IN DAS GERÄT EINGEDRUNGEN SEIN KÖNNTE, STELLEN SIE SICHER, DASS DAS GERÄT VOR BENUTZUNG WIEDER VOLLKOMMEN TROCKEN IST.
- FÜR KINDER GILT: EIN ERWACHSENER SOLLTE DIE EINHALTUNG ALLER SICHERHEITSRATSSCHLÄGE GEWÄHRLEISTEN.
- SCHÜTZEN SIE DAS GERÄT VOR MECHANISCHEN BELASTUNGEN ODER SCHLÄGEN (NICHT FALLEN LASSEN!).
- BENUTZEN SIE DAS GERÄT NICHT AN EINER STECKDOSE MIT ZU VIELEN ANDEREN ANGESCHLOSSENEN ELEKTRISCHEN GERÄTEN. DAS GILT BESONDERS BEI DER VERWENDUNG VON VERLÄNGERUNGSKABELN.
- DIE GESAMTE LEISTUNG ALLER AN EINER STECKDOSE ANGESCHLOSSENEN GERÄTE DARF NIEMALS DIE ELEKTRISCHE

BELASTBARKEIT DES VERLÄNGERUNGSKABELS ÜBERSCHREITEN.
ÜBERBELASTUNGEN KÖNNEN ZU BRÄNDEN FÜHREN.

- **VERMEIDEN SIE HOHE KRAFTEINWIRKUNG AUF DIE ANSCHLUSSBUCHSEN UND DIE BEDIENUNGSELEMENTE**
- **SCHÜTZEN SIE IHRE LAUTSPRECHER VOR ZU HOHEN LAUTSTÄRKEN; DAS CS-8 PHS-28 MODUL KANN SOWOHL EXTREM TIEFE ALS AUCH SEHR HOHE (ULTRASCHALL) FREQUENZEN ERZEUGEN. BEIDES KANN ZERSTÖRERISCH SEIN!**

5. REINIGUNG

- BEVOR SIE DAS GERÄT REINIGEN, ZIEHEN SIE BITTE DEN NETZSTECKER AUS DER STECKDOSE ODER TRENNEN DAS MODUL VON SEINER STROMVERSORGUNG DURCH ABZIEHEN DES FLACHBANDKABELS.
- VERWENDEN SIE ZUR REINIGUNG EIN TROCKENES ODER LEICHT ANGEFEUCHTETES TUCH ODER DRUCKLUFT. VERWENDEN SIE NIEMALS LÖSUNGSMITTEL (TERPENTIN, NITROVERDÜNNER, ACETON), AUFDRUCKE UND LACKSCHICHTEN LÖSEN SICH DARIN UNVERZÜGLICH AUF!! VERMEIDEN SIE AUCH ALKOHOLE (ISOPROPANOL), BENZIN, SPIRITUS UND ANDERE REINIGER!

6. VORBEREITUNGEN

6.1 Auspacken

Im Versandkarton sollten Sie folgendes vorfinden:

- 1 x CS-8 Series VCO Omega-Phi 3HE Rackmodul
- 1 x Flachbandkabel (20 cm Länge mit zwei 16 poligen IDC-Steckern)
- 4 x M3 Schrauben
- 4 x Polypropylen Unterlegscheiben
- diese Anleitung

Falls der Inhalt der Verpackung unvollständig sein sollte, kontaktieren Sie bitte Ihren Händler oder *Schippmann electronic musical instruments*. Falls das Gerät Transportschäden aufweisen sollte, kontaktieren Sie bitte unbedingt und

unverzüglich das zuständige Versandunternehmen! Wir geben Ihnen dabei gerne Hilfestellung.

6.2 Aufstellen

Platzieren Sie das Gerät auf einer ebenen, sauberen und ausreichend großen, stabilen und tragfähigen Fläche oder einem geeigneten Geräteständer. Das Gerät benötigt für den vorgesehenen Einbau ein 3 HE (Höheneinheiten) Rack-Gehäuse mit einer ± 12 V Stromversorgung. Der HDH6/VDL6 ist mit diskreten, analogen Bauelementen realisiert, weshalb die Umgebungstemperatur naturgemäß immer einen endlichen Einfluss auf alle Parameter hat. Wenn sie stabile Verhältnisse wollen, vermeiden Sie den Betrieb des Gerätes oberhalb von Geräten, die viel Wärme abstrahlen (z.B. Endstufen), ebenso wie starke Bestrahlung durch heiße Lichtquellen (direkte Sonneneinstrahlung, heiße Punktstrahler, etc.).

7. MODULELEMENTE

7.1 Modulvorderseite

Abb. 1 zeigt das Frontpanel mit einer Durchnummerierung aller Bedienelemente und Buchsen.

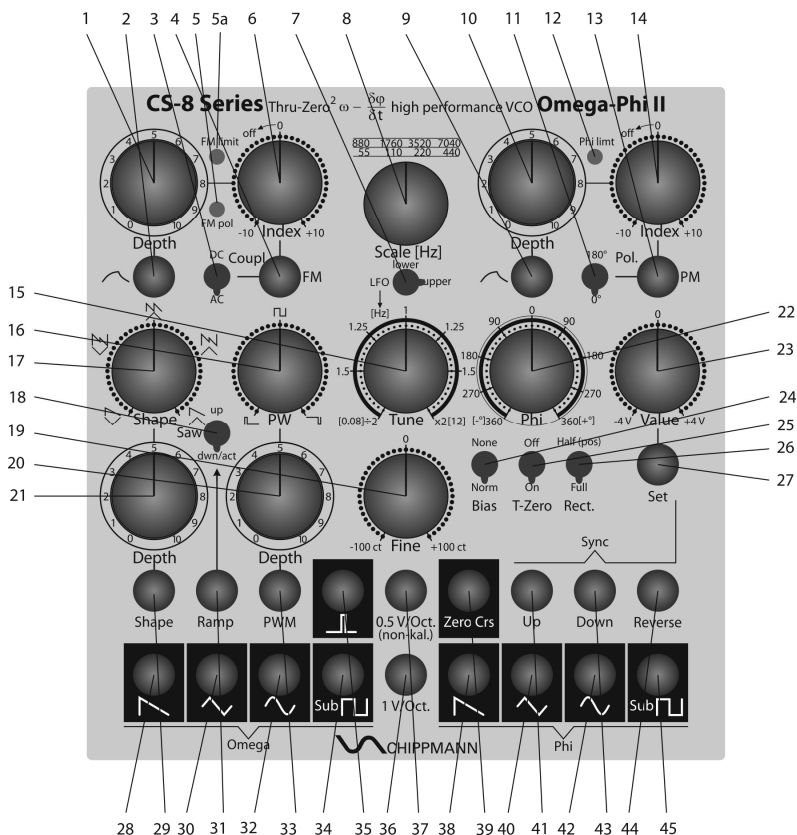


Abb. 1 Omega-Phi II Frontseite

1. **Depth** Potentiometer – schwächt das Modulationssignal für **FM** an *Buchse 2* zwischen 0 und 1 ab
2. **Modulationseingang** (Hüllkurvensymbol) Buchse (Eingang) – führt das anliegende Signal über *Pot. 1* zum Steuereingang des FM-Index-VCA's
3. **Coupling** 2-pos. Kippschalter – wählt für das FM-Modulationssignal an *Buchse 4* die Kopplung AC (Wechselspannung) oder DC (Gleichspannung) aus
4. **FM** Buchse (Eingang) – führt das anliegende Signal zum Signaleingang des FM-Index-VCA's
5. **FM pol** 2-farb-LED – zeigt den momentanen Arbeitsbereich des Kern-VCO's an; "grün" -> positiver Frequenzbereich, "rot" -> negativer Frequenzbereich
- 5a. **FM limit** 2-farb-LED – zeigt das Erreichen des maximalen Frequenzmodulationsindex' an; "grün" -> positive Spannungswerte, "rot" -> negative Spannungswerte
6. **Index** Potentiometer – regelt am Steuereingang des FM-Index-VCA's die Modulationstiefe des FM-Signals an *Buchse 4*
7. **Scale** 3-pos. Kippschalter – bestimmt die Grundfrequenz (ohne äußere Steuerspannungen) des VCO's
8. **Scale** 4-pol Drehschalter – bestimmt die Grundfrequenz des VCO's
9. **Modulationseingang** (Hüllkurvensymbol) Buchse (Eingang) – führt das anliegende Signal über *Pot. 10* zum Steuereingang des PM-Index-VCA's
10. **Depth** Potentiometer – schwächt das Modulationssignal für **PM** an *Buchse 9* zwischen 0 und 1 ab
11. **Polarity** 2-pos. Kippschalter – wählt für das PM-Modulationssignal an *Buchse 13* die Polarität aus (phasenrichtig oder invers)
12. **Phi limit** 2-farb-LED – zeigt das Erreichen des maximalen Modulationsindex' an; "grün" -> positiver Phasenrand, "rot" -> negativer Phasenrand
13. **PM** Buchse (Eingang) – führt das anliegende Signal zum Signaleingang des PM-Index-VCA's
14. **Index** Potentiometer – regelt am Steuereingang des PM-Index-VCA's die Modulationstiefe des PM-Signals an *Buchse 13*
15. **Tune** Potentiometer – verstimmt die Tonhöhe ausgehend von "Scale" um ± 1 Oktave
16. **PW** Potentiometer – stellt das Tastverhältnis des Rechtecksignals an *Buchse 35* ein
17. **Shape** Potentiometer – versetzt den Sägezahnverlauf an *Buchse 28* bezüglich des Dreiecksignals (*Buchse 30*) an seinen Eck-(Umkehr)punkten

18. **Saw** 2-pos. Kippschalter – steigendes oder fallendes Sägezahn und aktiviert gleichzeitig *Buchse 31* (Stellung "dwn/act")
19. **Fine** Potentiometer – verstimmt die Tonhöhe ausgehend von "Scale" um ± 100 Cent (1 Halbton in temperierter Stimmung)
20. **Depth** Potentiometer – wirkt auf das Tastverhältnis; schwächt das Modulationssignal für PWM an *Buchse 33* zwischen 0 und 1 ab
21. **Depth** Potentiometer – wirkt auf die Sägezahnversetzung, schwächt das Modulationssignal für Shape an *Buchse 29* zwischen 0 und 1 ab
22. **Phi** Potentiometer – stellt die Phasenlage aller Phi-Ausgänge (*Buchsen 38, 40, 42, 45*) gegenüber den Omega-Ausgängen (*Buchsen 28, 30, 32, 34, 35*) zwischen $\pm 360^\circ$ ein
23. **Value** Potentiometer – setzt denjenigen Spannungswert fest, den das Dreieckssignals bei einem Sync-Ereignis an *Buchse 27* sprunghaft einnimmt
24. **Bias** 2-pos. Kippschalter – schaltet intern am Linear-FM-Eingang eine Grundfrequenz ein ("Norm") oder aus ("None", Oszillator schwingt nicht mehr ohne Spannung am FM-Eingang)
25. **T-Zero** 2-pos. Kippschalter – schaltet die Thru-zero Fähigkeit (Verlaufsumkehr) ein ("On") oder aus ("Off")
26. **Rectifier** 2-pos. Kippschalter – bestimmt die Art der Spannungsgleichrichtung am FM-Lineareingang, Fullwave ("Full") oder Halfwave für positive Spannungen ("Half (pos)") - dies ist eine Funktion, die im Zuge der hier angewandten Thru-zero Architektur abfällt
27. **Set** Buchse (Eingang) – Synchronisationseingang setzt bei Überschreiten eines Schwellwertes (ca. +3 V) das Dreieckssignal auf den mit "*Value*" (23) eingestellten Wert (hard sync)
28. **Saw (Symbol)** Buchse (Ausgang) – Sägezahnausgang des Kernoszillators (Omega), 4 - 8 Vpp
29. **Shape** Buchse (Eingang) – CV-Eingang, abgeschwächt durch *Pot 17*, verändert die Sägezahn form
30. **Triangle (Symbol)** Buchse (Ausgang) – Dreiecksausgang des Kernoszillators (Omega), 8 Vpp
31. **Ramp** Buchse (Digital-Eingang) – nur aktiv in Stellung "dwn/act" des Schalters "18", 0 V = Sägezahn steigend, >+3 V (oder offener Eingang) = Sägezahn fallend
32. **Sinus (Symbol)** Buchse (Ausgang) – Sinusausgang des Kernoszillators (Omega), 8 Vpp
33. **PWM** Buchse (Eingang) – CV-Eingang, abgeschwächt durch *Pot 20*, verändert das Tastverhältnis an *Buchse 35*

34. **Sub Rectangle (Symbol)** Buchse (Ausgang) – 50%-Rechteckausgang um eine Oktave vermindert zum Kernoszillator (Omega), 10 Vpp
35. **Pulse (Symbol)** Buchse (Ausgang) – Rechteckausgang mit variablem Tastverhältnis des Kernoszillator (Omega), 10 Vpp
36. **1V/Oct.** Buchse (Eingang) – CV-Eingang zur kalibrierten exponentiellen Steuerung der Oszillatorfrequenz (Omega & Phi) mit einer Empfindlichkeit von einer Oktave pro Volt
37. **0.5V/Oct. (non-cal.)** Buchse (Eingang) – CV-Eingang zur nicht-kalibrierten exponentiellen Steuerung der Oszillatorfrequenz (Omega & Phi) mit einer Empfindlichkeit von ca. zwei Oktaven pro Volt
38. **Saw (Symbol)** Buchse (Ausgang) – Sägezahn Ausgang des Phasenteils (Phi), 8 Vpp
39. **Zero Crs** Buchse (Ausgang) – Ausgang des Nulldurchgangsdetektors des FM-Lineareinganges - +5 V -> positive Gesamtsteuerspannung, 0 V -> negative Gesamtsteuerspannung
40. **Triangle (Symbol)** Buchse (Ausgang) – Dreiecksausgang des Phasenteils (Phi), 8 Vpp
41. **Up** Buchse (Eingang) – Synchronisationseingang versetzt bei Überschreiten eines Schwellwertes (ca. +3 V) das Dreiecksignal stets in die ansteigende Verlaufsrichtung (soft sync)
42. **Sinus (Symbol)** Buchse (Ausgang) – Sinusausgang des Phasenteils (Phi), 8 Vpp
43. **Down** Buchse (Eingang) – Synchronisationseingang versetzt bei Überschreiten eines Schwellwertes (ca. +3 V) das Dreiecksignal stets in die fallende Verlaufsrichtung (soft sync)
44. **Reverse** Buchse (Eingang) – Synchronisationseingang versetzt bei Überschreiten eines Schwellwertes (ca. +3 V) das Dreiecksignal stets in die entgegengesetzte Verlaufsrichtung (soft sync)
45. **Sub Rectangle (Symbol)** Buchse (Ausgang) – 50%-Rechteckausgang um eine Oktave vermindert zum Phasenteil (Phi), 10 Vpp

7.2 Modulrückseite

Abb. 2 zeigt die Modulrückseite mit Durchnummerierung der Elemente.

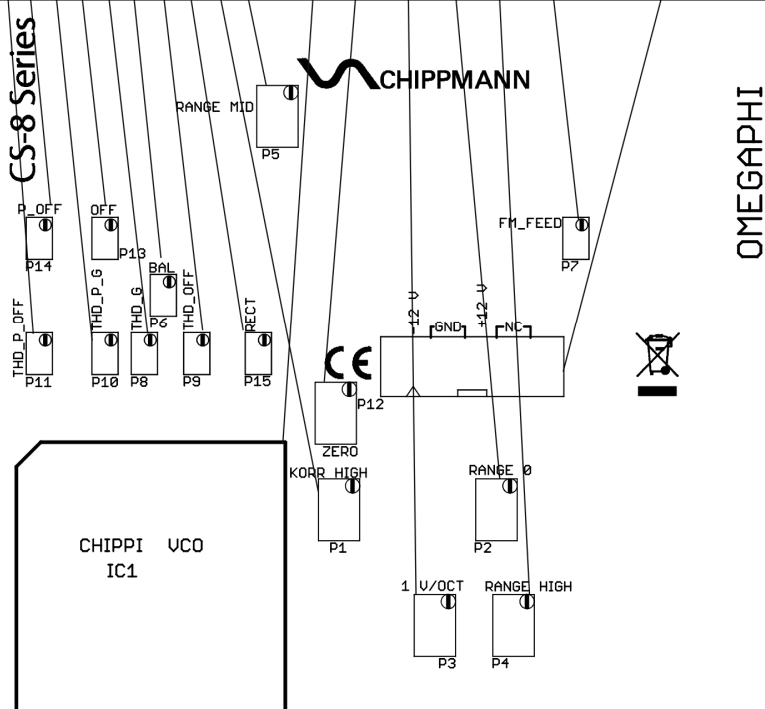


Abb. 2 Modulrückseite

1. **THD OFF P** 12-Gang-Trimmer **P11** – THD-Kalibrierung des Sinus' des Phi-Outputs
2. **P_OFF** 12-Gang-Trimmer **P14** – Gleichspannungsoffset des Sinus' des Phi-Outputs
3. **THD G P** 12-Gang-Trimmer **P10** – THD-Kalibrierung des Sinus' des Phi-Outputs
4. **OFF** 12-Gang-Trimmer **P13** – Gleichspannungsoffset des Sinus' des Omega-Outputs

5. **THD G** 12-Gang-Trimmer **P8** – THD-Kalibrierung des Sinus' des Omega-Outputs
6. **BAL** 12-Gang-Trimmer **P6** – Kalibrierung der Dreiecksymmetrie des Oszillatorkerns
7. **THD OFF** 12-Gang-Trimmer **P9** – THD-Kalibrierung des Sinus' des Omega-Outputs
8. **RECT** 12-Gang-Trimmer **P15** – Kalibrierung des Thru-zero Gleichrichters
9. **KORR HIGH** 25-Gang-Trimmer **P1** – Kalibrierung des Verstärkungsfehlers des e-Funktionsgenerators bei 7.04 kHz
10. **RANGE MID** 25-Gang-Trimmer **P5** – Kalibrierung des Kammerton A (440 Hz)
11. **IC1** - aufgestecktes Oszillatormodul
12. **ZERO** 25-Gang-Trimmer **P12** – Kalibrierung auf 0 Hz bei Bias = "None" & Exp. Frequenz = 20 kHz
13. **1 V/ OCT** 25-Gang-Trimmer **P3** – Kalibrierung der Scale am e-Funktionseingang *Buchse 36* auf 1 Volt/Oktave
14. **RANGE 0** 25-Gang-Trimmer **P2** – Kalibrierung der untersten Grundfrequenz (55 Hz)
15. **RANGE HIGH** 25-Gang-Trimmer **P4** – Kalibrierung der obersten Frequenz (7040 Hz, upper row)
16. **FM Feed** 12-Gang-Trimmer **P7** – Feed-through-Kalibrierung des Frequenzmodulations-VCA's
17. **16 Pin Stromversorgungs-Stiftwanne**

7.3 Inbetriebnahme

Die Pinbelegung in der Stiftwanne (**17**) in Draufsicht gemäß Abb.2 wird wie folgt gezählt: von unten nach oben, von links nach rechts. Pin 1 ist also links unten, Pin 2 über Pin 1,..., Pin 15 rechts unten, Pin 16 rechts oben.

Pin 1, 2 = -12 V (Dreieckmarkierung)

Pin 3-8 = GND (Masse, Bezugspotential, 0 V), auch außen auf allen Buchsen

Pin 9, 10 = +12 V

Pin 11-16 = nicht belegt

Einer der beiden IDC-Stecker am jeweiligen Ende des beiliegenden Flachbandkabels wird mit der mittigen Führungsnase nach unten gemäß der

Tune: Dieser Regler soll normaler Weise in der Mitte stehen, er verschiebt (von dort aus links/rechts) in den Stellungen "upper" und "lower" die eingestellten Frequenzen noch einmal um ± 1 Oktave (ein bisschen mehr). In der Stellung "LFO" bekommt er jedoch einen wesentlich größeren Einflußbereich verpasst. In der "55 Hz"-Stellung regelt er von links nach rechts die Frequenz von etwa 0.08 Hz bis 12 Hz, das ist ein Multiplikator von 150 und entspricht etwa 7.2 Oktaven. Der Drehschalter oktaviert aber nachwievor diesen Frequenzbereich. In Stellung "440 Hz" regelt "Tune" dann also von etwa 0.64 Hz bis ungefähr 100Hz. Feine Sache soweit.

Fine: Dieser Regler ist für feinste Frequenzkorrekturen und zum Einstellen definierter Schwebungen gedacht. Er steht normaler Weise in der Mitte und verschiebt die bis hierher eingestellte Frequenz noch einmal um ± 100 Cent (ein bisschen mehr). 100 Cent entsprechen einem Halbton in der wohl temperierten Stimmung.

1 V/Oct-Buchse: Eine von außen an diese Buchse angelegte Spannung erhöht (oder verringert) die nun bis hierher eingestellte Oszillatorfrequenz mit einer Empfindlichkeit von einer Oktave ($\times 2$) pro +Volt, bzw. ($\div 2$) pro -Volt (negative Spannungen). Dieser Eingang ist kalibriert.

0.5 V/Oct-Buchse: Eine von außen an diese Buchse angelegte Spannung erhöht (oder verringert) die nun bis hierher eingestellte Oszillatorfrequenz mit einer Empfindlichkeit von zwei Oktaven ($\times 4$) pro +Volt, bzw. ($\div 4$) pro -Volt (negative Spannungen). Dieser Eingang ist **nicht** kalibriert, d.h. diese Werte gelten nur ungefähr mit ein paar Prozent Abweichung und von Oszillator zu Oszillator verschieden.

Jede einzelne dieser Einflußgrößen auf den Summeneingang des e-Funktionsgenerators verhält sich also multiplikativ nicht additiv!

8.3. Der VCO-Kern und seine Wellenformen

Der VCO gibt seine wie oben beschrieben eingestellten Frequenzen nun in verschiedenen Wellenformen aus, die da wären Sinus, Dreieck, Sägezahn, variables Rechteck und 50% Rechteck mit stets **halber** Frequenz. Abb. 4 stellt diese Funktionen und ihre phasenmäßigen Bezüge zueinander als z.B. Ausgangsspannung über die Zeit abgetragen dar.

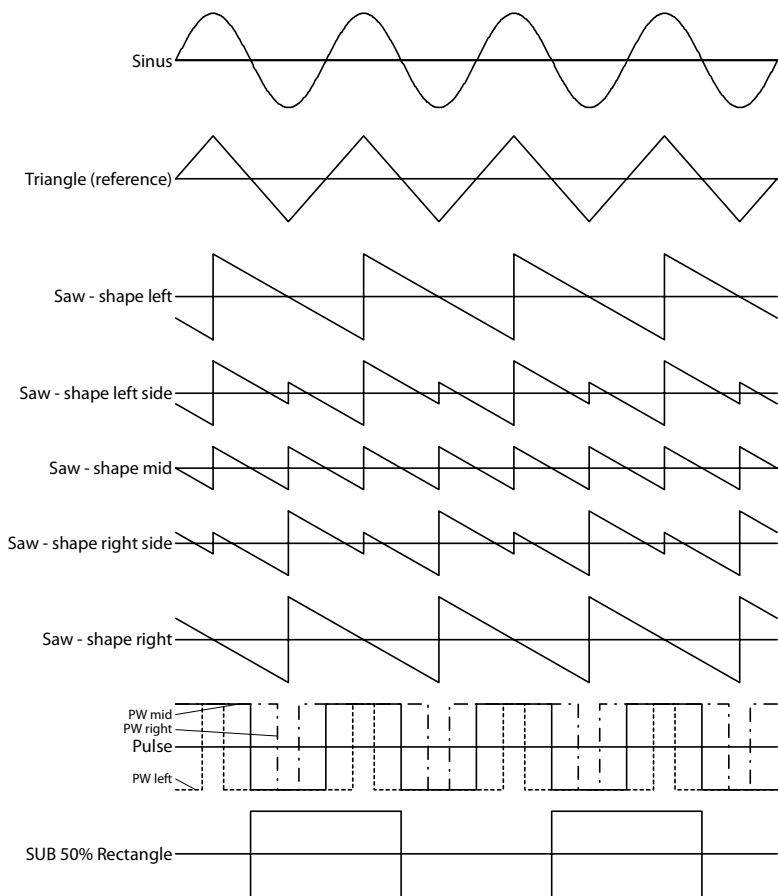


Abb. 4 Die Wellenformen des VCO-Kern (Omega-Ausgänge)

Die Dreieckfunktion ist die Referenzwelle auf die sich ohne Ausnahme alle anderen Wellenformen beziehen.

PW/PWM/Depth: Mit dem *PW*-Regler kann, wie in der Grafik dargestellt das Tastverhältnis von 0% (Linksanschlag) bis 100% (Rechtsanschlag) eingestellt werden. Bei *Depth*-Regler auf Rechtsanschlag genügt ein Spannungshub von 2 V an der Buchse *PWM* für ein vollständiges Durchfahren dieses Parameters.

Shape/Shape/Depth: Mit dem *Shape*-Regler wird das Sägezahn beim Durchfahren von links nach rechts an einer weiteren Stelle gebrochen. Die Grafik illustriert anschaulich wie. In Mittelstellung erhält man ein Sägezahn mit doppelter Frequenz und halber Amplitude (4 V_{peak-to-peak} anstatt 8 V_{pp}). Sowohl am Linksanschlag wie auch am Rechtsanschlag hat man ein volles Sägezahn jedoch um 180°, einem halben Dreieckswellenzug, verschoben (das ist nicht dasselbe wie invertieren!). Bei *Depth*-Regler auf Rechtsanschlag genügt ein Spannungshub von 5 V an der Buchse *Shape* für ein vollständiges Durchfahren dieses Parameters.

Ramp-Buchse/Saw-Schalter: Mit dem *Saw*-Schalter kann das Sägezahn steigend (Stellung "up") oder fallend (Stellung "dwn/act") geschaltet werden. In der Stellung "dwn/act" ist die Buchse *Ramp* aktiviert. Eine Spannung von >+3 V oder Anschluß offen gelassen bedeutet "fallend" und 0V "steigend". Da diese Funktion einer Multiplikation mit ± 1 gleichkommt, hat man damit einen halb analog/halb digitalen **Ringmodulator**!

8.4. Die lineare Frequenzmodulation FM

In der obigen Abb. 3a führt der U_{Lin} -Eingang des e-Funktionsgenerators, der auch die Signale für das lineare FM bekommt, zum Ausgang eines Präzisionsgleichrichters (**Precision Rectifier**).

Zur Veranschaulichung der FM und deren Wellenformverläufe folgt nun eine Erläuterung anhand von Grafiken. Abb. 5a (oben) zeigt ein unmoduliertes Sinus (Carrier) des Oszillators, darunter sieht man den Gleichrichterausgang (Modulator); diese Kurve moduliert also jetzt am U_{Lin} -Eingang des e-Funktionsgenerators den Carrier. Der Modulator mit gleicher Frequenz wie der Carrier ist um 90° verschoben (Cosinus). Das FM-Ergebnis ist auch von den Phasenlagen von Carrier und Modulator zueinander abhängig. Die Modulationsamplitude wurde so gewählt, dass der Minimalwert des Gleichrichters gerade Null wird. Der FM-Modulationsindex ist damit 1. D.h., der Einfluß des Modulators ist genau so groß wie der Bias (in der Graphik normiert auf den Wert 1). Der Bias läßt sich mit dem Schalter

Bias: ein- (Stellung "Norm") oder ausschalten (Stellung "None"). Ist der Bias abgeschaltet schwingt der Oszillator ohne eine Spannung am FM-Eingang (positiv oder negativ) nicht mehr, ganz gleich wie hoch die Frequenzen mit Scale eingestellt sind. Die Stellung "Norm" ist also wichtig, damit der Oszillator auch wie ein normaler Oszillator arbeiten kann. In der "None"-Stellung läuft der Oszillator mit der Modulationsfrequenz harmonisch mit.

Die untere Kurve zeigt das Modulationsergebnis. Man sieht, dass sie an denjenigen Stellen (gestrichelte vertikale Linien), bei denen der Gleichrichter Null wird, für einen Moment nicht mehr voranschreitet, weil die Oszillatorfrequenz jetzt für den Moment Null ist. Bis genau hierhin kommt man auch mit jedem anderen Oszillator mit FM-Lineareingang.

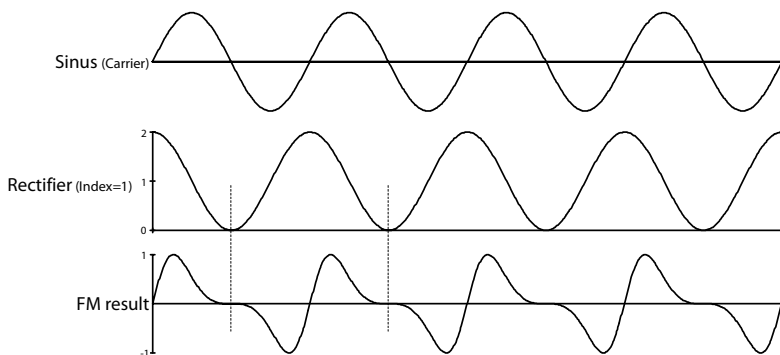


Abb. 5a FM mit Index=1

Die Abb. 5b zeigt nun unter den selben Voraussetzungen wie eben für Carrier und Modulator die Ergebnisse für den Modulationsindex =2. D.h., die Modulationsamplitude ist doppelt so groß wie der Bias-Wert. Für die Modulatorwelle werden jetzt die Werte +3 (normierte Grafik) und -1 erreicht. Weil der Oszillator aber -1, also negative Spannungen am U_{Lin} -Eingang nicht "verstehen", macht der **Full-wave-Rectifier** zunächst wieder +3 und +1 daraus (oberer Graph). Der Oszillator wird aber für die korrekte Signalverarbeitung vom **Zero-cross-Detector** (s. Abb. 3a) mit der Vorzeicheninformation versorgt. Mit jedem Vorzeichenwechsel wird der Oszillator seine Laufrichtung umkehren. Das gilt übrigens auch für Sägezahnwellen; sie fallen oder steigen

je nach Vorzeichen. Ein negatives Vorzeichen bedeutet, dass die Phase rückwärts läuft.

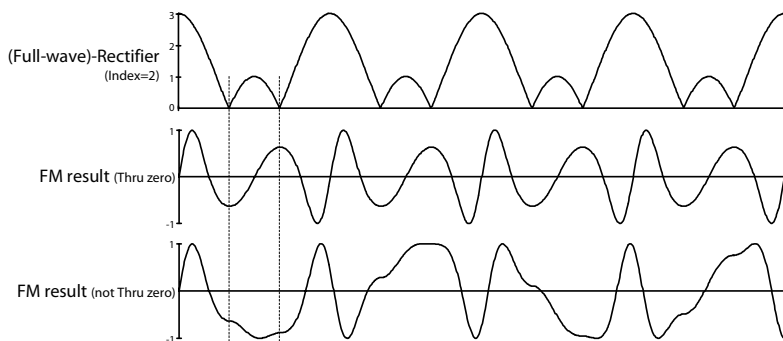


Abb. 5b FM mit Index=2

Der mittlere Graph zeigt das FM-Ergebnis bei Thru-zero Technik, während der beim unteren Graphen der Oszillator die Gleichrichtung noch bekommt aber keine Vorzeicheninformation mehr, d.h. es wird ausschließlich positiv interpretiert. Es fällt sofort auf, dass dieses Ergebnis nicht mehr periodisch und damit auch nicht harmonisch ist. Das kommt, weil sich, sobald die Gleichrichtung einsetzt, der Mittelwert des Modulationssignals, welcher sonst der Bias ist, zu positiven Werten verschiebt, was zu einer Erhöhung der Grundfrequenz führt. Erhöht man den Index kontinuierlich, wird man für einzelne punktuelle Indizes immer und immer wieder auf harmonische Ergebnisse treffen. Ferner sieht man, dass nur im Thru-Zero Betrieb der Oszillator seine Richtung wechselt noch bevor er das untere Minimum bzw. obere Maximum erreicht hat. Für das Ein- und Ausschalten des Thru Zero Betriebs gibt es den

T-Zero-Schalter: Thru-zero Betrieb in Stellung "On" und nicht in Stellung "Off". D.h., hier wird die Information des **Zero-cross-Detectors** ein oder ausgeschaltet. Sein Zustand wird mit der

FM pol LED: angezeigt. *Grün* für positive Spannungen am Rectifier-Eingang (das kann auch noch für negative FM-Eingangswerte sein, wenn der Bias dazu geschaltet ist!) und *rot* für negative Werte.

Zero Crs-Buchse: Außerdem liegt das Signal des **Zero-cross-Detectors** an jener Buchse an. 0 V für negativ, +5 V für positiv. Dieses Signal eignet sich gut für andersartige Synchronisationen! Die Buchse ist auch aktiv, wenn der Zero-Schalter auf "off" steht.

FM limit LED: Der Oszillator kann mit einer 45 mal höheren Frequenz gegenüber dem Bias moduliert werden. Das bedeutet gemäß Definition Kap. 9 ein Modulationsindex von 44. Das funktioniert auch noch bei einer eingestellten Grundfrequenz (Scale) von 7040 Hz. Der Oszillator schwingt dann mit ca. 317 kHz, was auch seine Grenze ist. Die LED leuchtet sofort *grün* auf wenn die maximale Modulationstiefe durch positive Modulationsspannungen erreicht ist und *rot* bei Erreichen der maximalen Modulationstiefe durch negative Modulationsspannungen an der FM-Buchse (VCA Eingang). Die Frequenz, mit der der Oszillator bei einem bestimmten Index schwingt, hängt also von seiner Grundfrequenz ab, nämlich mit der (Index+1) - fachen Grundfrequenz. Z.B. wird mit Index = 44, Grundfrequenz = 55 Hz die Oszillatorfrequenz = $45 \times 55 \text{ Hz} = 2475 \text{ Hz}$.

Abb. 5c zeigt noch den Fall, wenn der Gleichrichter im Halb-Betrieb arbeitet.

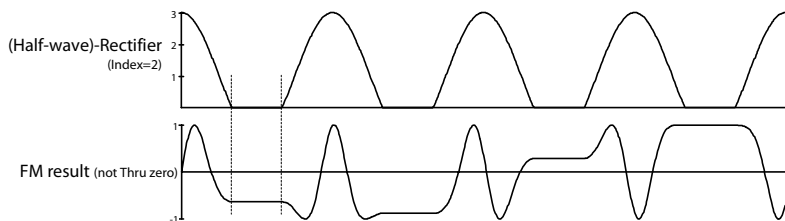


Abb. 5c FM mit Index=2 und Halbwellen-Gleichrichtung

Das ist der Betrieb eines jeden gewöhnlichen Oszillators. Werden die Spannungen am U_{Lin} -Eingang Null oder kleiner, passiert einfach nichts mehr; der Oszillator bleibt stehen. Und auch hier wird das Ergebnis wegen der Änderung des Mittelwertes wie oben disharmonisch.

Rect-Schalter: Mit diesem Schalter kann der Gleichrichter in eine der zwei hier beschriebenen Betriebsarten versetzt werden. In Stellung "Full" arbeitet er wie in Abb. 5b und in Stellung "Half" wie in Abb. 5c.

8.4.1. Der FM VCA

Die obige Abb. 3a zeigt, dass dem Gleichrichter zum einen der Bias und zum anderen ein externes Modulationssignal zugeführt werden. Das Modulationssignal wird an die

FM-Buchse: angelegt. Sie führt direkt und unvermindert zu einem VCA-Eingang (*Buchse 4*). Der VCA arbeitet linear bis maximal ± 15 V und geht dann rasch in die Übersteuerung.

Index/Depth-Regler: Der *Depth*-Regler schwächt das Modulationssignal an der *Buchse 2* (Hüllkurvensymbol) zwischen 0 und 1 ab. Dieses Signal wird zum Wert des *Index*-Reglers addiert. Wenn an *Depth* nichts anliegt oder dieser Regler links steht wird zunächst mit *Index* von der Mittelstellung aus (noch kein Einfluß) die Modulationstiefe nach rechts drehend erhöht. Von der Mitte aus nach links gedreht wird erstmal nichts weiter passieren. An *Depth* können aber positive wie negative Spannungen anliegen, die entweder den Index-Wert weiter erhöhen oder verringern. Durch drehen des *Index*-Reglers nach links können nun hohe Modulationswerte am *Depth*-Regler abgeschnitten werden. Bei Modulationsspannungen von ± 4 V bzw. 8 Vpp am FM-Eingang (*Buchse 4*) wird mit dem *Index*-Regler 6 bei Rechtsanschlag oder (gleichbedeutend) mit einer Spannung von +5 V an *Buchse 2* (*Depth*-Regler auf Rechtsanschlag) der maximale Modulationsindex von 50 erreicht.

Coupling-Schalter: Dieser Schalter bestimmt die Kopplung des FM-Signals (*Buchse 2*). In der Stellung "AC" (Kondensatorentkopplung) werden nur Wechselspannungen ab ca. 10 Hz verarbeitet. Diese Art der Kopplung ist grundsätzlich zu empfehlen, wenn Gleichspannungsanteile aus dem Modulationssignal und dem VCA-Ausgang, die unvermeidlich eine Verstimmung der Oszillatorgrundfrequenz und damit Disharmonien bewirken, vollständig herausgefiltert werden sollen. In der Stellung "DC" sind auch dauerhaft anliegende Gleichspannungen möglich.

Anmerkung: Die 50%-Sub-Rechtecke der Omega- und der Phi-Sektion werden bei Einschalten des Gerätes in Phase sein, nach FM oder PM können sie

anschließend auch gegenphasig (180° zueinander verschoben) sein. Das ist nicht zu verhindern. Die Wahrscheinlichkeiten liegen bei 50/50.

8.5. Die Synchronisationssektion

Die Wirkungsweise der verschiedenen Synchronisationen soll exemplarisch anhand der Dreieck- und Sägezahnfunktion gezeigt werden. Jede der insgesamt vier Sync-Eingangsbuchsen benötigt zum Auslösen seiner Funktion eine positive Spannung von mindestens +3 Volt. Da die Eingänge mit einem oberen und unteren Schwellwert versehen sind, spielt es keine Rolle, ob das Sync-Signal einen Sprung macht oder sich ganz langsam auf den oberen (auslösenden) Schwellwert (+3 V) zu bewegt, d.h. jede beliebige Wellenform, die sich mindesten zwischen den Werten 0 V und +3 V bewegt, kann die Synchronisation auslösen. Ist der obere (auslösende) Schwellwert einmal überschritten, muss für ein erneutes Auslösen zuvor der untere Schwellwert (+1 V) erst unterschritten werden (Hysterese). In den folgenden Abbildungen werden der Einfachheit halber die Syncs als Sprungfunktionen dargestellt. Die Bezeichnungen "Up", "Down" und "Reverse" beziehen sich immer auf die Verlaufsrichtung der Dreieckfunktion. Weil das Sägezahn aus dem Dreieck abgeleitet wird, ergeben sich dort andere Zustände; mit den Sync-Funktionen kann hier nicht die Verlaufsrichtung umgekehrt werden. Das geht nur entweder im Thru Zero Betrieb bei negativen FM-Spannungen oder mit der Ramp/Saw-Funktion (s. oben).

Sync Up/Down-Buchsen: Abb. 6a zeigt, dass "Up" und "Down" nur den Signalverlauf ändern, wenn die jeweilige Auslösung gerade dann stattfindet, wenn das Dreiecksignal den zur geforderten Sync-Richtung entgegengesetzten Verlauf hat. Wenn also z.B. "Up" ausgelöst wird, während das Dreieck sowieso gerade im Steigen begriffen ist, wird auch nix weiteres passieren als dass es weiter steigt.

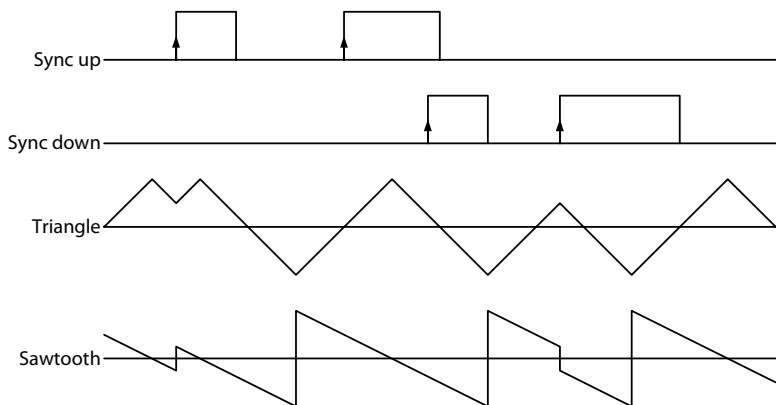


Abb. 6a Synchronisation Up und Down

Sync Reverse/Set-Buchsen: "Reverse" bedeutet, dass die aktuelle Verlaufsrichtung beim Sync-Ereignis stets in die entgegengesetzte Richtung gelenkt wird. Die "Set"-Funktion ist vom sogenannten Hardsync her bekannt. Ein Ereignis an der *Set*-Buchse setzt das Dreieck unmittelbar auf einen Wert, der mit dem

Value-Regler: eingestellt worden ist. Er kann auf alle Werte, die das Dreieck annehmen kann (± 4 V) gesetzt werden. Die aktuelle Verlaufsrichtung des Dreiecks wird jedoch beibehalten. Wird es also z.B. kurz vor Erreichen seines unteren Minimalwertes auf Null gesetzt, wird es seinen Weg erneut nach unten fortsetzen. Man kann aber die *Set*-Funktion mit den anderen Syncs kombinieren, wenn man einen stets definierten *Set-Value* und Verlauf haben will. Das wäre dann der klassische Hardsync. Abb. 6b illustriert das für den Wert 0 des *Value*-Reglers.

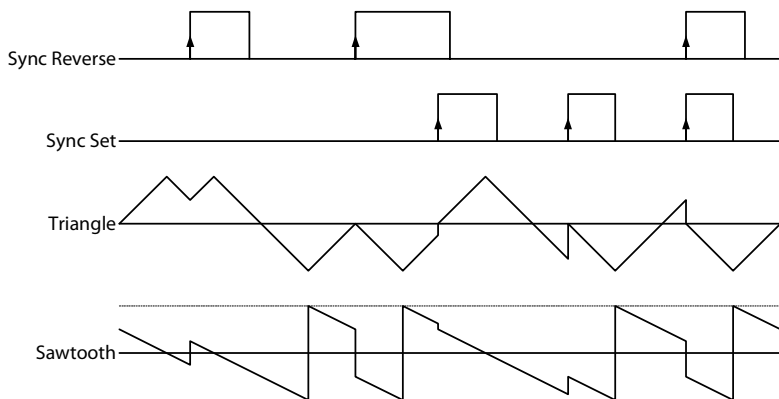


Abb. 6b Synchronisation Reverse und Set

8.6. Die Phasenmodulation PM

Der in obiger Abb. 3b dargestellte Phasenschieber (Phase-Shifter) ist dem VCO-Kern nachgeschaltet. Alles, was hier passiert hat **keine** Rückwirkung auf den Kern. Die Phasenmodulation ist im Klangergebnis und den entstehenden Spektren der Frequenzmodulation sehr ähnlich. Dennoch gibt es deutliche Unterschiede. Zunächst die Ähnlichkeiten bzw. sogar Identitäten. Betrachtet man ausschließlich Sinusfunktionen und ein Modulationssystem bestehend aus Carrier und Modulator, dann gibt es theoretisch nichts, das man nicht sowohl mit FM als auch mit PM generieren könnte. Was in Abb. 5a oben dargestellt ist geht, wie Abb. 7a zeigt, auch mit PM. Nur die Phasenlage des Modulators, um auf dieselbe Wellenform wie bei der FM zu kommen, ist jetzt Sinus anstatt Cosinus. Man sieht die Ergebnisse für die FM-Modulationsindizes 1 und 6.

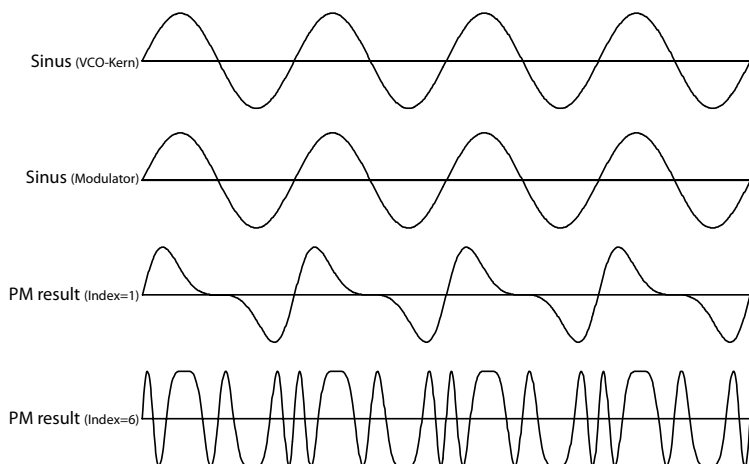


Abb. 7a PM mit Index 1 und 6

Eine Begrenzung des Phasenschiebers liegt in seinem Phasenraum; das sei die maximal mögliche Phasenverschiebung. Er beträgt $\pm 360^\circ$ ($\pm 2\pi$ im Bogenmaß).

Phi-Ausgangsbuchsen: Die Phasenlage der Wellenformen Sägezahn, Dreieck und Sinus können bezogen auf den VCO-Kern (Omega-Ausgänge) also um maximal $\Phi = \pm 360^\circ$ ($\pm 2\pi$ im Bogenmaß) verschoben werden. Das 50% Rechteck mit **halber** Frequenz wird demgemäß nur um $\pm 180^\circ$ ($\pm \pi$ im Bogenmaß) gegenüber dem des VCO Kerns verschoben.

Phi-Regler: Mit ihm wird diese Phasenlage Φ fest eingestellt. Die Phasenlage an sich hat für die jeweiligen Wellenformen keine klanglichen Auswirkungen. Nur **Änderungen** der Phasenlage bewirken eine Verschiebung der Frequenz am Ausgang des Phasenmodulators.

Diese Tatsache ist einer der großen Unterschiede zur Frequenzmodulation. Denn das bedeutet auch, dass sich der Modulationsindex mit steigender Modulationsfrequenz immerfort erhöht, ohne Begrenzung. Er ist also **nicht** wie bei FM konstant. Abb. 7b zeigt für die doppelte Modulationsfrequenz im Verhältnis zum Carrier die PM-Ergebnisse, ohne aber die Modulationsamplitude, wie es bei FM nötig wäre, verdoppelt zu haben.

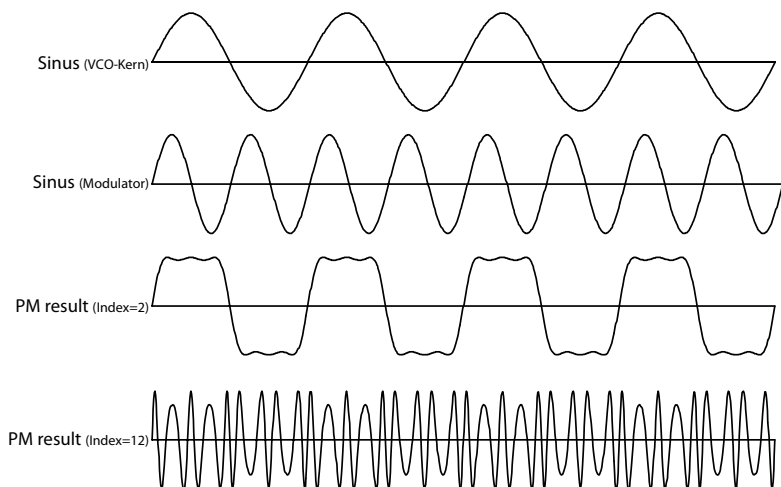


Abb. 7b PM mit doppeltem Index durch Frequenzverdopplung (Modulator)

Demzufolge könnte man annehmen, dass die Phasenmodulation die "härtere" Modulationsform ist. Das trifft für mein Gehör jedoch nur eingeschränkt zu. Einerseits greifen höhere Frequenzen gegenüber der FM viel stärker in das Spektrum ein andererseits ist für eine Frequenzänderung bei FM nur eine konstante, unveränderliche Spannung nötig, während bei der PM dafür eine ständige Änderung der Phase nötig ist. Und es ist diese Eigenschaft, die die PM für mein Gehör wieder "zahmer" klingen lässt. Was man wiederum mit FM nicht machen kann, sind Wertesprünge durch Modulation hervorzurufen; ein unendlich kurzer und zugleich unendlich hoher Spannungspuls wäre nötig, um das Oszillatorsignal sprunghaft um einen bestimmten Wert zu ändern und es dann weiterlaufen zu lassen. Bei der Phasenmodulation reicht dafür ein Sprungsignal am PM-Eingang, dann springt auch die Phase.

Weil es die **Phasenänderungen** sind, die hörbar werden, lassen sich z.B. mit niedrigen Sägezahnfrequenzen, deren Amplitude so eingestellt ist, dass genau 360° oder 720° durchfahren werden, konstante Frequenzverschiebungen erzeugen. Wird z.B. die Phase mit einem steigendem Sägezahn von 1 Hz, also wieder und wieder um 360° verschoben, so erhöht sich die Frequenz am Ausgang des Phasenmodulators um 1 Hz, bei 720° um 2 Hz. Überlagert man

nun die beiden Sägezähne von Omega und Phi, erhält man eine satte Schwebung als hätte man zwei Oszillatoren.

8.6.1. Der PM VCA

Die obige Abb. 3b zeigt, dass dem Kontrolleingang des Phasenschiebers zum einen der Wert des *Phi*-Reglers und zum anderen der Ausgang des PM-VCA's zugeführt wird. Das Phasenmodulationssignal wird, genau wie bei FM hier an die

PM-Buchse 13: angelegt. Sie führt direkt und unvermindert zum VCA-Eingang. Der VCA arbeitet linear bis maximal ± 15 V und geht dann rasch in die Übersteuerung.

Index/Depth-Regler: Der *Depth*-Regler schwächt das Modulationssignal an der *Buchse 9* (Hüllkurvensymbol) zwischen 0 und 1 ab. Dieses Signal wird zum Wert des *Index*-Reglers addiert. Wenn an *Depth* nichts anliegt oder dieser Regler links steht wird zunächst mit *Index* von der Mittelstellung aus (kein Einfluß) die Modulationstiefe nach rechts drehend erhöht. Von der Mitte aus nach links gedreht wird erstmal nichts weiter passieren. An *Depth* können aber positive wie negative Spannungen anliegen, die entweder den Index-Wert weiter erhöhen oder verringern. Durch drehen des *Index*-Reglers nach links können nun hohe Modulationswerte am *Depth*-Regler abgeschnitten werden. Bei Modulationsspannungen von ± 3 V bzw. 6 Vpp am PM-Eingang (*Buchse 13*) wird mit dem *Index*-Regler 14 bei Rechtsanschlag oder (gleichbedeutend) mit einer Spannung von +5 V an *Buchse 9* (*Depth*-Regler 10 auf Rechtsanschlag) der maximale Phasenhub von 720° erreicht.

PM limit LED: Die LED beginnt langsam und etwas früher *grün* zu leuchten bevor die maximale positive Phasenverschiebung von +360° erreicht wird und wird *rot* bei Annäherung an die minimale Phasenverschiebung von -360°. Dabei wirken der Phi-Regler und die Modulationsspannung am PM-Eingang additiv, da beides die absolute Phasenlage beeinflusst.

Eine Gleichspannungsentkopplung ist für die PM nicht nötig, da Offsets nur die Phasenlage versetzen, was, wie oben erläutert, nichts macht. Die Polarität ist aber , wie oben am Sägezahnbeispiel erläutert, dennoch von Bedeutung. Darum gibt es den

Polarity-Schalter: Mit ihm kann das Modulationssignal am PM-Eingang invertiert werden (Stellung "180°") oder nicht (Stellung "0°").

9. THEORETISCHE BETRACHTUNGEN

Um den mathematischen Apparat, der hinter diesen Modulationsarten steckt, irgendwie entfernt zu verstehen ist etwas höhere Mathematik absolute Voraussetzung. Der kurz gefasste Abschnitt richtet sich also an totale Experten, dennoch sind die Ergebnisse allgemein verständlich formuliert.

9.1. Frequenzmodulation FM

Allgemein kann die Frequenzmodulation einer Sinusfunktion als Carrier wie folgt ausgedrückt werden.

$$FM(t) = A_0 \cdot \sin \left(\int_0^t [\omega_0 + m_{FM} \cdot \omega_0 \cdot M(\tau)] d\tau \right) \quad \text{Gl. 1}$$

$FM(t)$ ist das Modulationsergebnis, A_0 seine Amplitude, ω_0 ist die Grund**kreis**frequenz (oder Winkelfrequenz) des Oszillators. Diese ist $2\pi f_0$, mit f_0 der Oszillatorgrundfrequenz. Sie wird durch den **Bias** und der Scale gegeben. **$M(t)$** sei das auf ± 1 normierte Modulationssignal und der Multiplikator **m_{FM}** zunächst nur eine Zahl ≥ 0 , die die Frequenzmodulationstiefe bestimmt. Da die bloße Angabe einer festen Frequenz schon einen festen Ablauf der Phase impliziert, muss, wenn diese Frequenz nun zeitlich veränderlich sein soll, diese integriert werden, um den aktuellen Phasenzustand zu erhalten, anstatt einfach zu schreiben $\omega_0 \cdot t$. Der Ausdruck in der eckigen Klammer stellt nun so eine zeitveränderliche Frequenz dar und ist über die Zeit zu integrieren. Das Ergebnis, die runde Klammer, ist also der zeitliche *Phasenverlauf* von **$FM(t)$** . Zeitveränderliche Frequenz ganz allgemein bedeutet, um wie viel Grad pro Sekunde eine Phase voranschreitet, stehen bleibt oder auch rückwärts läuft. Und damit ist das Ergebnis auch nicht länger sinusförmig.

Nimmt man für $M(t)=\sin(\omega_m t + \varphi_F)$ eine Sinusfunktion, wie oben in den ganzen Beispielen, mit ω_m als die Modulations**kreis**frequenz und φ_F als irgendeine konstante Phase, dann wird

$$FM(t) = A_0 \cdot \sin \left(\int_0^t [\omega_0 + m_{FM} \cdot \omega_0 \cdot \sin(\omega_m \tau + \varphi_F)] d\tau \right) \quad Gl. 2$$

und das Integral berechnet ergibt

$$FM(t) = A_0 \cdot \sin \left(\omega_0 t - m_{FM} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_m} \cdot [\cos(\omega_m t + \varphi_F) - \cos(\varphi_F)] \right) \quad Gl. 3$$

Der Ausdruck in der äußeren runden Klammer ist nun die zeitabhängige Phase des Carrier bzw. FM(t).

9.2. Phasenmodulation PM

Die Phasenmodulation schreibt sich:

$$PM(t) = A_0 \cdot \sin(\omega_0 t + m_{PM} \cdot \Phi \cdot M(t) + \varphi_C) \quad Gl. 4$$

Weil M(t) jetzt direkt auf die Phase des Carrier Einfluß nimmt und nicht auf seine Frequenz, gibt es auch kein Integral mehr. $\Phi (= 2\pi)$ ist der halbe Wert des oben erwähnten Phasenraums des Phase-shifters. Der Multiplikator m_{PM} sei zunächst auch nur wieder eine Zahl ≥ 0 , die hier die Phasenmodulationstiefe bestimmt. Wieder mit $M(t) = \sin(\omega_m t + \varphi_P)$ wird

$$PM(t) = A_0 \cdot \sin\{\omega_0 t + m_{PM} \cdot \Phi \cdot \sin(\omega_m t + \varphi_P) + \varphi_C\} \quad Gl. 5$$

φ_F , φ_P , φ_C können jeweils so gewählt werden, dass die Ausdrücke für FM(t) und PM(t) formal gleich werden. Wählt man in unserem Beispiel $\varphi_F = \frac{\pi}{2}$ (90°) und $\varphi_P = \varphi_C = 0$ dann werden aus Gl.3 und Gl.5

$$FM(t) = A_0 \cdot \sin \left(\omega_0 t + m_{FM} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_m} \cdot \sin(\omega_m t) \right) \quad Gl. 3a$$

$$PM(t) = A_0 \cdot \sin(\omega_0 t + m_{PM} \cdot \Phi \cdot \sin(\omega_m t)) \quad Gl. 5a$$

Mit $m_{PM} \cdot \Phi := m_{FM} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_m}$ werden Gl.3a und Gl.5a identisch.

$m_{FM} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_m}$ in Gl.3a kann auch als Phasenmodulationsindex von FM(t) bezeichnet werden, weil dieser Wert angibt, um wieviel Grad die Phase des Carrier durch den Modulator hin-und hergeschoben wird. Und man sieht, dass dieser umgekehrt proportional zur Modulatorfrequenz ist, wird also zu kleiner werdenden Frequenzen hin größer und geht bei $\omega_m \rightarrow 0$ gegen unendlich.

Dann wird $\lim_{\omega_m \rightarrow 0} \left(m_{FM} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_m} \cdot \sin(\omega_m t) \right) = m_{FM} \cdot \omega_0 \cdot t$, was gerade einer Frequenzverschiebung mit dem Index m_{FM} durch eine konstante DC Gleichspannung entspricht. Der Phasenraum muss dafür die Unendlichkeit bereithalten.

Umgekehrt kann man jetzt auch den Frequenzmodulationsindex der PM berechnen. Denn durch das Bewegen der Phase ändert sich zwangsläufig auch die Frequenz. Dazu muss der Ausdruck in der runden Klammer von Gl.4, also die zeitabhängige *Phase*

$$\phi(t) = \omega_0 t + m_{PM} \cdot \Phi \cdot M(t) + \varphi_C \quad \text{Gl. 6}$$

nach der Zeit abgeleitet werden (Differentiation, umgekehrte Weg der Integration). $\omega_{PM}(t)$ sei diese momentane zeitveränderliche Frequenz von PM(t).

$$\omega_{PM}(t) = \frac{d\phi(t)}{dt} = \omega_0 + m_{PM} \cdot \Phi \cdot \frac{dM(t)}{dt} \quad \text{Gl. 7}$$

Und gemäß der obigen Beispiele wird mit $M(t) = \sin(\omega_m t + \varphi_P)$

$$\omega_{PM}(t) = \omega_0 + m_{PM} \cdot \Phi \cdot \omega_m \cdot \cos(\omega_m t + \varphi_P) \quad \text{Gl. 7a}$$

Für die momentane zeitveränderliche Frequenz $\omega_{FM}(t)$ von FM(t) braucht man nur den Term in der eckigen Klammer aus Gl.1 hinzuschreiben und gemäß unserer Beispiele wieder für $M(t) = \sin(\omega_m t + \varphi_F)$ zu wählen

$$\omega_{FM}(t) = \omega_0 + m_{FM} \cdot \omega_0 \cdot \sin(\omega_m t + \varphi_F) \quad \text{Gl. 8}$$

Ersetzt man die Modulatorfunktionen Cosinus und Sinus aus Gl.7a und Gl.8 durch den Betrag ihrer Maximalwerte ± 1 und bildet zwischen $\omega_{FM}(t)$ bzw.

$\omega_{PM}(t)$ und ω_0 die Differenz und normiert diese auf die Grundfrequenz ω_0 , ergeben sich schließlich die Frequenzmodulationsindizes **FI_{PM}** bzw. **FI_{FM}** . Zusammenfassend erhält man für die PM und für die FM jeweils einen Frequenzmodulations- (FI) und einen Phasenmodulationsindex (PI). PI kann direkt aus Gl.3a und Gl.5a entnommen werden.

Phasenmodulation:

$$PI_{PM} = m_{PM} \cdot \Phi, \quad 0 \leq m_{PM} \leq 1 \quad \text{Gl. 5.1}$$

$$FI_{PM} = \frac{\omega_{PM,max}}{\omega_0} - 1 = m_{PM} \cdot \Phi \cdot \frac{\omega_m}{\omega_0}, \quad 0 \leq m_{PM} \leq 1 \quad \text{Gl. 7.1}$$

Frequenzmodulation:

$$PI_{FM} = m_{FM} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_m}, \quad 0 \leq m_{FM} \leq 50 \quad \text{Gl. 3.1}$$

$$FI_{FM} = \frac{\omega_{FM,max}}{\omega_0} - 1 = m_{FM}, \quad 0 \leq m_{FM} \leq 50 \quad \text{Gl. 8.1}$$

Wie man sieht wächst **FI_{PM}** proportional mit der Modulationsfrequenz ω_m , während **FI_{FM}** frequenzunabhängig konstant ist. Dagegen sinkt **PI_{FM}** umgekehrt proportional mit der Modulationsfrequenz, während **PI_{PM}** frequenzunabhängig konstant ist.

Interessant ist, dass typische spektrale Eigenschaften, wie z.B. Auslöschungen bestimmter Frequenzen erhalten bleiben, solange nur der Phasenmodulationsindex (PI) konstant gehalten wird, und zwar unabhängig von der Modulationsfrequenz! Für die PM ist dieser Umstand gemäß **Gl.5.1** naturgemäß gegeben, während dazu gemäß **Gl.3.1** bei der FM **m_{FM}** stets an ω_m angepasst werden muss.

Es ist der Phasenraum, der mit der Modulation durchlaufen wird, der für die spektralen Eigenschaften verantwortlich ist. Auch nach meinem Hörempfinden erscheint die PM leichter und natürlicher als die FM, bei der man immer den Effekt einer Tiefpassfilterung zu höheren Frequenzen (Integral in **Gl.1**) hört. Genau dieser Umstand führt letztlich auch zu einer weicheren Klangästhetik der FM. Bei der PM gewinnen gegenüber der FM höhere Modulationsfrequenzen und auch Oberwellen im Modulationssignal mehr an

Einfluß, was einer Hochpassfilterung ähnelt. Demgegenüber werden also bei der FM langsame Änderungen (z.B. auch von Gleichspannungsmittelwerten) stärker hörbar (sehr großer Phasenraum). Daher wird man die FM aufgrund des menschlichen Hörempfindens (Psychoakustik) überwiegend als die dynamischere und stärkere Modulationsform wahrnehmen. Zum Glück aber für uns alle bietet dieser Oszillator beide Modulationsformen an.

Mathe konkret: Der halbe Phasenraum Φ dieses Oszillators ist 2π . Um hier mit der PM auf denselben oder größeren Frequenzmodulationsindex FI zukommen wie er hier mit der FM möglich ist, muss gemäß **Gl.7.1** und **Gl.8.1** gelten

$$m_{PM} \cdot \Phi \cdot \frac{\omega_m}{\omega_0} = m_{PM} \cdot 6,28 \cdot \frac{\omega_m}{\omega_0} \geq m_{FM}.$$

Bei diesem Oszillator ist maximal $m_{PM} = 1$ und $m_{FM} = 50$. Um diesen FI auch für die PM zu erreichen, muss $\frac{\omega_m}{\omega_0} \geq 8$ sein. D.h., die Phasenmodulationsfrequenz muss also mindestens 8 mal (3 Oktaven) größer sein als die Oszillatorgrundfrequenz. Zu noch größeren Verhältnissen $\frac{\omega_m}{\omega_0}$ hin wird F_{IPM} F_{IFM} sogar überwiegen.

Und umgekehrt kann man gemäß **Gl.5.1** und **Gl.3.1** finden, dass gelten muss

$$m_{PM} \cdot \Phi \leq m_{FM} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_m},$$

um zu ermitteln bis zu welcher Frequenz die FM den möglichen Phasenraum der PM durchlaufen oder überbieten kann. Umgeformt und wieder alle Zahlen für diesen Oszillator eingesetzt erhält man dann $\frac{\omega_m}{\omega_0} \leq 8$. Solange also die Frequenzmodulationsfrequenz höchstens 8 mal größer ist als die Oszillatorgrundfrequenz, wird der Phasenraum der FM genauso groß oder größer sein als derjenige der hier mit der PM möglich ist. Das ist die Kehrseite derselben Medaille!

Man könnte wohl noch unendlich vieles beleuchten, aber man kommt sehr bald nur noch mit computergestützten numerischen Verfahren weiter.

10. TECHNISCHE DATEN UND GRENZWERTE

10.1 Technische Daten (allgemein)

Eingangs- und Ausgangsbuchsen:	Monoklinke 3,5 mm
Eingangsbuchsen haben einen Schaltkontakt nach Masse (0 V)	
Betriebsspannung:	-12 V / +12 V (Verpolschutz)
Stromaufnahme:	typ. 120 mA (für jede Teilversorgung ± 12 V)
zulässige Umgebungstemperatur:	0 °C – +55 °C
Nettogewicht (nur Modul):	ca. 280 g
maximale Außenabmessungen (B x H x T):	24 TE (121,6 mm) x 128.5 mm x 33 mm
Einbautiefe (hinter der Fronplatte)	<30 mm

10.2 Signale und Grenzwerte

Maximale Eingangsspannung an allen Eingangs-Buchsen (): ± 15 V	
Oszillatorfrequenz (Omega):	0.001 Hz - 300 kHz
Oszillatorfrequenz (Phi) -3db:	30 kHz



CS-8 Series

Owners' Manual
Omega-Phi II

User manual by Carsten Schippmann
Graphic design CS-8 Series: Carsten Schippmann
Concept and development: Carsten Schippmann

English translation by Carsten Schippmann

Contact:

Schippmann electronic musical instruments
Dipl.-Ing. Carsten Schippmann
Wartburgstr. 8
D-10823 Berlin

Web: www.schippmann-music.com
Email: info@schippmann-music.com

The manufacturer *Schippmann electronic musical instruments* is constantly striving for improvements and developments of their products. Therefore, we reserve the right to change technical specifications which improve our products at any time without notice. This includes the look of the unit which might differ from pictures in this manual.

No part of this publication is to be reproduced, transmitted, transcribed or translated in any form or by any means whatsoever without written permission by *Schippmann electronic musical instruments*.

© 2016, Schippmann electronic musical instruments, errors excepted, subject to change without prior notice.

PREFACE

First of all, congratulations on the purchase of this 3U euro rack synthesizer module. This manual contains a condensed description of the functionality and addresses users with a certain level of elementary technical knowledge.

The improved **Thru-Zero²** $\omega - \frac{\delta\varphi}{\delta t}$ **high performance VCO Omega-Phi II** of the CS-8 series is a so-called *thru zero* oscillator to the power of 2.

The improvements concerning especially the precision around the mathematical mapping of the linear (Thru-zero)-frequency modulation. For that diverse circuits have been exchanged, improved or added.

Oscillators of this type are able to process negative control voltages resulting in a reversal of their curve.

With that technical difference, for **thru-zero** oscillators are arising very significant properties. In comparison to ordinary oscillators the harmonic relationships will kept constant independently of the modulation depth (index), wherefore true Fm synthesis is possible with this type of oscillators (provided that they bring the required technical qualities with it).

The ultimate feature of the **Omega-Phi II**, moreover, is the capability of an additional true **phase-modulation** section. It is connected downstream to the oscillator core and the sound is very similar to the sound aesthetic of the frequency modulation. The downstream architecture provides lots and mighty possibilities of sound synthesis. E.g. it is possible to create PM sounds (Phi section) and having at the same time clean standard waves at the core outputs (Omega section) for other kinds of synthesis. Also modulation cascades are possible, where a first modulator creates FM synthesis and a second one a phase modulation of the FM result. The possibilities are beyond the constraints of this manual.

Moreover, there exists a number of **synchronization** possibilities, interesting intermediate states (between "Thru zero" and "normal"), for each of the both sections (Omega & Phi) a by one octave decimated sub frequency wave and apart from PWM a mighty saw-tooth wave-shaping with 1-2 octaves-up effect and an absolute super round sine-wave.

The frequency range can be selected very quickly and reliable by a 4-pole rotary switch and a toggle switch over seven octaves and can be varied from there continuously by ± 1 octave, as well as ± 100 cents. The finally frequency range reaches from a couple of hundred seconds to umpteen kilohertz.

The oscillator has, thanks of absolute high-tech-components, a very high octave linearity, finest temperature stability and because of its extremely low phase-noise (jitter) an extraordinary pure sound and powerful potential.

Design and implementation meet highest technical standards concerning usability, sound quality, and electromagnetic immunity. The entire design and production work was done in Germany. Have fun!

Made in Germany

1. WARRANTY	5
1.1 Limited Warranty	5
1.2 Terms of Warranty	5
1.3 Warranty transferability	5
1.4 Claim for damages	5
2. CE AND FCC COMPLIANCE STATEMENTS	6
3. DISPOSAL	6
4. SAFETY INSTRUCTIONS	7
5. MAINTAINANCE/ CLEANING	8
6. GETTING STARTET	8
6.1 Unpacking	8
6.2 Installation	8
7. CONTROLS	9
7.1 Front panel	9
7.2 Backside	12
7.3 Initial operation	14
8.1. Layout and functions	15
8.2. The e-function-generator	16
8.3. The VCO core and its wave-shapes	17
8.4. The linear frequency modulation FM	19
8.4.1. The FM VCA	22
8.5. The synchronization section	23
8.6. The phase modulation PM	25
8.6.1. The PM VCA	27
9. THEORETICAL PRINCIPLES	28
9.1. Frequency modulation FM	29
9.2. Phase modulation PM	30
10. TECHNICAL SPECIFICATIONS AND RATINGS	34
10.1 Specifications (generally)	34
10.2 Signals and ratings	34

1. WARRANTY

1.1 Limited Warranty

Schippmann electronic musical instruments warrants the mechanical and electronic components of this product for a period of two (2) years from the original date of purchase, according to the warranty regulations described below. If the product exhibits any faults within the specified warranty period that are not excluded from this warranty, *Schippmann electronic musical instruments* shall, at its discretion, either replace or repair the product. This warranty exists in addition to the general terms of business of the manufacturer *Schippmann electronic musical instruments*.

1.2 Terms of Warranty

Schippmann electronic musical instruments reserves the right to execute warranty services only if the product comes with a copy of the dealer's original invoice. Final discretion of warranty coverage lies solely with *Schippmann electronic musical instruments*. Any *Schippmann electronic musical instruments* product deemed eligible for repair or replacement under the terms of this warranty will be repaired or replaced within 30 days after receiving the product at *Schippmann electronic musical instruments*. Damages or defects caused by improper handling or opening of the unit by unauthorized personnel (user included) are not covered by this warranty. Products which do not meet the terms of this warranty will be repaired exclusively at the buyer's expense and returned C.O.D. with an invoice for labour, materials, return shipping, and insurance. Products repaired under warranty will be returned with shipping prepaid by *Schippmann electronic musical instruments*. **Outside Germany, products will be returned at the buyer's expense.**

1.3 Warranty transferability

This warranty is extended to the original purchaser and cannot be transferred. No other person (retail dealer, etc) shall be entitled to give any warranty promise on behalf of *Schippmann electronic musical instruments*.

1.4 Claim for damages

Schippmann electronic musical instruments does not accept claims for damages of any kind, especially consequential loss or damage, direct or indirect of any kind however caused. Liability is limited to the value of this product. The general terms of business drawn up by *Schippmann electronic musical instruments* apply at all times.

Please note: The controls, switches and jacks, especially the **Tune** or **Index** controls are programming facilities, **no real-time controllers!** We are not liable for attrited or corroded potentiometers, jacks and switches.

2. CE AND FCC COMPLIANCE STATEMENTS

This device has been tested and deemed to comply with the **DIN EN 60065** standards.

This device has been tested and deemed to comply with the requirements, listed in FCC Regulations, part 15. The device complies with **EN 55103-1** and **EN 55103-2** standards.

Because of the entirely analogue construction, this device does not generate radio frequencies and will not interfere with radio frequencies generated by other electronic devices.

3. DISPOSAL

This device has been manufactured to RoHS-standards, in compliance with the requirements of the European parliament and council and is thus free of lead, mercury, and cadmium.

!! Notice: This product is still special waste and is not to be disposed of through regular household waste !!

For disposal, please contact your local dealer or *Schippmann electronic musical instruments*

4. SAFETY INSTRUCTIONS

BEFORE USING THIS PRODUCT FOR THE FIRST TIME, PLEASE READ THE ENTIRE USER MANUAL THOROUGHLY.

- PLEASE AVOID SHARP BENDING OF ANY CORDS AND CABLES.
- CORDS SHOULD NOT BE INSTALLED WITHIN THE REACH OF CHILDREN OR PETS.
- DO NOT TREAD THE ENCLOSURE OF THE PRODUCT, DO NOT PLACE HEAVY OBJECTS ON IT.
- BEFORE REMOVING THE PRODUCT FROM THE RACK, PLEASE DISCONNECT THE POWER PLUG AND ALL OTHER CABLE CONNECTIONS.
- PLEASE DISCONNECT THE POWER PLUG FROM THE OUTLET IN CASE OF A THUNDERSTORM.
- NEVER OPEN THE ENCLOSURE OF THE PRODUCT! NEVER TRY TO MODIFY THE INTERNAL CIRCUITRY! ONLY QUALIFIED SERVICE PERSONNEL IS ALLOWED TO OPEN THE ENCLOSURE.
- DO NOT PLACE OPEN FIRE ON TOP OF THE PRODUCT (CANDLES, ASH TRAYS, HOT THAI CURRIES ETC).
- NEVER EXPOSE THE PRODUCT TO WATER, BEER, OR MOISTURE.
- ADULTS ARE TO MAKE SURE THAT CHILDREN FOLLOW ALL SAFETY INSTRUCTIONS. SAME THING GOES FOR PETS.
- AVOID MECHANICAL STRESS OR IMPACT. DO NOT DROP THE PRODUCT; EVEN IF THERE IS A CONTROL LABELLED "DROP!".
- DO NOT USE THE PRODUCT WITH TOO MANY OTHER ELECTRONIC DEVICES RUNNING FROM ONE SINGLE OUTLET, ESPECIALLY IN CONNECTION WITH EXTENSION CORDS. DO NOT ATTEMPT TO SAVE MONEY ON CHEAP SOLUTIONS. BUY PROPER HIGH-DUTY POWER DISTRIBUTORS AND CORDS!
- NEVER USE EXTENSION CORDS WITH LESS MAXIMUM LOAD THAN THE TOTAL POWER CONSUMPTION OF ALL DEVICES CONNECTED TO A SINGLE POWER OUTLET COMBINED. OVERLOADING EXTENSION CORDS CAN CAUSE FIRE.
- ***AVOID MECHANICAL STRESS ON SOCKETS AND KNOBS / SWITCHES.***
- ***PROTECT YOUR SPEAKERS AND EARS (!) AGAINST EXCESSIVE AUDIO LEVELS. THE CS-8 PHS-28 UNIT IS CAPABLE OF GENERATING EXTREMELY LOW AS WELL AS EXTREMELY HIGH FREQUENCIES. BOTH***

MIGHT CAUSE SERIOUS DAMAGE TO AUDIO EQUIPMENT AND EAR-DRUMS!

5. MAINTAINANCE/ CLEANING

- BEFORE CLEANING THE PRODUCT, PLEASE DISCONNECT THE POWER PLUG FROM THE OUTLET OR DISCONNECT THE MODULE FROM ITS POWER CONNECTOR BY PULLING THE FLAT RIBBON CABLE.
- USE A DRY OR SLIGHTLY MOIST CLOTH OR COMPRESSED AIR FOR CLEANING. NEVER USE ANY CLEANER OR THINNER (E.G. PAINT THINNER OR ACETON). PRINTS AND PAINTWORK WILL IMMEDIATELY BE DESTROYED!! ALSO AVOID ALCOHOL (ISOPROPYLIC), GAS, SPIRITS (SCOTCH SINGLE MALTS, FOR A START) OR ABRASIVE HOUSEHOLD CLEANERS!

6. GETTING STARTET

6.1 Unpacking

The box should contain the following items:

- 1 x CS-8 Series VCO Omega-Phi 3HE rack-mount module
- 1 x Ribbon cable (20 cm length with two 16 pole IDC-connectors)
- 4 x M3 screws
- 4 x polypropylene washers
- This owners' manual

If the content of the box turns out to be incomplete, please get in touch with your dealer or *Schippmann electronic musical instruments* immediately. In case of damage caused in transit, please get back to the responsible carrier and *Schippmann electronic musical instruments* immediately. We will support you in this case.

6.2 Installation

Place the unit on a clean, dry and sturdy surface, or use a suitable keyboard stand or 19" rack. For 19" rack mounting, a suitable rack (3U Eurorack with +/- 12V power supply rails) is required. The Omega-Phi uses discrete all-analogue

1. **Depth** control – attenuates the modulation signal at *jack 2* between 0 and 1
2. **Modulation input** (envelope symbol) jack – channels the applied signal via *Depth control 1* to the control input of the FM-Index-VCA
3. **Coupling** 2-pos. toggle switch – selects for the FM-modulation signal at *jack 4* the coupling AC (alternating voltage) or DC (direct current)
4. **FM** jack (input) – channels the applied signal to the signal input of the FM-Index-VCA
5. **FM pol** 2-colour-LED – displays the current working range of the core VCO; "green" -> positive frequency range, "red" -> negative frequency range
- 5a. **FM limit** 2-colour-LED – displays the convergency of the maximum frequency modulation index; "green" -> positive voltages, "red" -> negative voltages
6. **Index** control – adjusts the modulation depth of the FM input signal (*jack 4*) at the control input of the FM-Index-VCA
7. **Scale** 3-pos. toggle switch – determines the base frequency (without applied external control voltages) of the VCO
8. **Scale** 4-pole rotary switch – determines the base frequency (without applied external control voltages) of the VCO
9. **Modulation input** (envelope symbol) jack – channels the applied signal via *Depth control 10* to the control input of the PM-Index-VCA
10. **Depth** control – attenuates the modulation signal at *jack 9* between 0 and 1
11. **Polarity** 2-pos. toggle switch – selects the polarity of the PM-modulation input signal at *jack 13* (non-inverted or inverted)
12. **Phi limit** 2-colour-LED – displays the maximum/minimum border of the possible phase-shift; "green" -> positive phase border, "red" -> negative phase border
13. **PM** jack (input) – channels the applied signal to the signal input of the PM-Index-VCA
14. **Index** control – adjusts the modulation depth of the PM input signal (*jack 13*) at the control input of the PM-Index-VCA
15. **Tune** control – detunes the frequency, set by scale, by another ± 1 octave
16. **PW** control – adjusts the duty-cycle of the variable rectangle signal at *jack 35*
17. **Shape** control – displaces the progress of the saw-tooth curve at *jack 28* related to the triangle signal (*jack 30*) at its corner-(reverting)points

18. **Saw** 2-pos. toggle switch – selects rising or falling saw-tooth output and activates *jack 31* (position "dwn/act") at the same time
19. **Fine** control – detunes the frequency, set by scale, by another ± 100 cent
20. **Depth** control – acts on the duty cycle of the pulse output (*jack 35*); attenuates the signal at the PWM input at *jack 33* between 0 and 1
21. **Depth** control – acts on the saw-tooth displacement; attenuates the signal at the Shape input at *jack 29* between 0 and 1
22. **Phi** control – adjusts the phase (Phi) of all Phi-outputs (*jacks 38, 40, 42, 45*) related to the Omega-outputs (*jacks 28, 30, 32, 34, 35*) between $\pm 360^\circ$
23. **Value** control – determines the setting-voltage (± 4 V) of the triangle, when a Sync trigger at *jack 27* occurs
24. **Bias** 2-pos. toggle switch – switches on an internal bias voltage at the linear-FM-input to generate a basic frequency ("Norm") or off ("None") (oscillator doesn't oscillate anymore without voltage at the FM-input)
25. **T-Zero** 2-pos. toggle switch – turns on the Thru Zero capability (phase reverse) ("On") or off ("Off")
26. **Rectifier** 2-pos. toggle switch – determines the method of rectifying at the FM-linear input, full-wave ("Full") or half-wave for only positive input voltages ("Half (pos)") - this is a special function due to the applied thru zero architecture
27. **Set** jack (input) – synchronization input sets the triangles output value to the voltage value (adjusted with *Value control 23*) by passing the trigger threshold (+3 V) (hard sync)
28. **Saw (Symbol)** jack (output) – saw-tooth of the VCO core (Omega), 4 - 8 Vpp
29. **Shape** jack (input) – CV-input, attenuated by *control 17*, displaces the saw-tooth curve
30. **Triangle (Symbol)** jack (output) – Triangle output of the VCO core (Omega), 8 Vpp
31. **Ramp** jack (digital-input) – only active in position "dwn/act" of the *switch 18*, 0 V = saw-tooth rising, > +3 V (or floating input) = saw-tooth falling
32. **Sinus (Symbol)** jack (output) – Sine-wave output of the VCO core (Omega), 8 Vpp
33. **PWM** jack (input) – CV-input, attenuated by *control 20*, varies the duty-cycle at *jack 35*
34. **Sub Rectangle (Symbol)** jack (output) – 50%-rectangle output decremented by one octave, 10 Vpp
35. **Pulse (Symbol)** jack (output) – rectangle output with variable duty cycle of the VCO core (Omega), 10 Vpp

36. **1V/Oct.** jack (input) – CV-input for calibrated exponential control of the oscillator frequency (Omega & Phi) with a sensitivity of one octave per Volt
37. **0.5V/Oct. (non-cal.)** jack (input) – CV-input for non-calibrated exponential control of the oscillator frequency (Omega & Phi) with a sensitivity of two octaves per Volt
38. **Saw (Symbol)** jack (output) – saw-tooth of the Phase section (Phi), 8 Vpp
39. **Zero Crs** jack (output) – Output of the zero-cross-detector of the FM-linear input, +5 V -> positive total control voltage, 0 V -> negative total control voltage
40. **Triangle (Symbol)** jack (output) – Triangle output of the phase section (Phi), 8 Vpp
41. **Up** jack (input) – Synchronization input sets the triangles direction to rising up by passing a trigger threshold (+3 V) (soft sync)
42. **Sinus (Symbol)** jack (output) – sine-wave output of the phase section (Phi), 8 Vpp
43. **Down** jack (input) – Synchronization input sets the triangles direction to fall down by passing a trigger threshold (+3 V) (soft sync)
44. **Reverse** jack (input) – Synchronization input sets the triangles direction to its current opposite direction (reverse) by passing a trigger threshold (+3 V) (soft sync)
45. **Sub Rectangle (Symbol)** jack (output) – 50%-rectangle output (Phi section) decremented by one octave, 10 Vpp

7.2 Backside

Fig. 2 shows the back of the module with consecutively numbered elements.

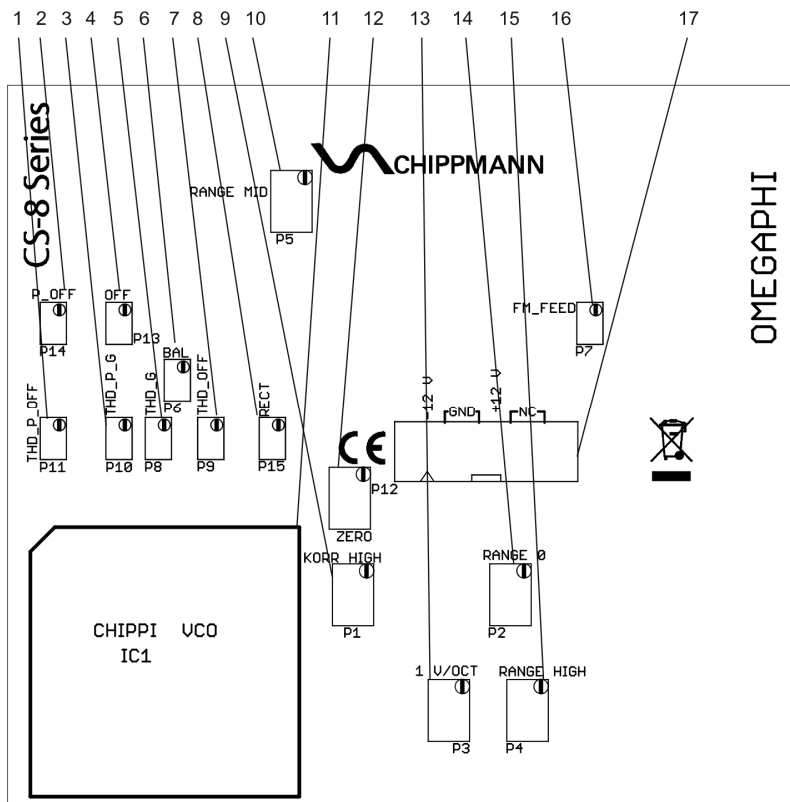


Fig. 2 back side of the module

1. **THD OFF P 12-gauge-trimmer P11** – THD-calibration of sinus' (Phi-Output)
2. **P_OFF 12-gauge-trimmer P14** – DC-offset of sinus' (Phi-Output)
3. **THD G P 12-gauge-trimmer P10** – THD-calibration of sinus' (Phi-Output)
4. **OFF 12-gauge-trimmer P13** – DC-offset of sinus' (Omega-Output)
5. **THD G 12-gauge-trimmer P8** – THD-calibration of sinus' (Omega-Output)
6. **BAL 12-gauge-trimmer P6** – calibration of triangle-symmetry of the oscillator core

7. **THD OFF** 12-gauge-trimmer **P9** – THD-calibration of sinus' (Omega-Output)
8. **RECT** 12-gauge-trimmer **P15** –calibration of the precision rectifier
9. **KORR HIGH** 25-gauge-trimmer **P1** – calibration of gain error of the e-generator at 7.04 kHz
10. **RANGE MID** 25-gauge-trimmer **P5** – calibration of the standard A (440 Hz)
11. **IC 1** - pinned VCO module
12. **ZERO** 25-gauge-trimmer **P12** – calibration to 0 Hz at Bias = Zero & exp. frequency = 20 kHz
13. **1 V/ OCT** 25-gauge-trimmer **P3** – calibration of the scale at *jack 36* to 1 Volt/octave
14. **RANGE 0** 25-gauge-trimmer **P2** – calibration of the lower basic frequency (55 Hz)
15. **RANGE HIGH** 25-gauge-trimmer **P4** – calibration of the upper frequency (7040 Hz, upper row)
16. **FM Feed** 12-gauge-trimmer **P7** – feed-through calibration of the frequency modulation-VCA
17. **16 Pin power supply-box header**

7.3 Initial operation

The power connector's (17) pin-out in top view (refer to fig. 2) is assigned as follows:

Bottom to top, left to right. Thus pin 1 is located at bottom left, pin 2 above pin 1 etc. Pin 15 is at bottom right, pin 16 at top right.

Pin 1, 2 = -12 V (labeled with a triangle)

Pin 3-8 = GND (regarding ground, 0 V), located outward on all jacks

Pin 9, 10 = +12 V

Pin 11-16 = not connected

To hook up power to the module, connect one of the IDC-connector of the included flat ribbon cable to the box header (refer to fig. 2). Observe guide key for the polarity of the connector in order to avoid pin reversal. The red tag of the cable is to match the triangle-label.

8. MODULE DESCRIPTION

8.1. Layout and functions

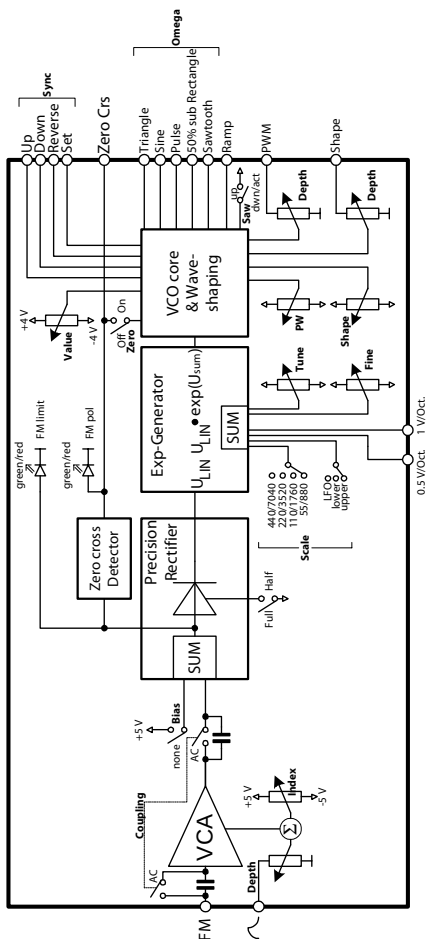


Fig. 3a Structure of the VCO core

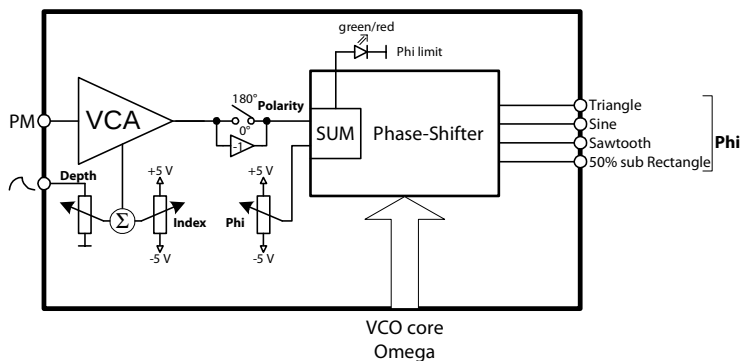


Fig. 3b Structure of the phase-shifting section

Fig. 3a and 3b showing the complete structure of the oscillator. Now, step by step all parts of it will be described in the following chapters.

8.2. The e-function-generator

An e-function-generator (Exp-Generator, Fig. 3a) is mostly part of every music VCO. They have a linear input and the exponential input. The linear one is scaled Hertz/Volt and the exponential one in octaves/Volt or decades/Volt. Generally, for resulting voltage output U_C one obtain the mathematical expression: $U_C = U_{lin} \cdot e^{\alpha \cdot U_{sum}}$, where α is an exponential scaling-factor and U_{sum} the total input voltage at the exponential input (following called e-input) and it is the result of the following parts.

Scale-switches: The 3-position toggle switch (*upper, lower, LFO*) determines the range of the 4-position-rotary switch. In position "lower" the lower row of frequencies of the rotary switch will be output by the VCO core in steps of octaves 55 Hz, 110 Hz, 220 Hz and 440 Hz. In position "upper" it is the upper row, 1760 Hz, 3520 Hz and 7040 Hz. In position "LFO" the oscillators frequency at "55 Hz"-position of the rotary switch and at full CCW (counter clockwise) of the *Tune*-controller is about 0.08 Hz.

Tune: The normal position of this controller is the middle. In the positions "upper" and "lower" it decrements/increments (left/right) the oscillators'

frequency by ± 1 octave (a bit more). In position "LFO" it has a much wider range. In position "55 Hz" the frequency ranges (from left to right) from about 0.08 Hz to 12 Hz, that's a factor of 150 and equals 7.2 octaves. The rotary switch still octaves the frequencies. So, in position "440 Hz" *Tune* ranges from 0.64 Hz to about 100Hz. Fine, so far.

Fine: This controller was intended for finest frequency corrections and definite beats. Normal position is the middle and it detunes the frequency once again by ± 100 cent (a bit more). 100 cent equals a semitone step at the equally-temperate scale.

1 V/Oct-jack: An external voltage at that jack increments (or decrements) the current oscillator frequency with a sensitivity of one octave (x2) per +Volt, resp. ($\div 2$) per -Volt (negative voltages). This input is calibrated.

0.5 V/Oct-jack: An external voltage at that jack increments (or decrements) the current oscillator frequency with a sensitivity of two octaves (x4) per +Volt, resp. ($\div 4$) per -Volt (negative voltages). This input is **not** calibrated, i.e. this scale is tolerant with some percent and different from VCO to VCO.

Each of these influence quantities at the e-input operates by a frequency multiplication not by summing!

8.3. The VCO core and its wave-shapes

The VCO output its frequency as different waveforms, which are sinus, triangle, saw-tooth, variable rectangle and a 50% rectangle with **half** frequency (one octave down). Fig. 4 shows these functions and there phase relations e.g. as voltage versus time.

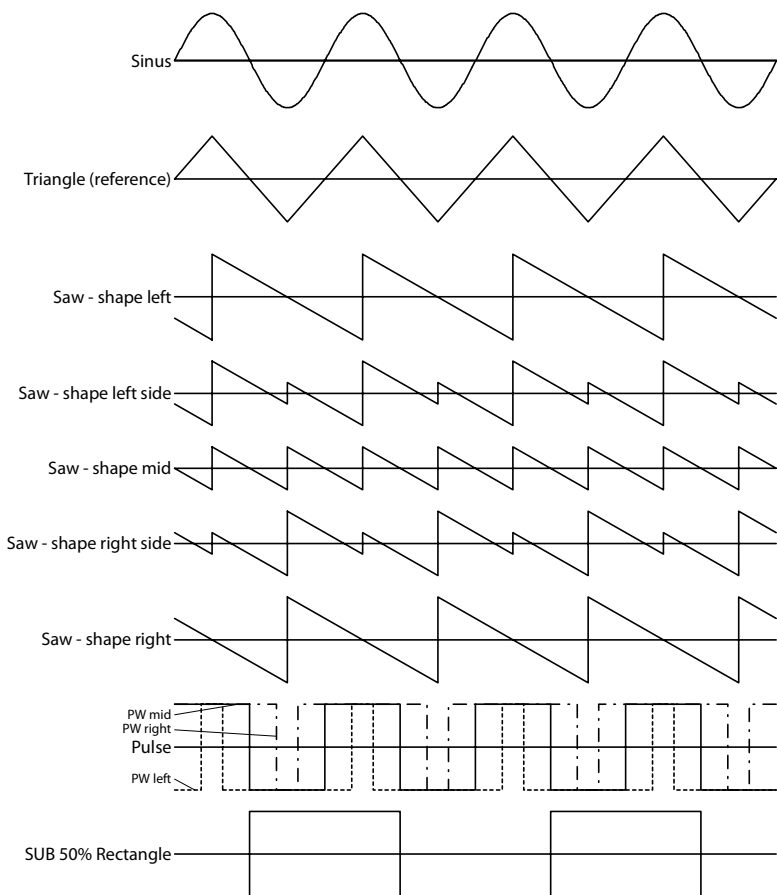


Fig. 4 The waveforms of the VCO core (Omega-outputs)

The triangle is the reference for all other waveforms.

PW/PWM/Depth: The controller *PW* determines as shown in the graph the duty-cycle from 0% (full CCW) to 100% (full clockwise, CW) of the pulse wave.

For *Depth* at full CW a voltage range of 2 V at the *PWM* input jack controls the total range of this parameter.

Shape/Shape/Depth: The *Shape*-controller breaks the saw-tooth wave during passing through at a further point. The graphs illustrate how. In the middle position one obtain a saw-tooth with double frequency and half amplitude (4 V_{peak-to-peak} instead of 8 V_{pp}). Both in full CCW and full CW position one obtain a full saw-tooth wave displaced by a half triangle wave (180°) (that's not the same as inverting!). The *Depth*-controller in full CW voltage range of 5 V at the *Shape* jack controls totally this parameter.

Ramp-jack/Saw-switch: The *Saw*-switch selects for the saw-tooth output the direction either rising (position "up") or falling (position "dwn/act") for both Omega section and Phi section. In position "dwn/act" the jack *Ramp* is activated. A voltage of >+3 V or floating input means "falling" and 0V "rising". Because this function equals a multiplication with ± 1 , one obtain a semi-analogue/semi-digital **ring modulator**!

8.4. The linear frequency modulation FM

In Abb. 3a above the U_{Lin}-input of the e-generator, which finally is fed with the FM voltages, goes to the output of the **precision rectifier**.

To imagine, generally, how FM works and how a carrier waveform becomes influenced by modulation, some explanations based on graphs will follow. Fig. 5a (top) shows the non-modulated sine wave (carrier) of the oscillator, the next graph below shows the rectifier output (modulator); this curve modulates now the carrier at the U_{Lin}-input of the e-generator. The modulator is a cosine-curve with same frequency as the carrier to obtain more intuitive wave shapes, because the FM-result depends on the phase relationships of carrier and modulator. The modulation amplitude was chosen, that the minimum at the rectifier output becomes exactly zero. So, the modulation index is 1, which means that the magnitude of the modulator is as large as the bias and the middle graph is normalized to the bias.

Bias: With that switch the bias can be switched on (position "Norm") or off (position "None"). If it is switched off the oscillator will stop oscillate without any voltage at the FM input, regardless of the scale setting and any other control voltages at the e-input. So, the position "Norm" is very important for

the normal mode. In position "None" the oscillator will track with the modulator.

The lower graph shows the modulation result. At that points, where the rectifier output is zero (vertical dotted line), the oscillator stops for this moment, because the oscillators' frequency is zero. Exactly up to here every ordinary oscillator with linear FM-input can process this, too.

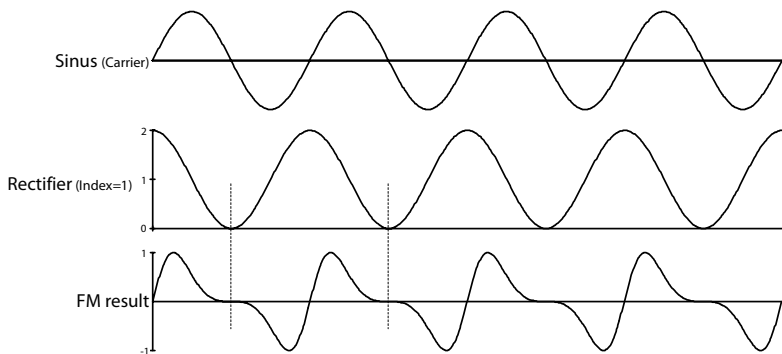


Fig. 5a FM with index=1

Fig. 5b shows under the same preconditions as above for carrier and modulator the results for index =2. I.e., the modulation magnitude is twice as high as the bias. For the wave of the modulator the rectifiers' output would reach the values +3 (normalized graph) and -1. Because the oscillator doesn't "understand" negative voltages at its U_{Lin} -input, the **full-wave-rectifier** reconstruct the values +3 and +1 (upper graph). For a correct processing, the oscillator core receives the sign from the **zero-cross-detector** (s. Fig. 3a). With every change of the sign the oscillator will change its phase direction. This is also true for saw-tooth waves; they fall or rise depending on the detector sign. A negative sign means a reversed phase direction.

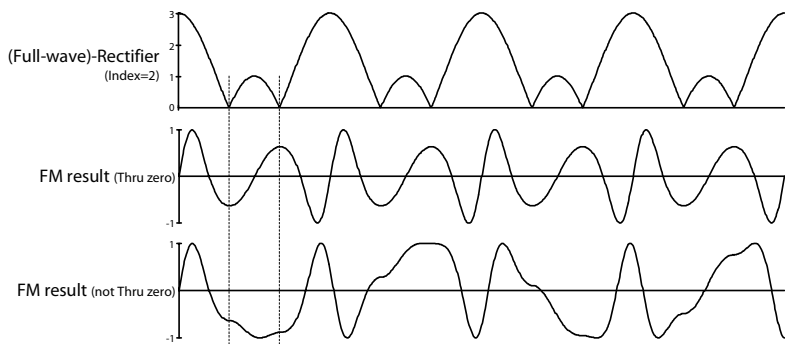


Fig. 5b FM with index=2

The middle graph shows the FM result with thru zero technique, whereas the lower indeed gets the rectifiers output but no more the detector sign information, which means a solely positive interpretation. It is evident that the result is no longer periodic and hence not harmonic. This comes because with the start of the rectifying process an average voltage value is obtained, which shifts the basic oscillator frequency. With a continuously increasing modulation amplitude, single harmonic frequencies will appear again and again. Moreover, one can see that only in thru zero operation an oscillator direction change occurs before reaching the value minimum/maximum. For switching "on" or "off" the thru zero mode there is the

T-Zero-switch: Thru zero operation in position "On" and not in position "Off". I.e., the information of the **zero-cross-detector** for the oscillator core is active or not. The information about the rectifier input sign will be displayed by the

FM pol LED: *Green* for positive voltages at the rectifier input (this is still possible with negative FM-inputs, if the bias is active!) and *red* for negative values.

Zero Crs-jack: Moreover the output of the **zero-cross-detector** is applied at this jack. 0 V for negative, +5 V for positive. This signal is suitable for exotic synchronizations! This output is also active when the Zero-switch is "off".

Fig. 5c shows the case for half-wave rectifying mode.

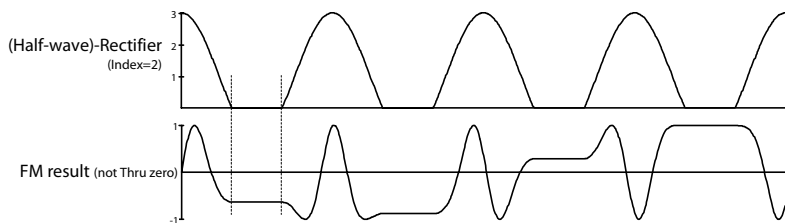


Fig. 5c FM with index=2 and half-wave rectifying

This is the mode of every ordinary oscillator. When the input voltage at the U_{Lin} -input becomes zero or lower, nothing more will happen; the oscillator stops. And it's also evident that the result is not periodic for the same reason as described above.

Rect-switch: This switch determines the mode of the rectifier. In position "Full" it works as shown in Fig. 5b and in position "Half" as in Fig. 5c.

8.4.1. The FM VCA

Fig. 3a above shows, that the rectifier is fed with the bias and a further external modulation input signal. This modulation signal will be applied at the

FM-jack: It channels the input unabated to an VCA-input. These input voltages shouldn't exceed ± 15 V, if linear working of the VCA is wished.

Index/Depth-controller: The *Depth*-controller attenuates the modulation signal at *jack 2* (envelope symbol) between 0 and 1. This signal will be added to the value of the *Index*-controller. In case that no signal is applied at *Depth* or it's in full CCW position, initially turning *Index* from the middle position (no effect) to full CW will increase the modulation depth. Turning *Index* from the middle to full CCW, nothing more will happen. At *Depth* positive as negative voltages can be applied, which either increases or decreases the index value. By turning the *Index*-controller to the left, positive modulation voltages at the *Depth*-controller can be cut so. The maximum modulation index is 50.

Coupling-switch: This switch selects the mode of coupling of the VCA-FM-input to the rectifier. In position "AC" (capacitive decoupled) only alternating voltages with frequencies higher than 10 Hz will be processed. This mode is generally recommended when DC-offsets of the modulation input signal and at the VCA output, which will unavoidable detune the oscillator basic frequency and thus cause disharmonies are to filtered out entirely. In position "DC" direct current voltages can be processed.

Note: The 50% sub rectangle outputs of the Omega- and Phi section will be in phase after switching on the oscillator. After FM or PM they could oscillate in anti-phase, which is not avoidable. The probability is 50/50.

8.5. The synchronization section

The principle of operation of the different synchronization modes are shown exemplarily for triangle and saw-tooth waves. Any of the overall 4 Sync input jacks needs a minimum positive voltage of +3 Volt to trigger its function. These inputs are equipped with an upper and a lower threshold, so, they are able to process any wave shapes, which could slowly approach the trigger threshold (+3 V). After triggering by exceeding the upper threshold the signal has to fall below the lower threshold (+1 V) before another trigger can occur (hysteresis). To make it easier in the following graphs the syncs appears as unit step functions. The designations "Up", "Down" and "Reverse" are related to the curve direction of the triangle wave. The saw-tooth is derived from the triangle and so it could lead to very different shapes; with these sync-functions it's not possible to reverse the saw-tooth's direction! This is only possible for negative voltages at the FM input in thru zero mode or with the Ramp/Saw-function (s. above).

Sync Up/Down-jacks: Fig. 6a illustrates, that "Up" and "Down" triggers will only change the curve direction, if the trigger occurs at a time when the triangle has currently the inverse direction, otherwise nothing special will happen.

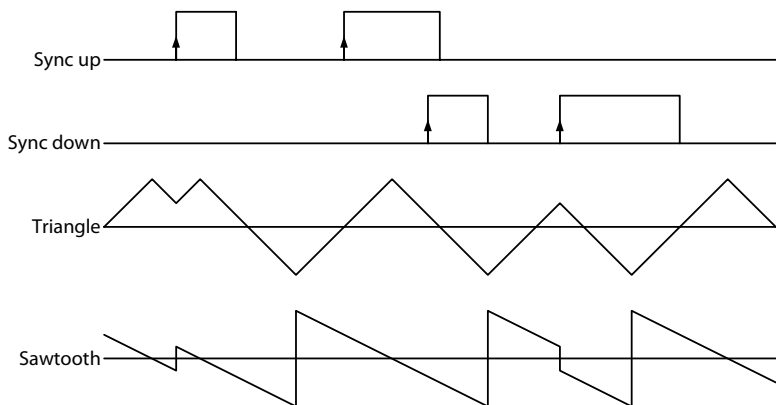


Fig. 6a Synchronization Up and Down

Sync Reverse/Set-jacks: "Reverse" means that with every trigger the current curve direction will be reversed. The "Set"-function is commonly known as hard-sync. A trigger at the *Set*-jack sets the triangle immediately to that value adjusted with the

Value-controller: It can be set to all positive or negative values (± 4 V) the triangle can attain. The currently direction will not be influenced however. The triangle will continue its direction, even when set back just before reaching an extremum. But, combining of "Set" and e.g. "Up" is useful to force the triangle to definite values an slopes, this is the classical hard-sync. Fig. 6b illustrates the Set function for 0 V of the *Value*-controller in combination with "Reverse".

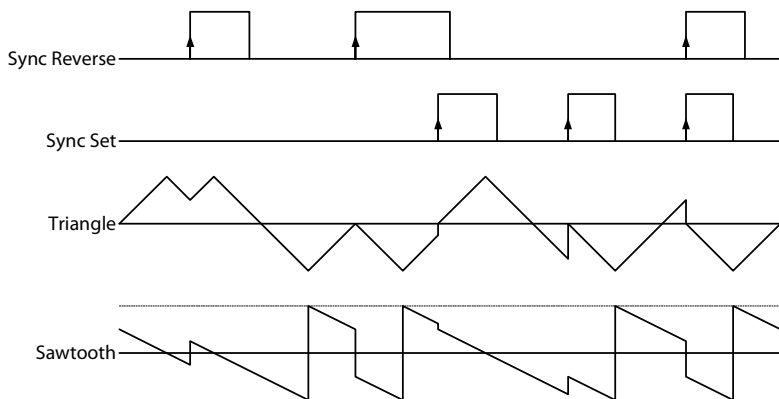


Fig. 6b Synchronization Reverse and Set

8.6. The phase modulation PM

The phase-shifter shown in Fig. 3b above is connected downstream to the oscillator core. Everything what will be processed here will have **NO** reaction to the oscillator core. The sound aesthetic and the spectrums are very similar to FM. However, there are existing clear differences. First of all the similarities and even identities. Considering solely sine-wave functions and a system of two oscillators (carrier and modulator) then theoretically there is nothing which could be done with FM which cannot also be done with PM. So, that what is shown in Fig. 5a above is also possible with PM as shown in Fig. 7a. To obtain the same wave shape, only the phasing between carrier and modulator has to be chosen differently. The modulator now is sine, not cosine. The results for the indices 1 and 6 are shown.

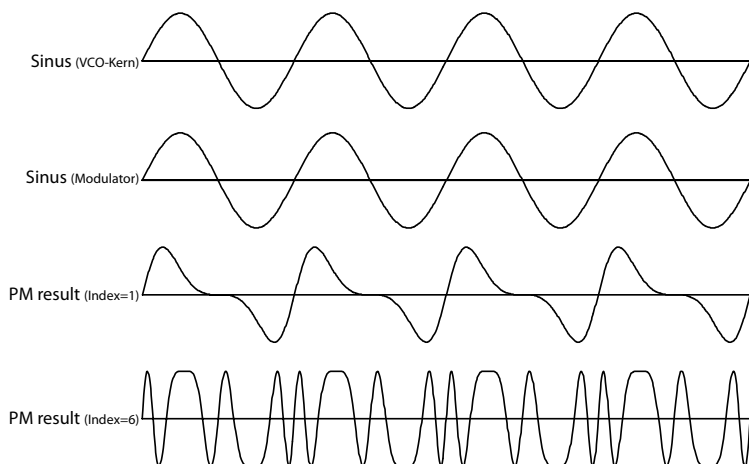


Fig. 7a PM with Index 1 and 6

A limit of the Phase-shifter is its phase shifting range. This is $\pm 360^\circ$ ($\pm 2\pi$ radian measure).

Phi-output jacks: The phase of the Phi-waveforms saw-tooth, triangle and sine can be shifted referred to the VCO core (Omega-outputs) by maximum $\Phi = \pm 360^\circ$ ($\pm 2\pi$ radian measure). Thus, the 50% sub-rectangle with the **half** frequency will be shifted by $\pm 180^\circ$ ($\pm \pi$ radian measure).

Phi-controller: It sets this phasing Φ to a fixed value. The phasing of the waves by itself has no effect of their sound and spectrum. Only **changes** of the phase causes real frequency shifts at the Phase-shifter output.

This fact is one of the big differences to the FM. And this finally means that the modulation index goes proportional to the modulation frequency without any limit. So, the index is **not** a constant as for the FM. Fig. 7b shows the PM result for the as twice higher modulation frequency without doubling the index as it would be necessary for the FM to get the same result.

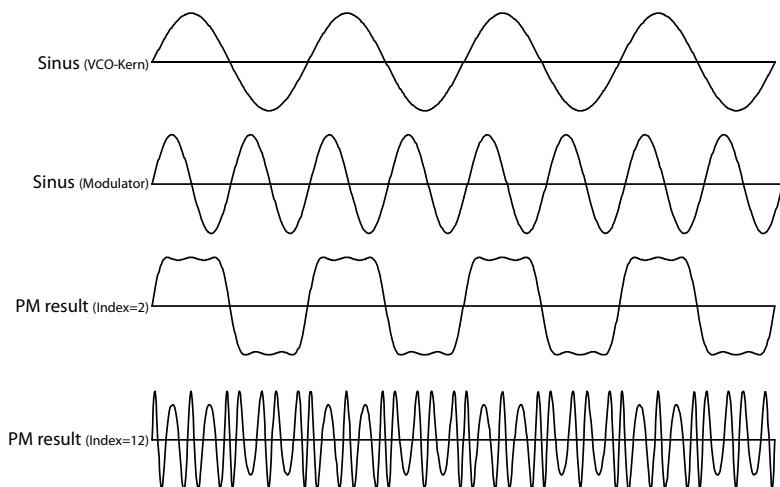


Fig. 7b PM with doubled index by frequency doubling (modulator)

One can say, that the phase modulation is a "harder" modulation than FM, since one cannot generate stepping waves due to modulation. For my hearing this is limited true. On the one hand the modulation index of the PM rises with higher frequencies on the other hand the FM needs for frequency shifts only a constant voltage, whereas a steady phase movement therefore is necessary for the PM. And this is, why the PM sounds more gentle, finally. What is impossible with FM are sudden jumps of curve values; an infinite short and infinite high voltage pulse would be needed to generate a definite jump in a sine carrier. With the PM a step function as the modulator forces the phase to jump.

Because it is the phase **change** which could be heard, with low-frequency saw-tooth waves, e.g., which amplitude is adjusted to shift the phase by exactly 360° or 720° , constant detunes can be generated. E.g. with a rising saw-tooth of 1 Hz, which shifts the phase repetitive by 360° , detunes the output frequency by +1 Hz, with 720° phase shift by +2 Hz. Superposition with the VCO core outputs (Omega) one obtain a fat beat as you would have two detuned oscillators.

8.6.1. The PM VCA

Fig. 3b above shows that the control input of the Phase-shifter is fed by the value of the *Phi*-controller on the one hand and by an output of the PM-VCA on the other hand. The PM-modulation signal will be applied at the

PM-jack (13): It channels the input unabated to the PM-VCA input. These input voltages shouldn't exceed ± 11 V, if linear working of the VCA is wished, best is ± 4 V or 8 Vpp, resp..

Index/Depth- controller: The *Depth*-controller attenuates the modulation signal at *jack 9* (envelope symbol) between 0 and 1. This signal will be added to the value of the *Index*-controller. In case that no signal is applied at *Depth* or it's in full CCW position, initially turning *Index* from the middle position (no effect) to full CW will increase the modulation depth. Turning *Index* from the middle to full CCW, nothing more will happen. At *Depth* positive as negative voltages can be applied, which either increases or decreases the index value. By turning the *Index*-controller to the left, positive modulation voltages at the *Depth*-controller can be cut so.

PM limit LED: This LED slowly starts to glow *green* just before reaching the maximum positive phase shift angle of $+360^\circ$ and *red* for reaching the maximum negative angle of -360° . The *Phi* controller value and the *PM* input voltage (*jack 13*) are summed for this indication since both influences the phase.

Polarity-switch: This switch inverts or not the modulation signal at the PM-input, inverting in position "180°", non-inverting in position "0°".

A capacitive decoupling is not necessary, because offsets only leading to a constant phasing, what could be corrected with the *Phi*-controller. But, as mentioned above, the polarity could be of interest and therefore there is the

9. THEORETICAL PRINCIPLES

To understand the mathematics behind these modulating operations, specific knowledge are absolute requirements. So, this chapter turns to experts, but shouldn't be unmentioned for the sake of completeness. However, results are formulated intelligible to all.

9.1. Frequency modulation FM

In general terms the frequency modulation with a sinus function as a carrier could be written as follow

$$FM(t) = A_0 \cdot \sin \left(\int_0^t [\omega_0 + m_{FM} \cdot \omega_0 \cdot M(\tau)] d\tau \right) \quad Eq. 1$$

$FM(t)$ is the modulation result, A_0 its amplitude, ω_0 is the basic angular frequency of the oscillator (that is $2\pi f_0$, with f_0 the oscillator frequency) given by the **bias** (s. above) and the scale. $M(t)$ is the modulation signal normalized to ± 1 and m_{FM} initially can be seen as a multiplier ≥ 0 or as an index (modulation depth). Because a sole information about a fix frequency implies a steady curve of the phase, a time depending frequency is to integrate over the time to obtain the phase as a function of time, instead of simply write $\omega_0 \cdot t$. The term in the squared bracket is a time depending frequency and is to integrate over the time. The result, term in the round bracket, describes the *phase* (state of the carrier) as a function of time. Frequency, generally, now means, by how much degrees per second the phase is running forward, stopping or reverting - the result is no longer sinusoidal.

Taking for $M(t)=\sin(\omega_m t + \varphi_F)$ a sinus-function, as chosen in all the examples above, with ω_m as the modulation angular frequency and φ_F as an arbitrary constant phase value, then is

$$FM(t) = A_0 \cdot \sin \left(\int_0^t [\omega_0 + m_{FM} \cdot \omega_0 \cdot \sin(\omega_m \tau + \varphi_F)] d\tau \right) \quad Eq. 2$$

and the integral calculated leads to

$$FM(t) = A_0 \cdot \sin \left(\omega_0 t - m_{FM} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_m} \cdot [\cos(\omega_m t + \varphi_F) - \cos(\varphi_F)] \right) \quad Eq. 3$$

The term in the overall round bracket, now, is the time depending phase of the carrier, resp. $FM(t)$.

9.2. Phase modulation PM

The phase modulation can be written as:

$$PM(t) = A_0 \cdot \sin(\omega_0 t + m_{PM} \cdot \Phi \cdot M(t) + \varphi_C) \quad Eq. 4$$

Because $M(t)$ influences directly the carrier phase and not the frequency, there is no integral. $\Phi (= 2\pi)$ is the half value of the above mentioned phase shifting range (phase space) of the phase-shifter. With $M(t)=\sin(\omega_m t + \varphi_P)$ again as a sinus-function leads to

$$PM(t) = A_0 \cdot \sin\{\omega_0 t + m_{PM} \cdot \Phi \cdot \sin(\omega_m t + \varphi_P) + \varphi_C\} \quad Eq. 5$$

$\varphi_F, \varphi_P, \varphi_C$ can be chosen that $PM(t)$ and $FM(t)$ formal becomes equal. Choosing in our example $\varphi_F = \frac{\pi}{2}$ (90°) and $\varphi_P = \varphi_C = 0$ leads to (Eq.3 and Eq.5)

$$FM(t) = A_0 \cdot \sin\left(\omega_0 t + m_{FM} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_m} \cdot \sin(\omega_m t)\right) \quad Eq. 3a$$

$$PM(t) = A_0 \cdot \sin(\omega_0 t + m_{PM} \cdot \Phi \cdot \sin(\omega_m t)) \quad Eq. 5a$$

With $m_{PM} \cdot \Phi = m_{FM} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_m}$ Eq. 3a and Eq. 5a becomes identical.

$m_{FM} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_m}$ of Eq.3a can be called as the phase modulation index of $FM(t)$, because this term describes by how many degrees the phase of the carrier will be shifted by the modulator. And it is obvious that this index goes reciprocal with the modulator frequency, so, increases to lower frequencies and goes with $\omega_m \rightarrow 0$ to infinite.

Then becomes $\lim_{\omega_m \rightarrow 0} \left(m_{FM} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_m} \cdot \sin(\omega_m t) \right) = m_{FM} \cdot \omega_0 \cdot t$, which corresponds to a frequency shift with the index m_{FM} by a constant DC voltage. The phase space therefore must hold ready the infinity. Vice versa the index of the frequency modulation of the PM can be computed, because shifting the phase causes a change of the frequency, inevitably. Therefore the term in the round bracket of equation 4 (the time depending phase).

$$\phi(t) = \omega_0 t + m_{PM} \cdot \Phi \cdot M(t) + \varphi_C \quad \text{Eq. 6}$$

is to derivate with respect to time (inversion of integration). Let be $\omega_{PM}(t)$ the momentary time depending frequency of PM(t).

$$\omega_{PM}(t) = \frac{d\phi(t)}{dt} = \omega_0 + m_{PM} \cdot \Phi \cdot \frac{dM(t)}{dt} \quad \text{Eq. 7}$$

And with $M(t)=\sin(\omega_m t + \varphi_P)$ we obtain

$$\omega_{PM}(t) = \omega_0 + m_{PM} \cdot \Phi \cdot \omega_m \cdot \cos(\omega_m t + \varphi_P) \quad \text{Eq. 7a}$$

To obtain the momentary time depending frequency of FM(t) only the term of the squared bracket of Eq.1 has to be written down. And with $M(t)=\sin(\omega_m t + \varphi_F)$ we obtain

$$\omega_{FM}(t) = \omega_0 + m_{FM} \cdot \omega_0 \cdot \sin(\omega_m t + \varphi_F) \quad \text{Eq. 8}$$

Replacing the modulator functions sine and cosine by the modulus of their maximum values (± 1) and calculating the difference of $\omega_{FM}(t)$ or $\omega_{PM}(t)$, resp. and ω_0 and normalizing to ω_0 after that, we obtain the frequency modulation indices **FI_{PM}** and **FI_{FM}** , resp..

Summarizing we obtain for the PM and for the FM the indices of frequency modulation and phase modulation, each time.

Phase modulation:

$$PI_{PM} = m_{PM} \cdot \Phi, \quad 0 \leq m_{PM} \leq 1 \quad \text{Eq. 5. 1}$$

$$FI_{PM} = \frac{\omega_{PM,max}}{\omega_0} - 1 = m_{PM} \cdot \Phi \cdot \frac{\omega_m}{\omega_0}, \quad 0 \leq m_{PM} \leq 1 \quad \text{Eq. 7. 1}$$

Frequency modulation:

$$PI_{FM} = m_{FM} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_m}, \quad 0 \leq m_{FM} \leq 50 \quad \text{Eq. 3. 1}$$

$$FI_{FM} = \frac{\omega_{FM,max}}{\omega_0} - 1 = m_{FM}, \quad 0 \leq m_{FM} \leq 50 \quad \text{Eq. 8. 1}$$

As one can see **FI_{PM}** rises proportional with the modulation frequency **ω_m** , whereas **FI_{FM}** is kept frequency independently constant. Against this **PI_{FM}** decreases reciprocal, whereas **PI_{PM}** is kept frequency independently constant.

Interesting is that typical spectral characteristics like frequency effacements are kept constant, as long as the phase modulations index (PI) will be kept constant, independently of the frequency! For the PM this fact is given, naturally according to **Eq. 5.1**, whereas for the FM **m_{FM}** is to fit to **ω_m** for each frequency.

It is the phase space, which will be travel through by the modulator, which is responsible for the spectral characteristics. Also, accordingly to my hearing the PM seems to be more gentle and natural than the FM, where always the typical effect of low-pass filtering is audible (integral in **Eq.1**). And exactly this fact again leads to a softer sound esthetic of the FM. With the PM, in contrast to the FM, higher modulation frequencies and also harmonics in the modulation signal win influence (rising FI), which is similar to a high-pass filtering. So, in contrast to this lower modulation frequencies (e.g. slow changes of DC parts) win influence with the FM (very large phase space). Hence, because of the human hearing properties (psychoacoustics) the FM will mainly appear as the more dynamic and stronger modulation synthesis. Fortunately for all of us, this VCO provides both methods of synthesis.

Maths tangible: The half phase space Φ of this oscillator is 2π . To obtain with the PM the same modulation index FI as possible here with the FM accordingly to **Eq.7.1** and **Eq.8.1** the following must come true:

$$m_{PM} \cdot \Phi \cdot \frac{\omega_m}{\omega_0} = m_{PM} \cdot 6,28 \cdot \frac{\omega_m}{\omega_0} \geq m_{FM}.$$

For this oscillator is $m_{PM} = 1$ and $m_{FM} = 50$, maximum. To reach this FI for the PM, we obtain $\frac{\omega_m}{\omega_0} \geq 8$. I.e., the phase modulation frequency has to be at least 8 times (3 octaves) higher than the oscillator basic frequency. With higher ratios $\frac{\omega_m}{\omega_0} FI_{PM}$ will even predominate FI_{FM} .

And vice versa accordingly to **Eq.5.1** and **Eq.3.1** we can find that

$$m_{PM} \cdot \Phi \leq m_{FM} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_m}$$

must come true to compute that frequency, up to which the FM can provide the same or larger phase space as the PM here. Remodeled and plug in all numbers as above we obtain $\frac{\omega_m}{\omega_0} \leq 8$. As long as the modulation frequency is 8 times higher or less than the oscillator basic frequency, the phase space of the FM will be as large as for the PM or larger. That's the reverse of the medal!

One can examine infinite things, indeed, but there will be reached limitations very soon, that only numerical computer aided methods will come into question.

10. TECHNICAL SPECIFICATIONS AND RATINGS

10.1 Specifications (generally)

Input- and output-sockets:	mono jack sockets 3.5 mm (1/8")
Input sockets have grounded switch (0 V)	
Power:	-12 V / +12 V (polarity protection)
Power consumption:	max. 120 mA (for both supplies ± 12 V)
Proper ambient temperature:	0 °C – +55 °C / 32 F – 131 F
Net weight (module only):	approx. 280 g / 0,61 lbs
Dimensions (W x H x D):	24 PU (121.6 mm) x 3 HU (128.5 mm) x 33 mm
Installation depth (behind the panel)	<30 mm

10.2 Signals and ratings

Maximum input voltage at all input jacks ():	± 15 V
Oscillator frequency range (Omega):	0.001 Hz - 300 kHz
Oscillator frequency (Phi) -3db:	30 kHz

OMEGA-PHI II improvements

The VCO core:

- a parasitic noise effect especially audible at low oscillator frequencies at the **Omega-sine/tri outputs** exactly when the thru-zero operation begins to start by FM-modulation through a sine modulator is

reduced by 15 db and is so no longer audible!

BTW: a similar noise at the Phi-sine/tri outputs was not reduced!

- highly improved oscillator **FM-stability** by

→ **a.)** a new precision rectifier design leading to terrific in-tune FM synthesis over the full index over a very wide frequency range.

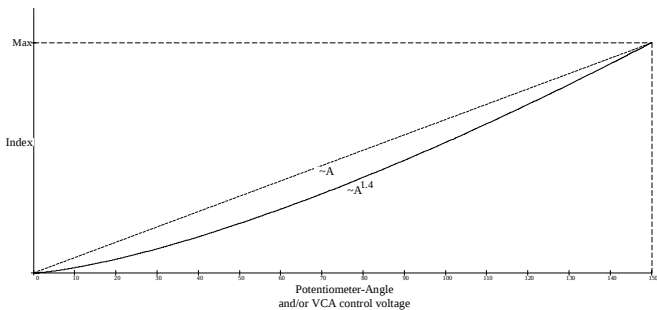
→ **b.)** a new core-symmetry circuit for a perfect balanced triangle wave eliminates tendencies to asymmetric tri/sine shapes even at high *FM-modulation frequency/carrier frequency* ratios. This leads to no more carrier-sine distortions and no detunes even at high ratios.

→ **c.)** improved thermal board design for better frequency stability and linearity at very high frequencies and thus more stable FM results, generally.

- extended maximum FM index from 44 to now **50**.

The VCO environment:

- completely new VCA design for FM and PM providing **ultra low noise** and **ultra low control feed-through** capability
 - ultra low **constant or transient frequency shifts** with varying FM indices in both modes, DC and AC.
 - **cleaner sound**, especially for PM and also for FM at higher oscillator frequencies, where VCA noises become relevant.
- smoother VCA-index curve for better control even around zero (starting of modulation, see graphic)



- **reduced potentiometer noises** for PM Phi (-360° - +360°) and some other more.