

FM PROGRAMMIERUNG IST LEICHT

Stimmt. Du musst nur einige wenige Dinge darüber wissen:

1. Volumen und Tonhöhe der Oszillatoren entscheiden alles.
2. Es gibt keine Filter (zumindest nicht in den ersten Modellen und nicht notwendigerweise).
3. Die Zahl der Parameter ist hoch, aber ich brauche sie längst nicht alle.

FM hat sich stark weiterentwickelt seit dem ersten populären FM Synth, dem DX 7. Es gab davor schon FM Synthese, auch bei Yamaha, die die Meriten für den Erfolg dieser Syntheseform bei sich verbuchen dürfen. Es gab auch danach noch reichlich FM Synthies, viele vereinfachten das Modell, einige erweiterten es. Ich beziehe meine Beschreibung auf den DX 7. Die grundlegende Technik kam übrigens von einem Stanford Wissenschaftler namens Chowning.

Vergleich Subtraktive und FM Synthese

Subtraktiver Synth	FM Synth
Oszillator	Operator
Oszillator Pitch	Operator Pitch
Oszillator Volume	Operator Volume
VGA Hüllkurve	Carrier Hüllkurve
VCF Hüllkurve	Modulator Hüllkurve
LFO	LFO
meist 4 Parameter bei Hüllkurven	8 Parameter
Pitchmodulation	Pitchmodulation

Diese Tabelle zeigt die Begriffe, die in den beiden Syntheseformen verwendet werden. In etwa vergleichbare Blöcke stehen nebeneinander. Da FM keine Filter im herkömmlichen Sinn besitzt, (das wurde mit Erscheinen des SY 77 allerdings geändert), dürfte dieser Vergleich der schwächste sein. Ich verstehe Filterung allerdings nicht nur als Technik, eine obertonreiche Wellenform von oben zu beschneiden und eventuell noch die Grenzfrequenz zu verstärken, denn das machen über 90% der programmierten Klänge für subtraktive (sic!) Synthesizer, sondern sehe es eher als eine Veränderung der Obertonstruktur. Aber die subtraktive Synthese erlaubt diese Obertonmodulation als einfachstes Modell und die vielen super Klänge, die dabei entstanden sind, lassen vergessen, dass es doch eine ziemlich rudimentäre Annäherung an das Problem darstellt.

Ein grosser Unterschied zu analogen Synthesizern ist die Anzahl der Hüllkurvengeneratoren. Wo bei ersterem meist nur einer oder zwei vorhanden sind, hat bei FM jeder Operator seine eigene Hüllkurve. Oft kommt noch eine Pitch EG dazu. Das und die Tatsache, dass die Hüllkurven 8 statt 4 Werte haben sind zwei der Gründe für die Komplexität einer FM Programmierung. Unterstützt die Oberfläche bzw. die Software

die Programmierung nicht, z.B. durch Kopieren der EGs bzw. Easy Edit Oberflächen oder Makros, steht bei einem 6 OP FM Synth die Hürde von 56 zu programmierenden Parametern alleine für die EGs vor mir. Dabei sind die restlichen Parameter pro Operator noch nicht mitgezählt.

Kommen wir zur Tonerzeugung eines FM Synthesizers. Die Operatoren werden in sogenannten Algorithmen organisiert. Dieser Algorithmus bestimmt ob ein Operator Carrier oder Modulator ist und welcher Carrier welchen Operator moduliert. Fangen wir mit einem einfachen Modell an. Dem „Orgel Algorithmus“ (heisst nur bei mir so...) bei diesem Modell sind alle Operatoren Carrier.

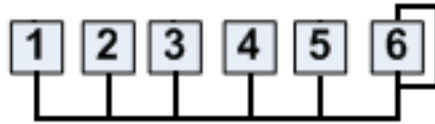


Bild 1 - Sechs Carrier, eine einfache Addition von Sinustönen

Was ist ein Carrier? Ein Carrier ist das gleiche wie ein Oszillator im gewohnten subtraktiven Synth. Allerdings beherrscht er nur eine Wellenform: Sinus. OK, was bringt mir dieser obertonlose Ton, der mich in erster Linie an ein Messgerät zum Durchpfeifen einer Audio Leitungskette erinnert? EIN Sinuston bringt mir wirklich wenig, aber ein DX 7 hat 6 Operatoren, die alle Carrier sein können.

Und da kommt dem musikhistorisch Interessierten etwas in den Sinn: die Orgel. Und da insbesondere die elektronische bzw. elektromagnetische Variante davon, wurde früher unter dem griffigen Namen Hammondorgel subsummiert. Dieser Hersteller war einer der erfolgreichsten Orgelbauer und erreichte den Maggstatus, die grösstmögliche Bekanntheit eines Produkts, die später der ganzen Gattung den Namen gibt. Tempo ist auch so ein Beispiel.

Dann gibt es in der Musik/Physik auch den Ansatz, sich einen Klang als eine Addition mehrerer Sinustöne definierter Pegel vorzustellen. Stimmt das, kann jeder Klang in eine Reihe von Sinustönen bestimmter Tonhöhe und Pegel zerlegt werden.

Bei der elektronischen (elektromagnetischen) Orgel werden obertonreiche Klänge durch Addition mehrerer Sinustöne in harmonischen Intervallen mit verschiedenen Pegeln erzeugt. Das ist eine Analogie zu den Orgeln, die wir in der Kirche antreffen. Dort sind es Pfeifen verschiedener Stärke und Länge und Pfeifen klingen ein bisschen wie Sinustöne. Bei der Hammond hiessen die verschiedenen Tonhöhen dann auch 16" 8" 5 1/3" 4" usw. in Anlehnung an die Länge der Orgelpfeifen.

OK, Butter bei die Fische! Ein DX 7 kann zwar nicht die 9 charakteristischen Fußlagen der elektromagnetischen Orgel in Gänze imitieren schliesslich gibt es nur 6 „Pfeifen“. Aber viele berühmt gewordene Settings einer Orgel kämen mit sechs verschiedenen Fußlagen locker aus. Orgelklänge werden von FM Synthies recht gut imitiert.

DIE ALGORITHMEN

Bei der Abbildung der Algorithmen gilt folgender Ansatz: unten stehen Carrier, darüber die Modulatoren. Ein Carrier mit einem Modulator, ist ein 2 Operatoren Oszillator. Das einfachste Modell mit Modulator sähe dann so aus:



Bild 2: Ein Carrier (1), ein Modulator (2)

Ein Modulator ist ein Oszillator, der nicht direkt hörbar ist. Sein Job ist es, den Carrier zu modulieren, ungefähr so, wie bei der Crossmodulation eines Oszillators im analogen Synthesizer. Diese Modulation verändert die Wellenform des Carriers zu einem obertonreicheren Klang. Nix mehr Sinus, etwas Neues wird geschaffen. Nicht Dreieck, Sägezahn, Rechteck oder Puls, nein etwas, das keinen griffigen Namen einer einfachen geometrischen Figur hat. Mit bestimmten Einstellungen werden diese jedoch auch annähernd erreicht. Entscheidend sind jetzt zwei Parameter: die Tonhöhe des Modulators und dessen Pegel. Eine „Filtermodulation“ simuliere ich, indem ich dem Modulator eine Hüllkurve mit Attackzeit (Filteröffnung bzw. Anhebung der Grenzfrequenz) und anschliessendem Decay programmiere. Je höher der Pegel des Modulators, desto obertonreicher ist der Klang.

Dieses Beispiel ist stark vereinfacht, zugegeben. Aber es soll ja nur eine Tendenz angeben. FM wurde nicht präsentiert, um analoge Synthies zu imitieren, das machen die besser und auch einfacher. Aber es bezeichnet den Grundgedanken der FM Synthese. Da erzeuge ich die Klänge durch Addition von Teilklingen und Modulation von Oszillatoren. Ich könnte ja drei dieser Paare von Carrier und Modulator programmieren. Die Anordnung dieser sechs Operatoren, hier drei Carrier mit jeweils einem Modulator nannte Yamaha einen Algorithmus.

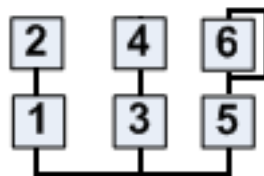


Bild 3: Drei Oszillatoren, bestehend aus je einem Carrier und zugehörigem Modulator

Sechs Operatoren nebeneinander als Carrier wäre ein zweiter Algorithmus. Aber es gab 32 davon, einige hochkomplex, von denen man nicht voraussagen konnte, wie sie mit Operatoren verschiedener Tonhöhen und Pegel klingen würden.

Jetzt nehmen wir ein komplexeres Modell: Zwei Carrier, einer mit drei Modulatoren und einer mit einem. Wir haben also zwei Oszillatoren. Einer mit einem ist ja oben erklärt, aber der zweite „Oszillator“ erlaubt mir einige im subtraktiv analogen Modell nicht mögliche Klänge. Jeder Operator hat eine Hüllkurve mit vier Pegeln und vier Zeiten, also eine sehr ausgefuchste Hüllkurve.

Bei Bild 3 sehen wir das Modell. 1 und 3, immer die auf der Basis liegenden Operatoren sind Carrier, die darüber liegenden sind Modulatoren. Einen speziellen Operator stellt 2 dar. Sein Eingang hat eine Feedbackschleife von seinem Ausgang. Damit kann ich noch obertonreichere Klänge erzeugen.

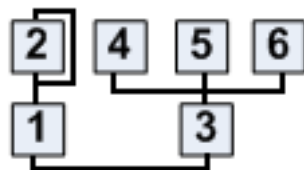


Bild 4: Ein komplexeres Modell, immer noch mit zwei Ebenen

Mindestens immer ein Operator hat diese Funktion in einem Algorithmus.

Strang 1, Operator 1+2, erzeugen einen relativ einfachen Klang. Aber der zweite Oszillator kann mit verschiedenen Tonhöhen und Hüllkurven der Modulatoren eine sehr komplexe Struktur besitzen. Dabei ist dieses Modell, oder Algorithmus relativ einfach zu beherrschen. Schwieriger wird es, wenn ein Modulator

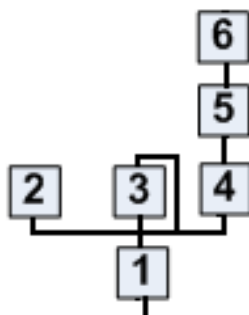


Bild 5: 6 moduliert 5, das Ergebnis moduliert 4 und dieses moduliert zusammen mit 2 und 3 den einzigen Träger 1

durch einen weiteren Modulator beeinflusst wird, wie in dem folgenden Modell:

Ich habe für mich selbst die einfach zu handhabende Regel: Bis zur ersten Modulatorebene programmiere ich, darüber nicht, zumindest nicht von Scratch (bei Null beginnend). Höchstens verändere ich einen bestehenden Klang, indem ich die Pegel der einzelnen Modulatoren vorsichtig ändere. Die Wirkung eines Modulators oder eines Oszillatorstrangs lässt sich durch Muten einzelner Operatoren einfacher verstehen. Dadurch hört man, welcher Operator für welchen Klanganteil verantwortlich ist. Muten eines Operators wird selbst beim bedienungsmässig radikal kastrierten Ur-DX7 durch Drücken nur einer Folientaste ermöglicht. Dabei ist zu beachten, dass im oberen Beispiel (Bild 5) das Muten von 4 die darüberliegenden 5 und 6 ebenfalls unhörbar macht. Muten von 5 lässt 5 und 6 verstummen.

An dieser Stelle ein Hinweis für potentielle FM Sounddesigner. Mit dem D50, einem in den Endachtzigern extrem verbreiteten Synthesizer wurde aus der Not eine Tugend geboren, dort wurde ein Klang aus vielen z.T. sehr kurzen Samples und einer quasi (eigentlich bin ich quasi-allergisch, aber hier passt es einmal) analogen Tonerzeugung zusammengesetzt. Dahinter stand die Erkenntnis, dass Klänge hauptsächlich an

ihrer Attackphase erkannt werden, schneidet man diese weg, kann man die Flöte nicht mehr als solche erkennen, das Anblasgeräusch fehlte. Also hat man den extrem knappen Samplespeicher (damals ein nicht geringer Kostenfaktor) dafür verwendet für die Anblasphase ein Sample und die Sustainphase eine der klassischen Wellenformen zu verwenden. Zusammengesetzt imitierte das Konstrukt den Klang einer Flöte.

Die FM Algorithmen können diese Technik ziemlich gut imitieren. Denn ein oder zwei Modulatoren können mit kurzen Hüllkurven diese Attackphase imitieren und so aus Teiltönen zusammengesetzte Klänge gut imitieren. Das gilt jetzt nicht unbedingt für das Anblasgeräusch einer Flöte, aber eventuell für den Klick am Anfang eines Orgelklangs mit Percussion.

Dass ein Dualklang, möglich ab dem DX 7 II da noch deutlich weiter geht, brauche ich nicht weiter zu erklären. Das Extrem bildet der 1984 erschienene TX 816, der 8 DX 7 in einem Rack anbot. Steuert man alle Module parallel an, hat man 48 Oszillatoren mit 128 Stimmen zur Verfügung, das ungeheure Potential dieser Kiste wurde nur selten ausgeschöpft, kein Wunder, denn nach zwei Jahren reduzierte sich die Fantasie der meisten Synthesizerfans bei FM ausschliesslich auf E-Piano oder Bass.

Für FM wünsche ich mir wieder mal einen Controller, in meinem Fall idealerweise eine iPad App, die das Sounddesign drastisch erleichtern könnte. Womöglich gibt es das, ich kenne lediglich DTronics DT7, einen Hardwarecontroller, für dessen Preis ich auch mehrere DX gebraucht kaufen könnte. Zur Urzeiten existierten auch einige Jellinghaus Controller von der Grösse eines 32 Kanal Mischpults. Ich überlege mir immer wieder mal, ob meine mit Editoren für Synthesies begonnene professionelle Arbeit im Musikbiz nicht wieder so enden sollte, na Schwamm drüber.

Der FM Synthesizer entscheidet bei der Tonhöhe der Operatoren zwischen grob und fein. Was bei analogen Synthesizern Oktavsprünge sind und das dazugehörige Finetuning, ist hier die Anwahl der harmonischen Obertöne oberhalb des Grundtons, genauer es sind ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz. 1 ist der Grundton, 2 die Oktave davon 3 die Quinte über der Oktave 4 ist der Ton 2 Oktaven über dem Grundton, 5 die Terz darüber. Ihr seht, die Schritte werden kleiner, das ist aber auch leicht nachzuvollziehen, wenn ich bedenke, dass 1,2,4,8,16 jeweils eine Oktave höher ist, die ganzzahligen Zwischenschritte werden mit steigender Frequenz zahlreicher. Aber das ist eindeutig besser, wenn ihr euch das einfach anhört. Ein Operator an und die Grobstimmung „Coarse“ einfach mal von 1 bis 31 sind es glaube ich, durchfahren.

Eine Randnotiz zur Frequenz: Diese kann an die Tastatur angepasst (Ratio) oder Fix sein. Bei Fix ändert sich die Tönhöhe nicht, egal welche Taste ich drücke, ähnlich wie die Formanten eines Klangs. Das gilt natürlich für Carrier und Modulatoren und ist für jeden Operator einzeln wählbar

Interessant wird diese Frequenz vor allem, wenn ich den Modulator damit stimme. Der Modulator kann jede Tonhöhe annehmen, er kann gleich hoch wie der Träger sein, aber auch tiefer. Meist jedoch ist er höher. Und dabei meist in einem geraden ganzzahligen Vielfachen des Grundtons. Ein Carrier mit 1 und

ein Modulator mit 7 und hohem Pegel (wir erinnern uns, der Pegel des Modulators bestimmt den Obertongehalt, Natürlich nicht alleine, wie wir hier gerade sehen ;)) wird schon eine gewisse Schärfe in den Klang bringen. Ganz zu schweigen von einem Modulator, dessen Finetuning einen anderen Wert als 0 trägt. Dann kommen die geräuschhaften Elemente dieser Tonerzeugung klar zur Geltung.



Bild 6: Das kostenlose Plugin Dexed, erhältlich für Linux, Mac und Windows

Das ist ja, erstmal für sich betrachtet, nicht per se schlecht. viele natürliche Klänge haben einen geräuschhaften Anteil. Wäre es mein Ziel, diese zu programmieren, sollte ich diese Möglichkeit im Hinterkopf behalten.

Jetzt nochmal zu meinem eingangsseitig geschriebenen Satz: Pegel und Pitch entscheiden alles. Das ist für die Carrier erstmal leicht zu verstehen. Bei den Modulatoren übernimmt der Pegel und die Tonhöhe Stärke und Zahl der Obertöne. Dabei ist es egal, ob es ein gesetztes Volumen oder ein durch die Hüllkurve oder LFO dynamisch veränderndes Volumen ist. Die Volumenhüllkurve des Modulators übernimmt in etwa die Funktion einer Filterhüllkurve beim subtraktiven Synth. Zumindest bei den ersten

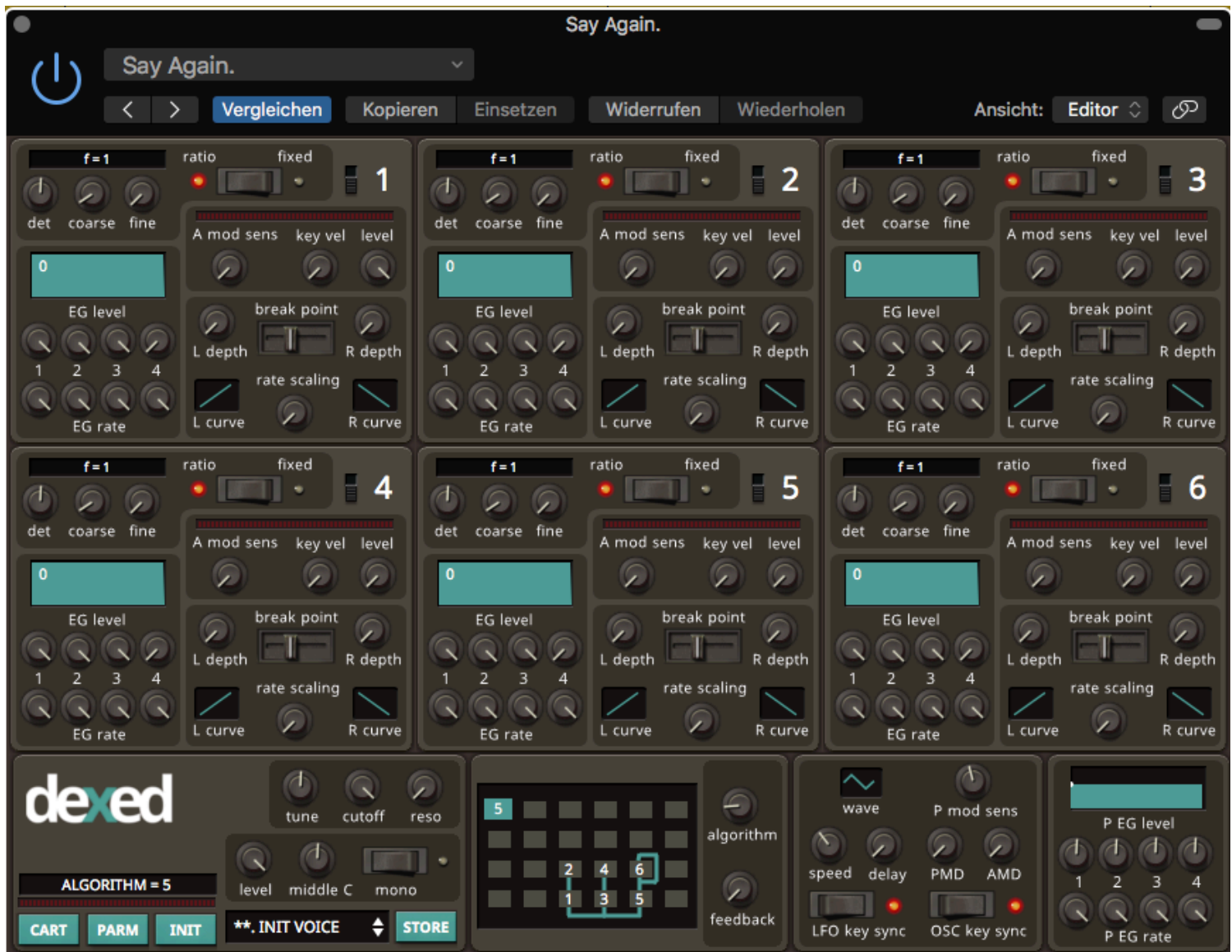


Bild 7: Unter dem Schriftzug dexed sehe ich übrigens immer den Wert des aktuell editierten Parameters. Das erleichtert die Eingabe.

FM Synthesies gab es keine separaten Pitchhüllkurven, was die Möglichkeiten, aber auch die Komplexität der möglichen Klänge drastisch erhöht hätte.

Wir könnten statt vieler Worte auch einfach einmal einen Klang erstellen. Dazu ladet bitte das freie Plugin Dexed runter. Das gibt es für Linux, Mac und PC in den Formaten AU, LV2 und VST (natürlich wie immer in alphabetischer Reihenfolge). Der Link:

<https://asb2m10.github.io/dexed/>

Dexed funktioniert nur als Plugin, also benötigt ihr mindestens einen Computer und eine DAW mit einer der genannten Plugin Schnittstellen, aber das dürfte für fast alle zutreffen.

Jetzt erzeugt bitte eine Spur mit dem Dexed Plugin. Drei Dinge sind nötig:

1. Klickt links unten auf das Feld INIT
2. Der Cutoff Regler rechts neben der Schrift dexed sollte auf Maximum, der Reso auf Minimum stehen

3. Der Algorithmus Regler sollte auf 5 stehen

Alle Hüllkurven haben eine Orgelhüllkurve (sofort mit Drücken der Taste voller Pegel, kein Nachklang). Die Frequenzen aller Operatoren stehen auf 1, kein Detune, kein Finetuning. Nur das Volumen von 1 ist höher 0, also hören wir bei Anschlagen einer Taste einen Sinuston von OP1. Der Algorithmus 5 hat drei fast identische Oszillatorstränge mit den Carriern 1, 3 und 5. 2, 4 und 6 modulieren den jeweils darunterliegenden Carrier.

Algorithmus 5 habe ich ausgesucht, da man hier sowohl die Synthese aus mehreren Oszillatoren, als auch die Beeinflussung der Carrier durch die Modulatoren gut ausprobieren kann. Es ist eigentlich ein 3 mal 2 OP Modell. Ohne die Modulatoren habe ich drei Sinusgeneratoren.

Schlagt einen Ton an und erhöht dabei den Level von Operator 3. Am einfachsten nehmt ihr ein paar Töne im Sequenzer auf und lasst sie beim Ausprobieren im Loop laufen.

Ändert jetzt Coarse von OP 3 und ihr hört die Klangänderung. Das ist einfache additive Synthese. Stellt die Frequenz wieder zurück auf 1 und ändert Detune. Bei mir ändert sich jetzt die Hüllkurve des Tons, hin zu kürzerer Hüllkurve,, vermutlich durch Auslöschung. Das Ändern von Fine bringt eine deutliche Schwebung schon bei 0,01

Setzt OP 3 auf Coarse 0,5
OP 5 auf 4 und
OP 6 auf 1.

Bei der Hüllkurve von
OP 6 die Level auf 99, 99, 46, 0
die Rates auf 30, 15, 72 und 99,
das Volumen von OP 6 auf 80

Den Feedbackregler im Algorithmusfeld auf Max = 7

Das Ergebnis ist ein orgelähnlicher Ton mit einem schnarrenden Zusatzklang mit langsamem Attack, der nach kurzer Zeit auf das Sustain Niveau abfällt. Nicht unbedingt grosses Sounddesign, zeigt aber gut den Einfluss der einzelnen Parameter. Die Operatoren 2 und 4 sind noch ohne Einfluss, zieht das Volumen zuerst von 2 hoch und versucht verschiedene Coarse Einstellungen. Fine Werte jenseits der 0,02 + oder - erzeugen schnell metallische Klänge. Passt die Hüllkurve des Modulators an. Gebt ein Attack dazu oder verkürzt die EG:

Ein wichtiger Parameter ist die Velocity (key vel), die pro OP separat eingestellt werden kann. Setze ich bei einem Carrier den Wert höher Minimum, steuere ich mit dem Anschlag die Lautstärke, bei einem

Modulator hingegen die Obertonstruktur, ähnlich wie die Cutoff Steuerung durch den Anschlag beim Analogsynth. Hier sind allerdings deutlich drastischere Möglichkeiten vorhanden, dafür kann sie das deutlich weniger, das die Analogen (gut) können, nicht annähernd so gut. Ich würde das weder als besser, noch als schlechter bezeichnen, es ist einfach eine andere Gewichtung.

Jetzt gibt es Algorithmen, die mehrere Modulatoren für einen Carrier haben (Bild 4 und 5). Da sind dann komplexe Möglichkeiten vorhanden. Ein Modulator setzt mit dem Attack einen kurzen, geräuschhaften Akzent, der zweite mit einer sanfteren Hüllkurve und weniger drastischen Ergebnissen kommt etwas später, der letzte mit langer Attackzeit kommt als dritte Modulation dazu.

Die additive Synthese hat den Vorteil, dass einfach mehrere Elemente zu einem bestehenden dazu gefügt werden können. Schon ein simpler FB 01 hat 8 Stimmen, die theoretisch auch gestackt werden können. Das gilt natürlich auch für TX 802 oder das Riesengerät TX 816. Das gilt selbstverständlich auch für die Softwareemulationen dieser Tonerzeugung. Da wird die Stapelung der Klänge lediglich durch die Rechenpower beschränkt.

© 2019 www.taituts.de