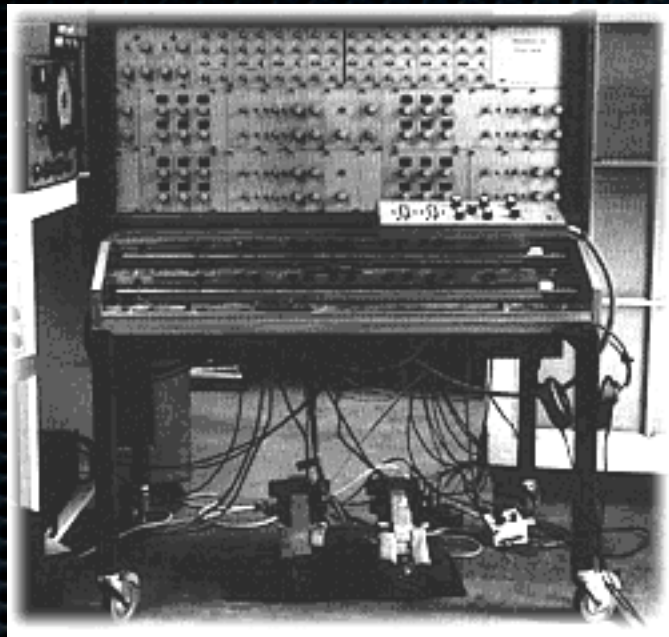


Elektronische Instrumente

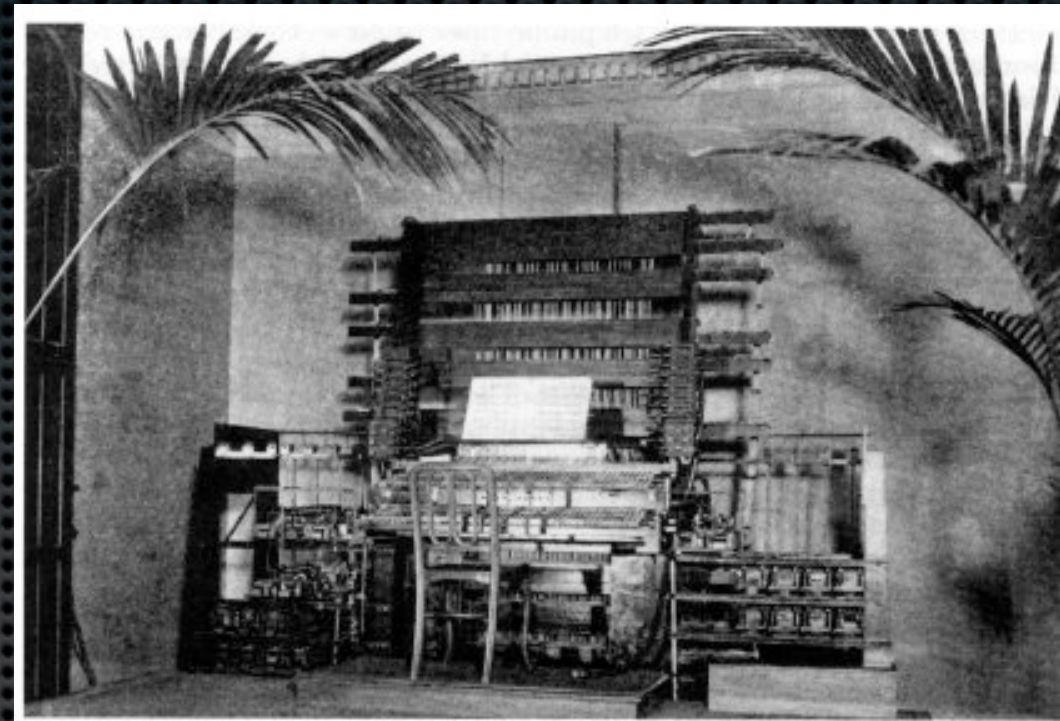
Ein kleiner Einblick in die analoge und digitale
Klangsynthese

Bziirpt Bzoing: Übersicht

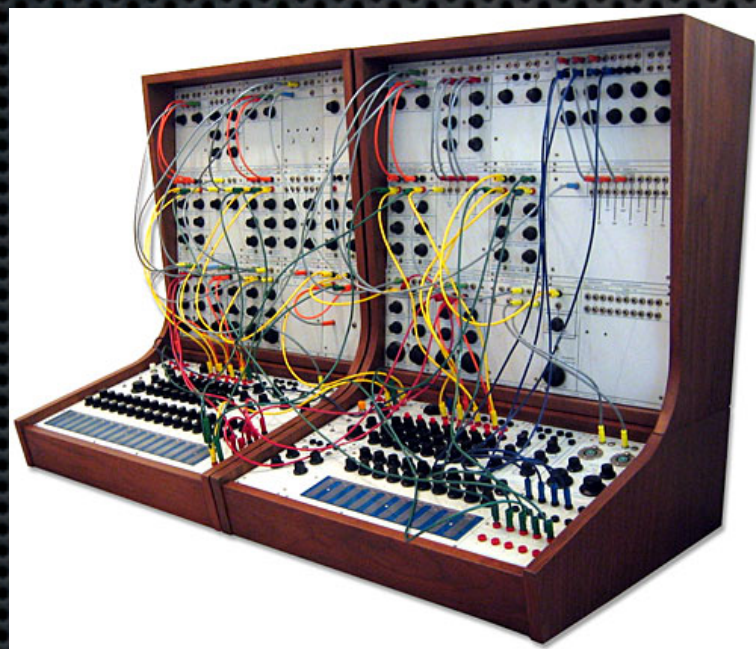
- ✦ Erste Versuche im 19. Jahrhundert: Elektrisches Musikinstrument (Lorenz), Telharmonium
- ✦ Mixturtrautonium 1936, Vocoder ende 30er
- ✦ 50er Jahre: erste digitale Klangsynthese (MUSIC, Mkl)
- ✦ Buchla Model 100: 1963/64, Moog: 1967
- ✦ Ab da: tausende Synthesizer



Mixturtrautonium



Telharmonium

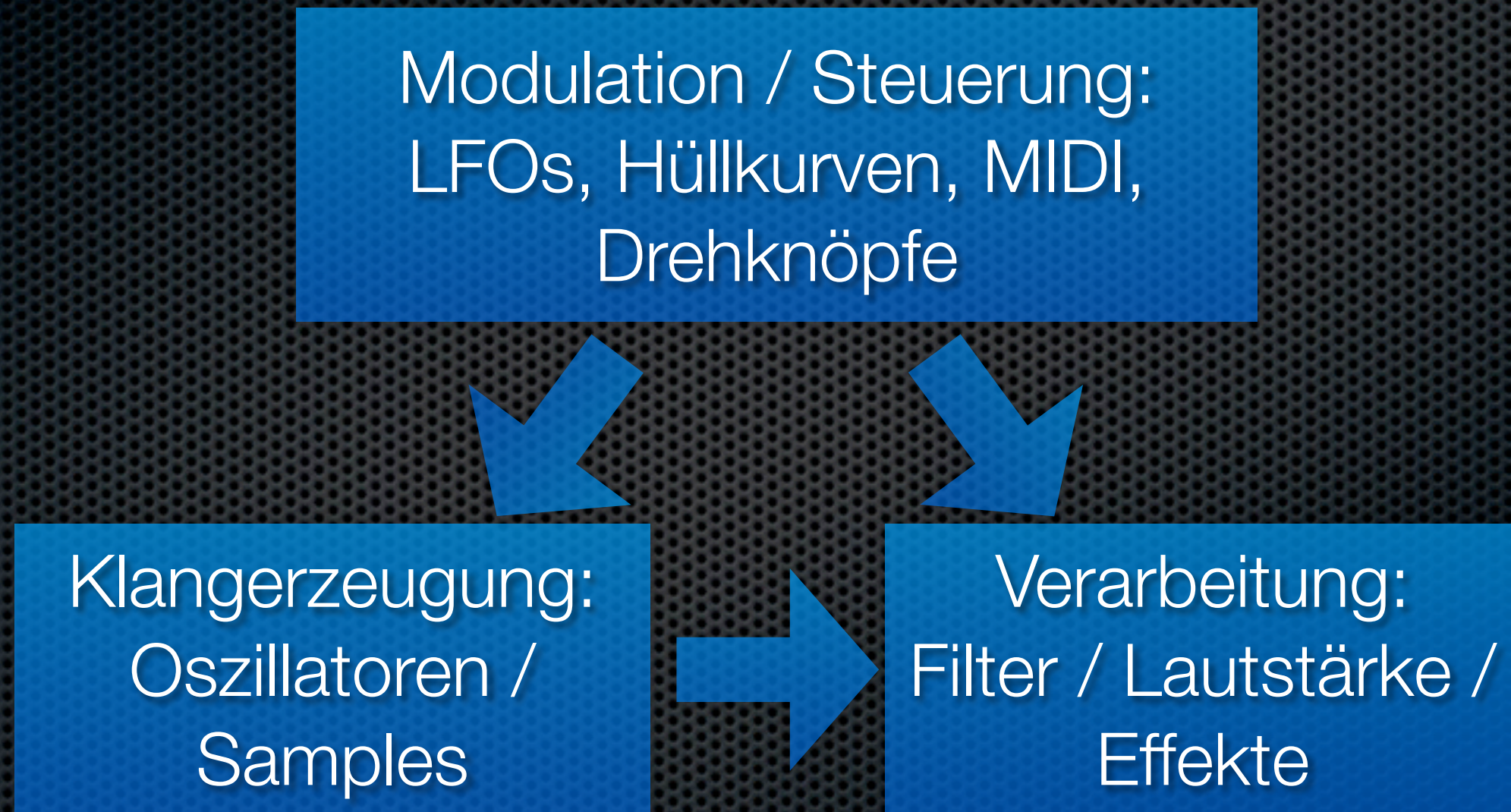


Buchla System 100



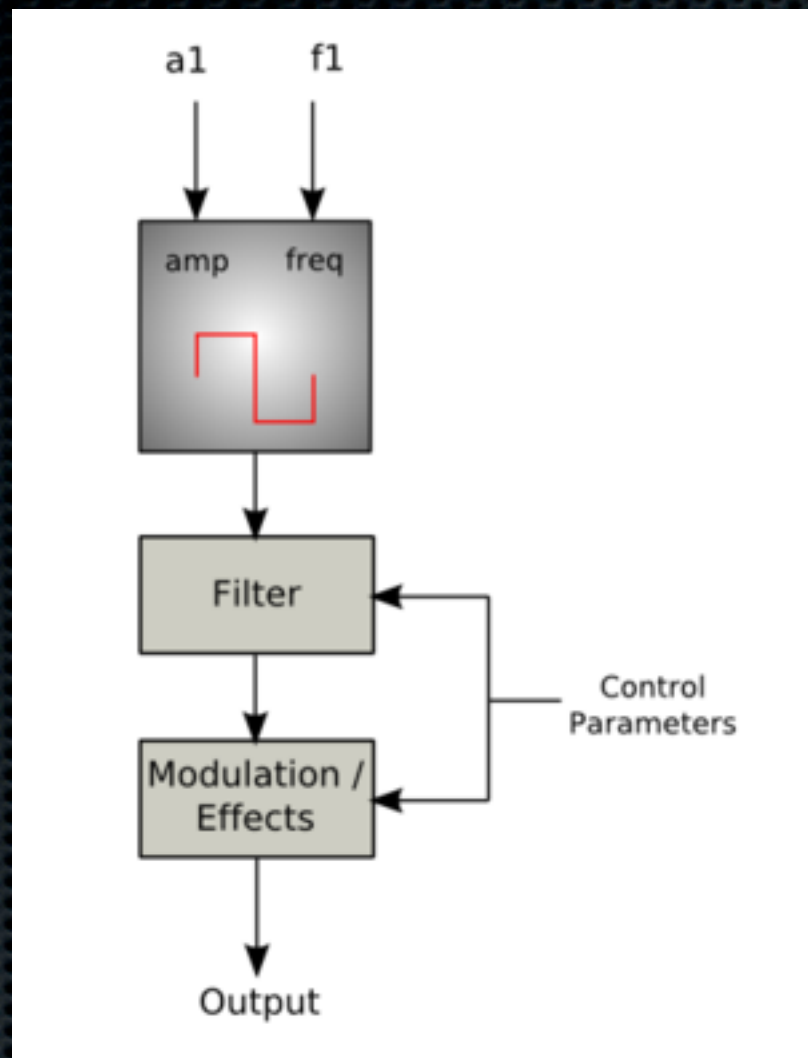
Moog Series 1P

Synthesizerstruktur

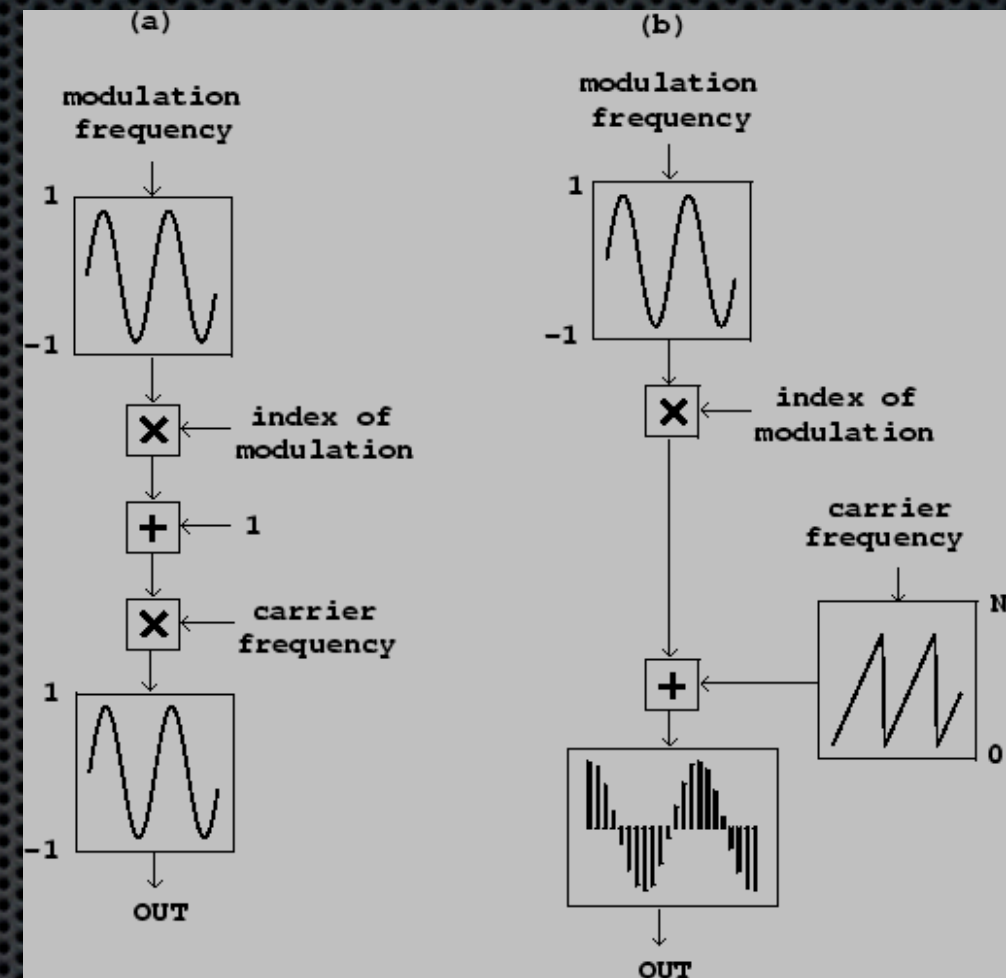


Synthesarten

- ✦ Verschiedene Synthesemöglichkeiten
 - ✦ Subtraktive Synthese: Grundklang mit vielen Obertönen, Filtern (Entfernen von Obertönen)
 - ✦ FM-Synthese: Die Frequenz von Oszillatoren wird sehr schnell verändert -> komplexe Klänge
 - ✦ Samples: loopen von aufgenommenen Samples, überlagern von Samples
 - ✦ Viele Mehr



Subtraktive Synthese



FM Synthese

Synthesizerstruktur

- ✦ Analoge Synthesizer:
 - ✦ bauen der Strukturen mit elektronischen Komponenten: Transistoren, Kondensatoren, Widerstände, Operationsverstärker, Röhren, Logik-ICs
- ✦ Digitale Synthesizer:
 - ✦ Strukturen als Code oder als Logikcode (VHDL) implementiert

Analoge Synthesizer

- ✦ Analoge Synthesizer:
 - ✦ Vorteile: klingen “warm” und interessant, weil viele Sache sich dauernd verändern. Auch die Möglichkeit eine ganze Reihe an komischen Einstellungen zu finden (die Fehler sind “interessanter” als bei digitalen Synthesizern), viele Knöpfe -> Hands on
 - ✦ Nachteile: ändern sich dauernd, nehmen mehr Platz und sind wartungsaufwendiger, teurer, weniger “Möglichkeiten”

Digitale Synthesizer

- ✦ Digitale Synthesizer:
 - ✦ Vorteile: billig, viele Features, interessante Klangformungsmöglichkeiten, coole GUIs, verändert sich nicht
 - ✦ Nachteile: viele Features, keine Knöpfe, deutlich weniger “Menschlichkeit” in den Grenzfällen, “kalter” Klang

Mischformen

- ✦ Vermischen der beiden Welten:
 - ✦ digitale Oszillatoren oder digitale Effekte in analogen Synthesizern: stabile Stimmung, Effekte wie Delay und Reverb einfacher bzw. billiger Digital zu realisieren
 - ✦ Emulieren von analogen Eigenschaften in Software

Modularsynthesizer

- ✦ Sowohl bei Software als auch bei analogen Synthesizern gibt es die Möglichkeit, die Struktur zu “verändern”, entweder durch Schalter oder durch Patchkabel
- ✦ Es werden Eingangs- und Ausgangspunkte von Modulen (Filter, Oszillatoren, Mixer, Effektmodule, Modulationsquellen) verbunden, so dass z.b. eine Hüllkurve die Tonhöhe und die Lautstärke steuert, usw...

Modulare Synthesizer

- ✦ In der Softwarewelt gibt es sehr komplizierte Module: Sampler, Delay, Verbindung an das Internet, Javamodule, usw...
- ✦ Für das Basteln sehr interessant, weil nach und nach einzelne einfache Module einen grossen interessanten Synthesizer ergeben
- ✦ Nachteile (analog): Patchstrukturen lassen sich nicht einfach speichern, Je nach Module muss man aufpassen wie man sie verbindet, sonst gehen sie kaputt

Modulare Synthesizer

- ✦ Steuerung der Module über Spannung, daher sind viele der Module sogenannte Voltage-controlled Filter/Oscillator/Amplifier usw...
- ✦ Deutlicher Unterschied zu der Struktur von Modulen die nur über Potis gesteuert werden

Synthesizerbausteine

- ✦ Oszillator: erzeugt eine Schwingung mit der gewünschten Frequenz und einer bestimmten Wellenform: Rechteck, Sägezahn, Sinus, Dreieck

Digitale Oszillatoren

- ✦ Scheint recht einfach zu implementieren
 - ✦ ABER: wir leben in der Nyquistwelt, und dadurch kommt es schnell zum Aliasing: Obertöne oberhalb der Nyquistgrenze spiegeln sich auf den unteren Bereich wieder: Chiptunesound
 - ✦ Lösungen: Übersampeln und Filtern (also z.B. Oszillator mit 88 kHz berechnen, und dann aber 44 kHz Ergebnis nehmen): Einfach, CPU-Intensiv

Digitale Oszillatoren

- Spezielle Algorithmen: minBLEP, BLIT die gleich schon “gefilterte” Wellenformen erzeugen
- Auf der anderen Seite hat Aliasing auch seinen Charme (allerdings ändert sich der Klang von aliasenden Oszillatoren je nach benutzter Samplerate)

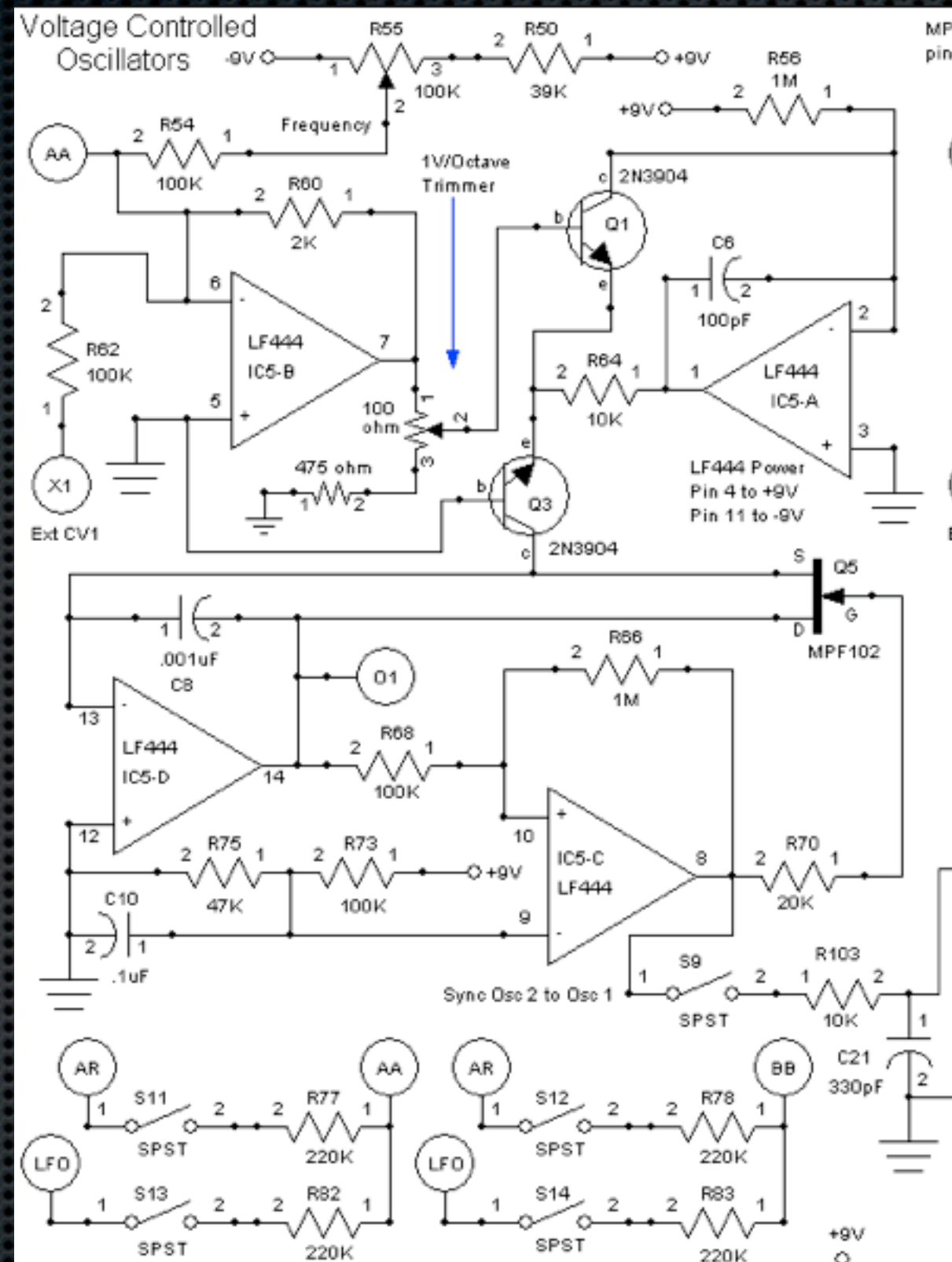
Analoge Oszillatoren

- ✦ Sehr viele verschiedene Designs, allerdings 2 sehr verbreitete
 - ✦ Sawtooth Core: der Kern des Oszillator erzeugt einen Sägezahn
 - ✦ Triangle Core: der Kern erzeugt ein Dreieck
- ✦ Durch einen Comparator kriegt man Rechteck
- ✦ Durch Verzerrung kriegt man Sinus

Analoge Oszillatoren

- ✦ Die Steuerspannung für den Core ist meistens linear, jedoch die CV des Synthesizers meistens logarithmisch (Frequenz hören wir logarithmisch)
- ✦ Einsetzen von Transistoren zur Konvertierung zu exponentieller Frequenz: ziemlich Temperaturabhängig

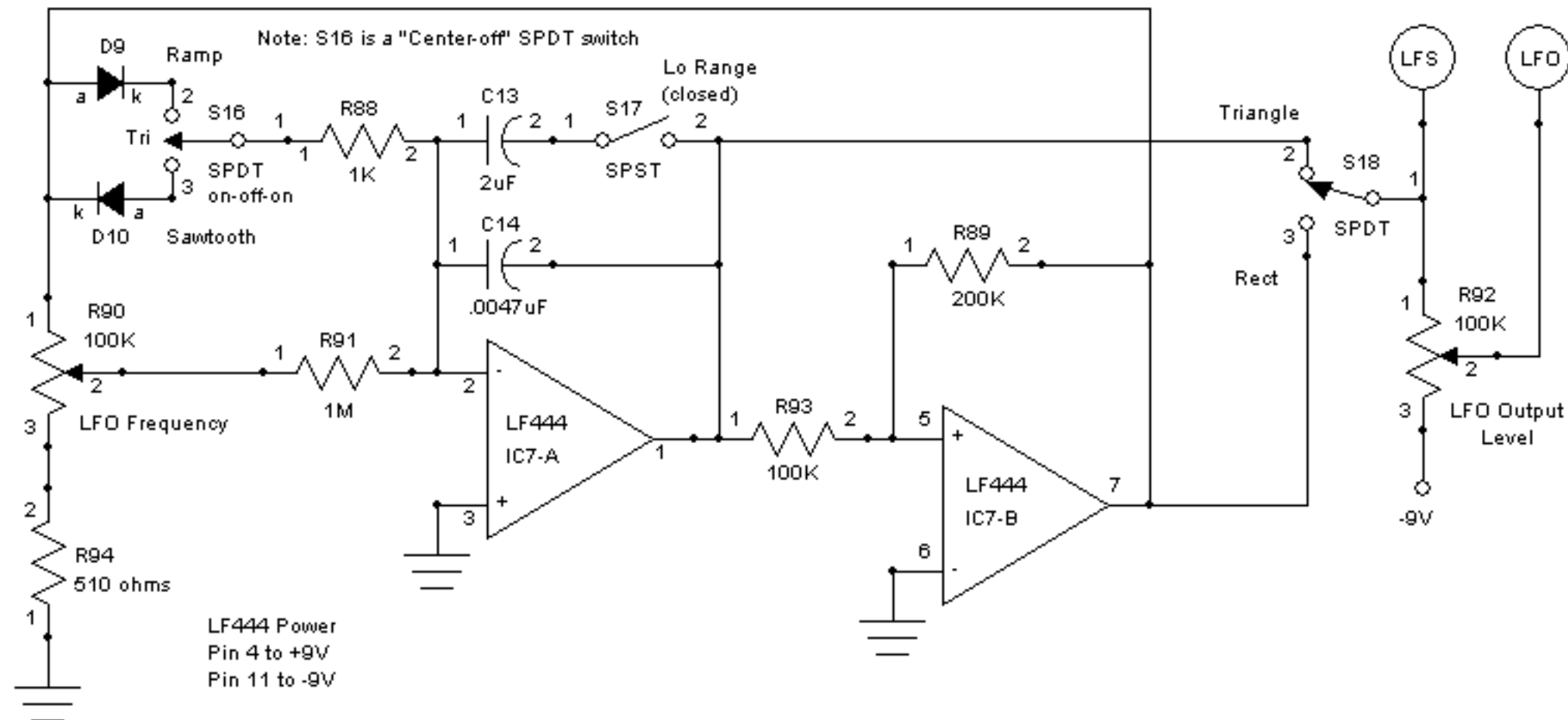
VCO des Soundlab Minisynths



LFOs: langsame Oszillatoren

- ✦ Ähnlich wie Oszillatoren für Kangerzeugung sind LFOs, nur meistens langsamer, und mit linearer Steuerung (und oft wilderen Wellenformen)
- ✦ Sie werden als Modulationsquelle benutzt, um andere Parameter zu steuern

All diodes 1N914



Verstärker und Mixer

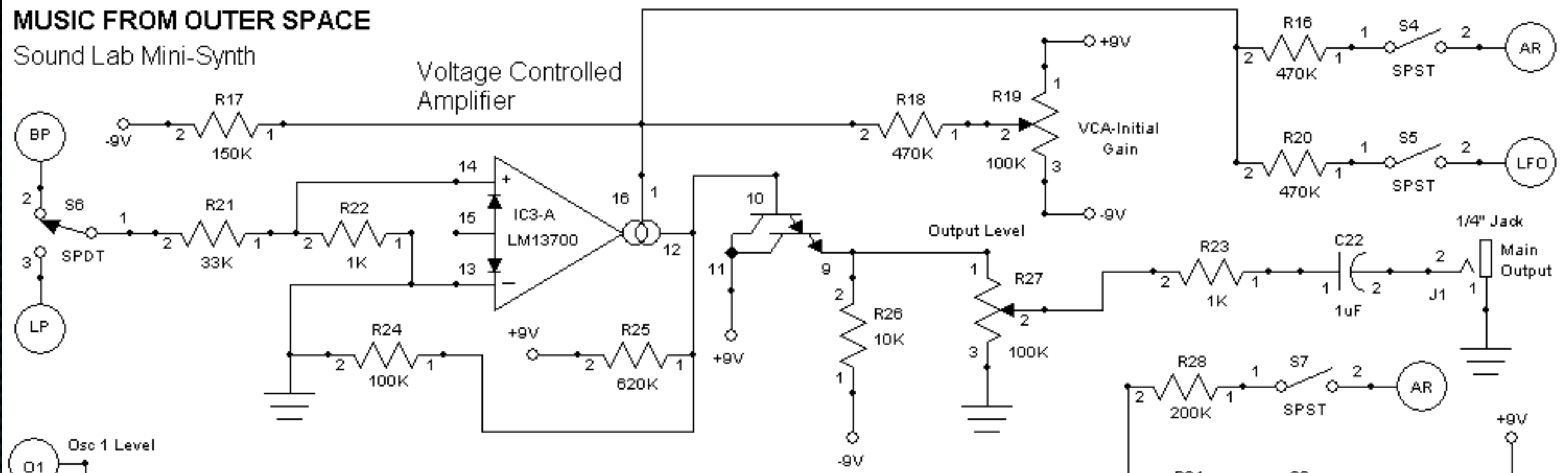
- ✦ Digital recht einfach zu implementieren: + und x
 - ✦ Allerdings muss man aufpassen, dass man nicht über die digitale Repräsentationsgrenze kommt, also 255 bei 8 bit, usw... Dadurch, mehr bit -> mehr Auflösung, weniger Qualitätsverlust bei "leise"
 - ✦ Digitale Verzerrung klingt meistens nicht sehr attraktiv, dadurch Verzerrung durch mathematische Operationen wie x^2 , exp, arctan, usw... (nichtlineare Funktionen) -> aufwendige Modulierung von analoger Verzerrung (Röhrenmodellierung, usw...)

Analoge Verstärker

- ✦ Verschiedene Bauteile im Laufe der Zeit:
 - ✦ Röhren, Transistoren, Operationsverstärker
 - ✦ In Synthesizern sehr häufig verwendet damit CV-Steuerung da ist: OTAs, ähnlich wie Operationsverstärker aber mit Stromsteuerung

MUSIC FROM OUTER SPACE

Sound Lab Mini-Synth

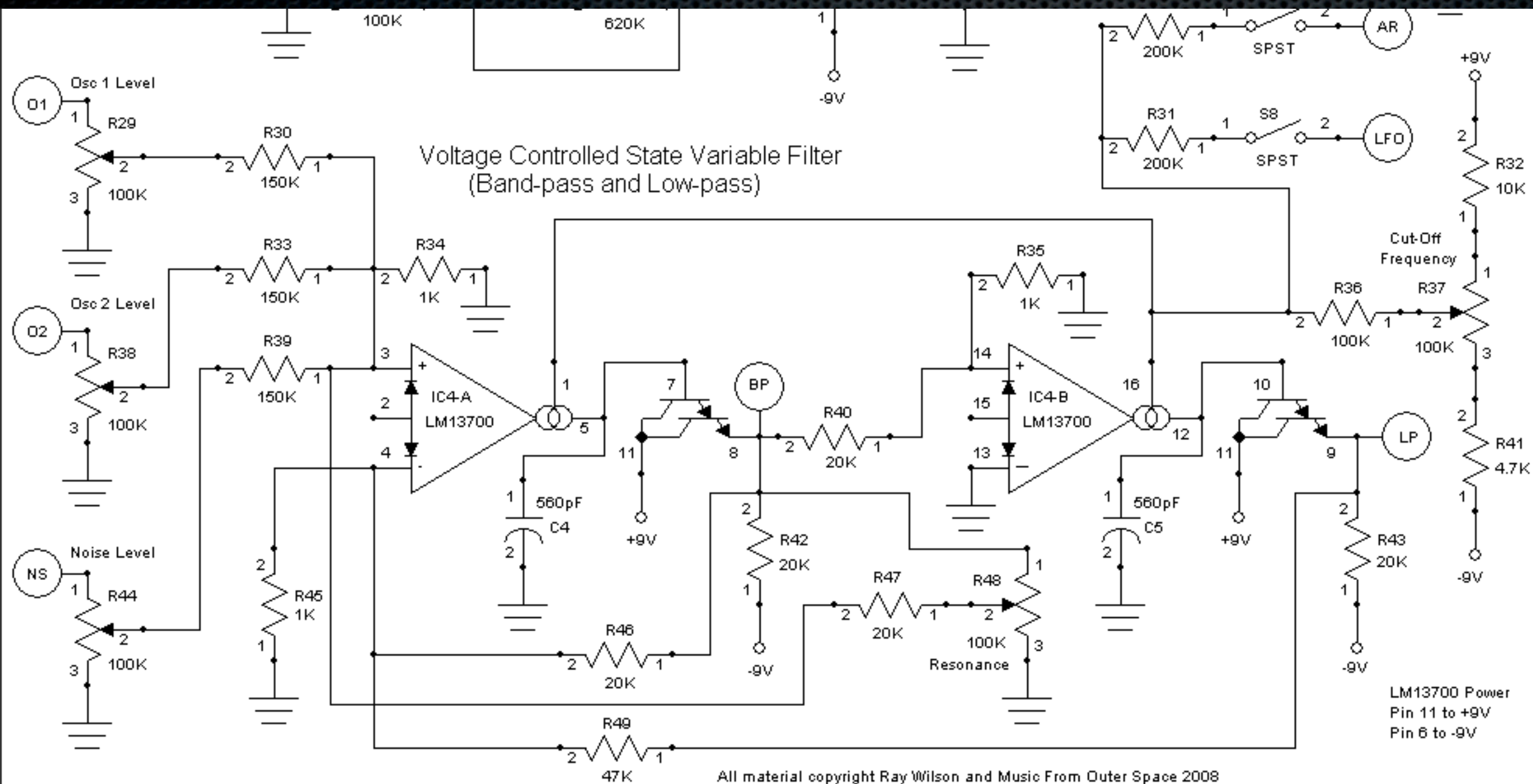


Filter

- ✦ Digitale Filter basieren auf einer Feedback-architektur
 - ✦ Im groben sind Tiefpass filter ein Running-average
- ✦ Analoge Filter basieren meistens auf gesteuerte RC Kreise
 - ✦ Kondensatoren agieren als Frequenzabhängige Widerstände
 - ✦ Mit OTAs kann man einen Spannungsgesteuerten Widerstand bauen

Analoge Filter

- ✦ Auch hier gibt es tausend verschiedene Schaltungen für Filter, z.T. weil OTAs nicht zur Verfügung standen (oder stehen)
 - ✦ Spannungsabhängige Widerstände mit Dioden, FETs, lichtempfindlichen Widerständen
- ✦ Verschiedene Filterarchitekturen für verschiedene Filtertypen: Soundlab-filter ist Sallen-key Filter



Chiptune Synthesizer

- ✦ Atmel Mikrokontroller macht alles, ausser Filter (analoger Sallenkey-Filter)
- ✦ 6-bit DAC mit Widerständen (R2R-Netzwerk)
- ✦ CV-Erzeugung mit PWM und Tiefpassfilter (zum Steuern des Filters)
- ✦ 2 LFOs, 2 Hüllkurven
- ✦ 4-Stimmig