

Spannungsgesteuerte Filter

Voltage Controlled Filters

Vortrag von Jan Strenge, Projektlabor TU Berlin, 27.06.2017

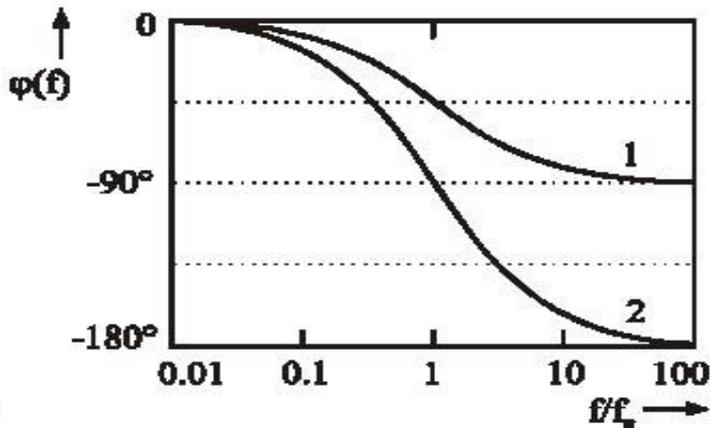
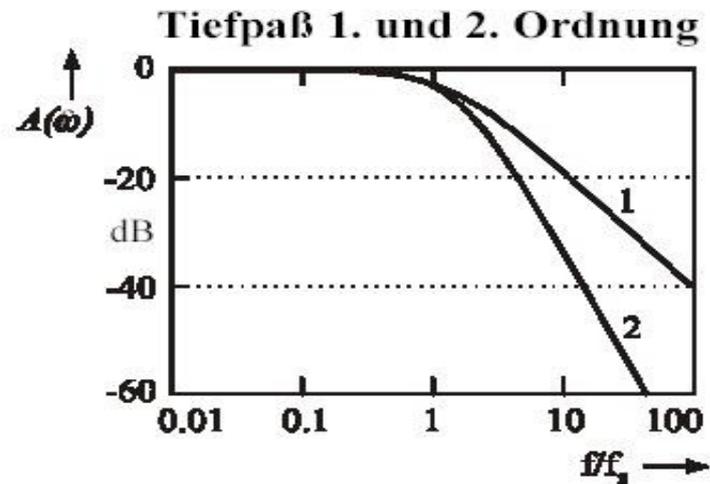
- 1 Filter im Allgemeinen
 - 1.1 Filtertypen
 - 1.2 Einstellbare Parameter beim Audiofilter
- 2 Spannungssteuerung
 - 2.1 Steuersignalformen
- 3 Realisierung von VCFs
 - 3.1 Der OTA
 - 3.2 Filtertopologie mit OTA
 - 3.3 Ladderfilter
- 4 Fragen & Kritik

PROJEKT
LABOR

Filter im Allgemeinen

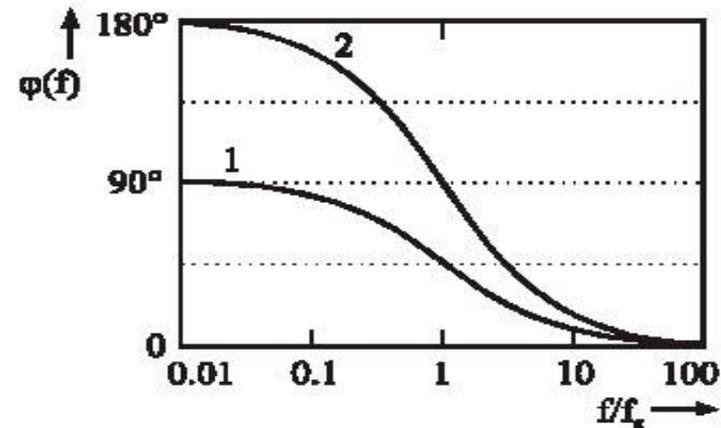
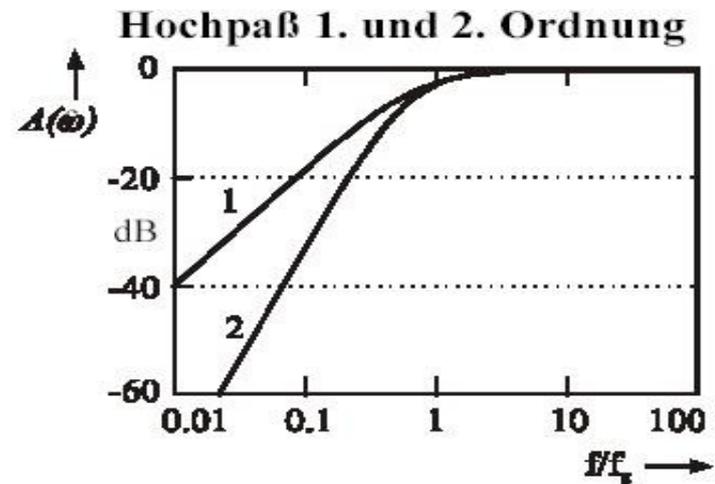
Tiefpassfilter

- dämpft hochfrequente Anteile mit -20dB/dec bzw. -6dB/oct pro Ordnung



Hochpassfilter

- dämpft tieffrequente Anteile mit -20dB/dec bzw. -6dB/oct pro Ordnung



Filter im Allgemeinen

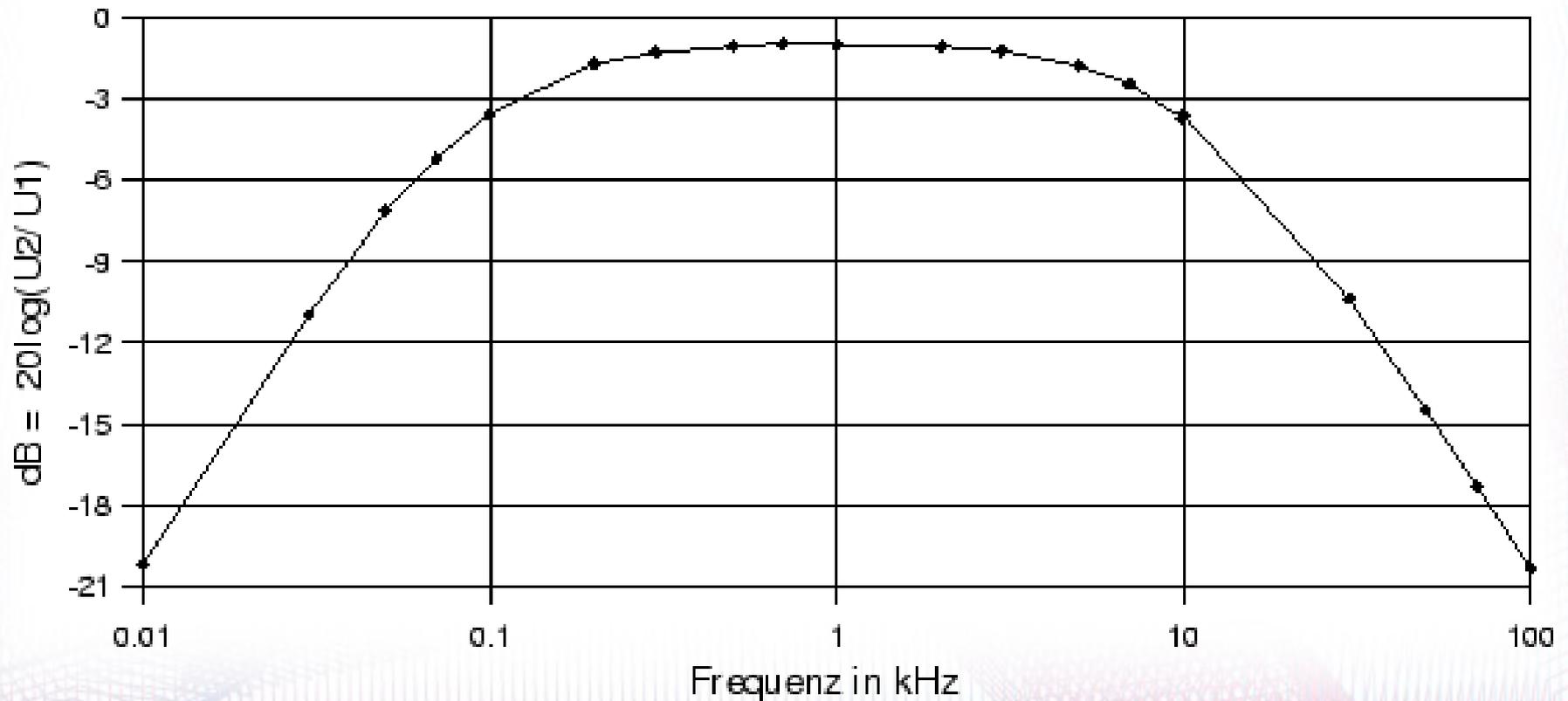
Bandpassfilter

- Reihenschaltung von TP und HP
- Ein Frequenzband kann passieren

Universalfilter

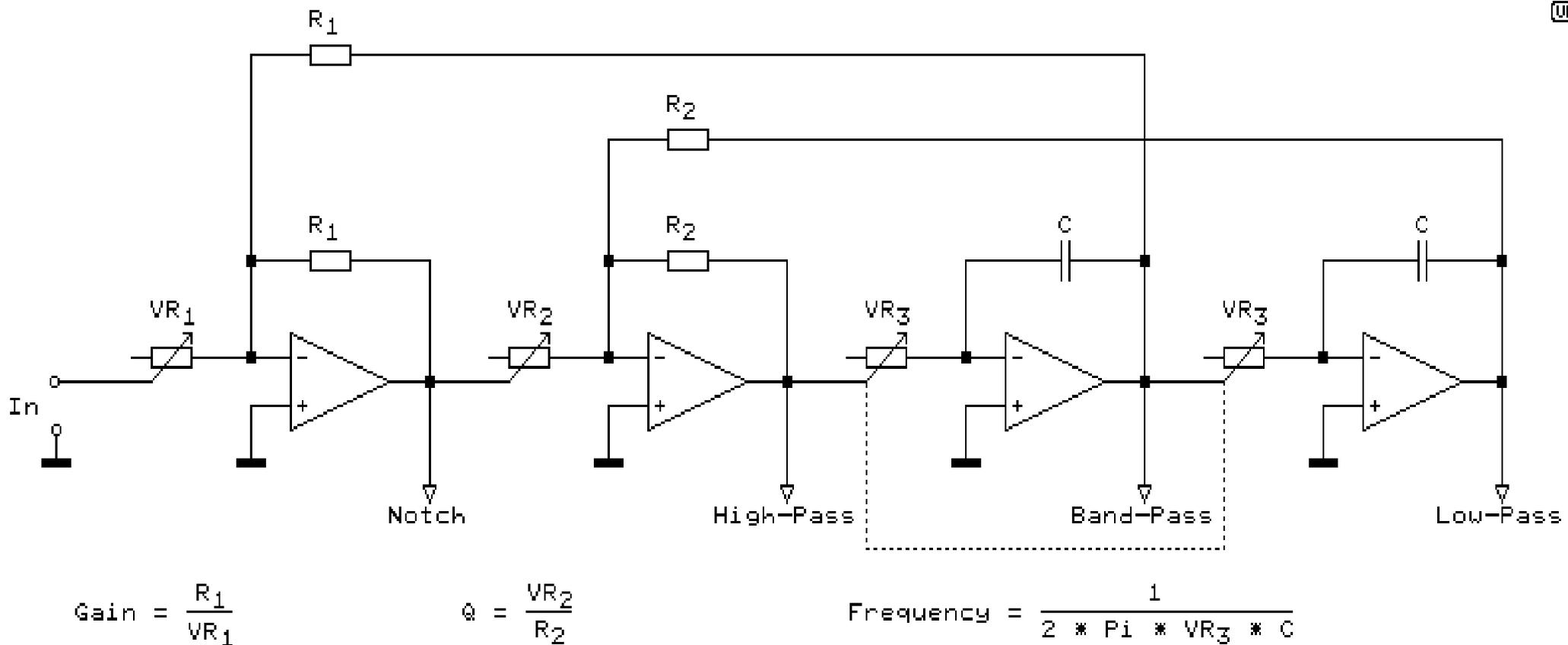
- Signal geht in verschiedene Filter gleichzeitig
- Ein Eingang, ein Ausgang **pro Filter**

Amplitudengang in dB



Beispielhafter Amplitudengang eines Bandpassfilters (2)

Universalfilter

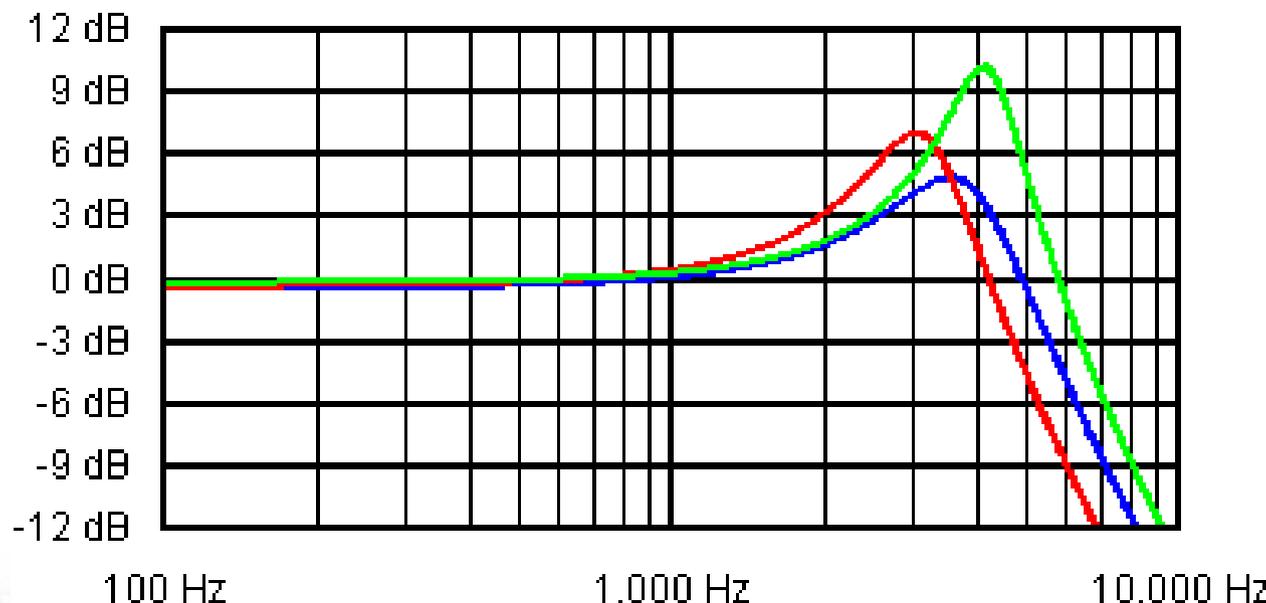


(11) Schaltung eines Universalfilters

Filter im Allgemeinen

(häufigste) einstellbare Parameter

- Cutoff-Frequenz (3dB-Grenzfrequenz)
- Resonanz in Umgebung der Grenzfrequenz (Rückkopplung)
- Flankensteilheit (Ordnung)



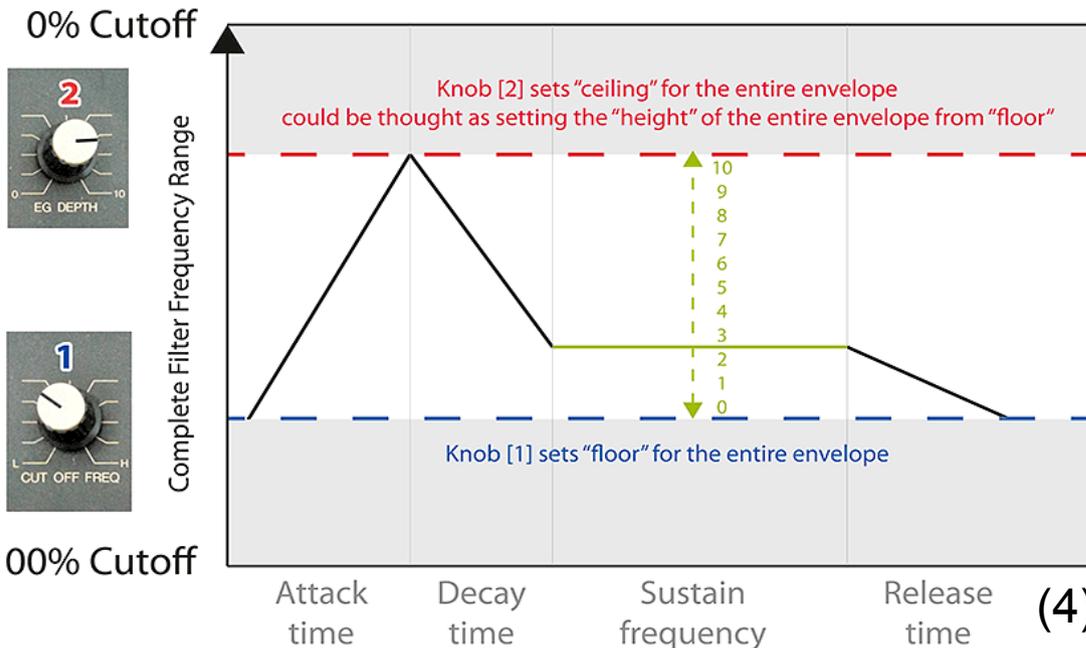
Übertragungsfunktion eines Tiefpassfilters mit verschiedenen Resonanzeinstellungen (3)

Spannungssteuerung

Änderung der Grenzfrequenz per:

- LFO (niederfrequente Wechselspannung, z.B. 0 - 10 Hz)
- Hüllkurve (ADSR)
- Pedal („Wah-Wah“-Effekt)

Example of positive ADSR

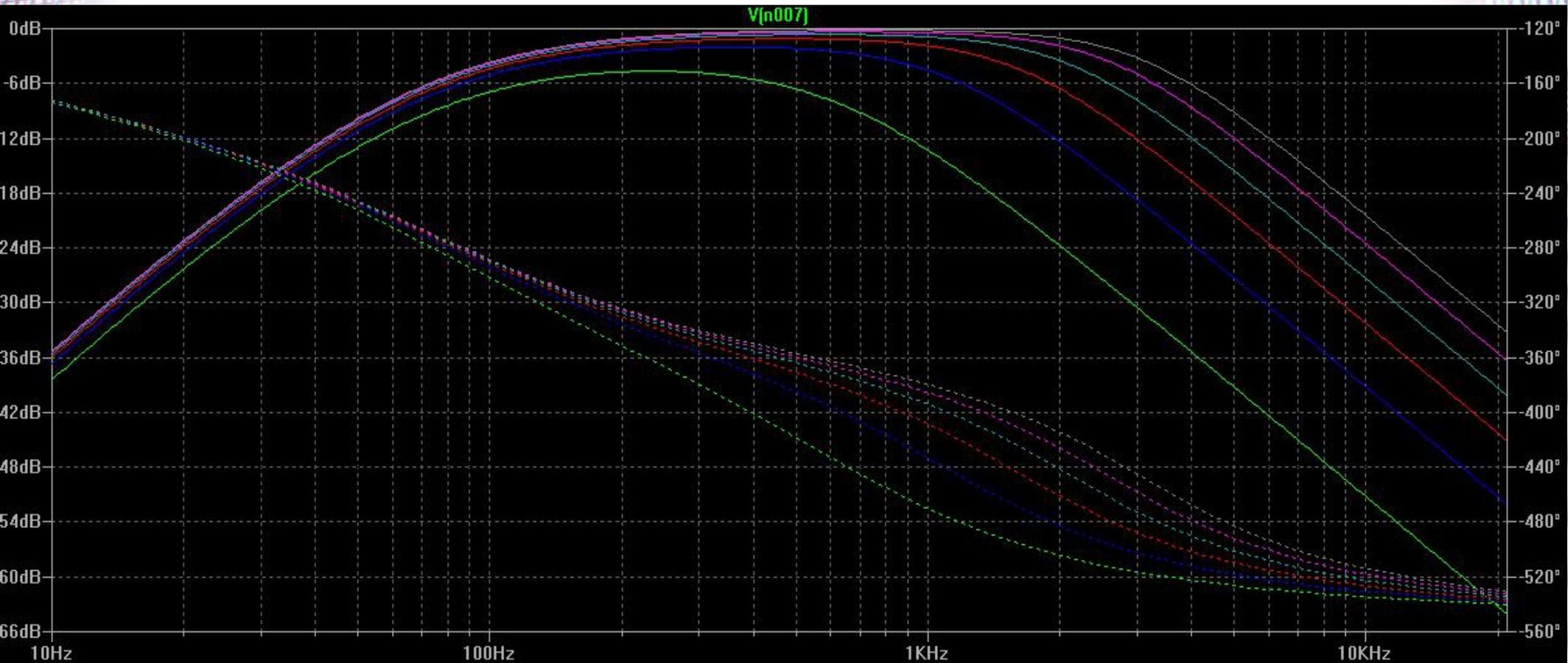


This is complete electronic range the device filter can span
This is the user defined range filter can span in this patch



(5)

Unser Projektlabor Filter

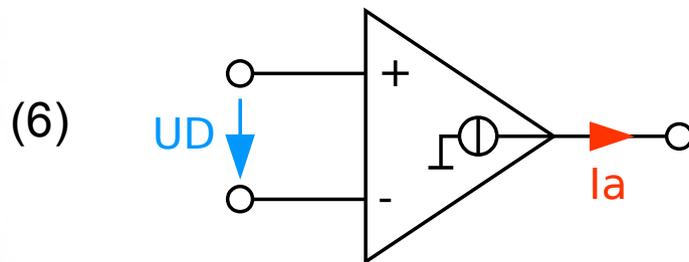


Simulationsergebnisse unseres Projektlabor-VCF.

Die Grenzfrequenz des Tiefpassfilters ändert sich linear mit der Steuerspannung, sie sollte also exponentiert werden, um in der ans menschliche Ohr angepassten logarithmischen Skalierung „linear“ zu klingen.

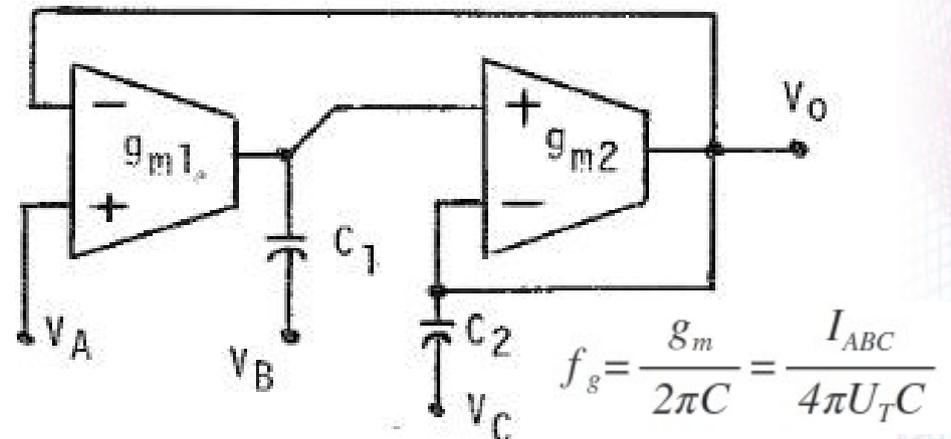
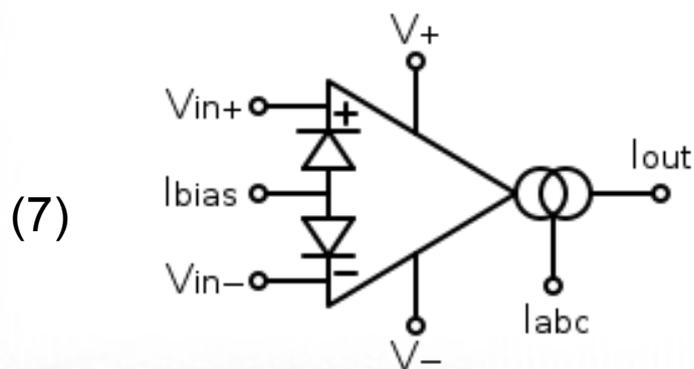
Realisierung OTA

- Transkonduktanzverstärker (hochohmiger Stromausgang)
- Steuerung des Leitwerts und damit des Ausgangsstroms über *Amplifier Bias Current*
- Filterschaltungen ohne ohm'sche Widerstände realisierbar mit OTA als stromgesteuerter Leitwert



$$I_a = (U_+ - U_-) g_m = U_D g_m$$

$$g_m = \frac{I_{ABC}}{2U_T}$$



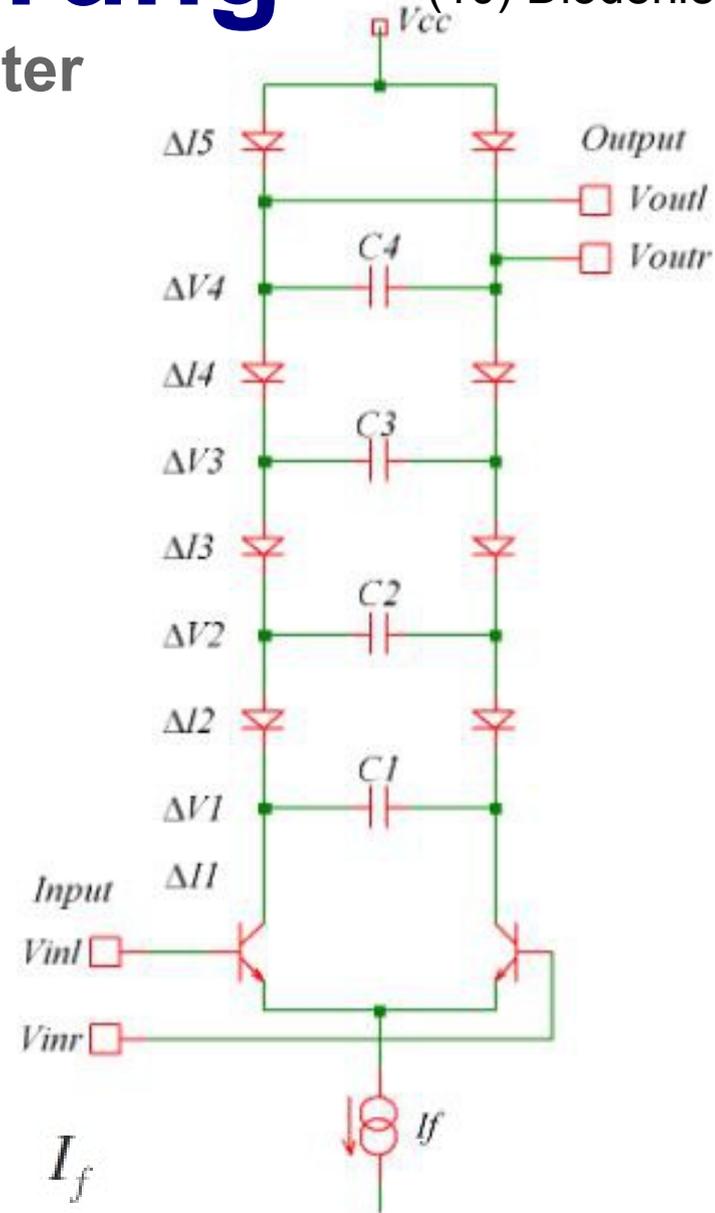
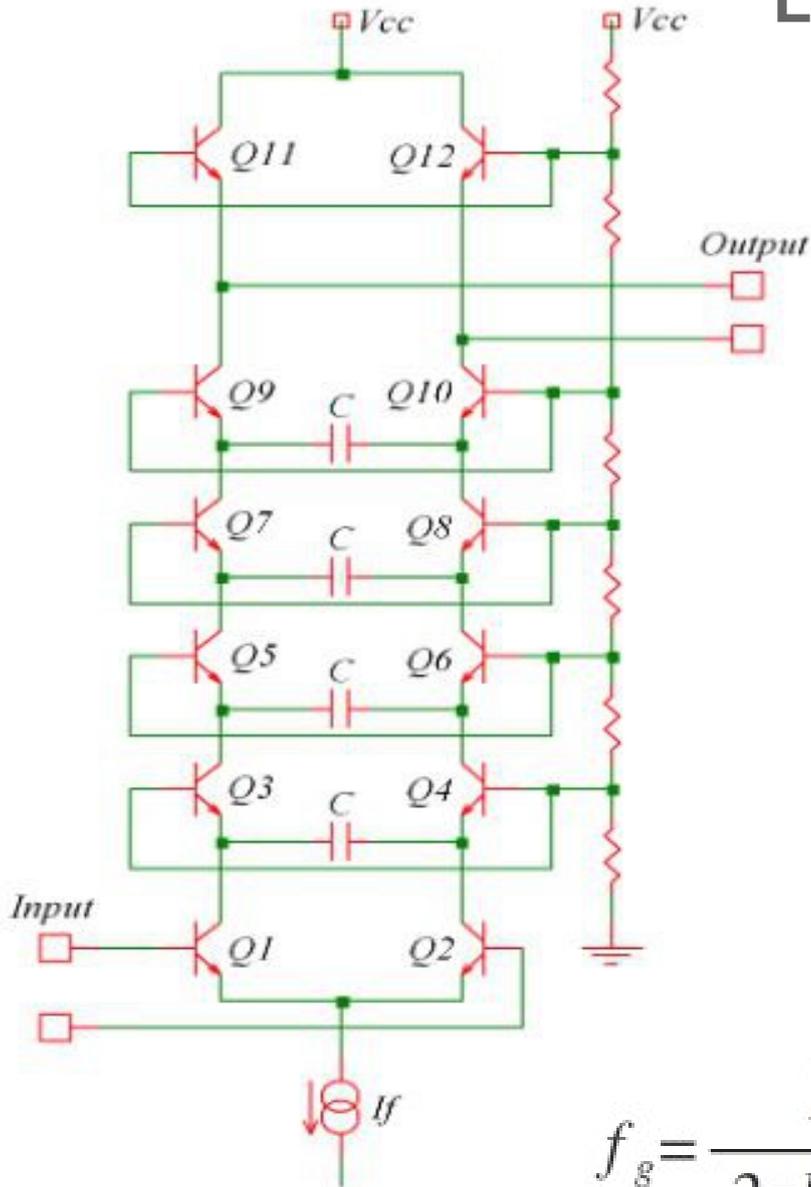
(8) Tiefpass mit Steuerung per OTA

(9) Transistorleiter, TP
(Moog Ladderfilter)

Realisierung

(10) Diodenleiter, TP

Ladderfilter



$$f_g = \frac{1}{2\pi R_{\ddot{a}q} C} = \frac{I_f}{8\pi C U_T}$$

Realisierung

Treibt die Steuerspannung einen Wechselstrom durch die Transistoren/Dioden, ändert sich der äquivalente ohm'sche Widerstand und somit die Grenzfrequenz.

- Dioden-Ladderfilter: harter, dröhnender Klang erzielbar
- Moog-Filter: eher warmer, resonanzlastiger Klang

Beispielvideos:

- Moog Transistor-Ladderfilter Nachbau:

<https://www.youtube.com/watch?v=MSmHxGpRGUA>

- Dioden-Ladderfilter (Steckbrettaufbau):

https://www.youtube.com/watch?v=fZEs89_MPPs

Quellen

- (1) [http://alphard.ethz.ch/hafner/PPS/PPS2005/Filter/Vom%20Spiel%20zur%20Wissenschaft%20\(korr\)%202019.01_html_6157603d.jpg](http://alphard.ethz.ch/hafner/PPS/PPS2005/Filter/Vom%20Spiel%20zur%20Wissenschaft%20(korr)%202019.01_html_6157603d.jpg)
 - (2) http://www.abmh.de/fhs/EMT-L/FS_Hofmeier/FS.HTML/img86.png
 - (3) http://www.guitar-letter.de/Knowledge/Grundlagen/Images/HB_Split_02.gif
 - (4) <https://www.gearslutz.com/board/attachments/electronic-music-instruments-electronic-music-production/355839d1375182053-filter-adsr-basic-principle-question-positive-vcf-adsr.gif>
 - (5) https://www.thomann.de/pics/bdb/304236/6458083_800.jpg
 - (6) <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/VC-OPV.svg>
 - (7) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/27/Operational_transconductance_amplifier_symbol.svg/220px-Operational_transconductance_amplifier_symbol.svg.png
 - (8) [http://class.ece.iastate.edu/vlsi2/docs/Linked Publications/1983-05-ISCAS-RL.pdf](http://class.ece.iastate.edu/vlsi2/docs/Linked%20Publications/1983-05-ISCAS-RL.pdf)
 - (9), (10) http://www.timstinchcombe.co.uk/synth/Moog_ladder_tf.pdf
 - (11) http://www.beis.de/Elektronik/AudioMeasure/Images/UniFilt_SP.GIF
- http://www.timstinchcombe.co.uk/synth/Moog_ladder_tf.pdf
- [http://class.ece.iastate.edu/vlsi2/docs/Linked Publications/1983-05-ISCAS-RL.pdf](http://class.ece.iastate.edu/vlsi2/docs/Linked%20Publications/1983-05-ISCAS-RL.pdf)
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Transkonduktanzverstärker](https://de.wikipedia.org/wiki/Transkonduktanzverst%C4rker)