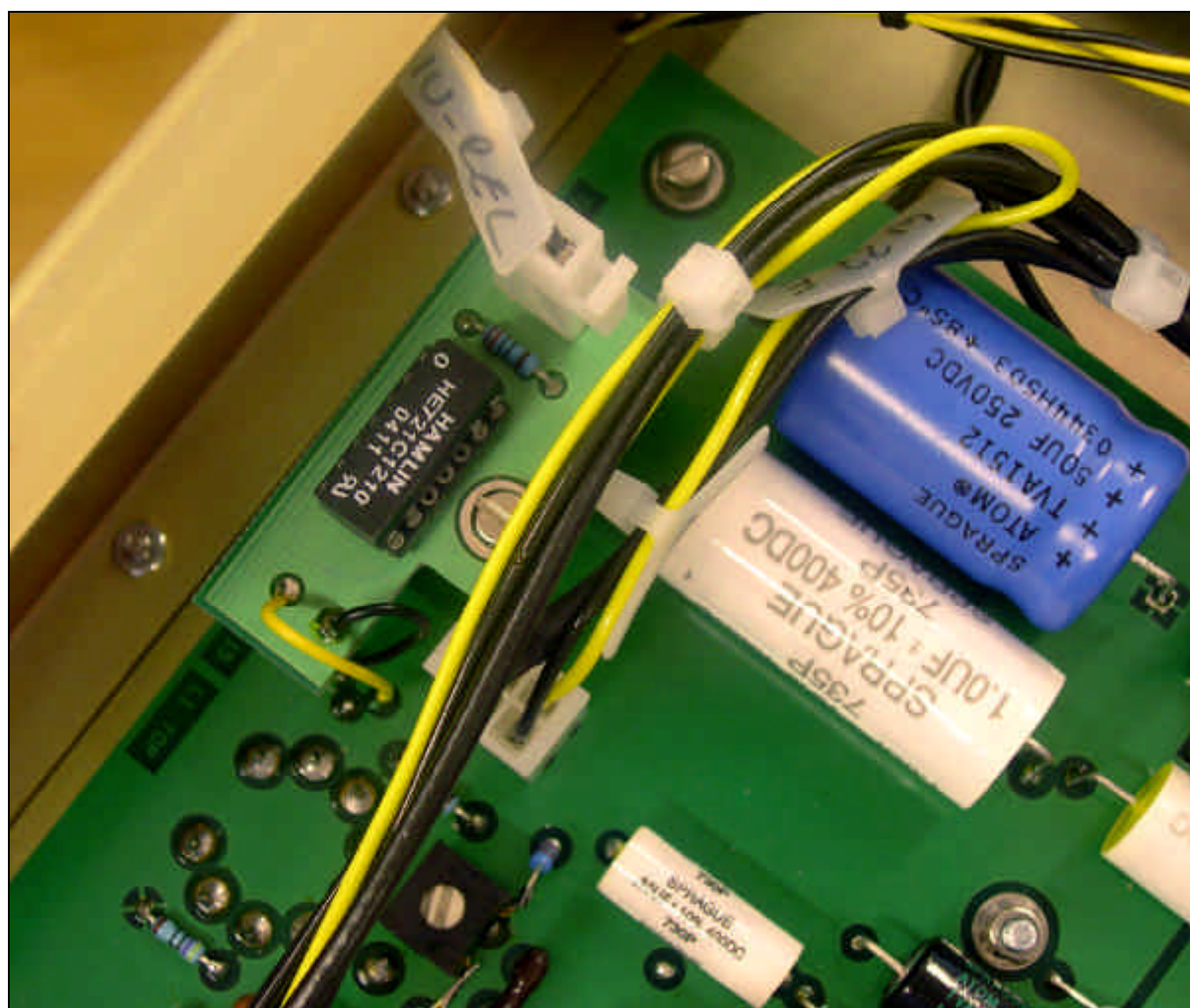
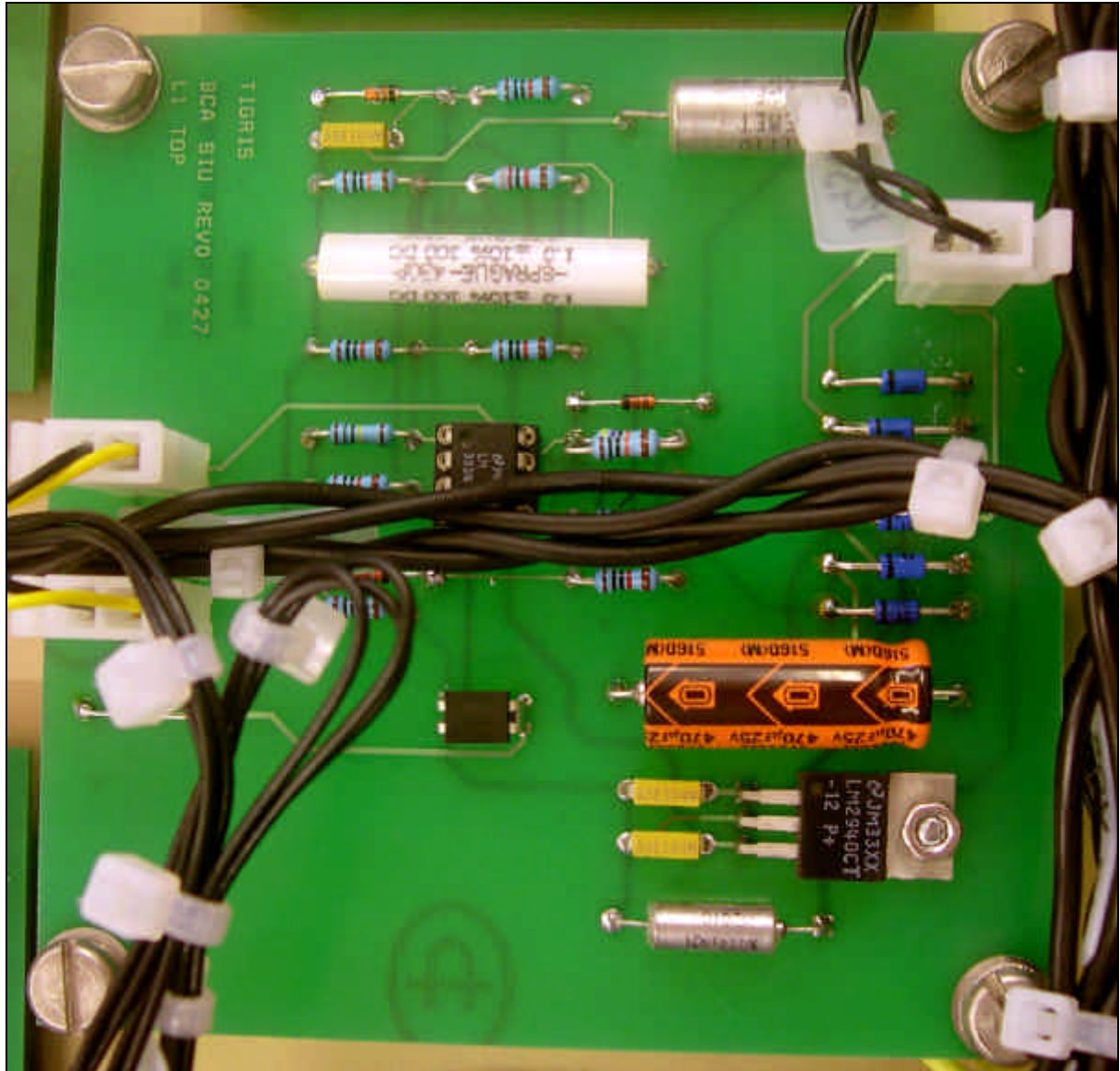


Baugruppe zur Schaltimpulsunterdrückung

Von Henry Westphal



Relaisleiterplatte zur Schaltimpulsunterdrückung, direkt am Verstärkereingang montiert



Hauptleiterplatte zur Schaltimpulsunterdrückung, eingebaut im Endstufenchassis

Übersicht und Veranlassung

Beim Testbetrieb des fertiggestellten Verstärkers in Verbindung mit der Vorstufenbaugruppe zeigte es sich, daß bei kurzzeitigem Ausschalten des Verstärkers mit anschließendem Wiedereinschalten bei noch warmen Röhren ein tieffrequenter Impuls mit erheblicher Amplitude auftritt. Dieser Impuls führte zur Zerstörung der Hochtöner beider beim Test verwendeten Lautsprecherboxen.

Es wurde zunächst versucht, den Impuls dadurch unschädlich zu machen, daß die untere Grenzfrequenz des Verstärkers von ca. 3 Hz auf ca. 8 Hz angehoben wurde. Dies reichte aber nicht aus, um die Amplitude des Impulses ausreichend zu reduzieren. Eine versuchsweise weitere Anhebung der unteren Grenzfrequenz auf ca. 16 Hz brachte jedoch eine deutlich wahrnehmbare Beeinträchtigung des Höreindrucks.

Es wurde jedoch festgestellt, daß ein Kurzschluß des Verstärkereingangs den Impuls weitgehend zum Verschwinden bringt. Daher liegt es nahe, die Verstärkereingänge mit Reedrelais für eine bestimmte Zeit nach dem Einschalten kurzzuschließen.

Daher wurde eine zusätzliche Baugruppe aufgebaut, die auch eine kurzzeitige Unterbrechung der Netzversorgung erkennt und erst etwa 20 Sekunden nach Wiederkehr der Netzspannung den eingangsseitigen Kurzschluß der Endstufenbaugruppen aufhebt.

Die Baugruppe besteht aus 3 Teilleiterplatten, die unter der Netzdrossel montierte Hauptleiterplatte, die die Überwachungs- und Zeitgeberfunktionen beinhaltet und zwei Relaisleiterplatten, die direkt an den Eingängen der beiden Endstufenbaugruppen montiert werden.

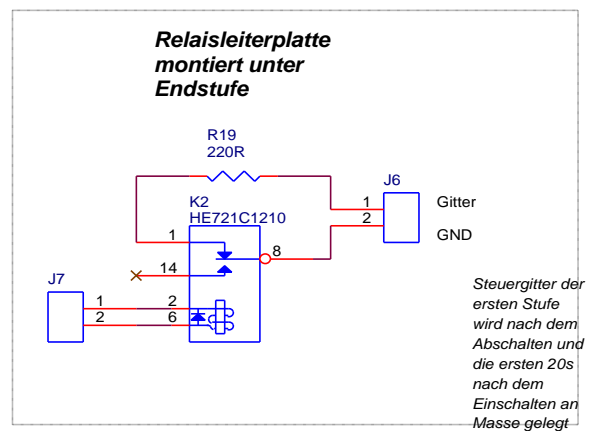
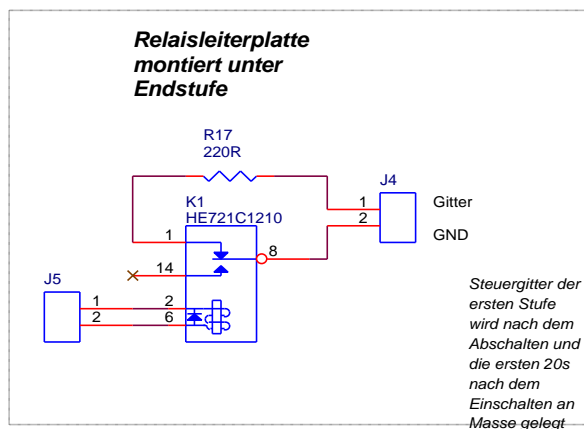
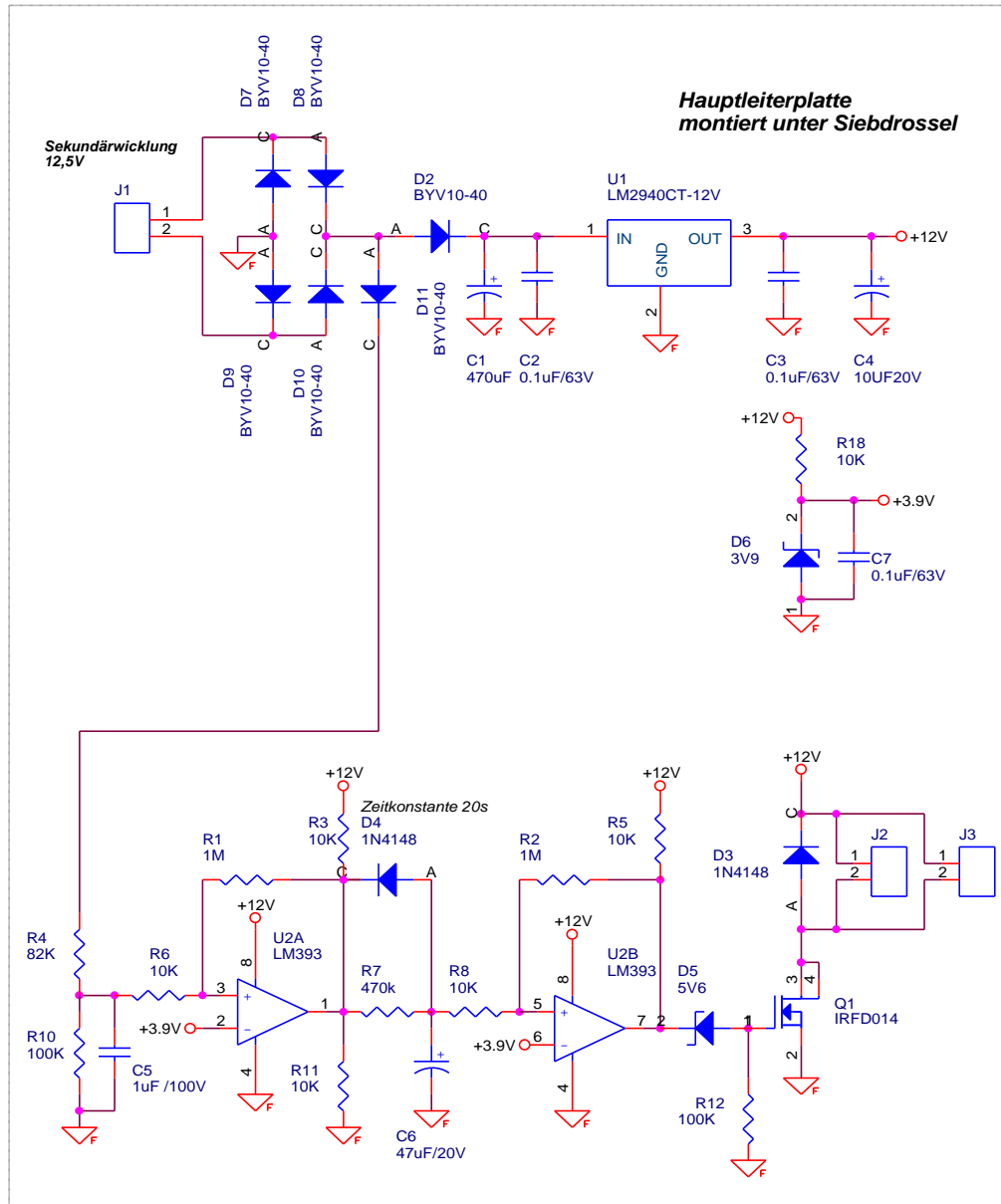
Die Baugruppe wird von der 12,5V-Sekundärwicklung des Netztrafos mitversorgt. Die Schaltung zeichnet sich dadurch aus, daß sie keinerlei getaktete Bauelemente oder Oszillatoren enthält und somit keinerlei Störungen abstrahlt.

Auf der Folgeseite ist der vollständige Schaltplan der Baugruppe dargestellt.

Die Schaltung arbeitet wie folgt:

Die gleichgerichtete, aber ungesiebte Sekundärspannung des Trafos gelangt über den aus R4, C5 und R10 aufgebauten Tiefpaß an den Comparator U2A. Die Zeitkonstante des Tiefpasses liegt bei ungefähr 8 Perioden der hinter dem Gleichrichter vorhandenen 100 Hz-Sinushalbwellenfolge. Der Ausgang von U2A folgt daher praktisch unmittelbar dem Ein/Aus-Zustand der Netzversorgung. Bei einem Ausfall der Netzspannung schaltet sich der Ausgang von U2 nach Masse durch, damit wird C6 über D4 in kürzester Zeit entladen. Die Entladung von C6 ist bereits abgeschlossen, wenn C1 soweit entladen ist, daß der Comparator nicht mehr korrekt arbeitet. Bei Wiederkehr der Netzspannung schaltet sich der Comparatorausgang hochohmig, C6 wird nun langsam über R7 aufgeladen. Nach etwa 20 Sekunden ist die Schaltschwelle des Comparators U2B erreicht. Damit wird dessen Ausgang hochohmig, was zur Durchsteuerung von Q1 führt. Damit schalten die Relais durch, die die Verstärkereingänge kurzschließenden Ruhekontakte der Relais öffnen sich. D5 verhindert ein ungewolltes Einschalten der Relais bei bereits abfallender +12V-Versorgungsspannung. Die Schaltung schließt die Verstärkereingänge auch dann kurz, wenn die Netzspannung nicht völlig ausfällt, aber stark reduziert ist.

Der Kurzschluß der Verstärkereingänge ist nicht vollständig niederohmig, es verbleibt ein Restwiderstand von 220 Ohm. Damit werden möglicherweise direkt an die Endstufenbaugruppen angeschlossene Geräte, wie etwa CD-Player, vor zu hohen Kurzschlußströmen geschützt.



Schaltplan der Baugruppe „Schaltimpulsunterdrückung“

Details

C1 und Gleichrichter:

Widerstand Relais 500 Ohm $\Rightarrow I = 12V / 500 \text{ Ohm} = 24\text{mA}$. Es sollen max. 4 Relais gesteuert werden können: $24\text{mA} * 4 = 96\text{mA}$. Annahme Eigenstromverbrauch 50 mA. \Rightarrow Auslegen für 150 mA.

Up bei 15% US = $(12,5V * 0,85 * 1,41) - (0,7V * 3)$ {Diodenflußspannungen} = 12,9V.
unter der Annahme der Verwendung von Standard-Si-Dioden

- sehr knapp.
- Es werden Schottkydioden für den Brückengleichrichter (D7 bis D9) und für D2 vorgesehen.
- Sperrspannung min. $12,5V * 1,2$ {Überspannung} $* 2,82 = 34V$
- gewählt BYV 10-40 (STM 40V 1A fec 364-216)

Man erhält dann:

Up bei 15% US = $(12,5V * 0,85 * 1,41) - (0,5V * 3)$ {Diodenflußspannungen} = 13,5V.

U drop von LM2950 0,6V sinnvoll.

U ripple max ist dann:

$13,5V - 0,6V - 12V = 0,9V$

C1 min ist dann $(10\text{ms} * 150\text{mA}) / 0,9V = 166 \text{ uF}$.

Gewählt: 470uF 25V Typ 516D Sprague

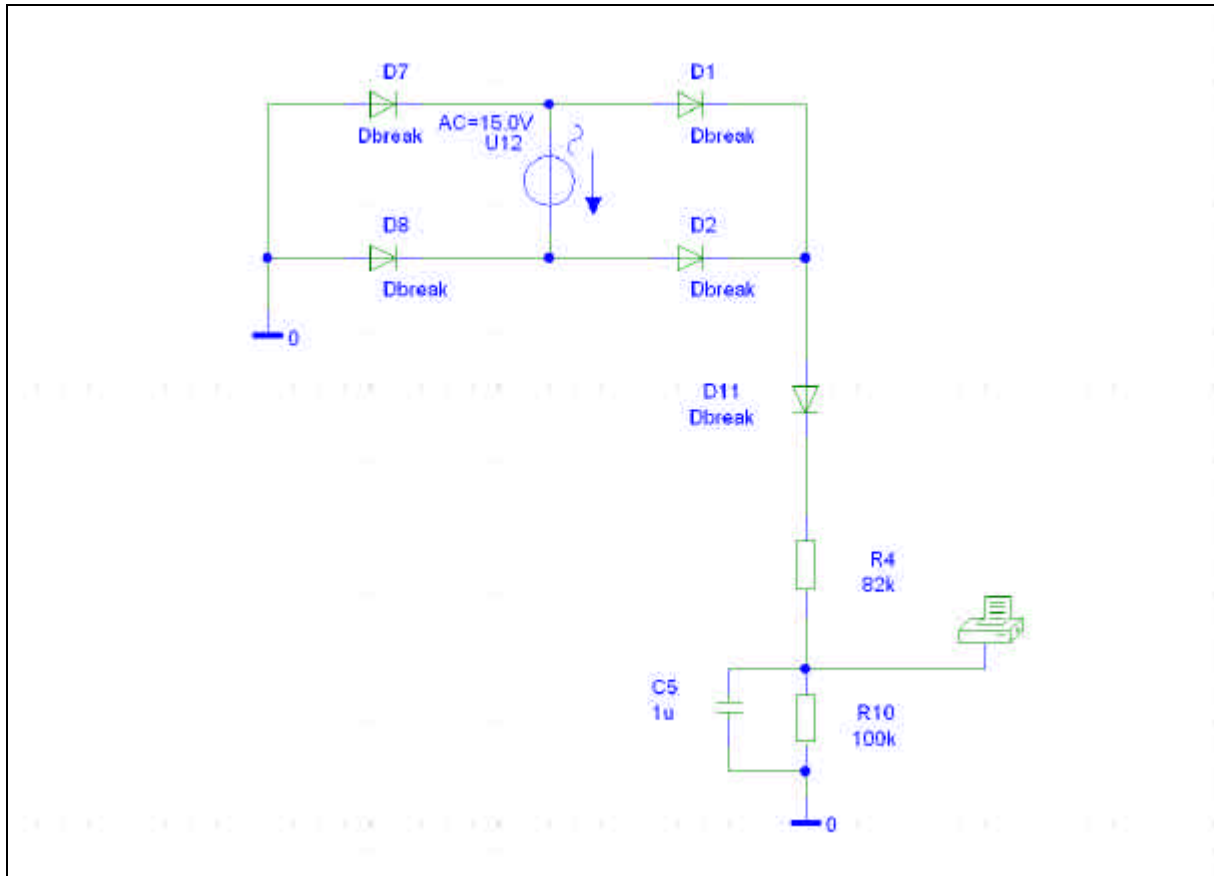
U1:

$P_{\text{max}} = [(12,5V * 1,2 \text{ {Überspannung 20\%}} * 1,41) - 1,5V \text{ {Flußspg}} - 12V] * 0,15A = 0,225W \Rightarrow$
auch ohne Kühlkörper kein Problem

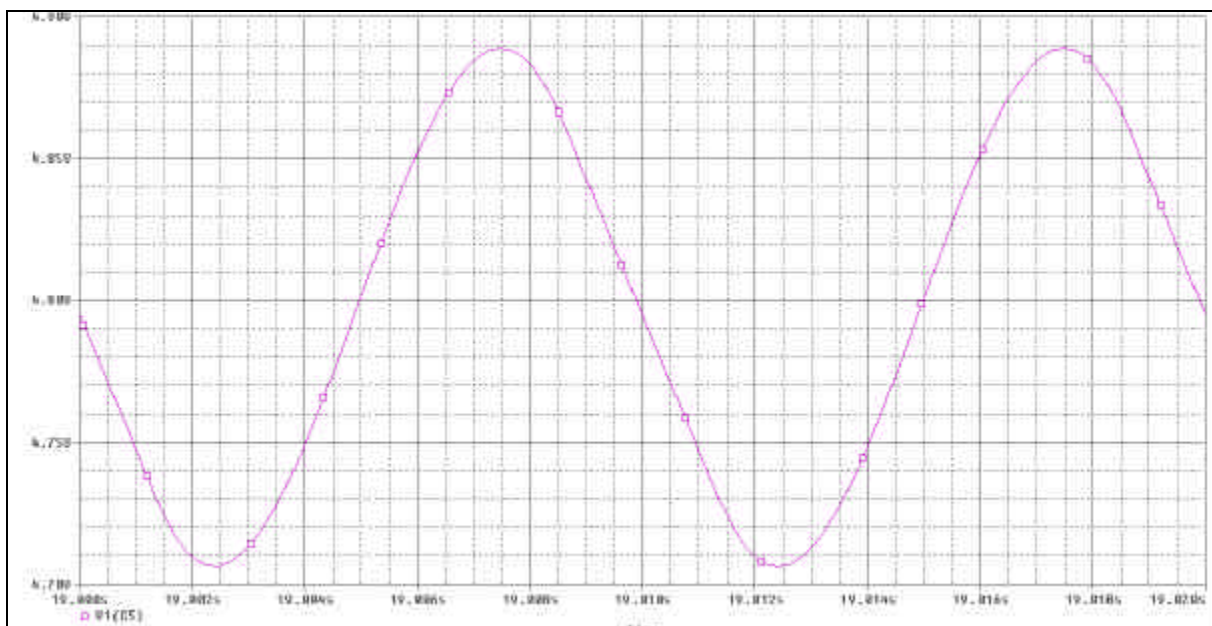
R4, R10 und C5:

Die Schaltung wurde interaktiv mit Pspice entworfen:

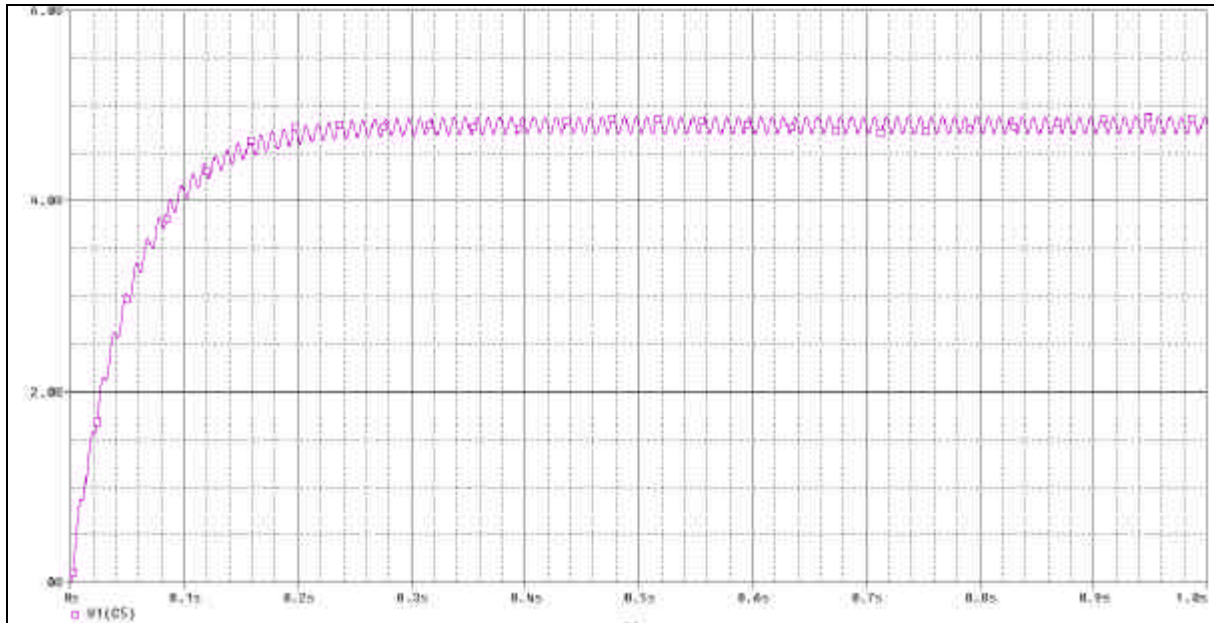
Am Eingang des ersten Comparators soll bei 15% Unterspannung noch sicher die Schaltschwelle von 3,9V nominal erreicht werden.



Zur Simulation verwendete Schaltung



Spannung über C5 bei 15% Unterspannung



Spannung über C5 bei 15% Unterspannung

R1 und R6:

Hysteresis im einstelligen Prozentbereich sinnvoll.

$R1 = 100 \cdot R6$ und $R1 = \min 10 \cdot R4 \text{ parallel } R10 \Rightarrow R1 = 1M$ und damit $R6 = 10K$.

R3 und R11:

Schaltsschwelle des zweiten Comparators bei 3,9V

Optimale unabhängigkeit der Schaltzeit von Bauteiletoleranzen bei einem Schaltschwellenpunkt von 63% der stationären Spannung nach Aufladung von C6.

$U_{stat} = 3,9V / 0,63 = 6,2V$.

R3 soll 10 mal kleiner sein als R1 $\Rightarrow 10K$

Um $U_{high} = 6,2V$ zu erreichen R11 auch 10K (6,0V sind ausreichend)

R7 und C6:

Es soll eine Zeitkonstante von 20s erreicht werden.

$\Rightarrow 500k$ und $40\mu F$ sinnvoll \Rightarrow Normwerte $470k$ und $47\mu F$

R2 und R8:

Hysteresis im einstelligen Prozentbereich sinnvoll.

$R2 = 100 \cdot R8 \Rightarrow R8 = 10K$ und $R2 = 1M$

R5, D12 und R12:

D12 verhindert Durchschalten von Q1 bei Versorgungsspannungen kleiner 5,6V. R12 ist 10 mal R5. R5 ist durch die Bedingung $R5 = 0,01 \cdot R2$ gegeben.

R17 und R19

R17 und R19 verhindern eine Beschädigung an den Line-Buchsen angeschlossener Audioquellen. Bei einem Pegel von 2V wird der Strom auf einen unschädlichen Wert von $2V / 220\Omega = \text{ca. } 10\text{mA}$ begrenzt.