

Sallen Key Schaltung

Um diese OP-Schaltung ranken sich allerlei seltsame Behauptungen die immer wieder im Netz auftauchen.

Das soll hier ein wenig näher untersucht werden.

Dazu wurde mit Hilfe von LTSpice eine Schaltung erstellt die es erlaubt einzelne Vorgänge näher zu untersuchen.

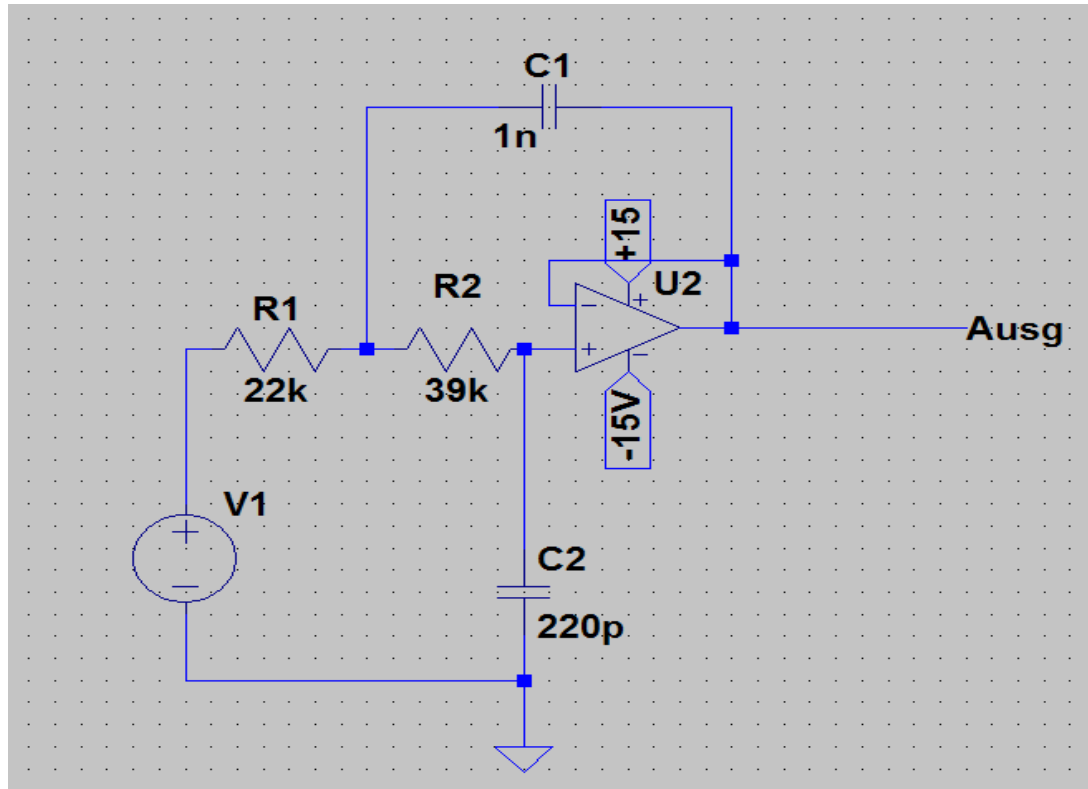


Bild1

V1 ist ein Generator der Rechteckimpulse mit einer Spannung von 3.3V erzeugt.

Die Parameter dazu können frei gewählt werden.

U2 ist ein Operationsverstärker der als Impedanzwandler geschaltet ist und dessen Ausgang über den Kondensator C1 dem Generatorsignal überlagert wird.

Um die Schaltung, und die Vorgänge derer, zu verstehen ist es sinnvoll diese zu zerlegen und die einzelnen Vorgänge und Abläufe separat zu betrachten.

Bei diesem Bild (Bild2) hier wurde der Mitkopplungskondensator entfernt, der Impulsgenerator auf eine Einschaltdauer von $20\mu\text{s}$ gesetzt und mit einer Pause von $20\mu\text{s}$ versehen.

Die Einschaltdauer für den Ladebetrieb beträgt also $20\mu\text{s}$, die Ausschaltdauer zur Kondensatorentladung ebenfalls.

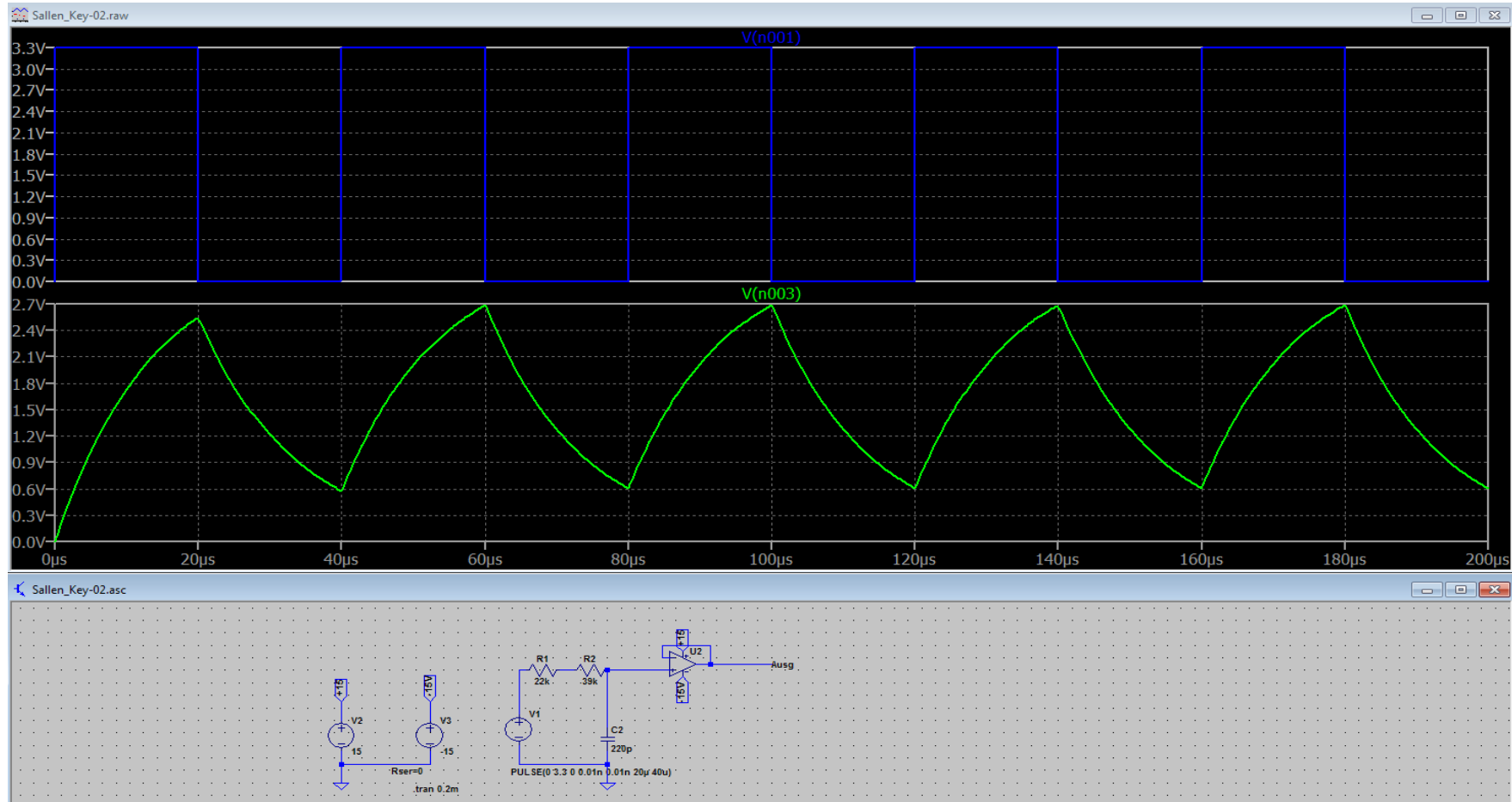


Bild2

Die blaue Linie zeigt den Spannungsverlauf am Widerstand R1/R2.

Die grüne Linie die Lade/Entladekurve des Kondensator C2.

Es ist zu erkennen das es sich um einen Lade/Entladevorgang handelt der zeitlich durch den Spannungszustand bestimmt wird die der Generator geliefert.

Damit das noch besser erkennbar ist wird die Ladezeit gegenüber der Entladezeit des Kondensators verkürzt.

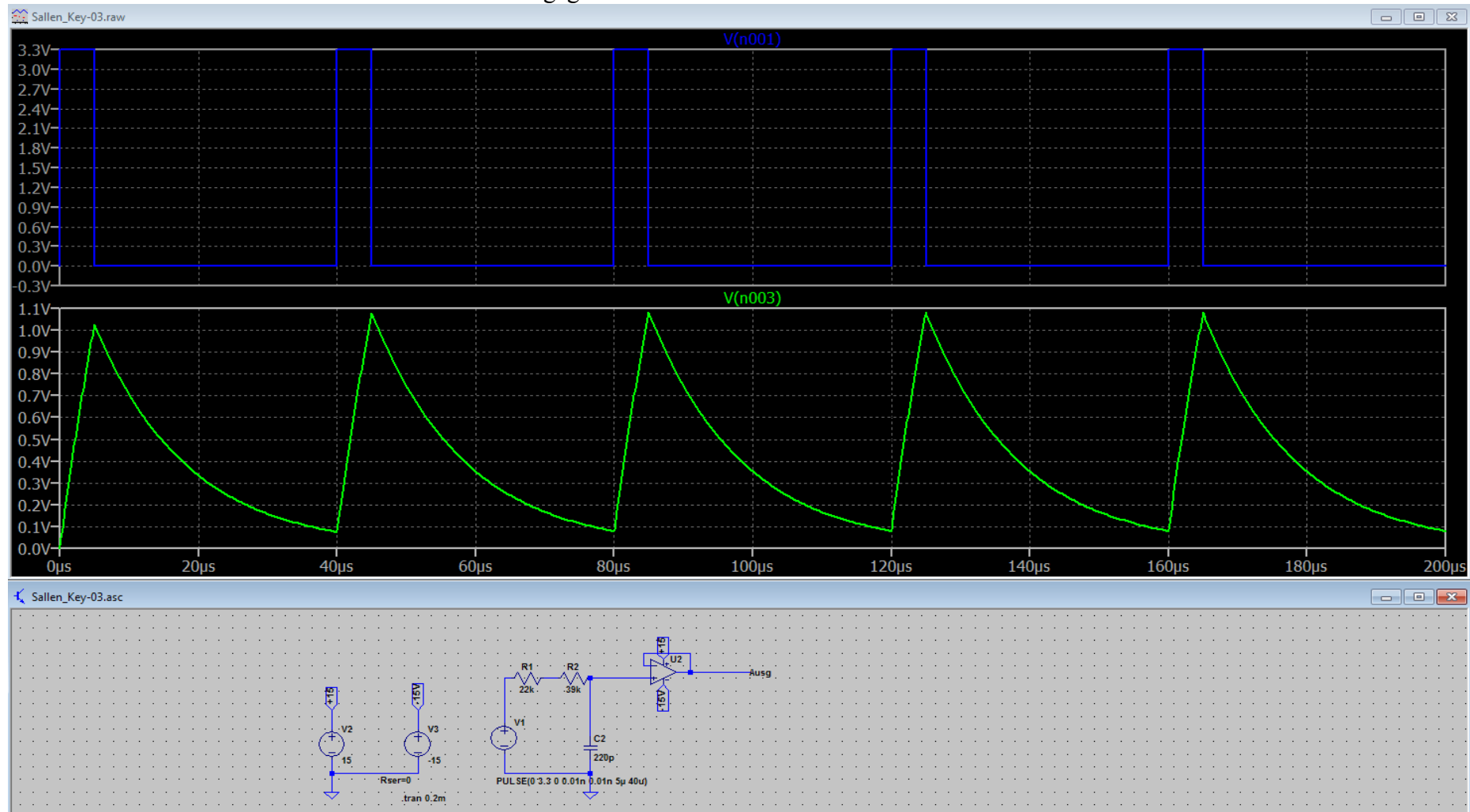


Bild3

Die Ladezeit des Kondensators beträgt hier $5\mu\text{s}$, die Entladezeit $35\mu\text{s}$.
Auch da ist der eindeutige Zusammenhang zum Laden/Entladen, bestimmt durch das Signal das der Generator liefert, zu erkennen.

Was passiert wenn die Lade/Entladezeiten auf jeweils $2\mu\text{s}$ verkürzt werden ist in diesem Bild hier zu erkennen.

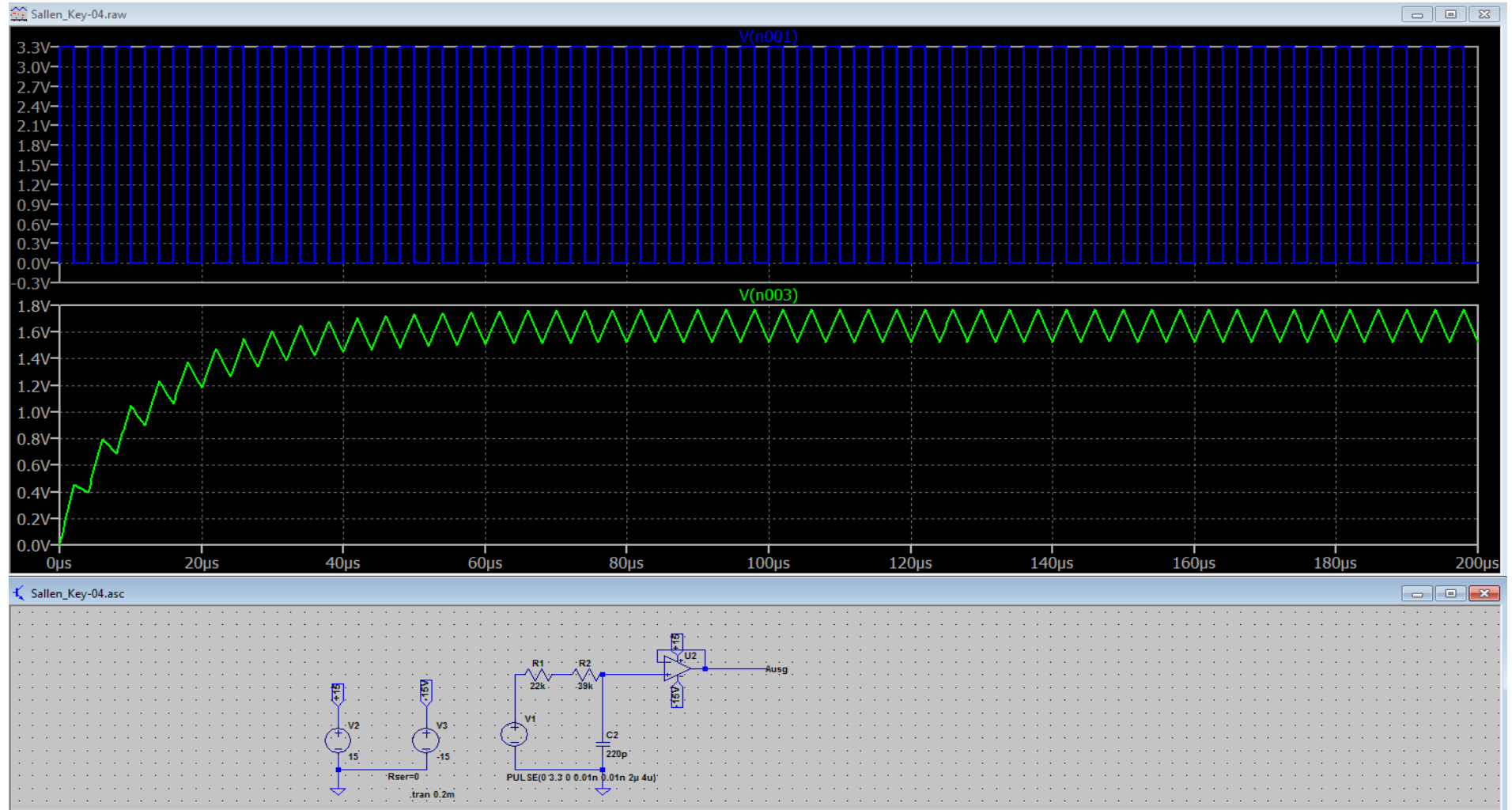


Bild4

Die kurzen Ladezeiten sind nicht mehr in der Lage den Kondensator bis nahe an die Ladeschlussspannung zu laden, dazu sind nun mehrere Ladezyklen notwendig. Das bedeutet das die Schaltung sich erst auf den „Regelbetrieb“ einstellen muss was ein weiterer Hinweis darauf ist, dass das was sich letztendlich am Ausgang des OP zeigt , nicht aus dem Ansteuersignal kommt, sondern erst mit dessen Hilfe erzeugt wird. Das was am Ausgang erscheint ist nicht etwas das dem Ansteuersignal „entnommen“ wurde, also in diesem bereits drin ist, sondern einzig unter dessen Mitwirkung erst entsteht.

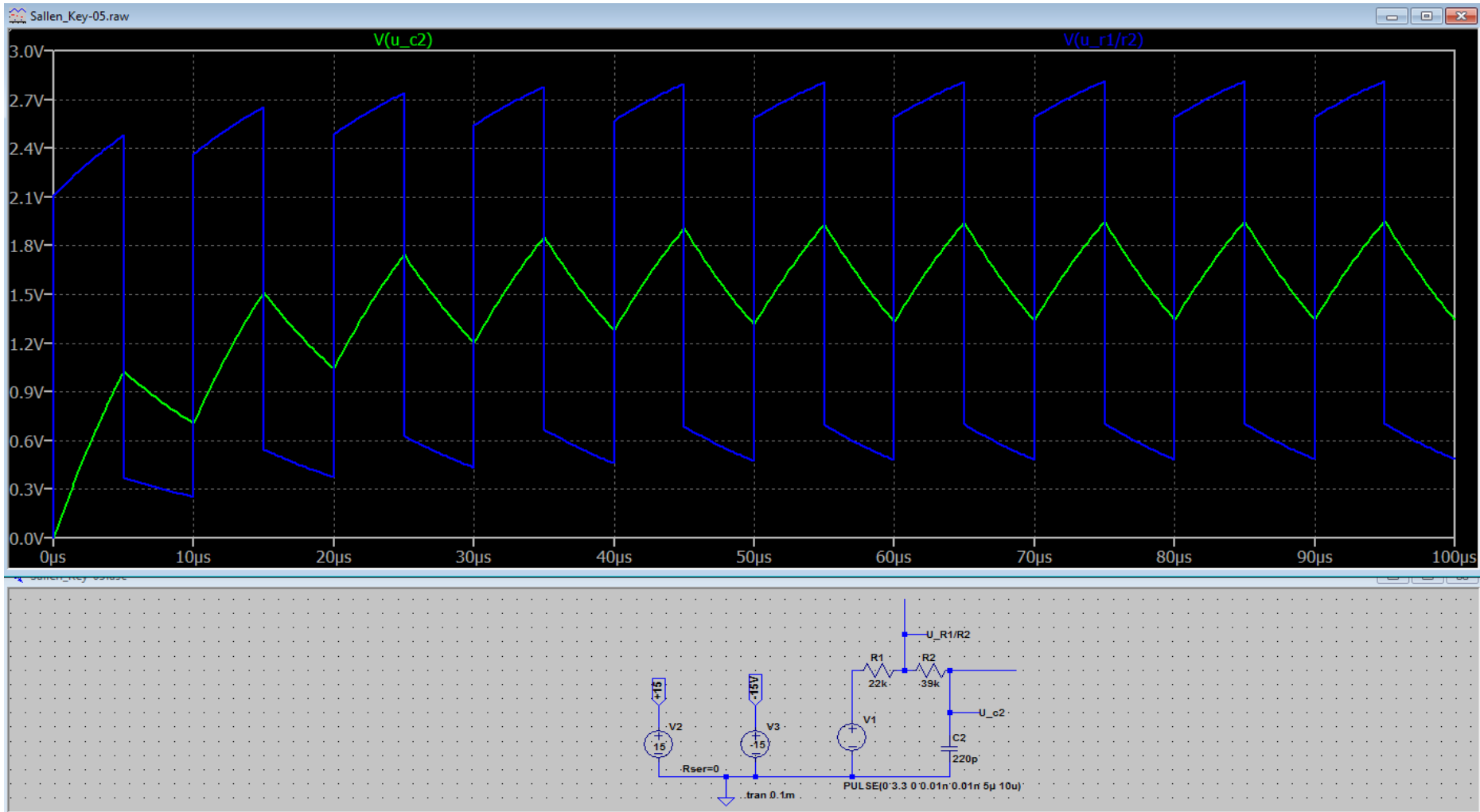


Bild5

Die Grüne Linie im Bild5 zeigt die Spannung (U_{c2}) direkt am Ladekondensator C2.

Die blaue Linie die Spannung am Punkt R1/R2 ($U_{R1/R2}$).

Es ist zu erkennen das hier auch die Ladespannung des Kondensators liegt, aber diese durch die Lade/Entladequellspannung dominiert wird.

Eigentlich würde es genügen zum Laden/Entladen des Kondensators nur einen einzigen Widerstand zu verwenden, das ist hier aber nicht so. Das hat einen bestimmten Grund.

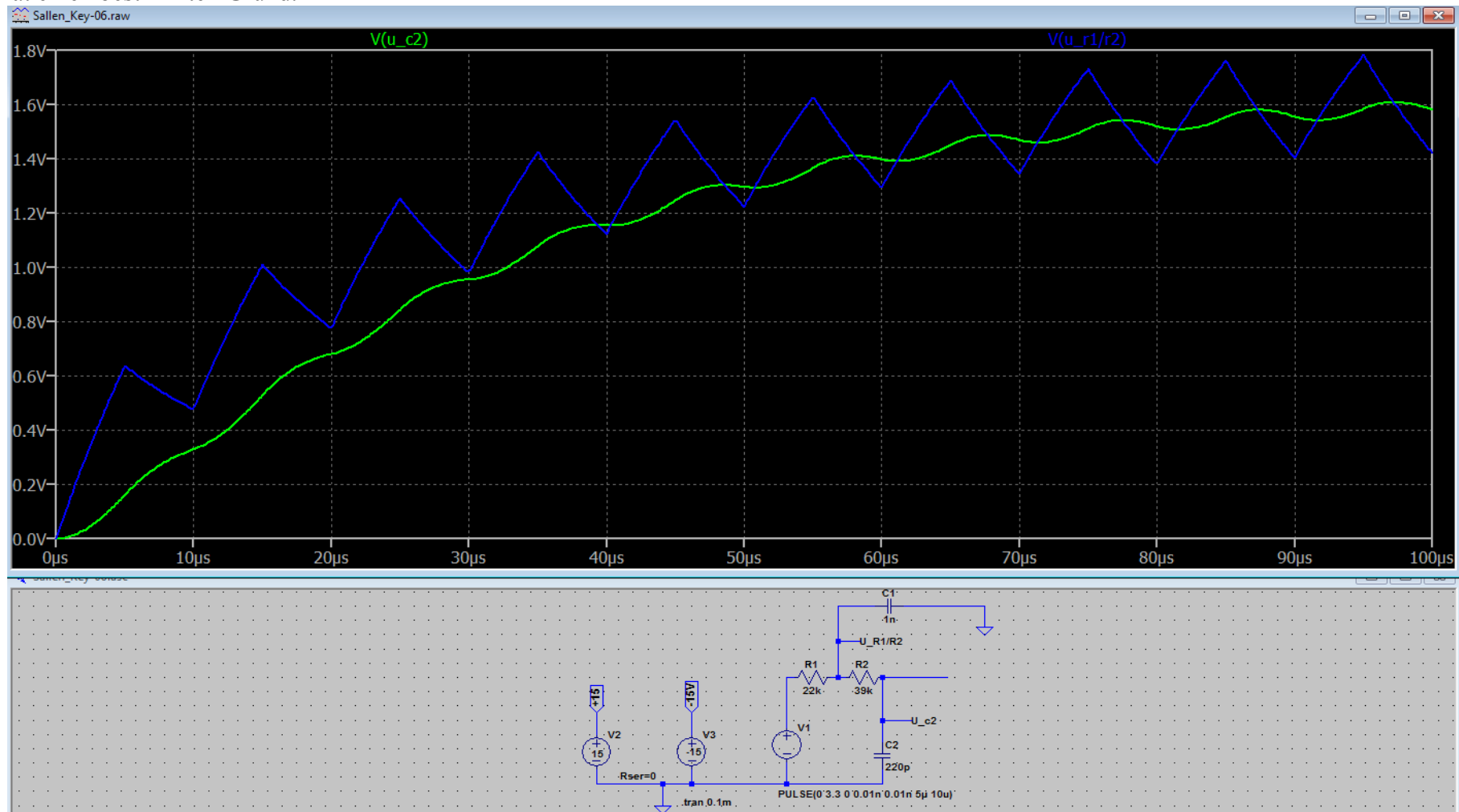


Bild6

Stellt man die Zeichnung gedanklich ein wenig um dann ist zu erkennen das:

R1 und C1, der hier auf Masse gelegt wurde, eine Kondensatorladeschaltung ergeben.

Das Ergebnis dieser Schaltung zeigt die blaue Linie.

Sie zeigt das typische Verhalten eines sog. „Tiefpasses“, also einer Schaltung bei der ein Kondensator über einen Widerstand geladen/entladen wird.

R2 und C2 auch eine solche Kombination ergeben.

Wie sich die Ladespannung am C2 gibt das zeigt die grüne Linie, es ist zu sehen das dabei die Ladekurve nicht mehr einer e-Kurve ähnelt, sondern eher einer Sinusschwingung.

Der Grund dafür ist leicht einsehbar.

Die Ladung/Entladung des Kondensators erfolgt ja nicht aus der Spannung die der Pulsgenerator liefert, sondern das was am C1 als Ladespannung anliegt.

Eigentlich wäre hier ja bereits alles erklärt was die Erzeugung der Ausgangsspannung dieser Schaltung betrifft, es fehlt aber noch der aktive OP. Recht viel gibt's dazu nicht zu sagen, er fungiert einerseits als Ausgangstreiber und zugleich erzeugt er eine höhere Spannung als die die am C2 anliegt. Der Bezugspunkt des C1 ist an den Ausgang des OP gelegt was dazu führt das C1 einen Bezug hat und das die Ausgangsspannung eine gewisse Stabilität erhält welches der Kurvenform und der Breitbandigkeit zu Gute kommt.

Fazit: eine gelungene Schaltung die in der Lage ist mit wenig Aufwand über eine Kondensatorladung/Entladung aus einzelnen Impulsen eine Art Sinusschwingung zu erzeugen.