

## Signalisierung von Zählraten durch Audio-Frequenzmodulation

Bernd Laquai, 28.04. 2016, Update 18.10.2016

Sicher hat das Ticken eines Geigerzähler einen gewissen historischen Flair und von allen Methoden, die es gibt um eine Zählrate in etwas mit menschlichen Sinnen Wahrnehmbares zu wandeln, ist es sicher auch die stromsparendste, zumindest wenn man einen Ohrhörer benutzt. Auf der anderen Seite ist dieses Knackgeräusch, selbst wenn die Zählrate hoch ist, keine wirklich ergonomisch gute Umsetzung in ein akustisches Signal, wenn das Gefühl für die Höhe der Zählrate vermittelt werden soll. Das liegt an der fehlenden Periodizität der Pulse. Nun gibt es aber einen Trick, wie man aus zufällig auftretenden Impulsen mit einer gewissen mittleren Rate eine periodische Pulsrate erzeugen kann, die eine deutliche und fundamentale Frequenz hat und damit auch einen Ton darstellt. Töne können dann über ihre Tonhöhe sehr viel intuitiver signalisieren, ob eine Messgröße groß oder klein ist, so wie das in der Geigerzähler-Anwendung für die Zählrate wünschenswert wäre. Man bekommt so auch einen besseren Eindruck für den Fall wenn sich die Zählrate ändert, dies führt dann nämlich zu einer Tonhöhen- oder Frequenzmodulation. Typischerweise erhöht man die Frequenz, wenn die Messgröße zunimmt. Ganz praktisch gesehen bedeutet das beim Geigerzähler, dass die Frequenz zunimmt, wenn man sich einer Strahlungsquelle nähert.

Der Trick mit dem man diese Art der akustische Signalisierung erreichen kann ist die Verwendung eines spannungsgesteuerten Oszillators bzw. eines Voltage-to-Frequency Converters, manchmal auch VCO (Voltage Controlled Oscillator) genannt. Es ist in der Regel ein IC, das einen Takt mit einer Frequenz erzeugt, die man durch eine Steuerspannung verändern kann, was nichts anderes als eine Schaltung zur Frequenzmodulation ist, deren Arbeitsbereich bei hörbaren Frequenzen liegt. Zur Erzeugung der Steuerspannung geht man den Weg, dass man aus den zufälligen Impulsen mit Hilfe eines Tiefpass ein Spannungssignal als Steuerspannung erzeugt, das den Kurzzeitmittelwert darstellt, der sich dann nur noch langsam über Zeit ändert. Erhöht sich nun die Zählrate, läuft die Frequenz nach oben, was sich anhört wie das Hochlaufen einer Sirene und damit gleichzeitig warnend wirkt. Nimmt die Zählrate wieder ab, nimmt die Sirene in der Tonhöhe wieder ab und hört sich quasi entwarnend an.

Eine Schwierigkeit bei diesem Konzept ist es noch die minimale Größe der Zählrate anzugeben, bei der das Prinzip noch einsetzbar ist. Wenn die Zählrate auch ohne Strahlung eine ansehnliche Größe hat (z.B. bei großvolumigen Szintillationszählern) dann ist das Bilden des Kurzzeit-Mittelwerts kein Problem. Wird die Zählrate dagegen niedrig (wenige Impulse pro Sekunde), müsste das Mittelungsintervall auch zunehmen um eine statistisch gesicherte Zählrate darzustellen. Dann aber reagiert diese Signalisierungsmethode nur noch sehr langsam auf Änderungen, was sehr unangenehm ist und zum Beispiel eine Quellensuche erheblich verlängert. Hier kann man nun einen Kompromiss eingehen indem man die Zeitkonstante des Tiefpasses so wählt, dass das Ausgangssignal für hohe Zählraten konstant und proportional zur Rate ist, für niedere Zählraten akzeptiert man aber, dass ein einzelner Puls die Frequenz nur kurz hoch laufen lässt, diese dann aber allmählich wieder abnimmt, wenn kein neuer Puls nachkommt. Wenig Sinn macht diese Methode allerdings dann, wenn die Zählraten selbst bei den aktivsten Quellen, die man untersuchen möchte, unter 1 Impuls pro Sekunde bleibt. In diesem Fall ist dann eine numerische Anzeige mit einem Mikrocontroller wohl doch die bessere Lösung.

Das obige Konzept lässt sich beispielsweise für das Szintigeigerle sehr gut einsetzen und man kann es einfach und stromsparend implementieren, wenn man den Voltage-to-Frequency Converter Baustein LM331 einsetzt. Das Szintigeigerle liefert genug Pulse pro Sekunde, selbst für sehr schwache Quellen. Der LM331 arbeitet im Bereich von 5 bis 15V problemlos und kann daher zusammen mit dem

Szintigeigerle von einem kleinen 11.1V Modellbau-Akku betrieben werden. Der digitale Taktoutput kann über einen Vorwiderstand direkt einen Ohrhörer eines Mobiltelefons oder eine kleine aktive Händy-Lautsprecherbox ansteuern. Neben ein paar Bauteilen für die äußere Beschaltung des IC, welche den Frequenzbereich und die Modulationsstärke (Gain) einstellt, benötigt man nur noch einen kleinen Vorverstärker mit einem Transistor um aus den 50-100µs kurzen Pulsen des Szintigeigerle eine Steuerspannung zu generieren, die den Kurzzeitmittelwert im Eingangsspannungsbereich des LM331 darstellt. Der Vorverstärker führt über eine Diode auf eine Kapazität, welche aufgeladen wird und sich dann langsam über den Eingangswiderstand des LM331 wieder entlädt. Kommen die Pulse schnell genug, steigt die Spannung schnell an, nimmt die Rate ab, dann wirkt wieder die Selbstentladung und die Steuerspannung sinkt wieder. Bei mittleren Raten stellt sich je nach Impulsrate ein Gleichgewicht ein.

Das Datenblatt des LM331 enthält einen Applikationsvorschlag, der weitestgehend übernommen werden kann. Die Offset-Korrektur benötigt man nicht. Das Poti zur Gain-Einstellung kann man sich in den meisten Fällen auch sparen. Was aber sehr wichtig ist und im Datenblatt nicht ganz so deutlich steht, der Ausgang des IC ist ein offener Kollektor, man benötigt daher einen Widerstand gegen die positive Versorgungsspannung  $V_s$ , sonst bekommt man kein Ausgangssignal. Da aber sehr viele Ohrhörerbuchsen einen Anschluss am Gehäuse haben, welches auf Masse liegt, ist es zweckmäßig, das Ohrhörersignal vom Kollektorausgang des ICs kapazitiv abzukoppeln und über einen Vorwiderstand zur Lautstärke-Reduktion dann gegen Ground zu führen.

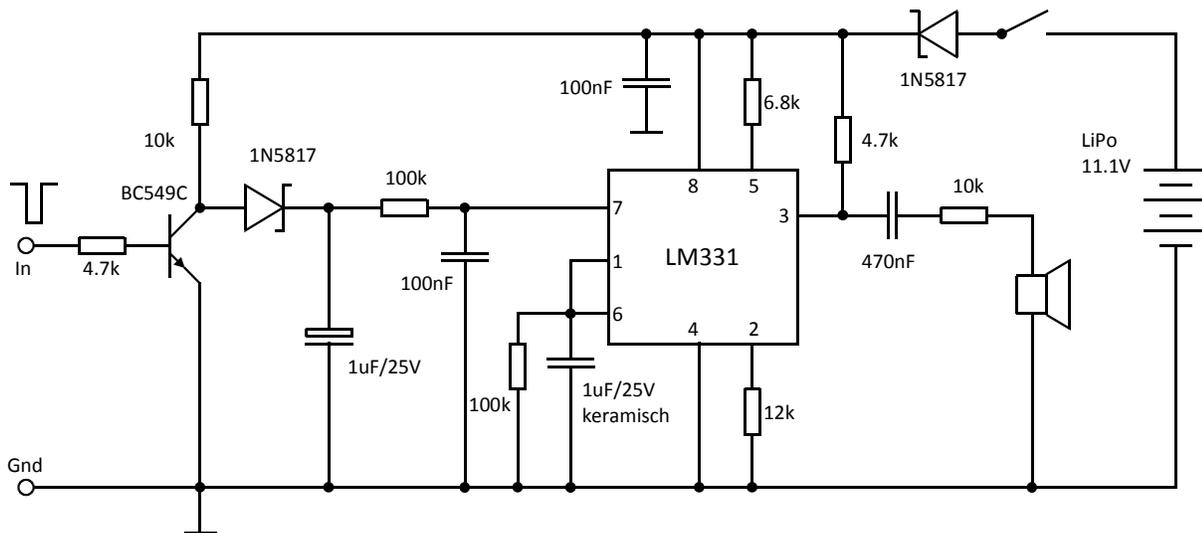


Abb.1: Schaltbild der akustischen Modulationsschaltung für die Zählraten-Signalisierung

Die Gesamt-Schaltung ist in Abb. 1 gezeigt und wurde hier als Prototyp mit SMD- und Durchsteckbauteilen gemischt auf Lochraster aufgebaut und in ein Gehäuse vom selben Typ wie beim Szintigeigerle untergebracht. Dieses Gehäuse ist groß genug um auch den LiPo-Modellbau-Akku aufzunehmen und kann so auch mit anderen Geigerzählern mit Impulsauskopplung zur akustischen Signalisierung und zur Stromversorgung verwendet werden. Das Integrieren der Schaltung in die Szintigeigerle Schaltung selbst ist dagegen nicht ohne weiteres zu empfehlen. Dazu müssten aufwändige Abschirm-Maßnahmen ergriffen werden, damit es keine Rückwirkung auf den Detektor-Verstärker gibt, da dieser extrem empfindlich ist und selbst von den schwächsten elektrischen Feldern beeinträchtigt

werden könnte. Eine Aufteilung auf zwei Gehäuse oder das Unterbringen in ein Zweikammer-Gehäuse wäre in so einem Fall daher sehr anzuraten.

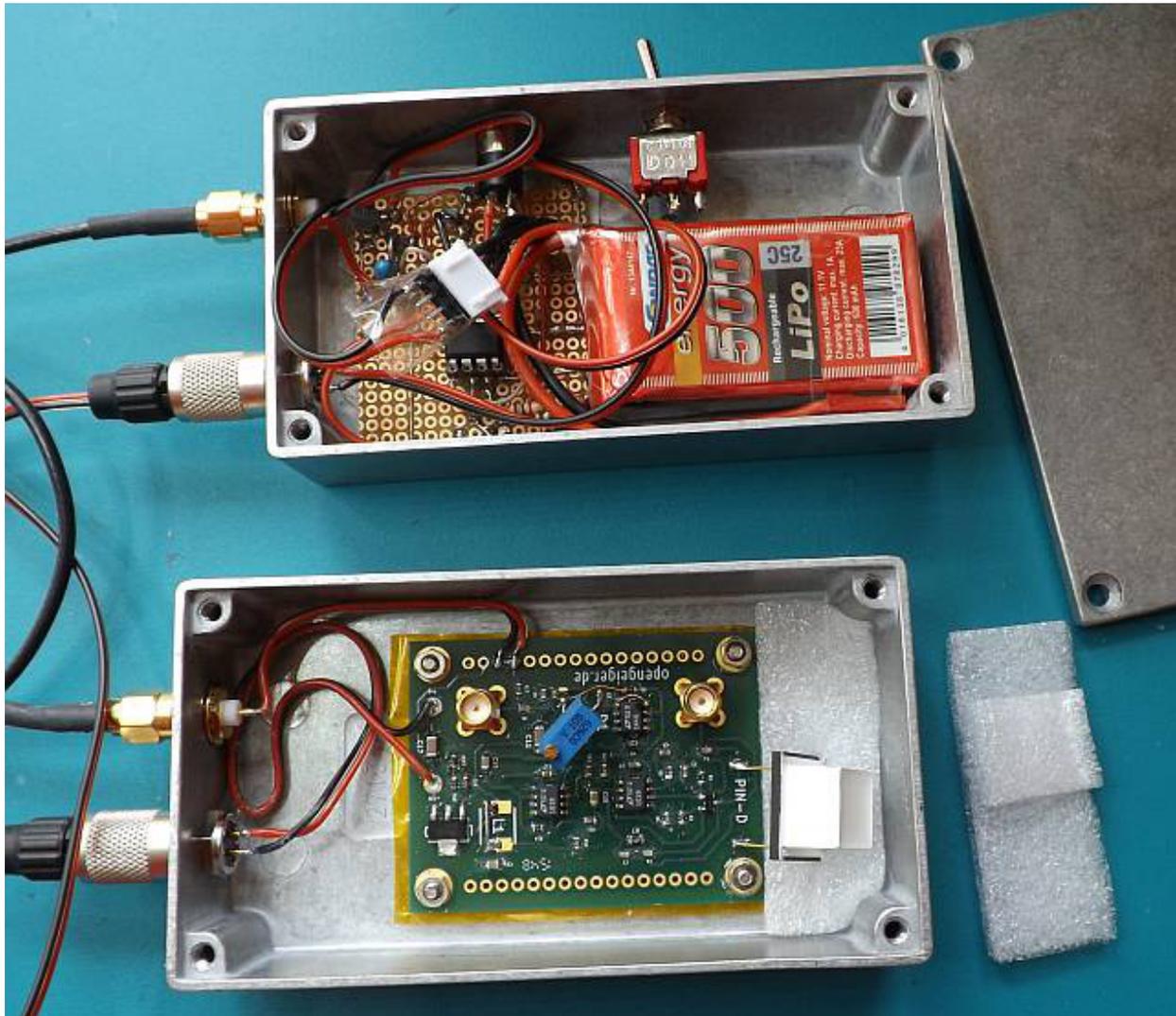


Abb. 2: Szintigeigerle (unten) mit Audio-FM zur Zählratensignalisierung

Ein Beispiel der Anwendung findet sich auf der Webseite in Form eines kleinen Videos mit Ton von der strahlenden Kapelle im Stuttgarter Killesberg-Höhenpark.

Siehe auch:

Das Szinti-Geigerle - Ein ohne Hochspannung betriebener, für Gammastrahlung empfindlicher PIN-Dioden Detektor mit aufgesetztem Szintillator-Kristall

<http://opengeiger.de/SzintiGeigerle.pdf>

Mit dem Szintigeigerle und dem Audio-FM Modul an der strahlenden Kapelle auf dem Killesberg. Videoclip (.wmv) mit Ton

<http://opengeiger.de/GeigerCaching/KapelleSzintigeigerle.wmv>