

Technische Universität Chemnitz
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Professur für Mess- und Sensortechnik

Vorbereitung und Protokoll zum Praktikum Elektrische Messtechnik

Versuch: Digitale Zählfrequenzmessverfahren V1.1

Versuchstag: 11.12.2018

Laborgruppe: BREEM12

Han, Bing

Weirauch, Julius

Email: julius.weirauch@s2013.tu-chemnitz.de

Betreuer: Philipp Hempel

Signum / Bemerkung.....

2. Grundlagen / Versuchsvorbereitung

3.1 Welche Genauigkeit ist mit üblichen Frequenz-Generatoren, wie Quarz-Oszillatoren und temperaturkompensierten Quarz-Oszillatoren, erreichbar? Vergleichen Sie diese Werte mit denen herkömmlicher Quarzuhren und mit der Unsicherheit eines elektrischen Spannungsnormal!

Frequenz-Generator	Genauigkeit in parts per million/ Fehler in s/Jahr
Quarz-Oszillator	100 – 0,5 ppm = 3155 s/Jahr
Temp.-komp. Quarz-Oszillator	2,5-0,05ppm = 80 s/Jahr
Beheizter Quarz-Oszillator	0,2-0,001ppm = 6 s/Jahr
Quarzuhr	11-3,8ppm = 120-360 s/Jahr
Teure Uhren aus dem Luxus-Segment	0,16 ppm = 5 s/Jahr
Billiges Spannungsnormal	1% = 315576 s/Jahr
Josephson-Normal	0,001ppm = 0,03 s/Jahr

Tabelle 1: Vergleich der Frequenzgeneratoren

3.2 Warum ist eine Umformung eines beliebig geformten Messsignals in ein Rechtecksignal erforderlich? Warum wird zur Frequenz- und Periodendauermessung nur eine Flanke des Eingangssignals herangezogen und nicht beide Flanken?

Das Messsignal wird in ein Rechtecksignal umgewandelt, damit die Digitalelektronik die Zustände 0 und 1 verarbeiten kann, analoge Zustände, also Zustände zwischen 0 und 1 sind unerwünscht, und sollten in Schaltungen nicht auftreten.

Beispielsweise wird in der CMOS 5V-Technologie der Logikpegel für Low = Zustand 0 durch eine Eingangsspannung $\leq 1,5V$ und High = Zustand 1 durch eine Eingangsspannung $\geq 3,5V$ realisiert.

Das Eingangssignal hat pro Periode eine absteigende und eine aufsteigende Flanke, eine Periode ist exakt der Abstand von zwei aufsteigenden bzw. absteigenden Flanken, allerdings entspricht der Abstand zwischen einer absteigenden und einer aufsteigenden Flanke nicht einer halben Periodendauer, da der Schmitt-Trigger eine asymmetrische Hysteresekurve aufweist. Es ist also besser nur eine Flanke des Eingangssignals in Betracht zu ziehen.

3.3 Wodurch unterscheidet sich die Frequenz- von der Periodendauermessung? Wann ist es zweckmäßiger, die Frequenz zu messen und ggf. in die korrespondierende Periodendauer umzurechnen?

Die Periodendauermessung ist die Messung der Anzahl der Perioden eines Frequenznormal, dessen Periodendauer bekannt ist, innerhalb einer Periode des Eingangssignals. Daraus lässt sich die Periodendauer des Eingangssignals berechnen.

Die Frequenzmessung erfolgt durch Messung der Anzahl der Perioden des Messsignals innerhalb einer Periode des frequenzgeteilten Frequenznormal. Die Frequenz des Eingangssignals ergibt sich aus der Anzahl der Perioden des Messsignals geteilt durch die Periodendauer des frequenzgeteilten Frequenznormal. Es ist sinnvoller aus der Frequenzmessung die Periodendauer des Eingangssignals zu ermitteln, wenn die Anzahl der

Perioden des Frequenznormals, dessen Periodendauer bekannt ist, innerhalb einer Periode des Eingangssignals kleiner 10 ist, um den Fehler so gering wie möglich zu halten.

3.4 Woraus resultiert die absolute Messabweichung von ± 1 Zählimpuls bei einer Zeitintervallmessung (Digitaler Zählfehler)? Skizzieren Sie in einem Zeitdiagramm die beiden möglichen Fälle des Zählergebnisses der Impulzzählung in einem vorgegebenen Zeitfenster!

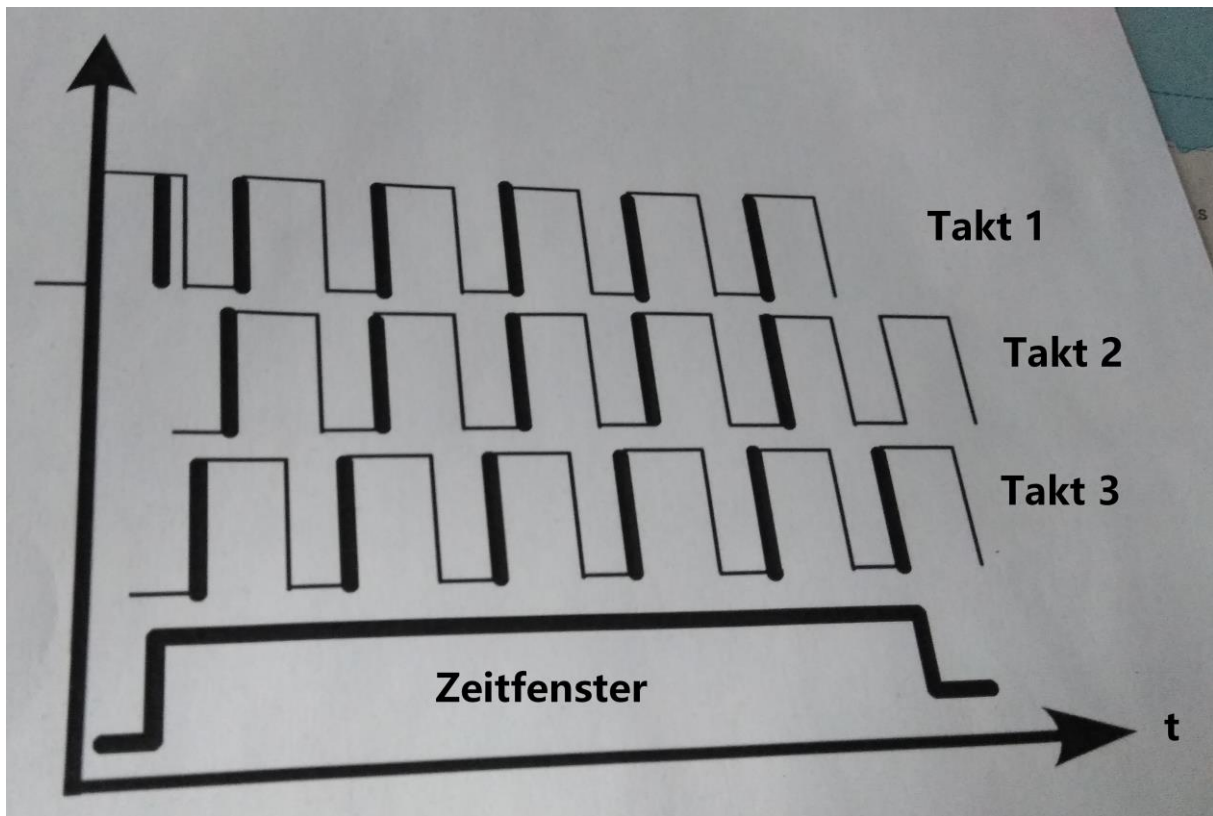


Bild 1: Skizze des Zeitdiagramms

Davon abhängig, wie der Takt des Frequenznormals zum Zeitfenster verschoben ist, wird eine aufsteigende Flanke mehr oder weniger gezählt. $= \pm 1$ Zählimpuls

3.5 Welche Messzeit ist erforderlich, um die Netzfrequenz (50 Hz) mit einer Messabweichung von 0,5 Hz bei einer Frequenzmessung gemäß 1.3 zu bestimmen? Beachten Sie dazu die Messabweichung aus 3.4.

f – Frequenz

n - zu zählende aufsteigende Flanken / Impulse / Perioden

$T_{\text{Zeitfenster}}$ - Zeitfenster

T - Periodendauer des Eingangssignals

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{0,5}{50} = \frac{1}{100} = \frac{1}{n} \Rightarrow n = 100$$

$$T \cdot n = \frac{1}{50} \text{ s} \cdot 100 = 2 \text{ s} = T_{\text{Zeitfenster}}$$

Es ist eine Messzeit von 2 Sekunden erforderlich.

3.6 Welche Arbeitsschritte müssen innerhalb eines Frequenzzählers durchgeführt werden, um das Ergebnis zu erhalten? Beziehen Sie sich auf die Schaltung in Bild 3. Wieso „steht“ die Anzeige trotz wiederholend arbeitender Messung?

1. Starten der Messung durch die Ablaufsteuerung
2. Umwandlung des Eingangssignals in ein Rechtecksignal durch den Schmitt-Trigger
3. Frequenzteilung des Eingangsrechtecksignals
4. Frequenzteilung der Taktfrequenz
5. Takt und Ablaufsteuerung sorgen für ein High-Pegel am Ausgang des Flipflops
6. Das UND-Gatter wird für das frequenzgeteilte Eingangrechtecksignal durchlässig
7. Zählen der Flanken des Ausgangssignals aus dem Schmitt-Trigger
8. Beenden der Messung durch die zweite (ansteigende) Flanke des Taktes
9. Wenn die Ablaufsteuerung weiterhin ein High-Pegel-Signal an das Flipflop sendet, beginnt der Prozess bei der nächsten Flanke des Taktes erneut, nachdem der Zähler das Ergebnis weitergeleitet hat und zurückgesetzt wurde.

Die stehende Anzeige entsteht dadurch, dass das Signal erst bei Abschluss der Messung weitergeleitet wird.

3.7 Wann und warum werden (zur Frequenz-Messung!) Frequenz-Vorteiler verwendet? (Diese Baugruppe befindet sich im Bild 3 zwischen Schmitt-Trigger und UND-Tor.)

Indem man die Frequenz des Rechteck-Eingangssignals teilt, verhindert man dass der Zähler überläuft, da dieser nur eine bestimmte Anzahl von Impulsen speichern kann, aufgrund der Anzahl der Bits im Speicher desselben. Wenn man feststellt, der Zähler zeigt den Maximalwert, den er zählen kann, an oder Overflow-Error, bietet es sich an den Frequenzvorteiler zu verwenden, damit steigt aber der relative Fehler, da man den absoluten Fehler und die gezählten Impulse nun mit dem Teilungsfaktor multiplizieren muss. An der Stelle sei mal angemerkt, dass man heutzutage auch einfach das Problem mit einem sehr sehr großen Speicher lösen könnte, da dieser im Preis über die letzten Jahre stark nachgelassen hat.

3.8 Vergleichen Sie die Funktionsweise eines Digital-Speicher-Oszilloskops (DSO) mit der eines analogen Oszilloskops! Gehen Sie dabei auf das Nyquist-Kriterium (Abtasttheorem nach Shannon) ein! Welche Signale können nur mit einem DSO dargestellt werden?

Bei digitalen Speicheroszilloskopen wird die Eingangsspannung nach dem Vorverstärker in ein digitales Signal umgewandelt und in binärer Form im Arbeitsspeicher abgelegt. Um die Eingangsspannung korrekt abzutasten sollte nach dem Nyquist-Kriterium (Abtasttheorem nach Shannon) Abtastfrequenz mindestens doppelt so groß sein wie der Frequenz des Eingangssignals.

Vorteile des DSO gegenüber dem AO:

Das DSO speichert im Gegensatz zum AO den Verlauf der Eingangssignale ab, dadurch lassen sich dann auch kurzzeitige Signale deutlich sichtbar machen, die beim AO nur als bewegter Lichtpunkt dargestellt werden. Selbiges gilt auch für tieffrequente Signale. Außerdem lässt sich das Signal auf dem Display dann auch beliebig modifizieren, man kann z.B. bestimmte Frequenzanteile herausfiltern oder verstärken. Das DSO verfügt zudem über verschiedene Möglichkeiten der Pre-Triggerung, welche beim AO meist extern mit aufwendigen Schaltungen realisiert werden müssen.

Vorteile des AO gegenüber dem DSO:

Das AO stellt das Signal verzögerungsfrei in Echtzeit da und besitzt eine unbegrenzte Auflösung.

3.9 Erklären Sie die Funktionsweise von Komparatoren anhand einer eigens gewählten Schaltungsskizze!

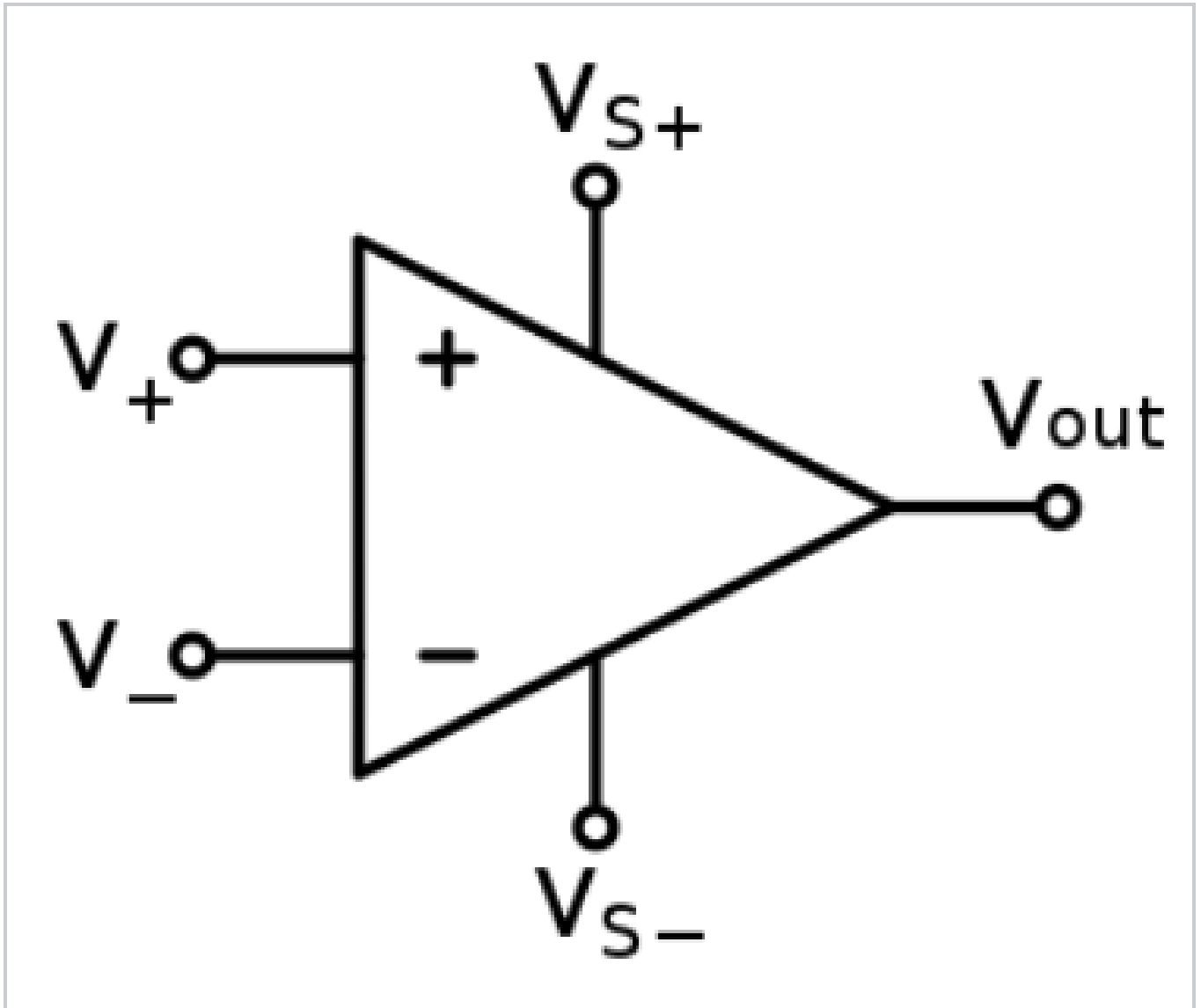


Bild 2: Skizze des Komparators

Ein Komparator ist eine Schaltung, welche zwei Eingangsspannungen miteinander vergleicht. Die Ausgangsschaltung ist abhängig vom Verhältnis der beiden Eingangsspannungen. Beschreiben lässt sich das Verhalten durch

$$V_{out} \approx V_{S+}^{\frac{1+Sign(V_+ + V_-)}{2}} + V_{S-}^{\frac{1-Sign(V_+ + V_-)}{2}}$$

Damit handelt es sich praktisch um einen 1-Bit-Analog-Digital-Umsetzer.

3.10 Erläutern Sie das Einflanken- und Zweiflanken A/D-Umsetzverfahren! Fertigen Sie jeweils eine Schaltungsskizze an!

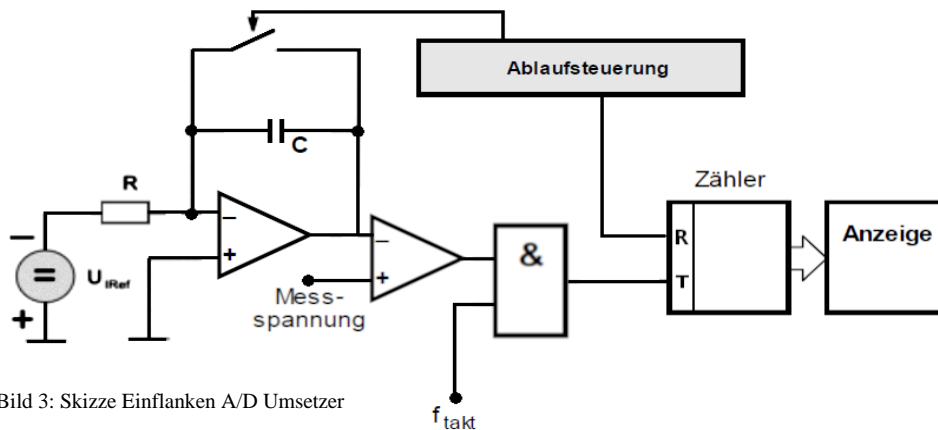


Bild 3: Skizze Einflanken A/D Umsetzer

Wenn der Einflanken A/D Umsetzer gerade keine Messung ausführt, ist der zum Kondensator C parallele Schalter geschlossen und der Zähler zurückgesetzt (High Pegel an R). Soll die Messspannung erfasst (“gesampled”) werden, wird der Schalter durch die die Steuereinheit geöffnet und der Reset-Eingang auf Low-Pegel gesetzt. Das Integrierglied (bestehend aus der Referenzspannungsquelle U_{ref} , R, C und einem Operationsverstärker) beginnt eine “Rampenfunktion” zu formen. Währenddessen beginnt der Zähler die Takte zu zählen, die seit dem Low-Setzen des Reset-Eingangs vergangen sind. Denn der zweite Operationsverstärker/Komparator gibt einen High-Pegel aus, solange die Spannung V_- (vgl. Abb. Komparator) kleiner als die Messspannung ist. Somit kann die Taktfrequenz das Und-Gatter ungehindert passieren. Der Zähler wird so lange erhöht, bis V_- aufgrund der Rampenfunktion des Integriergliedes den Wert der Messspannung überschreitet und der zweite OPV daraufhin einen Low-Pegel ausgibt, sodass der Takt das Und-Gatter nicht mehr passieren kann. Die Messung ist hiermit beendet. Die Anzahl der Takte auf dem Zähler lässt einen Rückschluss auf die Zeit bis zum Erreichen der Messspannung zu. Die Messspannung lässt sich ebenfalls ermitteln.

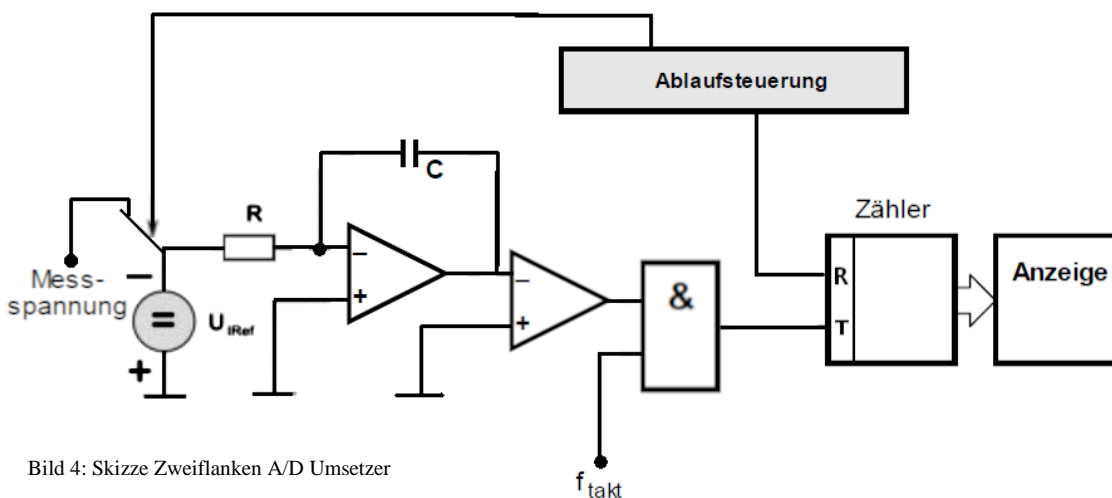


Bild 4: Skizze Zweiflanken A/D Umsetzer

Der Zweiflanken A/D Umsetzer integriert erst die Messspannung eine festgelegte Zeit lang, um sie dann durch einen bekannte Spannung U_{Ref} von umgekehrter Polarität wieder “wegzuintegrieren”. Durch einen Vergleich von bekannter Lade- (Integrieren) und gemessener Entladezeit (“Wegintegrieren”) kann das Verhältnis von Mess- und Referenzspannung ermittelt werden. Das Verfahren ist im Gegensatz zum Einflankenverfahren von der Größe der Kapazität, des Widerstandes und der Betriebsspannung unabhängig.

4. Versuchsdurchführung und Auswertung

Ich möchte im Vorfeld darauf hinweisen, dass es beim Praktikum zu verschiedenen technischen Beeinträchtigungen der Geräte gekommen ist, sodass einige Versuche nur eingeschränkt oder gar nicht möglich waren, obwohl wir eine 1 zu 1 Betreuung durch den sehr kompetenten Betreuer genossen haben. Wir haben mehrfach die Geräte und Kabel ausgetauscht, ohne das Resultat verbessern zu können, obwohl wir uns exakt an die Anleitungen des Versuches gehalten haben. Dies ist vermutlich auf die viel gebrauchten Gerätschaften zurückzuführen. Ich hoffe dies wird bei der Bewertung berücksichtigt.

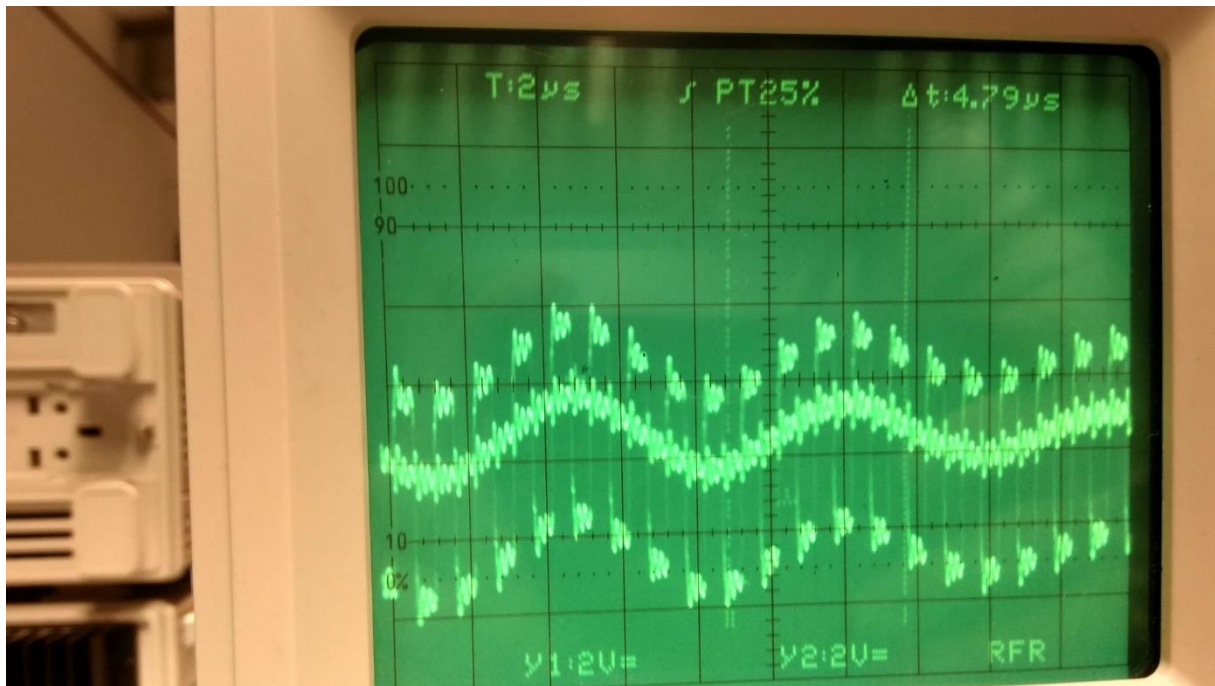


Bild 5: Typisches Beispiel für einen niederfrequenten Störanteil auf dem Eingangssignal

4.1.1 Wie bewegen sich die zu zählenden Impulse (Kanal2) relativ zum Zeitfenster (Kanal1) beim Wechsel der letzten Zählerstelle? Schalten Sie dafür den Schalter Wiederholbetrieb auf Einzelschritt, und drücken Sie die Tasten „Start“, für die zweite Darstellung setzen Sie den Zähler mit der Taste „Reset“ auf null zurück. Und betätigen mehrmals „Start“ und „Reset“ bis der zweite Zählerstand erscheint. Skizzieren Sie für die beiden verschiedenen Zählerstände je ein Oszibild und markieren Sie darin die zählimpulsauslösenden Flanken!

Durch die Verschiebung der zu zählenden Impulse relativ zum Zeitfenster ergibt sich ein Zählimpuls mehr bzw. weniger.



Bild 6: Oszibild 1

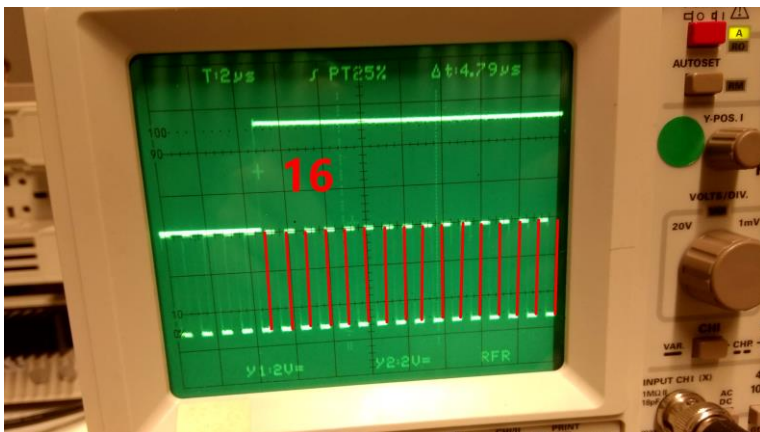


Bild 7: Oszibild 2

4.1.2 Woher rühren die Verformungen des Rechtecks des Zeitfensters („Spitzen“)? Welchen Einfluss können diese auf die Zählung haben? Welche Amplitude muss das Störsignal dafür mindestens ausweisen? Hinweis: Der verwendete Zähler erhöht den Zählerstand bei jeder steigenden Flanke an seinem Eingang um 1, unabhängig davon, ob die steigende Flanke durch den Beginn des Zeitfensters (bei bereits anliegendem hohem Pegel von „fakt“ am UND-Tor) oder durch die ansteigende Flanke eines Taktimpulses von „fakt“ (bei hohem Pegel des Zeitfenster-Signals am UND-Tor) hervorgerufen wird.

Die Spitzen resultieren aus parasitären Induktivitäten, die den zeitlichen Verlauf des Stromflusses ändern. Mit parasitären Kapazitäten bildet sich ein Schwingkreis. Das wirkt sich über die Masse auch auf das Zeitfenster aus, was die Spitzen im Zeitfenster sind (ground bounce). Wenn diese Spitzen außerhalb des Zeitfensters in der Amplitude zu groß werden (so groß wie die Amplitude des Zeitfensters), würde ein dort eventuell auftretender Takt fälschlicherweise mitgezählt werden.

4.1.3 Ermitteln Sie mit dem Oszilloskop die Dauer des Zeitfensters in Abhängigkeit von den gewählten Teilerfaktoren! Betätigen Sie den Wahlschalter „Teilerfaktor“ von 1 - 1M! Wann übersteigt die Messabweichung ± 1 Zählimpuls (ausgehend vom erwarteten Anzeigewert 10m)? Was ist die Ursache? Berechnen Sie die Genauigkeit der verwendeten Quarze zueinander! Geben Sie das Ergebnis in ppm (parts per million) an!

Teilerfaktor	Dauer des Zeitfensters	Messabweichung
1	1 μ s	± 1
10	10 μ s	± 1
100	100 μ s	± 1
1k	1 ms	± 1
10k	10 ms	± 1
100k	100 ms	± 4
1M	1s	± 39

Tabelle 2: Teilerfaktor und die davon abhängige Messabweichung

Die Messabweichung übersteigt ± 1 Zählimpuls ab dem Teilerfaktor 100 k. Quarzkristalle arbeiten nur mit einer bestimmten Genauigkeit. Dadurch entsteht eine zusätzliche Messabweichung bei jeder Messung. Diese summiert sich über die Messdauer. Die Abweichung der Quarze zueinander betrug 39 ppm.

4.1.4 Stellen Sie den Wahlschalter „Teilerfaktor“ auf 10k ein und wählen Sie die Zeitbasis des Oszis so, dass das gesamte Zeitfenster zu sehen ist. Welche Frequenz besitzt das Taktsignal laut Oszianzeige. Warum ist diese Anzeige fehlerhaft? Schalten Sie zum Vergleich das Oszilloskop auf Analogbetrieb um („HOLD“ lange betätigen), und stellen die Triggerquelle auf Kanal 2! Wie unterscheidet sich diese Anzeige zum Digitalbetrieb?

Die angezeigte Frequenz beträgt 500 Hz, was im Widerspruch zur eingestellten Frequenz von 1 MHz steht. Das passiert, weil die Abtastrate im Digitalbetrieb beschränkt ist und nach dem Nyquist-Kriterium (Abtasttheorem nach Shannon) die Frequenz des Eingangssignals kleiner als die Hälfte der Abtastfrequenz sein sollte. Im Analogbetrieb kommt dieser Fehler nicht zustande, da hier das Bild nicht aus abgetasteten Samples berechnet wird sondern über kontinuierlich durch verschiedene physikalische Effekte entsteht.

4.2.1 Ändern Sie am Funktionsgenerator die Einstellungen der Bedienelemente für Amplitude, Offset und Kurvenform. Welchen Einfluss haben die Änderungen auf das resultierende Rechtecksignal? Wie hoch ist die für den Trigger erforderliche minimale Amplitude? Welchen Einfluss hat die durch den Trigger hervorgerufene Phasenverschiebung auf das Messergebnis?

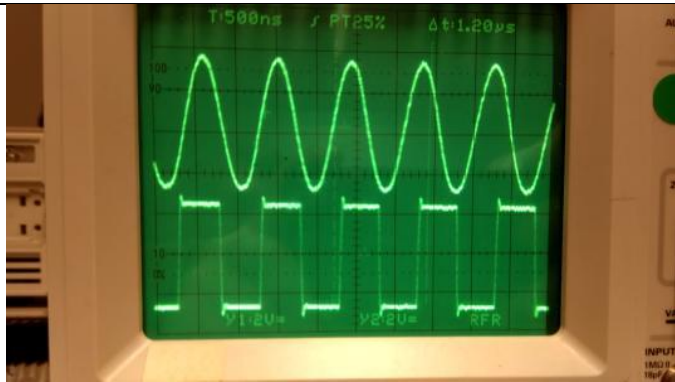


Bild 8.1: Sinussignal

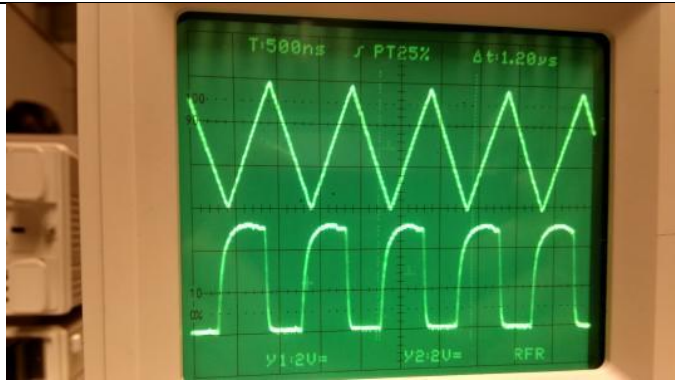


Bild 8.2: Dreieckssignal

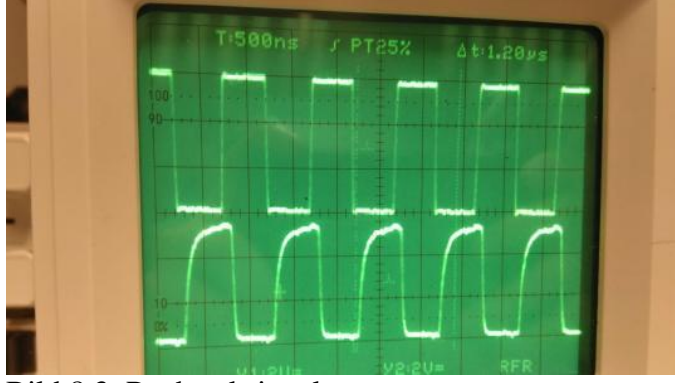


Bild 8.3: Rechtecksignal

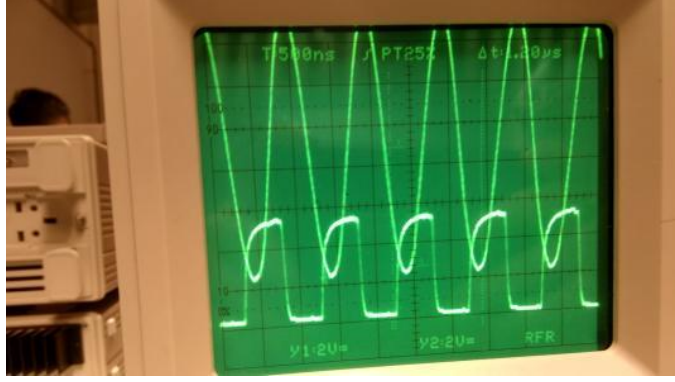


Bild 8.4: Offset- und Amplitudenmodulation

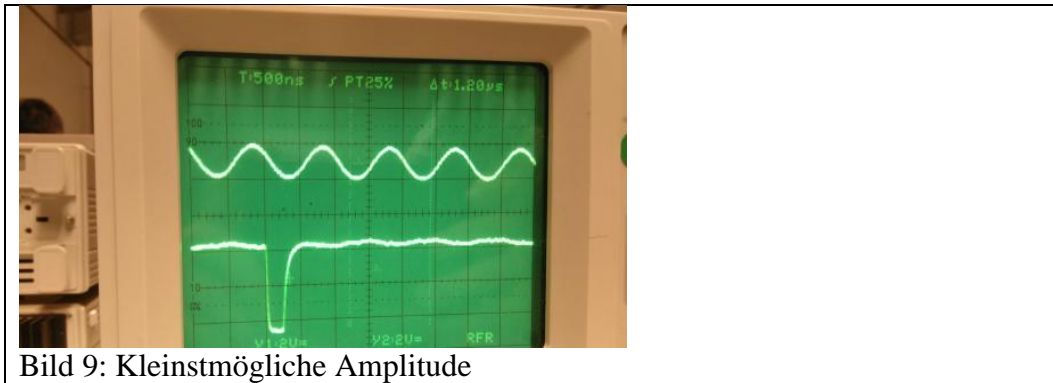


Bild 9: Kleinstmögliche Amplitude

Aus den Bildern wird ersichtlich, dass die Form, Amplitude und das Offset des Eingangssignals nichts am Rechteckausgangssignal ändert. Auf dem Bild 5 erkennt man die minimale Amplitude von 1V (bzw. 2V Spitze zu Spitze), es wird deutlich, dass eine Schwingung noch in eine Rechteckschwingung umgewandelt wird, während die anderen gar nicht mehr die Referenzspannung des Schmitt-Triggers überschreiten. Die Phasenverschiebung hat keinen Einfluss auf die Umwandlung von Eingangssignal in ein Rechtecksignal, sie ändert nur den zeitlichen Verlauf des Signals = Verschiebung auf der Zeitachse.

4.3.1 Erklären Sie anhand des Oszibildes wie die Umwandlung einer Periodendauer in ein Zeitfenster-Signal erfolgt!

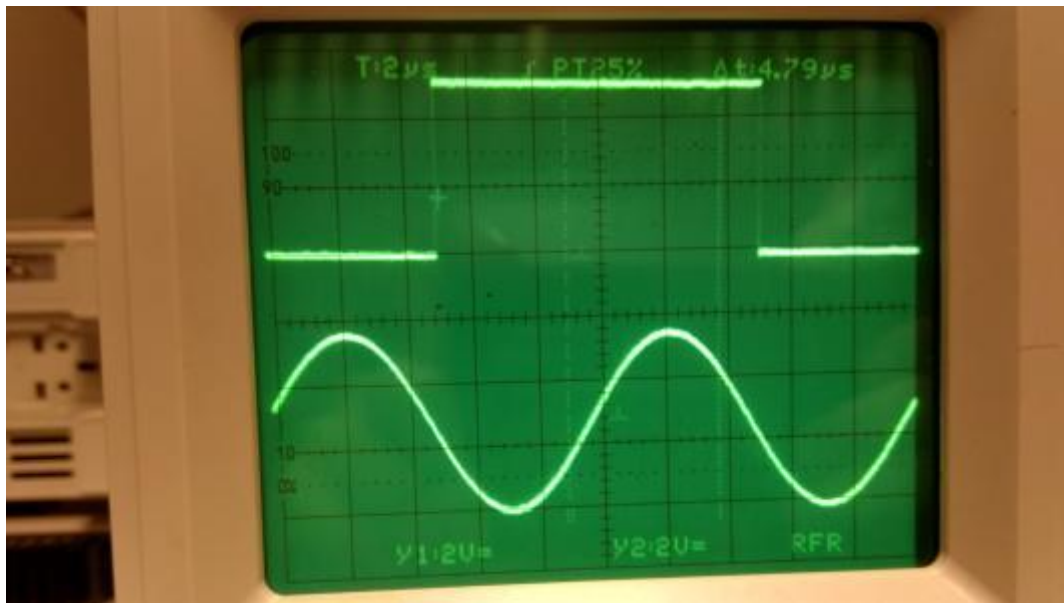


Bild 10: Prinzipielle Umformung Sinus-Periodendauer

Die Schwingung des Taktsignals wird durch den Schmitt-Trigger und das T-Flipflop in ein Rechtecksignal umgewandelt stellt so das Zeitfenster da. Eigentlich sollte das Zeitsignal mit der aufsteigenden Flanke des Sinus beginnen, auf unserem Foto ist es aber die absteigende.

Das T-FF gibt einen High-Pegel aus. Die steigende Taktflanke des Sinus wird ignoriert und bei der nächsten absteigenden Flanke endet das Zeitsignal, das T-FF toggelt zu Low.

Das nächste Zeitfenster beginnt wieder mit der nächsten absteigenden Sinusflanke.

4.3.2 *Wie ändert sich jetzt die Zähleranzeige und das Oszibild, wenn Sie die Frequenz am Funktionsgenerator ändern?*

Was ist der Unterschied zur Frequenzmessung (Vergleich 4.2.2)?

Die Zähleranzeige ist indirekt proportional zur Frequenz. Je höher die Frequenz ist, umso mehr Schwingungen sind auf der Anzeige zu sehen, bei gleicher Zeiteilung. Bei der Frequenzmessung wird die Anzahl der Perioden des externen Signals (Eingangssignals) innerhalb einer Periode des frequenzgeteilten Referenzsignals (Takt) ermittelt. Im Gegensatz dazu wird bei diesem Versuch quasi Takt und Eingangssignal vertauscht.

4.4.1 *Wie hat sich das Zeitfenster und die Anzahl der Perioden der Referenzfrequenz im Vergleich zu 4.3. geändert? Was bedeutet hier „Teilerfaktor 10“ und was geschieht bei der Erhöhung des Teilerfaktors?*

Das Zeitfenster ist nun größer. Es hat eine Länge von 10 Perioden des Eingangssignals. Der Teilerfaktor von 10 führt dazu, dass vom Eingangssignal 10 Perioden in eine umgewandelt werden und so nur jede zehnte Flanke Einfluss auf das T-FF und damit auf das Zeitfenster nimmt. Dadurch werden die Messungen genauer.

4.4.2 *Notieren Sie bei Teilerfaktor 10k mindestens 5 Ergebnisse der Zähleranzeige! Geben Sie für den Mittelwert des Messergebnisses die Dauer einer Periode des Messsignals in einer passenden Untereinheit der Zeit an (z.B.: ms, μ s, ns)! Mit welcher Frequenz müsste der Zähler arbeiten, um bei gleicher Auflösung ohne Vorteiler auszukommen? Erklären Sie den Einfluss des Teilerfaktors auf die absolute und relative Messabweichung!*

9988, 9989, 9988, 9988, 9989 \Rightarrow Mittelwert = 9988,4 = n

$$n \cdot T_{\text{Referenz}} = n \cdot \frac{1}{f_{\text{Referenz}}} = 10k \cdot T \Rightarrow T = n \cdot \frac{1}{10k \cdot f_{\text{Referenz}}} \approx 10 \mu\text{s}$$

Der Zähler müsste eine Frequenz von 10 GHz haben, um eine einzelne Periodendauer mit der gleichen Auflösung zu messen. Der Teilerfaktor hat keinen Einfluss auf die absolute Messabweichung, aber die relative Messabweichung verringert sich.

4.5. entfällt, da ein technisches Versagen eine Durchführung des Versuches unmöglich machte. Mit Ausnahme von 4.5.6, da das Messen der Spannung und das Ablesen der Flanken trotzdem noch möglich war.

4.5.3 (Nur Teile der Auswertung, die keiner Messung bedürfen)

Erklären Sie die Umwandlung der zu messenden Spannung in ein Zeitfenster und daraus in eine digitale Anzeige? Beziehen Sie sich dabei auf Bild 11 auf der Seite 13! Ergänzen Sie die zugehörige Grafik (Bild 13, auf der folgenden Seite)! Füllen Sie dazu die Signalverläufe für OPV2, OPV3, Zeitfenster und Zählimpulse am Zähler aus!

An OPV2 liegt an Plus die Messspannung und an Minus der Sägezahn an. Der Komparator vergleicht diese beiden Spannungen miteinander. Ist die Messspannung größer sein, resultiert daraus eine positive Spannung am Ausgang. Ist die Sägezahnspannung größer, resultiert daraus eine negative Spannung bzw. hier ein Verbindung zur Masse am Ausgang. Wenn die Sägezahnspannung kleiner als die Messspannung ist, liegt an einem Eingang des ersten UND-

Gatters ein High-Pegel an. OPV3 ist am negativen Eingang mit der Masse verbunden. Sobald die Sägezahnspannung größer 0V ist, liefert der OPV3 einen High-Pegel an das erste UND-Gatter. Durch die Und-Verknüpfung von OPV2 und OPV3 wird das Zeitfenster erstellt. Dieses ist mit dem Takt und-verknüpft. Es wird also nur im Zeitfenster gezählt.

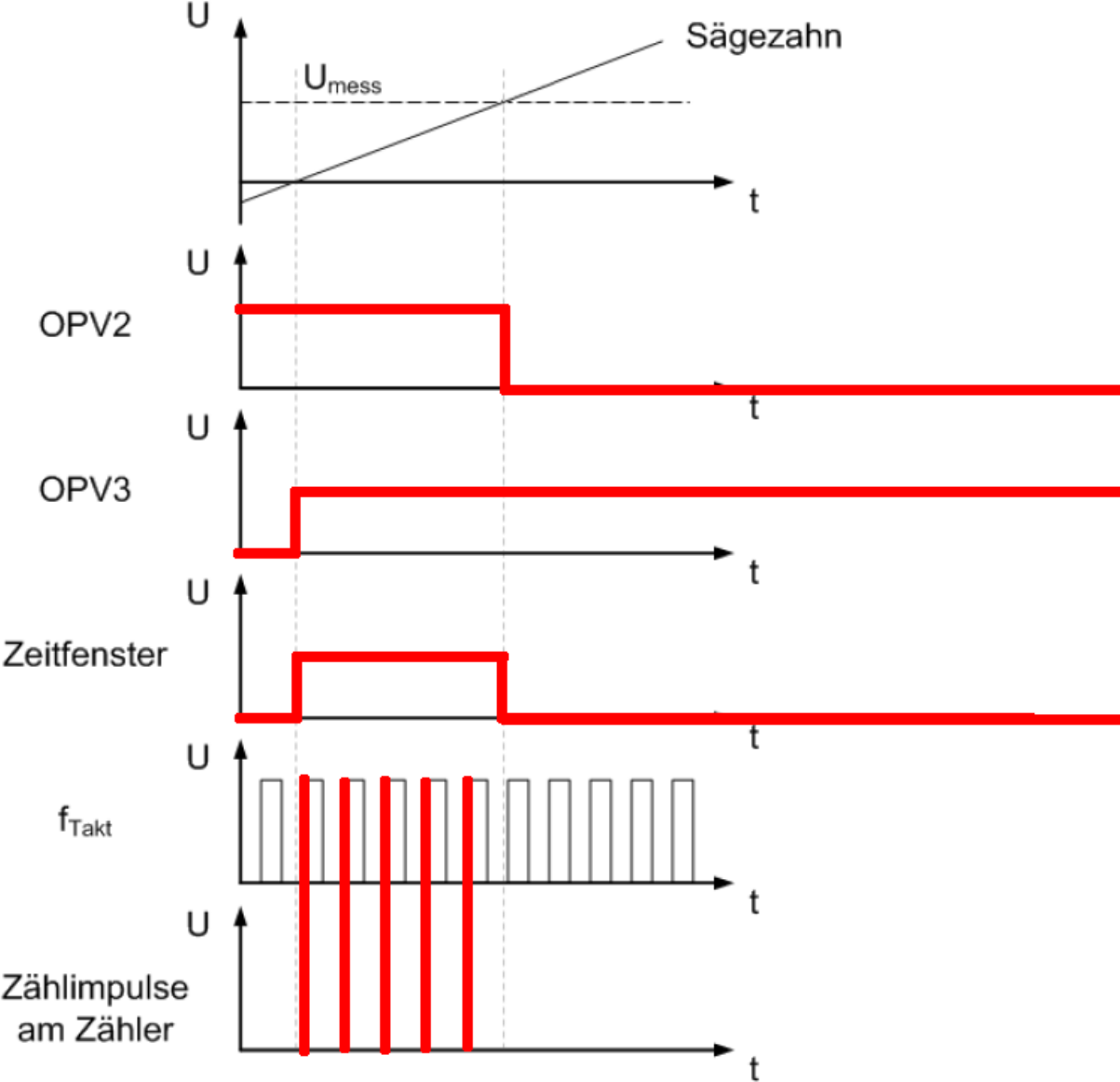


Bild 11: Signalverläufe bei Spannungsmessung

4.5.6 Nehmen Sie Messwerte von 0 bis 5 V in 0,5-V-Schritten auf. Überprüfen Sie anhand der Werte Offset und Linearität der Schaltung!

Spannung	Flanken
0V	0
0,5V	5147
1V	10000
1,47V	14864
1,95V	20109
2,49V	25191
3V	30281
3,5V	35268
4V	40205
4,51V	45490
5V	50381

Tabelle 3: Flankenanzahl in Abhängigkeit von der Spannung

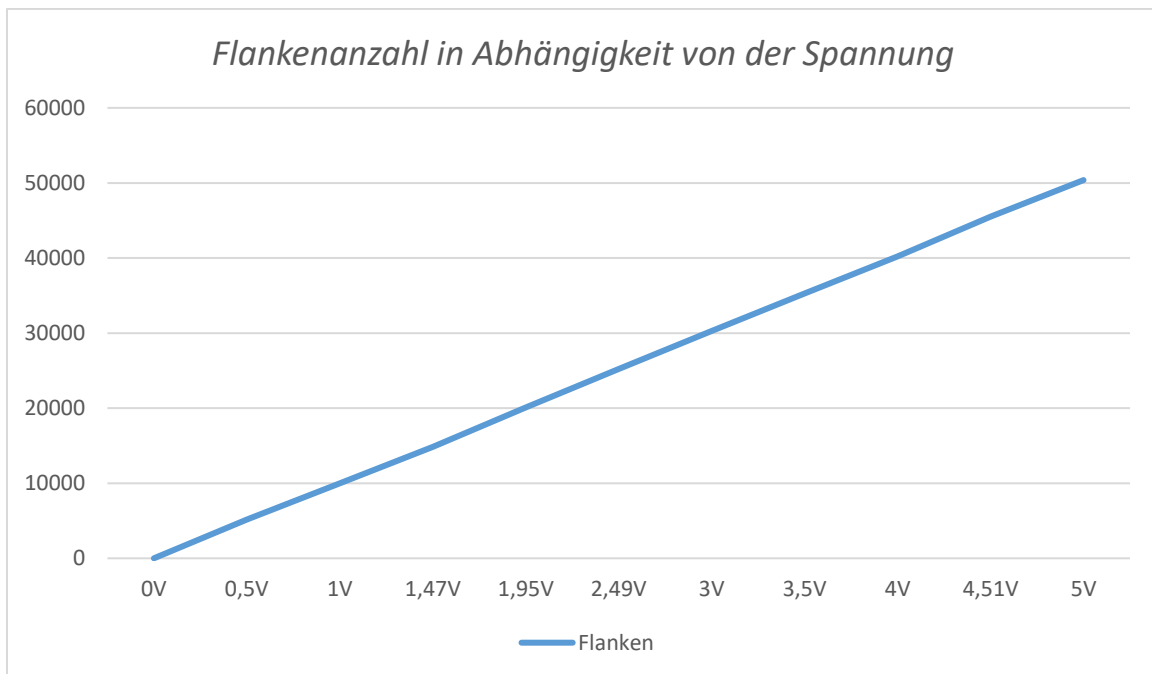


Bild 12: Diagramm der Flankenanzahl in Abhängigkeit von der Spannung

Es wird ersichtlich, dass kein Offset auftritt und sich die Anzahl der gezählten Flanken linear zur Spannung verhält.

Da ich durch das technische Versagen keine Werte der Zählerspannung habe, kann ich auch keine Aussage über Messabweichung und sonstiges treffen.

4.5.7 Wird ein Momentan- oder ein Mittelwert gemessen? Geben Sie die Gleichung für die verwendete Sägezahnspannung an (Überlegen Sie das Vorzeichen)! Leiten Sie diese nach der Zeit ab! Welchen Einfluss haben Änderungen der Betriebsspannung sowie Änderungen von R und C auf das Messergebnis? Mit welchem Verfahren kann der Einfluss von R und C kompensiert werden und warum?

Es wird ein Momentanwert gemessen, der dadurch entsteht, dass der Integrierer eine Ausgangsspannung aus dem zeitlichen Integral der Eingangsspannung erzeugt.

Durch die Invertierung an OPV1 (Betriebsspannung wird an den invertierenden Eingang gekoppelt) kommt das negative Vorzeichen bei U_e zustande.

$$U_{\text{Sägezahn}}(t) = -u_e \cdot \frac{t}{RC}$$

$$\frac{\Delta U_{\text{Sägezahn}}(t)}{\Delta t} = -u_e \cdot \frac{1}{RC}$$

Es zeigen sich die Nachteile des Einflanken A/D Umsetzers bei dem Änderungen an der Betriebsspannung sowie Änderungen von R und C zu Messfehlern führen, da diese direkt bzw. indirekt proportional zur Ableitung der Sägezahnspannung sind. Solche Änderungen treten allein schon durch die Bauteil-Erwärmung im Betrieb auf. Um diesen Einfluss zu kompensieren bietet sich das Zweiflanken A/D Umsetz-Verfahren an, da Referenz- und Eingangsspannung integriert werden und es von der Größe der Kapazität, des Widerstandes und der Betriebsspannung unabhängig ist.

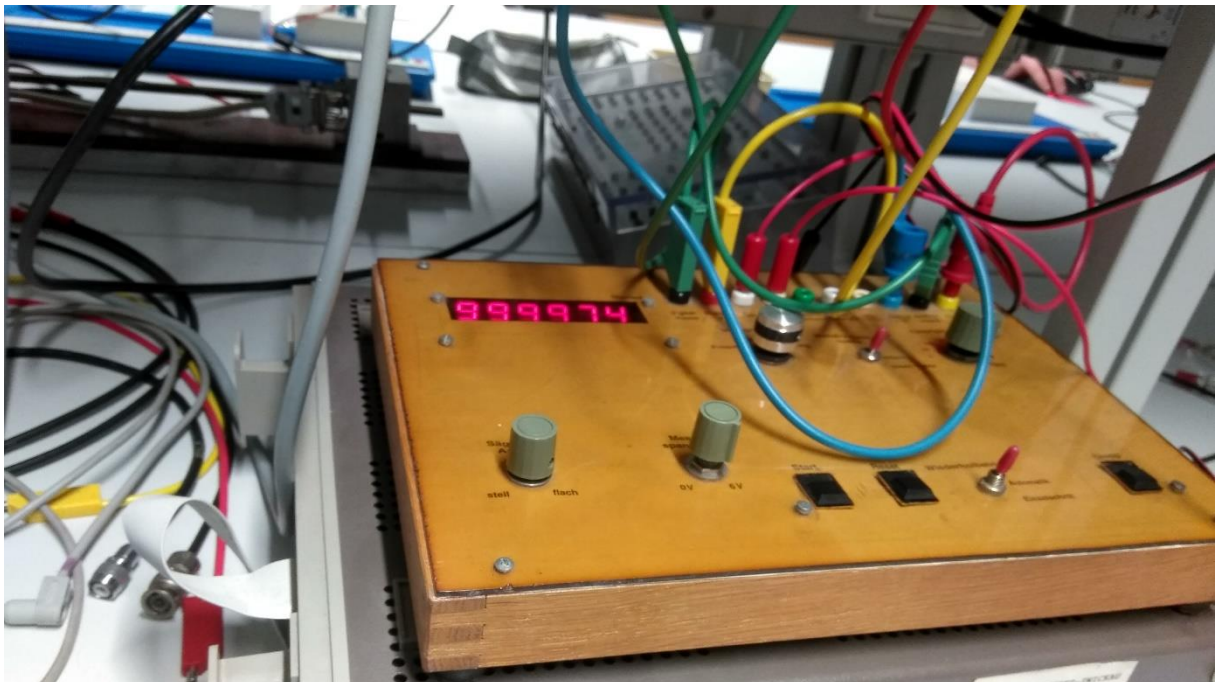


Bild 13: Defektes Laborgerät

Quellen:

https://www.tu-chemnitz.de/mb/sgt/Download/wiss_Arbeit/Richtlinien_wiss_Arbeiten.pdf

<https://de.wikipedia.org/wiki/Quarzoszillator>

<http://de.farnell.com/standard-oszillatoren>

<http://de.farnell.com/temperaturkompensierte-oszillatoren-tcxo/prl/ergebnisse>

<http://de.farnell.com/beheizte-quarzoszillatoren-ocxo/prl/ergebnisse>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Quarzuhr>

<https://www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt2/abt2-josephson.html>

[https://de.wikipedia.org/wiki/Komparator_\(Analogtechnik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Komparator_(Analogtechnik))

<https://ibkastl.de/wiki/Analog-Digital-Umsetzer>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Analog-Digital-Umsetzer>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Logikpegel>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Kippschwingung>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Frequenz%C3%A4hler>