

Praktikum Messtechnik

Gruppe 5.2.2

Versuch:

- 504 -

Analog – Digital und Digital – Analog Umsetzer

Versuchsdatum:

06.04.2004

Teilnehmer:

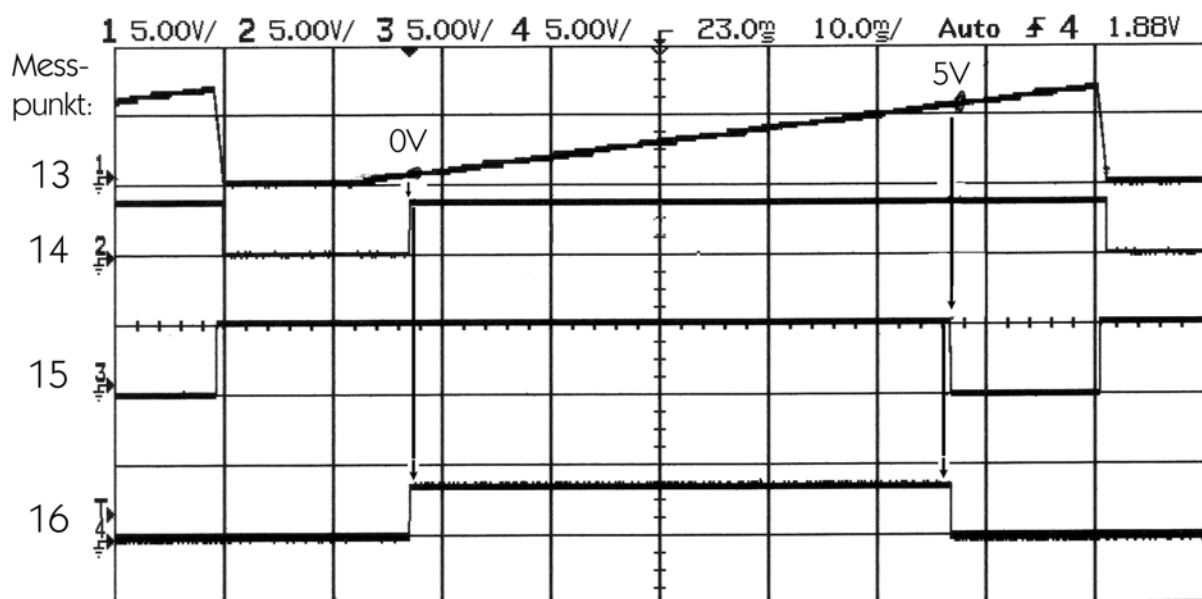
Fußmann, Ardan

Uhl, Michael

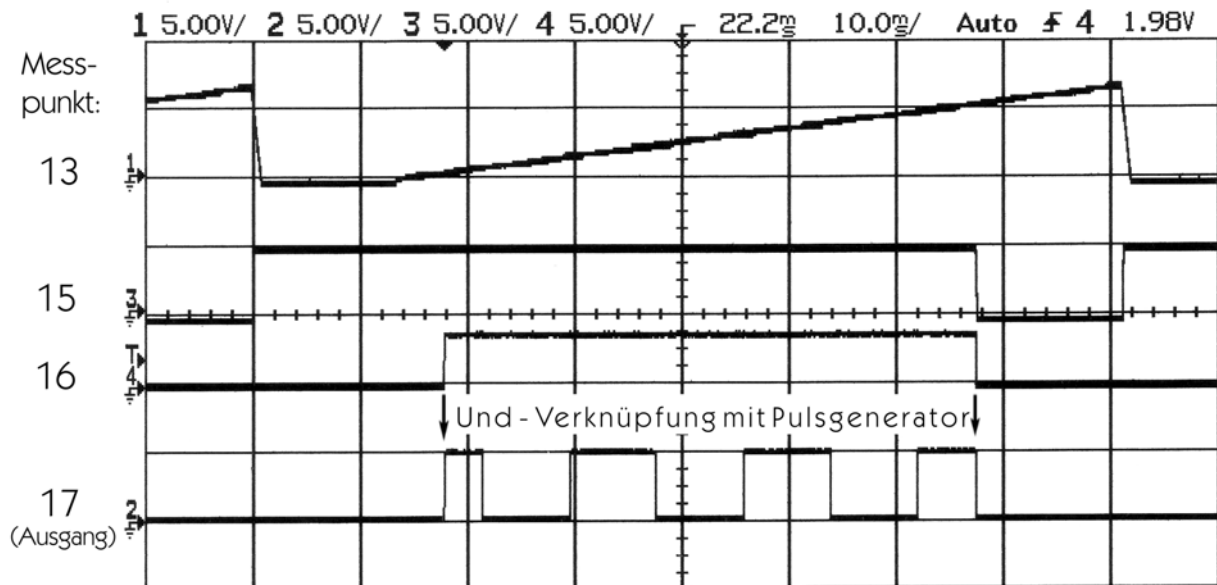
Durchführung der Messungen:

2.1 Analog – Digital Umsetzer:

2.1.1 Der Sägezahnumsetzer nach Bild 5 der Aufgabenstellung wurde vermessen. Dazu wurden die Spannungsverläufe an den Punkten 13, 14, 15, 16 (Abbildung 1) und an den Punkten 13, 15, 16, 17 (Abbildung 2) mit dem Oszilloskop dargestellt. An den Punkten 1 und 2 wurde die Versorgungsspannung von $+12\text{ V}$ bzw. -12 V gelegt. Als Masse diente der Punkt 3. Eine Rechteckspannung mit der Frequenz 60 Hz und der Amplitude 5 V wurde an den Punkt 5 angelegt. Die Kapazität des Integrators betrug $C = 100\text{ nF}$.



- Abbildung 1 -

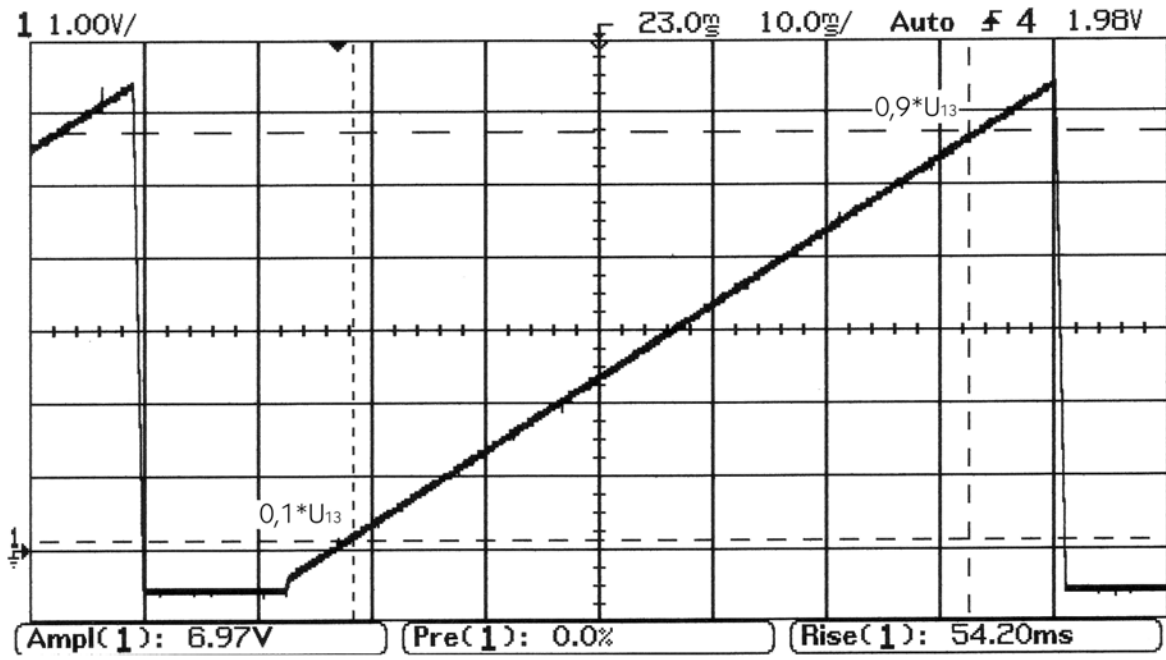


- Abbildung 2 -

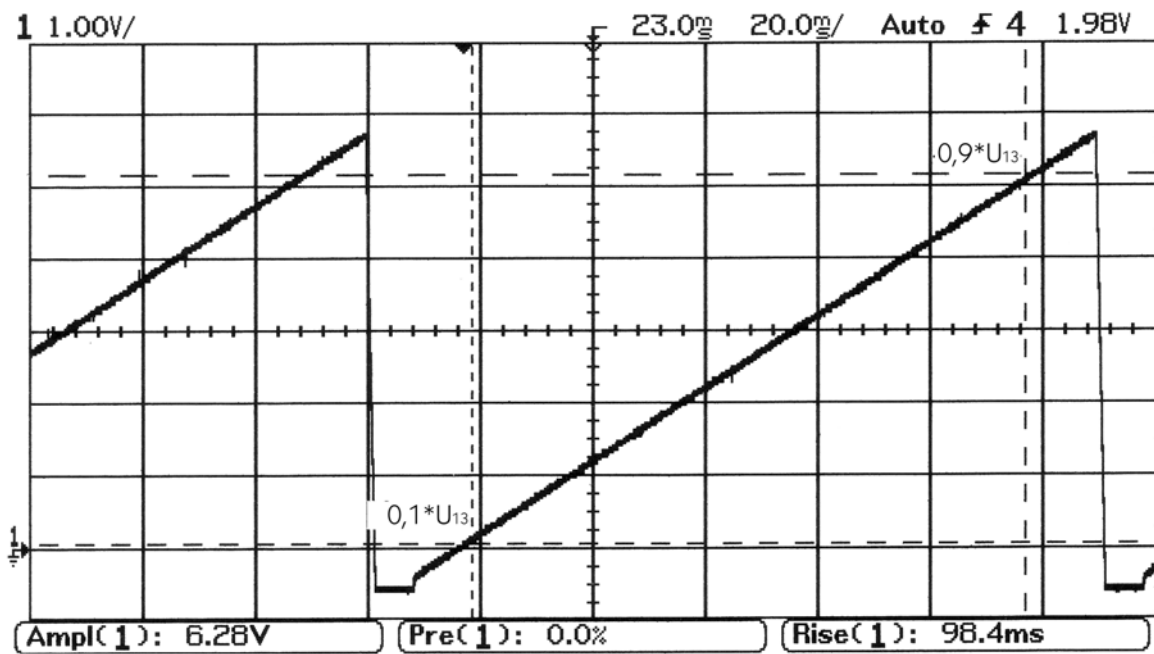
2.1.2 Es wurde der Spannungsverlauf des Integrators am Punkt 13 aufgenommen. Daraus ergaben sich bei unterschiedlicher Beschaltung von den Punkten 27 – 31 eine Änderung der Kapazität. Die Kapazitäten C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 betragen jeweils $C = 100 \text{ nF}$. Die Rechteckspannung an Punkt 5 hatte eine Frequenz von 60 Hz und eine Amplitude von 5 V. Dabei wurden die Anstiegszeiten mit der Meßfunktion „Measure Rise“ des Oszilloskops bestimmt (siehe Abbildungen 3 – 7).

$C \text{ [nF]}$	Parallelschaltung aus	Anstiegszeit $t_{an} \text{ [ms]}$
100	C_1	54,2
200	C_1, C_2	98,4
300	C_1, C_2, C_3	142,4
400	C_1, C_2, C_3, C_4	189,0
500	C_1, C_2, C_3, C_4, C_5	228,0

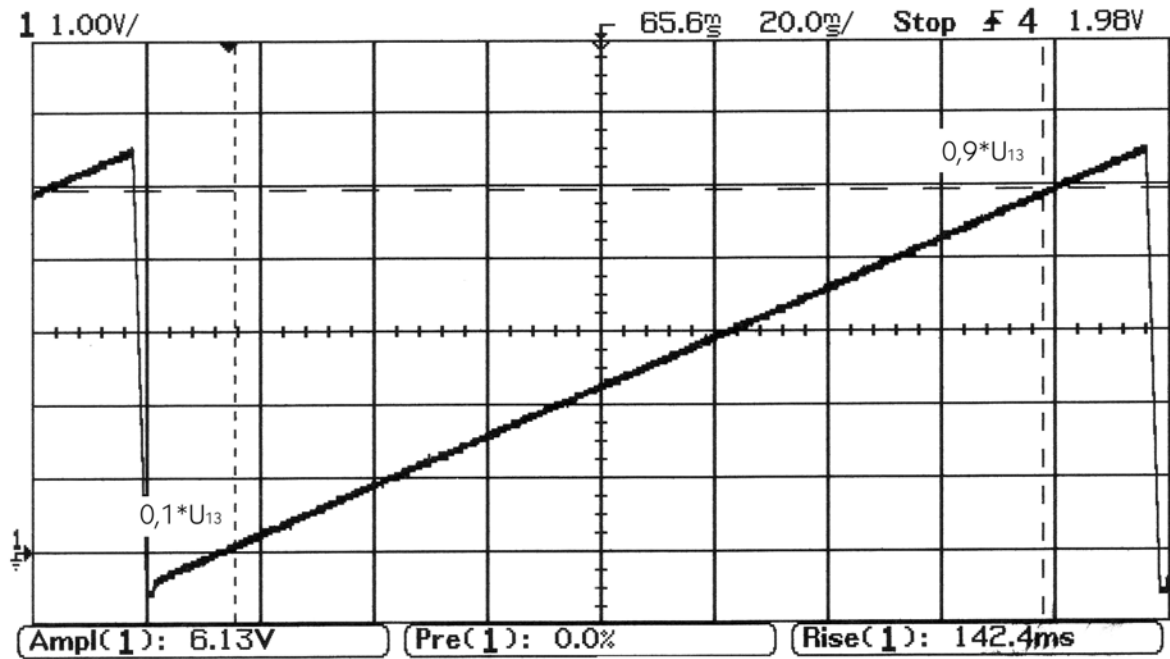
- Tabelle 1 -



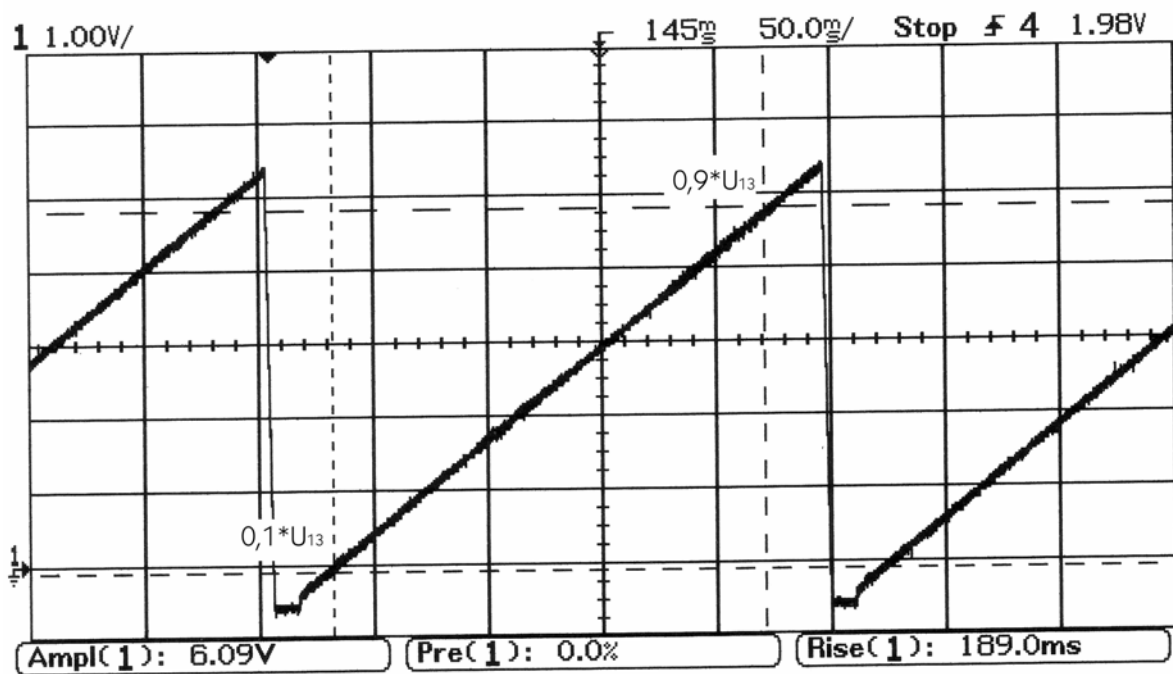
- Abbildung 3 -



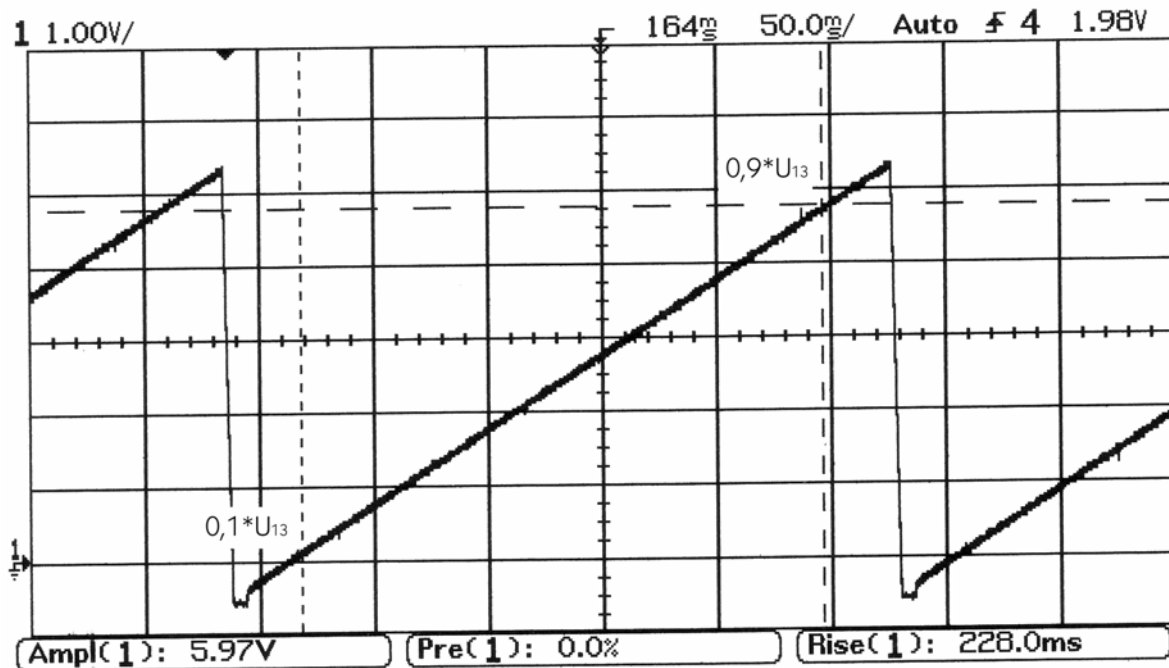
- Abbildung 4 -



- Abbildung 5 -



- Abbildung 6 -



- Abbildung 7 -

2.1.3 Es wurde der Zusammenhang zwischen Zählerstand und der Frequenz der Spannung an Punkt 5 aufgenommen. Die Amplitude der Spannung betrug dabei 5 V . Die Kapazität des Integrators 100 nF . Hierbei ergaben sich folgende Meßwerte:

Frequenz f_n [Hz]	Zählerstand X
10	1
30	4
100	10
202	20
479	48
531	53
726	73
1030	102
1275	127
1620	161
1870	190
2000	206

- Tabelle 2 -

2.1.4 Es wurde der Zusammenhang zwischen Zählerstand und der Kapazität C des Integrators aufgenommen. Die Amplitude der Spannung an Punkt 5 betrug dabei 5 V , die Frequenz 200 Hz . Hierbei ergaben sich folgende Meßwerte:

Kapazität C [nF]	Zählerstand X
100	10
200	20
300	30
400	40
500	51

- Tabelle 3 -

2.1.5 Es wurde der Zusammenhang zwischen Zählerstand und der Spannung an Punkt 5 aufgenommen. Die Amplitude der Spannung wurde dabei von 0 V bis 5 V verändert, die Frequenz 2 kHz und die Kapazität $C = 100\text{ nF}$ wurde nicht verändert. Hierbei ergaben sich folgende Meßwerte:

Spannung U_m [V]	Zählerstand X
0	0
0,5	8
1	17
1,5	28
2	38
2,5	49
3	60
3,5	69
4	79
4,5	88
5	99

- Tabelle 4 -

2.1.6 Es wurden die Zählimpulse in Abhängigkeit von der Spannung am Punkt 5 aufgenommen. Dabei wurde die Spannung von 0 V bis zu dem Spannungswert verändert, an dem der Zählerstand 10 erreicht wurde. Abgelesen wurde die Spannung, an der der Zählerstand gerade im Begriff war eine Stelle höher zu zählen.

- a) Die Kapazität des Integrators betrug $C = 200\text{ nF}$ und die Frequenz der Spannung an Punkt 5 $f = 100\text{ Hz}$. Dies ergab Meßwerte nach Tabelle 5. Die graphische Darstellung hierzu ist in Abbildung 8 zu sehen.

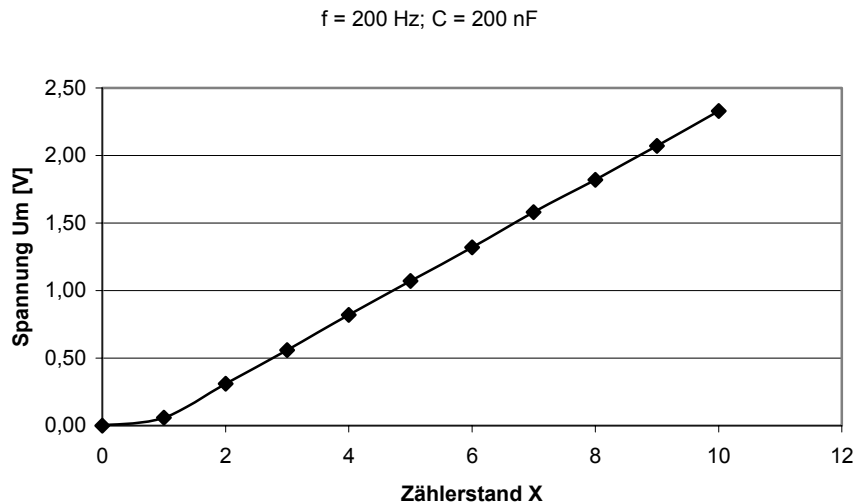
Zählerstand X	Spannung U_m [V]
0	0,00
1	0,06
2	0,57
3	1,09
4	1,60
5	2,10
6	2,63
7	3,14
8	3,65
9	4,17
10	4,67

- Tabelle 5 -

- b) Die Kapazität des Integrators betrug $C = 200 \text{ nF}$ und die Frequenz der Spannung an Punkt 5 $f = 200 \text{ Hz}$. Dies ergab Meßwerte nach Tabelle 6. Eine graphische Auswertung wurde in Abbildung 9 erstellt.

Zählerstand X	Spannung U_m [V]	Zählerstand X	Spannung U_m [V]
0	0,00	6	1,32
1	0,06	7	1,58
2	0,31	8	1,82
3	0,56	9	2,07
4	0,82	10	2,33
5	1,07		

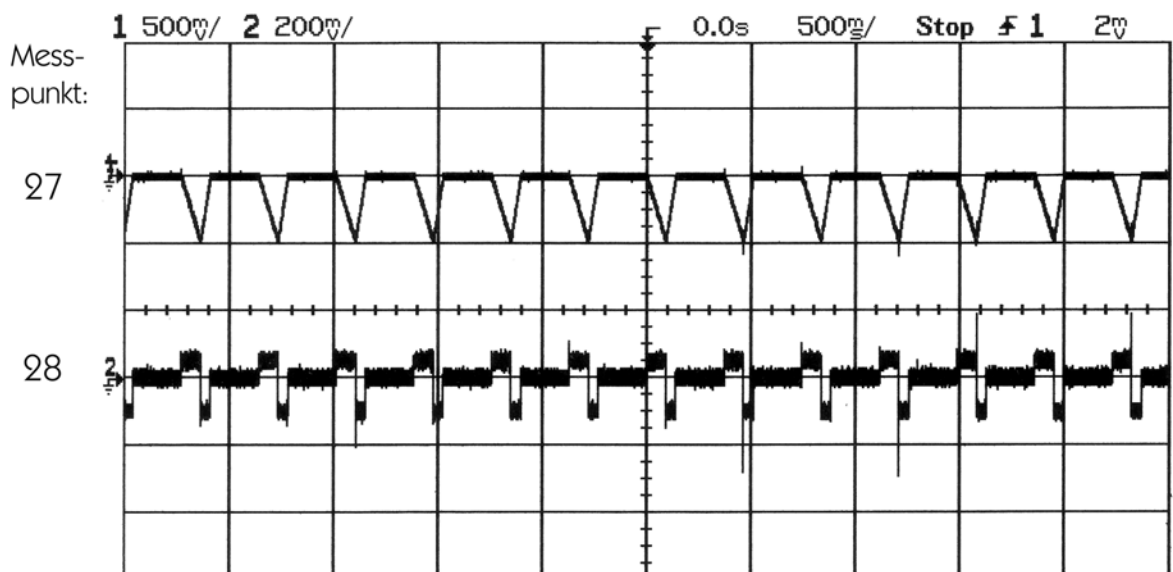
- Tabelle 6 -



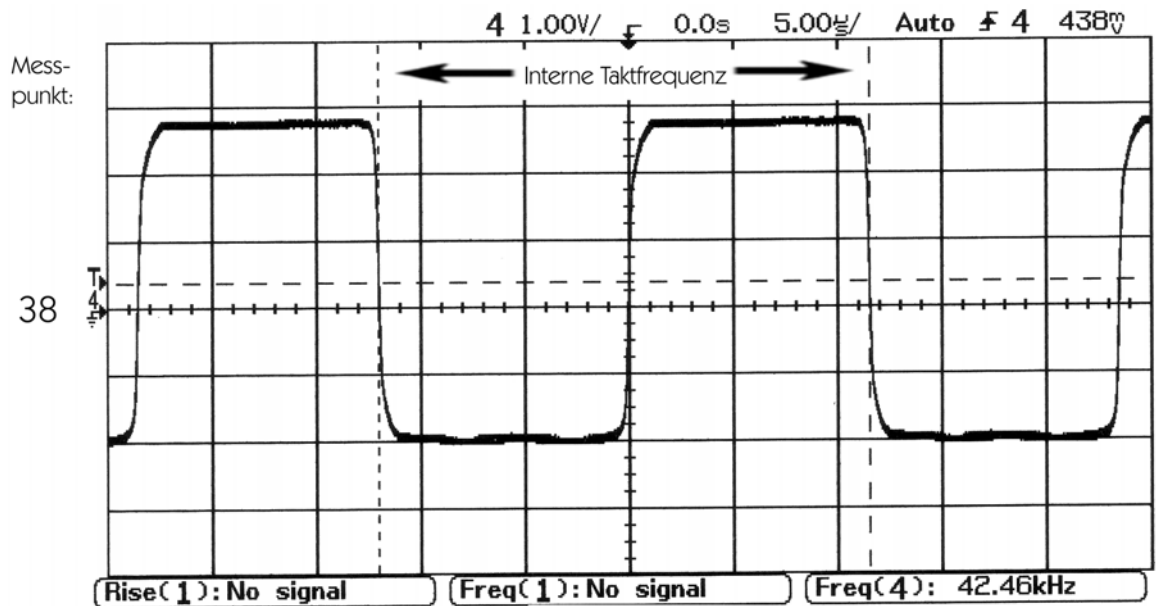
- Abbildung 9 -

2.1.7 Es wurde der Dual-Slope-ADU nach Bild 3 der Aufgabenstellung vermessen.

- a) Vom Dual-Slope-ADU nach Bild 3 der Aufgabenstellung wurden die Spannungsverläufe an den Punkten 27 und 28 mit dem Oszilloskop dargestellt (siehe Abbildung 10). An den Punkten 1 und 2 wurde die Versorgungsspannung 0 V und $+8 \text{ V}$ gelegt. Die Punkte 3, 4 und 5 dienten als Masse. Des weiteren wurde die interne Taktfrequenz des IC „ICL7107“ an dessen *Pin 38* mit dem Tastkopf des Oszilloskops gemessen. Diese beträgt $f = 42,46 \text{ kHz}$ (siehe Abbildung 11).



- Abbildung 10 -

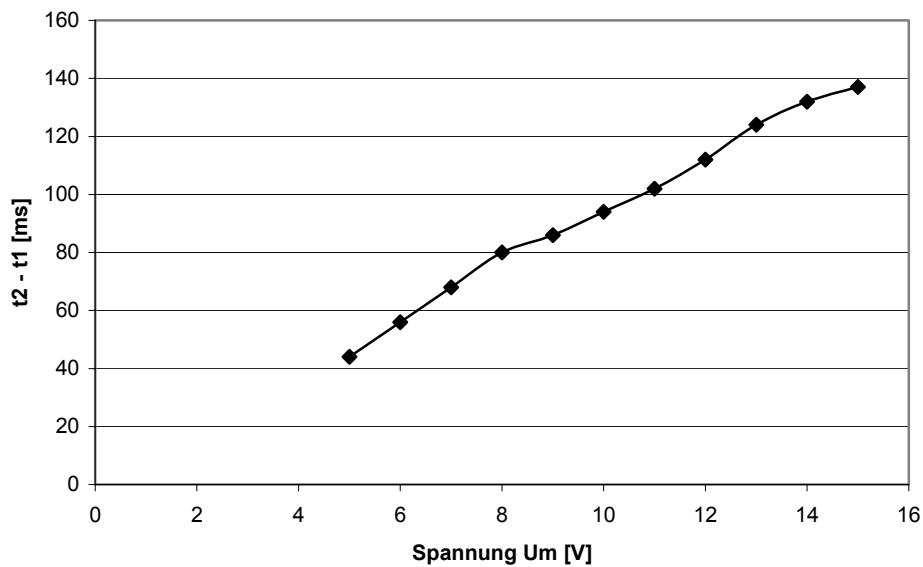


- Abbildung 11 -

- b) Es wurde der Zusammenhang zwischen $t_2 - t_1$ und der Spannung am Punkt 6 aufgenommen. Hierzu wurde die Amplitude der Spannung schrittweise um $+1V$ erhöht. Bei Eingangsspannungen unter $5V$ war der zeitliche Verlauf am Oszilloskop nicht mehr darzustellen. In Tabelle 7 sind die Meßwerte aufgeführt. Eine graphische Auswertung derer ist in Abbildung 12 zu sehen.

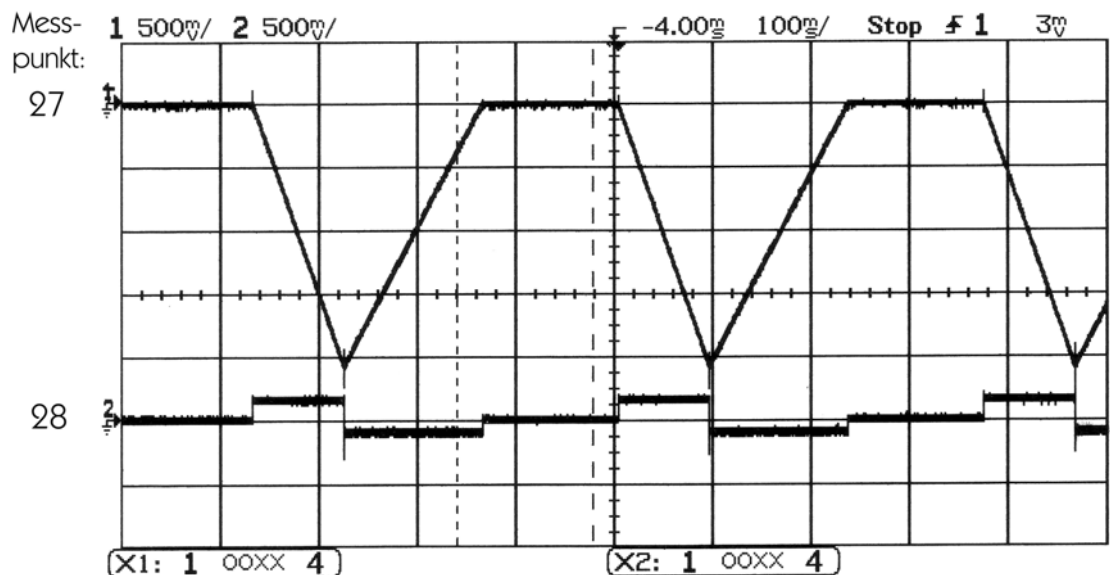
Spannung $U_m [V]$	$t_1 [ms]$	$t_2 [ms]$	$t_2 - t_1 [ms]$
0	0	0	0
5	48	92	44
6	60	116	56
7	60	128	68
8	316	396	80
9	-62	24	86
10	-104	-10	94
11	-156	-54	102
12	-224	-112	112
13	-196	-72	124
14	-168	-36	132
15	-164	-27	137

- Tabelle 7 -



- Abbildung 12 -

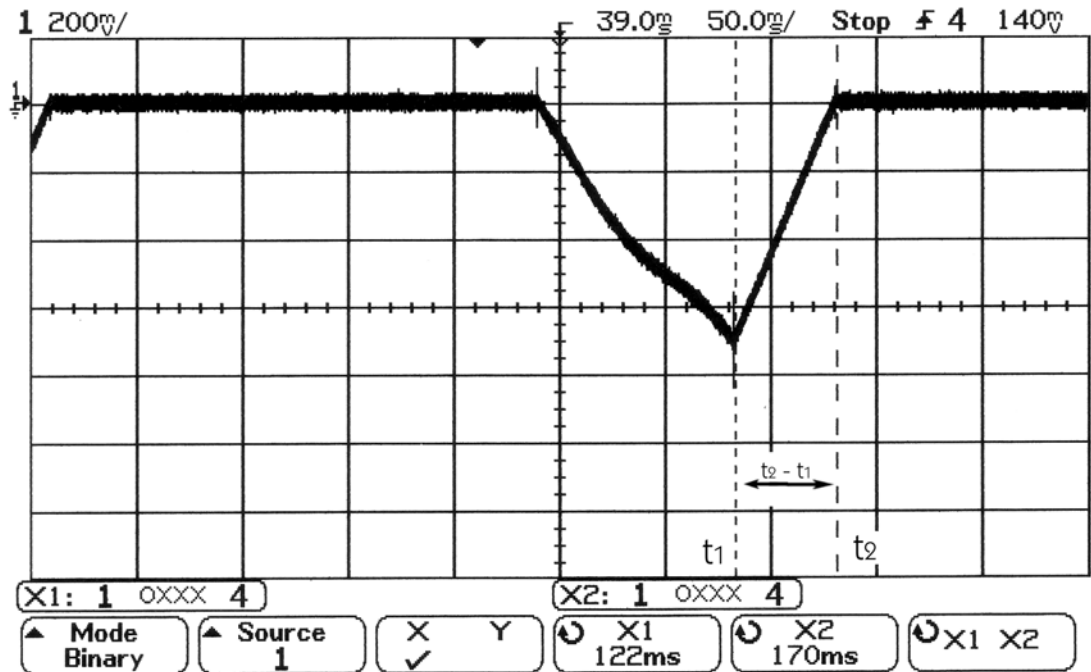
- c) Mittels Widerstandsdekade wurde dem $47\text{k}\Omega$ Widerstands des Integrators ein $100\text{k}\Omega$ Widerstand parallel geschaltet (zwischen den Punkten 28 und 29 der Schaltung). Von dieser Schaltung wurden wiederum die Spannungsverläufe an den Punkten 27 und 28 mit dem Oszilloskop dargestellt (siehe Abbildung 13).



- Abbildung 13 -

Aus Abbildung 13 geht hervor, daß die Spannung an Punkt 28 größer wird (vgl. Abbildung 10, ohne parallelgeschalteten Widerstand).

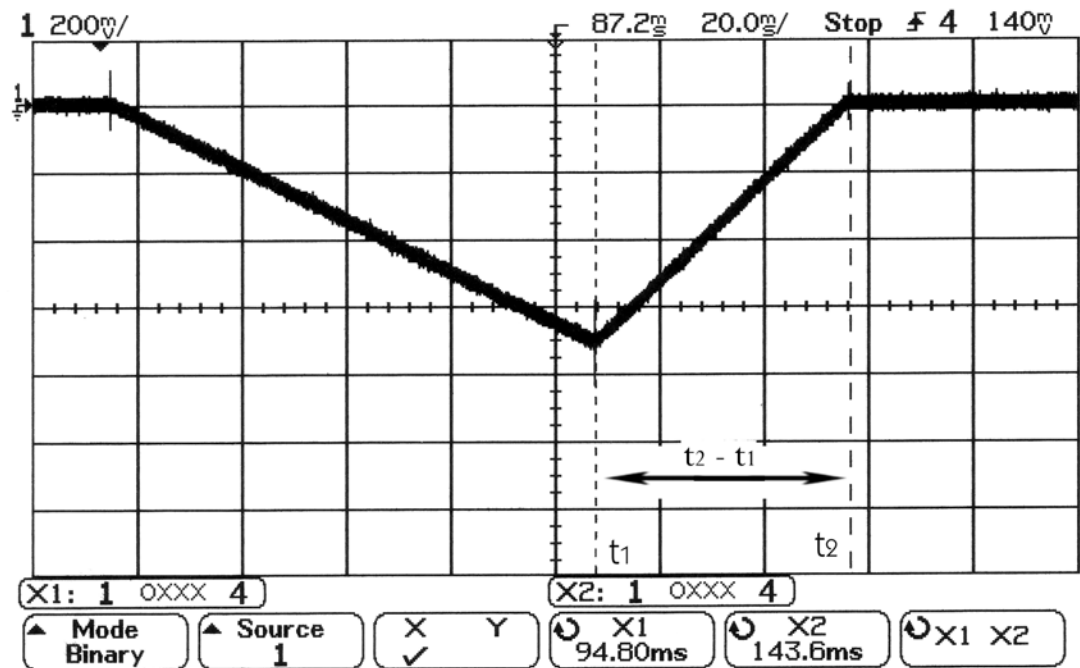
- d) Der Eingangsspannung U_m wurde eine sinusförmige Spannung überlagert. Dies wurde durch hinzufügen einer Offset-Spannung (Gleichanteil von $+5\text{ V}$) am Funktionsgenerator erreicht. Die Amplitude des Sinussignals betrug dabei $\hat{u}_{\sin} = 2,5\text{ V}$. Abbildung 14 zeigt die den Spannungsverlauf an Punkt 27 bei einer Eingangsfrequenz von 10 Hz .



- Abbildung 14 -

Hierbei beträgt die Zeitdauer $t_2 - t_1 = 48\text{ ms}$. Die Anzeige der Schaltung pendelte dabei zwischen $5,15$ und $5,31$.

Anschließend wurde die Eingangsfrequenz auf 100 Hz erhöht. Die Zeitdauer betrug dabei $t_2 - t_1 = 48,8\text{ ms}$. Die Anzeige zeigte Werte zwischen $5,15$ und $5,49$ an. Die Anzeige hierzu ist in Abbildung 15 zu sehen.



- Abbildung 15 -

Die Wechselfrequenz hat dabei keinen Einfluß auf die Zeitdauer $t_2 - t_1$.
Abweichungen ergaben sich aufgrund von Messungenauigkeiten.

2.2 Digital - Analog Umsetzer:

Es wurde ein DA-Wandler nach Bild 6 der Aufgabenstellung vermessen. Zum Messen der Widerstände wurde die jeweilige Schaltung mit ihrem Schalter ausgeschaltet.

2.2.1 Schaltung mit Serienwiderständen (gestufter Widerstandsteiler):

Die Widerstände R_1 bis R_4 wurden mit einem Digitalmultimeter zwischen den Klemmen 11 und 12 der Schaltung gemessen.

$$R_1 = 5,06k\Omega = 2 \cdot R$$

$$R_2 = 10,03k\Omega = 4 \cdot R$$

$$R_3 = 5,02k\Omega = 2 \cdot R$$

$$R_4 = 2,51k\Omega = R$$

2.2.2 Schaltung mit Parallelwiderständen (aufsummieren gestufter Teilströme):

Die Widerstände R_1 bis R_4 wurden mit einem Digitalmultimeter zwischen den Klemmen 13 und 14 der Schaltung gemessen.

$$R_1 = 12,5k\Omega = R$$

$$R_2 = 25,2k\Omega = 2 \cdot R$$

$$R_3 = 50,3k\Omega = 4 \cdot R$$

$$R_4 = 100,4k\Omega = 8 \cdot R$$

2.2.3 Schaltung mit Kettenleiter

Es wurden von den Schaltungen nach 2.2.1, 2.2.2 und 2.2.3 die Ausgangsspannungen an Punkt 10 gemessen. Dies ergab folgende Meßwerte:

Dez	R1	R2	R3	R4	U_a [V] (2.2.1)	U_a [V] (2.2.2)	U_a [V] (2.2.3)
0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
1	0	0	0	1	1,01	0,50	0,50
2	0	0	1	0	2,02	1,00	1,00
3	0	0	1	1	3,03	1,50	1,50
4	0	1	0	0	4,05	2,00	2,00
5	0	1	0	1	5,06	2,50	2,50
6	0	1	1	0	6,07	3,00	3,00
7	0	1	1	1	7,08	3,50	3,51
8	1	0	0	0	2,04	4,01	4,02
9	1	0	0	1	3,05	4,52	4,53
10	1	0	1	0	4,06	5,02	5,03
11	1	0	1	1	5,07	5,52	5,53
12	1	1	0	0	6,09	6,01	6,03
13	1	1	0	1	7,10	6,53	6,53
14	1	1	1	0	8,12	7,02	7,03
15	1	1	1	1	9,12	7,53	7,53

- Tabelle 8 -

Auswertung:

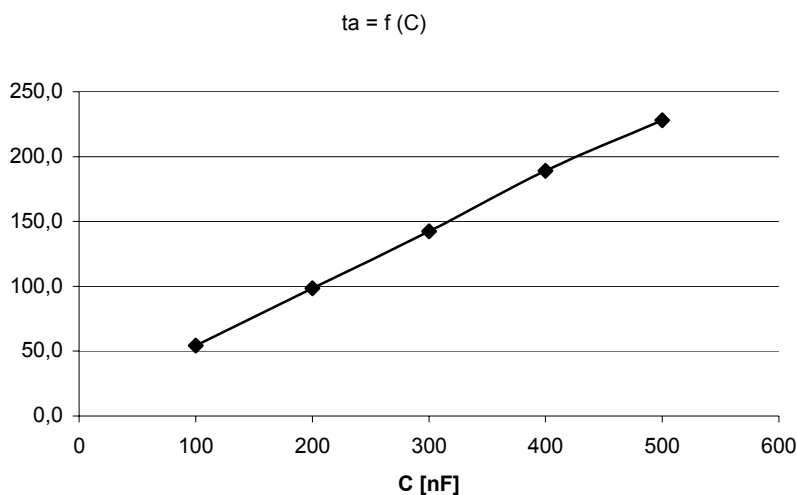
3.1 Analog – Digital Umsetzer:

3.1.1 Funktionsweise des Sägezahnumsetzers:

Ist die Spannung am Ausgang des Integrators (Meßpunkt 13) kleiner als 0 V , so ist am Ausgang des Komparators $K1$ (Meßpunkt 14) eine logische 0 festzustellen. Der Komparator $K2$ wiederum liefert solange eine logische 1 an seinem Ausgang (Meßpunkt 15) bis die Ausgangsspannung des Integrators größer als $U_m (+5\text{ V})$ ist. Der Zeitpunkt t_0 ist erreicht, wenn die Spannung am Punkt 13 0 V erreicht. Überschreitet diese die Spannung U_m , so ist der Zeitpunkt t_1 erreicht. Falls beide Komparatoren eine logische 1 liefern, ist am Ausgang des Äquivalenzgatters (Meßpunkt 16) ebenfalls eine logische 1 . Mithilfe des UND-Gatters gelangt nun während der Zeitdauer $t_1 - t_0$ das Eingangssignal der Rechteckspannung am Punkt 5 direkt auf den Zähler (Meßpunkt 17). Dieser „zählt“ nun die Impulse und zeigt diese dezimal an.

3.1.2 Auswertung der Meßergebnisse von 2.1.2

Abbildung 16 zeigt graphisch $t_a = f(C)$



- Abbildung 16 -

Nach Gleichung (1) $K_p = \frac{U_{ref}}{RC}$ und $U_{ref} = 10V$, $R = 10M\Omega$ ergibt sich für

$$\underline{C = 100nF} : \underline{\underline{K_p = 100 \frac{V}{s}}}$$

$$\underline{C = 200nF} : \underline{\underline{K_p = 50 \frac{V}{s}}}$$

Gemessene Werte:

$$\underline{C = 100nF} : \underline{\underline{K_{pGemessen} = \frac{U_m}{t_{an}} = \frac{5V}{54,2ms} = 92,25 \frac{V}{s}}}$$

$$\underline{C = 200nF} : \underline{\underline{K_{pGemessen} = \frac{U_m}{t_{an}} = \frac{5V}{98,4ms} = 50,81 \frac{V}{s}}}$$

Abweichungen ergeben sich hierbei aufgrund von Meßfehlern und der Toleranz des $1M\Omega$ -Widerstandes bei der Rechnung.

Errechnung der Impulsfrequenz:

Nach Gleichung (4):

$$\underline{\underline{f_n}} = \frac{X \cdot k_p}{U_m} = \frac{X \cdot U_{ref}}{U_m \cdot RC} = \frac{100 \cdot 10V}{10V \cdot 1M\Omega \cdot 100nF} = \underline{\underline{1kHz}}$$

3.1.3 Auswertung der Meßergebnisse von 2.1.3

Frequenz f_n	Zählerstand X	Meßkonstante $C_f = f_n/X$	Mittelwert der Meßkonst.	Abweichung vom Mittelwert d. Meßkonst.
10	1	10,00	9,77	0,23
30	4	7,50	9,77	-2,27
100	10	10,00	9,77	0,23
202	20	10,10	9,77	0,33
479	48	9,98	9,77	0,21
531	53	10,02	9,77	0,25
726	73	9,95	9,77	0,18
1030	102	10,10	9,77	0,33
1275	127	10,04	9,77	0,27
1620	161	10,06	9,77	0,29
1870	190	9,84	9,77	0,07
2000	206	9,71	9,77	-0,06

- Tabelle 9 -

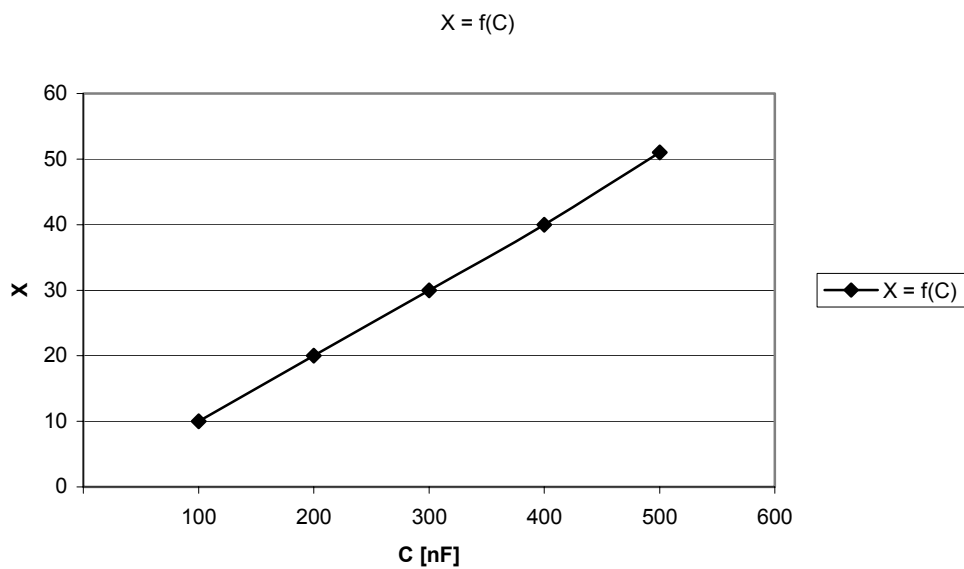
Mittelwert der Meßkonstanten $C_f = f_n/X$:

$$\underline{\underline{\overline{C_f}}} = \frac{1}{12} \sum_{n=0}^{12} C_{fn} = \underline{\underline{9,77}}$$

3.1.4 Auswertung der Meßergebnisse von 2.1.4

Kapazität C	Zählerstand X	Meßkonst. $C_T = C/X$	Mittelwert der Messkonst.	Abweichung vom Mittelwert d. Meßkonst.
100	10	10,00	9,96	0,04
200	20	10,00	9,96	0,04
300	30	10,00	9,96	0,04
400	40	10,00	9,96	0,04
500	51	9,80	9,96	-0,16

- Tabelle 10 -



- Abbildung 18 -

Mittelwert der Meßkonstanten $C_T = C/X$:

$$\overline{\underline{C_T}} = \frac{1}{5} \sum_{n=0}^5 C_{Tn} = \underline{\underline{9,96}}$$

3.1.5 Auswertung der Meßergebnisse von 2.1.5

Spannung U_m	Zählerstand X	Meßkonstante $C_U = U_m/X$	Mittelwert der Messkonst.	Abweichung vom Mittelwert d. Meßkonst.
0	0	n.a.	n.a.	n.a.
0,5	8	0,06	0,05	0,01
1	17	0,06	0,05	0,01
1,5	28	0,05	0,05	0,00
2	38	0,05	0,05	0,00
2,5	49	0,05	0,05	0,00
3	60	0,05	0,05	0,00
3,5	69	0,05	0,05	0,00
4	79	0,05	0,05	0,00
4,5	88	0,05	0,05	0,00
5	99	0,05	0,05	0,00

- Tabelle 11 -

Mittelwert der Meßkonstanten $C_U = U_m/X$:

$$\underline{\underline{C_U}} = \frac{1}{11} \sum_{n=0}^{11} C_{Un} = \underline{\underline{0,05}}$$

3.1.6 Bestimmung der absoluten Auflösung U_q und der relativen Auflösung U_{qr} der Messung 2.1.6:

a) $f = 100 \text{ Hz}$:

Absolute Auflösung:
$$\underline{\underline{U_q}} = \frac{U_{\max}}{m} = \frac{4,67V}{10} = \underline{\underline{467mV}}$$

Relative Auflösung:
$$\underline{\underline{U_{qr}}} = \frac{1}{m} = \frac{1}{10} = \underline{\underline{0,1}}$$

Quantisierungsfehler:
$$\underline{\underline{F_q}} = \pm \frac{1}{2} \cdot U_q = \underline{\underline{\pm 234mV}}$$

a) $f = 200 \text{ Hz}$:

Absolute Auflösung:
$$\underline{\underline{U_q}} = \frac{U_{\max}}{m} = \frac{2,33V}{10} = \underline{\underline{233mV}}$$

Relative Auflösung:
$$\underline{\underline{U_{qr}}} = \frac{1}{m} = \frac{1}{10} = \underline{\underline{0,1}}$$

Quantisierungsfehler:
$$\underline{\underline{F_q}} = \pm \frac{1}{2} \cdot U_q = \underline{\underline{\pm 117mV}}$$

3.1.7 Auswirkung auf das Meßergebnis einer umzusetzenden Gleichspannung U_m , welche mit einer sinusförmigen Wechselspannung mit $T_{\sin} = \frac{1}{n} \cdot t_1$, $n = 1,2,3,\dots$ überlagert ist

$$U = U_m + \underbrace{\hat{u} \sin(\omega t)}_{\substack{!=0 \text{ für } T = \frac{1}{n} \cdot t_1}} = U_m :$$

$$n = 1 : \frac{1}{T} \int_{t=0}^{t=T} \sin(\omega t) dt = \frac{-1}{\omega T} [\cos(\omega t)]_0^T = \frac{-1}{\omega T} (-1 + 1) = 0$$

$$n = n + 1 : \frac{1}{T} \int_{t=0}^{t=(n+1)T} \sin(\omega t) dt = \frac{-1}{\omega T} [\cos(\omega t)]_0^{(n+1)T} = \frac{-1}{\omega T} (-1 + 1) = 0$$

\Rightarrow Eine sinusförmige Wechselspannung mit der Periodendauer $T_{\sin} = \frac{1}{n} \cdot t_1$ hat keinen Einfluß auf das Meßergebnis.