

Digital/Analog- und Analog/Digital-Wandler

Literatur:

- /1/ Heilmayr, E.: "A/D - D/A - Wandler - Bausteine der Datenerfassung"; Markt und Technik, 1982
- /2/ Zander, H.: "Datenwandler"; Vogelverlag 1990
- /3/ Eckel, R.: "A/D und D/A-Wandler"; Franzis, 1992
- /4/ Morgenstern, B.: "Elektronik III, Digitale Schaltungen und Systeme"; Vieweg, 1992
- /5/ Schwetlick; Kessel: "Elektronikpraktikum für Naturwissenschaftler"; Vieweg, 1
- /6/ Norsworthy, S.R.: "Delta-Sigma Data Converters: Theory, Design and Simulation"; Wiley-IEEE Press, 1996
- /7/ Design & Elektronik10/98: "Sigma-Delta-ADC in Software"
- /8/ Vorlesungs- und Seminarunterlagen
- /9/ Ausgewählte Internetseiten zum Thema Delta-Sigma-Wandler:
<http://www.burr-brown.com/>
<http://www.analog.com/>
<http://www.spezial.de/>

	Inhalt:	Seite
1	VERSUCHSZIELE	1
2	FRAGEN UND AUFGABEN ZUR VERSUCHSVORBEREITUNG	2
3	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	3

1 Versuchsziele

- Kennenlernen des Aufbaus, der Funktionsprinzipien, der Eigenschaften und der Kenngrößen von D/A- und A/D-Wandlungsverfahren.
- Aneignung von Fähigkeiten beim Entwurf, bei der Inbetriebnahme und der Analyse von Wandler-schaltungen.
- Kennenlernen von Verfahren und Methoden zur experimentellen Untersuchung der Eigenschaften und Kenngrößen ausgewählter D/A- und A/D-Wandlungsverfahren.
- Vermittlung von Kriterien für die Auswahl geeigneter Wandlungsverfahren.

2 Fragen und Aufgaben zur Versuchsvorbereitung

- 2.1 Welchen Einfluss haben Absolut- und Relativwert der Widerstände in einem R-2R Netzwerk auf das analoge Ausgangssignal?
- 2.2 Wie groß ist der effektive Widerstand im Knotenpunkt eines R-2R Netzwerkes?
- 2.3 Errechnen Sie die Spannungswerte U_{MSB} , U_{LSB} und U_{MAX} eines 5-Bit D/A-Wandlers mit $U_{\text{ref}} = 500 \text{ mV}$.
- 2.4 Entwerfen Sie eine Schaltung zur oszilloskopischen Darstellung der Übertragungskennlinie eines D/A-Wandlers.
- 2.5 Wodurch entstehen Glitches bei D/A-Wandlern?
- 2.6 Betrachten Sie die Vor- und Nachteile der verschiedenen A/D-Wandlungsverfahren hinsichtlich Wandlungszeit und Genauigkeit.
- 2.7 Welche Forderungen hinsichtlich Geschwindigkeit und Eingangsempfindlichkeit muss der Komparator beim Verfahren nach der sukzessiven Approximation erfüllen?
- 2.8 Welche A/D-Wandler haben ein integrierendes Verhalten? Wie wirkt sich dies auf periodisch wiederkehrende Störungen aus?
- 2.9 Welche Möglichkeiten der Störunterdrückung gibt es bei nicht integrierenden A/D-Wandlern?
- 2.14 Nennen Sie zwei Möglichkeiten zur messtechnischen Ermittlung von U_{LSB} eines A/D-Wandlers.
- 2.15 Errechnen Sie die Spannungswerte U_{MSB} , U_{LSB} und U_{MAX} eines 8-Bit A/D-Wandlers mit einem zulässigen Eingangsspannungsbereich von -4 V bis $+4 \text{ V}$.

3 Versuchsdurchführung

Für die Versuchsdurchführung werden folgende Baugruppen und Geräte benötigt:

- Elektronik Experimenter II
- 5 Bit D/A-Wandler-Modul (R-2R Netzwerk)
- A/D-Wandler-Modul (nach dem Zähl- und Nachlaufverfahren)
- A/D-Wandler-Modul (nach dem Verfahren der Sukzessiven Approximation)
- Delta-Sigma-Wandler- und Anzeige-Modul
- CMOS-Impulsgeber-Modul
- Labornetzteil
- Vier-Kanal-Oszilloskop
- Pulsgenerator
- Multimeter

3.1 Untersuchung eines R-2R-Netzwerkes

Als D/A-Wandler steht ein diskret aufgebautes R-2R Netzwerk mit geschalteten Stromquellen zur Verfügung (siehe Bild1). Dieses Modul wird auch in den nachfolgenden Experimenten zum Aufbau von A/D-Wandlern verwendet.

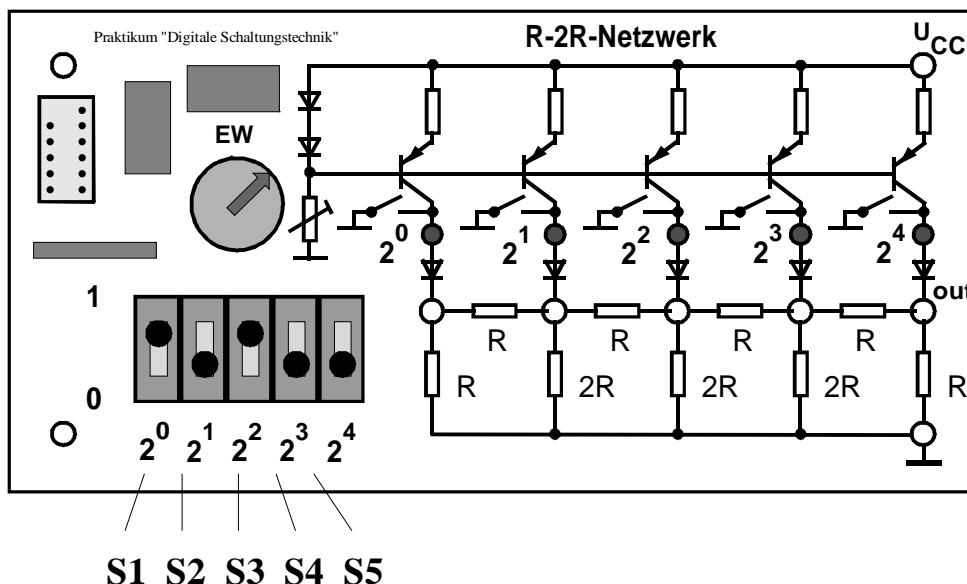


Bild 1: 5 Bit R-2R Netzwerk

- 3.1.1 Stecken Sie das R-2R Netzwerk, den CMOS-Impulsgeber und das A/D-Wandler - Modul gemäß Bild 2 auf die Grundplatte des Elektronik Experimenters und schließen Sie die Betriebsspannung (**+5V**) an.
- 3.1.2 Gleichen Sie mit dem Regler **EW** (ENDWERT) den D/A-Wandler auf seinen Endwert ab (**$U_{ref} = 500mV$**).
- 3.1.3 Untersuchen Sie die Funktion des R-2R Netzwerkes, indem Sie mit den Schaltern **S1** bis **S5** einzelne Bits setzen, die Spannungen an den jeweiligen Knotenpunkten messen und mit den theoretischen Werten vergleichen.
- 3.1.4 Überprüfen Sie die **statische Genauigkeit** und die **Linearität** des D/A-Wandlers. Stellen Sie hierzu **jede Bit-Kombination** mit Hilfe der Schalter **S1** bis **S5** ein und messen Sie die Spannung am Ausgang des R-2R Netzwerkes mit dem Digitalvoltmeter. Tragen Sie die Messwerte in **Tabelle 1** (siehe Anhang) ein und vergleichen Sie die gemessenen mit den theoretischen Werten. Ziehen Sie Rückschlüsse auf Genauigkeit und Linearität des D/A-Wandlers.

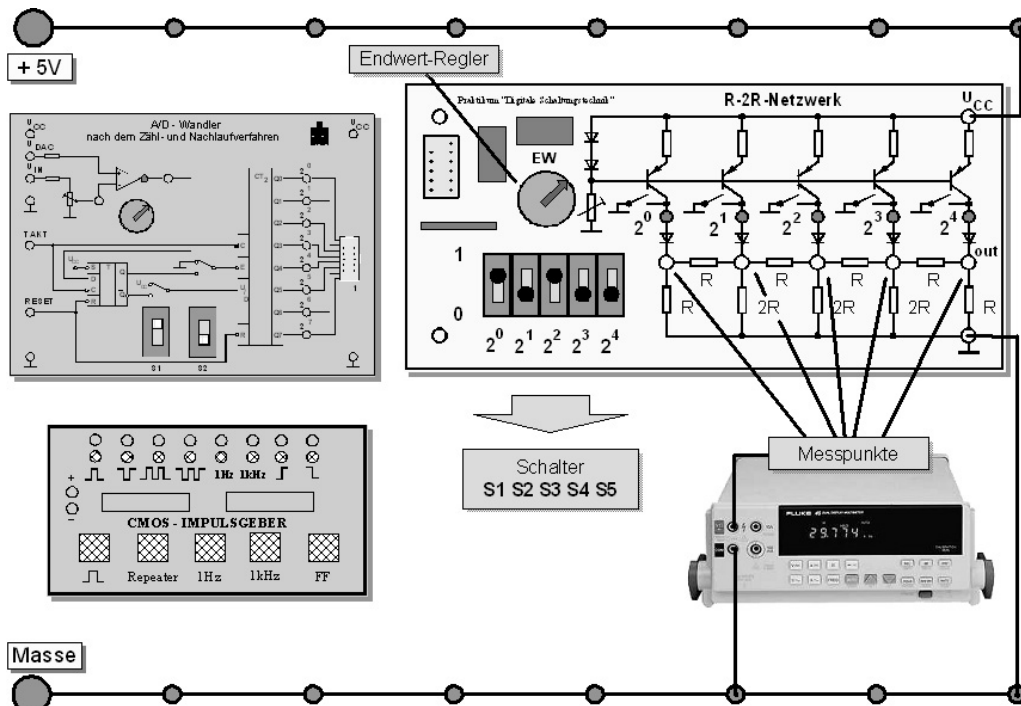


Bild 2: Versuchsaufbau zur statischen Untersuchung des R-2R-Netzwerkes

3.1.5 Verbinden Sie den Steuereingang des R-2R Netzwerkes mit dem entsprechenden Ausgang des A/D-Wandler-Moduls gemäß Bild 3. Der auf diesem Modul befindliche Binärzähler dient der Ansteuerung des R-2R - Netzwerkes und wird mit dem CMOS-Impulsgeber getaktet. Stellen Sie hierzu die Schalter **S1** und **S2** des A/D-Wandler-Moduls auf "**Zählen**" und die Schalter **S1** bis **S5** des R-2R Netzwerkes auf „0“. Überprüfen Sie zunächst die Schaltung mittels Handtakt (Einzelimpulsbetrieb).

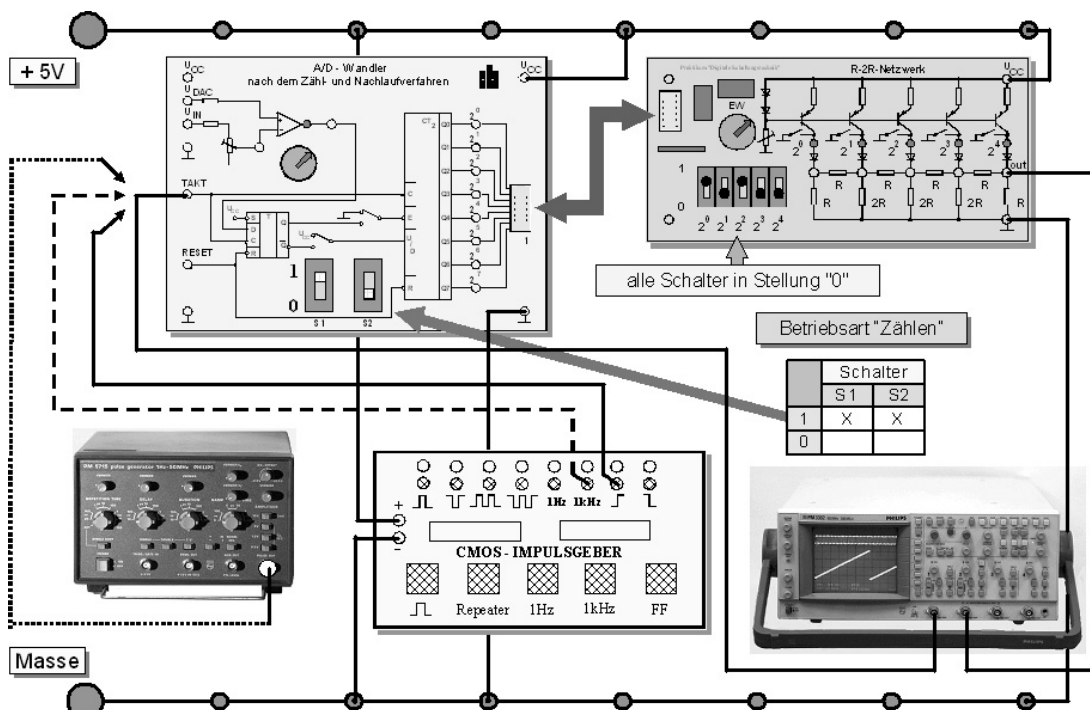


Bild 3: Versuchsaufbau zur dynamischen Untersuchung des R-2R-Netzwerkes

3.1.6 Oszillografieren Sie die Übertragungskennlinie des D/A-Wandlers mit verschiedenen Taktfrequenzen zwischen **1 kHz** und **100 kHz** (nutzen Sie den Pulsgeber). Bewerten Sie die Eigenschaften des D/A-Wandlers bzgl. Linearität, Monotonie und Glitches.

3.2 Aufbau und Untersuchung eines 5 Bit A/D-Wandlers nach dem Verfahren der sukzessiven Approximation

Für diesen Versuch wird anstelle des A/D-Moduls (nach dem Zähl- und Nachlaufverfahren) das A/D-Wandler-Modul (nach dem Verfahren der Sukzessiven), siehe Bild 4, auf den Elektronik-Experimenter gesteckt.

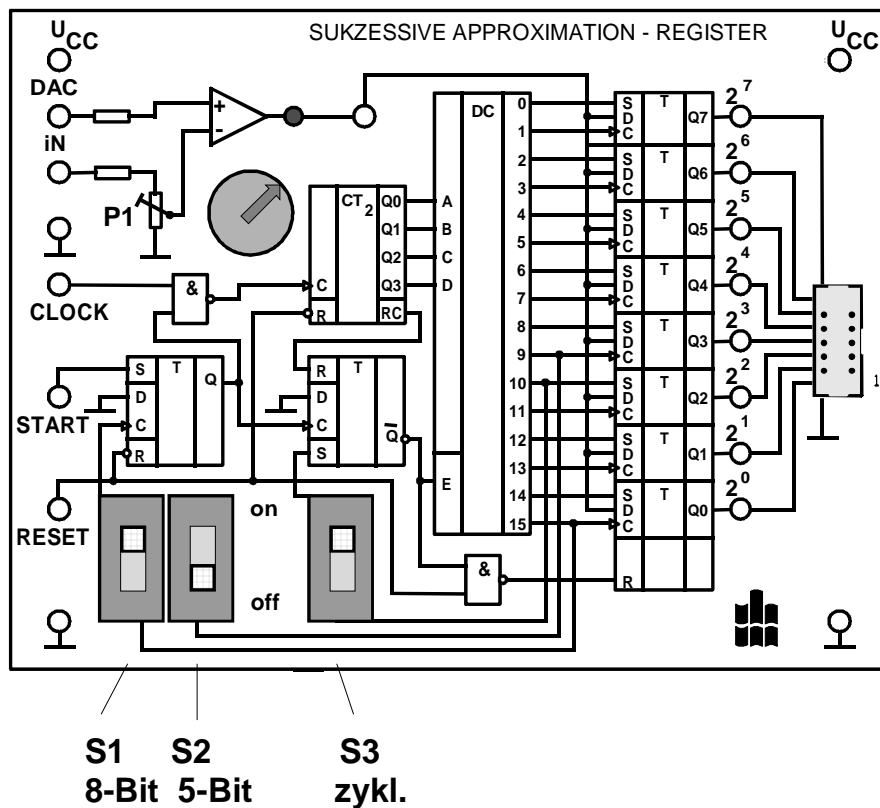


Bild 4: SAR - Modul

- 3.2.1 Verbinden Sie die Module entsprechend Bild 5 miteinander. Bringen Sie den Schalter **S2** (5 Bit) des SAR-Moduls in die Position "on" und den Schalter **S3** (zykl.) auf "off". Schließen Sie die Betriebsspannung (+ 5 V) an.
- 3.2.2 **Setzen Sie das SAR-Modul zurück**, indem Sie die Reset- und Start-Taste gleichzeitig betätigen und anschließend die Start-Taste drücken.
- 3.2.3 **Überprüfen Sie die Funktion und die Genauigkeit** des aufgebauten A/D-Wandlers. Stellen Sie hierzu nacheinander mit dem **Regler P1** am Eingang des Komparators die Spannungen **50 mV, 100 mV, 200 mV** und **400 mV** ein. Messen Sie am Ausgang des D/A-Wandlers mit einem Digitalvoltmeter die gewandelten Spannungen. **Starten** Sie den Wandler und **takten** Sie das SAR-Modul **per Hand** (Einzelimpuls), bis das LSB gesetzt ist (Ende der Wandlung). Vergleichen Sie die Ausgangsspannung und die angezeigte Bit-Kombination des D/A-Wandlers mit der eingestellten Eingangsspannung. Setzen Sie die Schaltung zurück. Wiederholen Sie die Messung mit anderen Eingangsspannungen. (Verwenden Sie hierzu den **1 kHz-Takt**.)
- 3.2.4 Beurteilen Sie den A/D-Wandler hinsichtlich seiner Genauigkeit.
- 3.2.5 Untersuchen Sie die **dynamischen Eigenschaften** dieses Wandlers, indem Sie den Schalter **S3** (zyklische Messung) des SAR-Moduls auf "on" stellen, die Schaltung mit einer Frequenz von **10 kHz** takten und die Eingangsspannung auf **0 V** einstellen. **Oszillografieren** Sie die Eingangs- und Ausgangsspannung des D/A-Wandlers. Variieren Sie die Eingangsspannung von **0 V** bis **500 mV** und beobachten Sie das Umsetzverhalten dieses Wandlers.

- 3.2.6 Stellen Sie danach eine Eingangsspannung von **250 mV** ein und variieren Sie die Eingangsspannung um ± 1 LSB. Beurteilen Sie die Ergebnisse am Ausgang des D/A-Wandlers.
- 3.2.7 Messen Sie die **Wandlungszeit in Abhängigkeit von der Taktfrequenz** und der **Eingangsspannung**. Tragen Sie die Messwerte in **Tabelle 2** ein. Vergleichen und Diskutieren Sie die Messergebnisse.

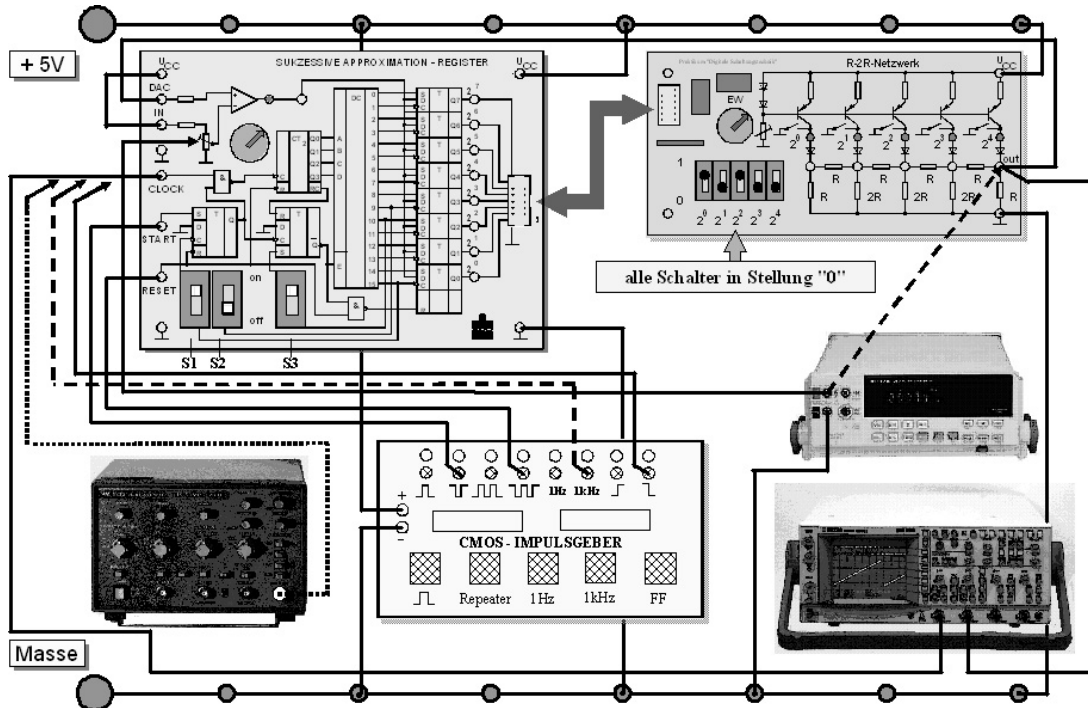


Bild 5: Versuchsaufbau zur Untersuchung des SAR-Wandlers

3.3 Aufbau und Untersuchung eines 8 Bit Delta-Sigma-Wandlers

In diesem Versuchsteil wird das Delta-Sigma-Wandler-Modul (siehe Bild 6) verwendet. Es enthält alle erforderlichen Baugruppen sowie den Taktgenerator.

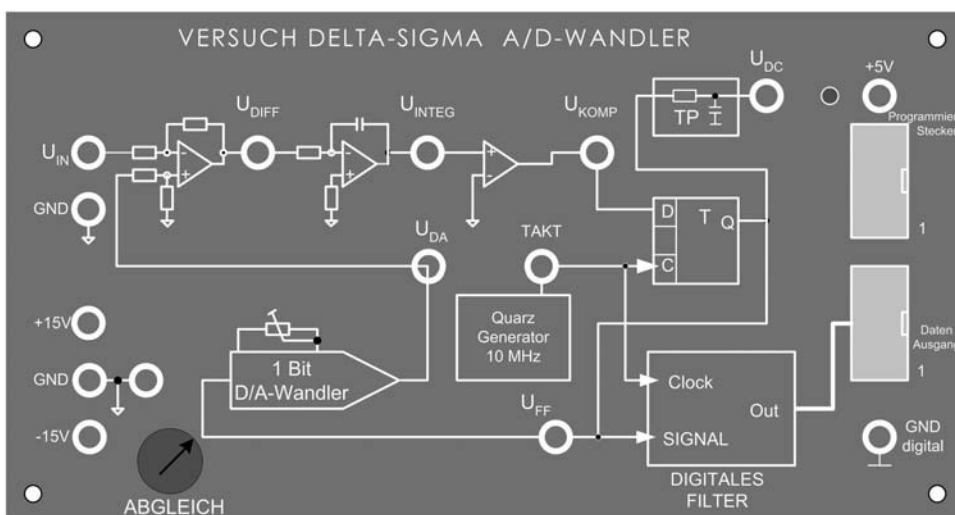


Bild 6: Delta-Sigma-Wandler-Modul

- 3.3.1 Für den Versuch sind alle bisher verwendeten Module vom Elektronik-Experimenter zu entfernen und die Schaltung gemäß Bild 7 aufzubauen.

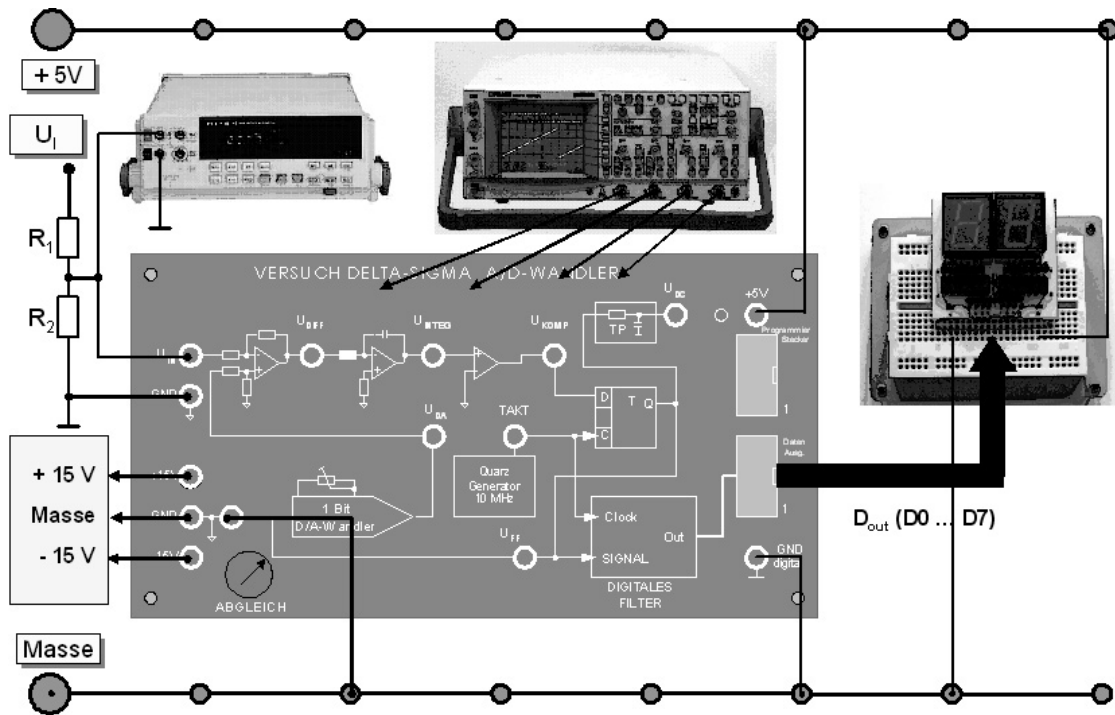


Bild 7: Versuchsaufbau zur Untersuchung des Delta-Sigma-Wandlers

- 3.3.2 Verbinden Sie die Baugruppen entsprechend Bild 7. Nutzen Sie für den Analogteil der A/D-Wandler-Baugruppe die Betriebsspannungen +15V, -15V und Masse des Elektronik-Experimenters. Die Betriebsspannung +5V und Masse des Digitalteils sowie Anzeigemoduls werden vom Labornetzteil geliefert; ebenso die Eingangsspannung für den Wandler. Damit die Eingangsspannung genauer eingestellt werden kann, wird diese mit den Widerständen $R_1 = R_2 = 100 \Omega$ herunter geteilt.
- 3.3.3 Schalten Sie die Betriebsspannungen ein und überprüfen Sie die Werte mit dem Multimeter.
- 3.3.4 Gleichen Sie den Wandler bei $U_{IN} = 0 \text{ V}$ ab (Eingang mit Masse verbunden). Messen Sie hierzu mit den Oszillograf das Signal U_{DIFF} und stellen Sie dieses mit den Regler „Abgleich“ auf das Tastverhältnis $k = 0,5$ ein (**Anzeige 80h**).
- 3.3.5 Machen Sie sich mit der Funktion der einzelnen Stufen des Delta-Sigma-Wandlers vertraut, indem Sie die Signale an den Messpunkten U_{IN} , U_{DIFF} , U_{INTEG} , U_{KOMP} , U_{FF} und U_{DA} bei verschiedenen Eingangsspannungen zwischen -5 V und + 5 V oszillografieren und skizzieren.

Anhang:

Tabelle 1: Gegenüberstellung von Soll- und Ist-Werten des R-2R-Netzwerkes

Eingang [binär]	Soll [mV]	Ist [mV]	Soll-Ist [mV]	Eingang [binär]	Soll [mV]	Ist [mV]	Soll-Ist [mV]
00000	0			00001	15,625		
00010	31,250			00011	46,875		
00100	62,500			00101	78,125		
00110	93,750			00111	109,375		
01000	125,00			01001	140,625		
01010	156,250			01011	171,875		
01100	187,500			01101	203,125		
01110	218,750			01111	234,375		
10000	250,000			10001	265,625		
10010	281,250			10011	296,875		
10100	312,500			10101	328,125		
10110	343,750			10111	359,375		
11000	375,000			11001	390,625		
11010	406,250			11011	421,875		
11100	437,500			11101	453,125		
11110	468,750			11111	484,375		

Tabelle 2: Wandlungszeit des SAR-Wandlers in Abhängigkeit von Eingangsspannung und Taktfrequenz

	Wandlungszeit des SAR-Wandlers		
Eingangsspannung	bei 10 kHz	bei 100 kHz	bei 500 kHz
100mV			
200mV			
300mV			
400mV			