

Protokoll zum Versuch OV II im Elektronikpraktikum

Datum, Ort: Freitag, ---; PHY/D213
Praktikanten: ---
Gruppe: ---
Betreuer: Hr. Dr. Eckstein

Aufgabenstellung

- Schaltung des OPV als invertierender Addierverstärker für zwei Eingangsspannungen
 - Verstärkungsfaktor: $v_u = -1$
 - Messung der Ausgangsspannung für $U_{e1}, U_{e2} = (0.0 \text{ V}, 0.5 \text{ V}, 2.0 \text{ V}, 5.0 \text{ V})$
- Einsatz des OPV als Differenzverstärker für zwei Eingangsspannungen
 - Verstärkungsfaktor: $v_u = 10$
 - Messung der Ausgangsspannung für $U_{e1} = 5 \text{ V}$ und $U_{e2} = (4.0 \text{ V}, 4.1 \text{ V}, \dots, 5.0 \text{ V})$
- Aufbau eines Bandpasses mit der beidseitigen Grenzfrequenz von 1,6 kHz
 - Aufnahme der Übertragungskennlinie $v = U_a / U_e = f(f)$
- Schaltung des OPV als Schmitt-Trigger
 - Hysterese: $U_H = 0.2 \text{ V}$
 - Prüfung der Funktionsweise
 - Anwendung als Sinus-Rechteck-Wandler, Ermittlung der Grenzen des Tastverhältn.

Durchführung

Aufgabenteil 1

Für den ersten Teil wurde der OPV gemäß Abbildung 1 geschaltet. Um die gewünschte Verstärkung von -1, also $U_A = -(U_{e1} + U_{e2})$ zu erreichen, wurden für R_1 bis R_4 100-k Ω -Widerstände eingesetzt.

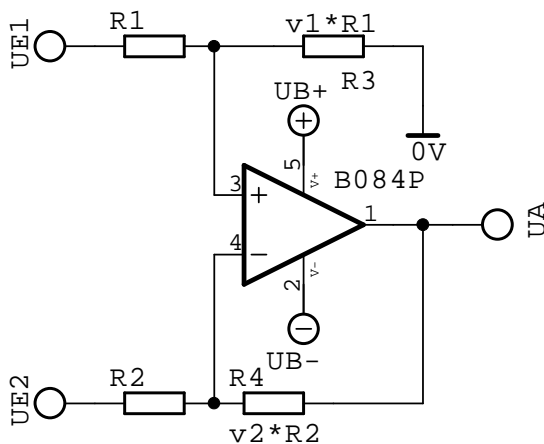


Abbildung 2: Subtrahierverstärker

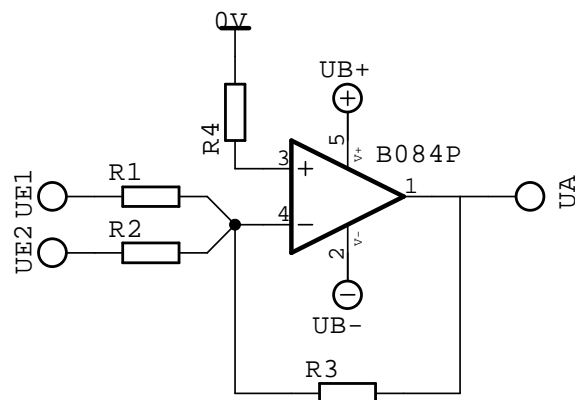


Abbildung 1: Addierverstärker

Aufgabenteil 2

Die Schaltung wurde nun wie in Abbildung 2 aufgebaut. Damit $U_{e1} - U_{e2}$ wie gefordert um 10 verstärkt wird, wurden Widerstände $R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ sowie $R_3 = R_4 = 100 \text{ k}\Omega$ verwendet.

Aufgabenteil 3

Der in Abbildung 3 dargestellte OPV-Bandpass setzt sich aus einem Hochpass (hier R_1 und C_1) und einem Tiefpass (hier R_2 und C_2) zusammen. Die Grenzfrequenz dieser Baugruppen ergibt sich jeweils aus $f_g = 1 / (2 \cdot \pi \cdot R \cdot C)$. Dies erreichten wir durch die vorhandenen 10-k Ω -Widerstände und 10-nF-Kapazitäten.

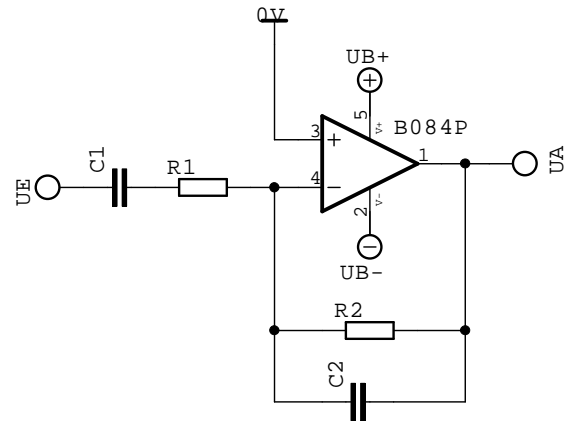


Abbildung 3: Bandpass

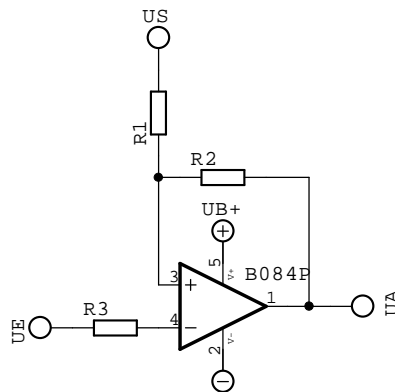


Abbildung 4: Schmitt-Trigger

Aufgabenteil 4

Der linksdargestellte Schmitt-Trigger wurde auf eine Hysterese von 0,2 V eingestellt, indem die Widerstände mit $R_1 = R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ sowie $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ gewählt wurden. Außerdem wurden die Betriebsspannungen von $\pm 18 \text{ V}$ auf $\pm 10 \text{ V}$ verringert.

Messwerte

Die Messwerte sind diesem Protokoll auf einem gesonderten Blatt beigelegt.

Auswertung

Aufgabenteil 1 und 2

Die gemessenen Werte stimmen sehr gut mit den Erwartungen überein. Die Abweichungen im mV-Bereich erklären sich durch die unzureichende Einstellungs- und Ablesepräzision der Apparaturen. Außerdem spielen die Innenwiderstände des OPV und anderer Bauteile sowie die Ungenauigkeiten der Widerstände eine Rolle.

Im zweiten Aufgabenteil verstärken sich die Fehler durch die größere Verstärkung und den damit verbundenen kleineren Einstellbereich der Eingangsspannungen.

Aus denselben Gründen wie oben, insbesondere aufgrund der begrenzten Auswahl an Widerständen, konnte die geforderte Hysterese von 0,2 V nicht genau erreicht werden. Um die Schwellspannung von 2 V verteilt sich die Hysterese asymmetrisch: Von rechts wurde die Abweichung von 0,1 V relativ gut erreicht, von links weicht die Sprungstelle bei etwa 2,072 V deutlich von den erwarteten 2,1 V ab.

Für die Ermittlung der Grenzen des Tastverhältnisses wurde eine Eingangsspannung von 4 V (von Spitze zu Spitze) @ 594 Hz verwendet. Außerdem wurde nach Absprache mit dem Betreuer auf eine Messung mit Hysterese verzichtet, da diese lediglich eine zeitliche Verschiebung der Sprungstellen bewirkt hätte.

Mit -1,921 V und 1,913 V DC liegen die maximalen Sprungspannungen etwa bei der Hälfte dieser Eingangsspannung. Dies stimmt mit den Erwartungen überein, denn für eine Sprungspannung, die betragsmäßig mehr als halb so groß ist wie die Eingangsspannung, wird kein Schaltvorgang mehr ausgelöst.

Das mögliche Tastverhältnis liegt im Bereich von $\frac{1}{23} \approx 0,0435$ bis 23. Oberhalb bzw. unterhalb dieser Grenzen wird, vor allem aufgrund der Slew Rate des OPV, die erwartete Peek-Spannung am Ausgang nicht mehr erreicht.

In einer zweiten Messung wurden die gesammelten Erkenntnisse für eine größere Eingangsfrequenz von 966 Hz überprüft. Theoretisch sollte das Tastverhältnis frequenzunabhängig sein, in der Praxis zeigt sich jedoch, dass die höhere Frequenz die ermittelten Grenztastverhältnisse verkleinerte. Dies liegt an der wachsenden Ungenauigkeit des Oszilloskops beim Ausmessen der Puls- und Pausendauern sowie an der Slew Rate, die trotz steigender Frequenz, d.h. fallender Periodendauer, konstant bleibt.

Messdaten

1. Aufgabenteil - Addierverstärker

U _A in V		U ₁ in V			
		0,0	0,5	2,0	5,0
U ₂ in V	0,0	0,00	-0,50	-2,00	-4,99
	0,5	-0,50	-1,00	-2,50	-5,49
	2,0	-2,00	-2,50	-3,99	-7,00
	2,5	-4,99	-5,50	-7,00	-9,99

2. Aufgabenteil - Differenzverstärker

U _{e2} in V	U _A in V	U _{e2} in V	U _A in V
4,0	10,00	4,6	4,03
4,1	9,00	4,7	3,04
4,2	8,03	4,8	2,04
4,3	7,02	4,9	1,05
4,4	6,03	5,0	0,04
4,5	5,04		

3. Aufgabenteil - Bandpass

f / kHz	U _E / mV	U _A / mV	v _u
0,1	3,00	0,20	0,067
0,3	3,04	0,58	0,191
0,5	3,00	0,86	0,287
0,7	2,96	1,08	0,365
0,9	3,00	1,26	0,420
1,1	2,98	1,37	0,460
1,3	2,96	1,42	0,480
1,4	2,96	1,45	0,490
1,5	2,96	1,45	0,490
1,6	2,94	1,45	0,493
1,7	2,94	1,45	0,493
1,8	3,00	1,46	0,487
2,0	3,00	1,44	0,480
2,2	2,98	1,40	0,470
2,4	2,96	1,36	0,459
2,6	2,98	1,32	0,443
3,0	2,96	1,24	0,419
4,0	2,94	1,02	0,347
5,0	2,94	0,87	0,296
6,0	2,94	0,74	0,252
8,0	2,92	0,58	0,199
10,0	2,90	0,48	0,166
12,0	2,90	0,41	0,141
20,0	2,90	0,25	0,086

4. Aufgabenteil – Invertierender Schmitt-Trigger

U_E in V	U_A in V	U_E in V	U_A in V	U_E in V	U_A in V
1,8	9,31	2,04	9,31	1,95	-8,5
1,85	9,31	2,05	9,31	1,9	-8,45
1,9	9,31	2,06	9,31	1,897	-8,43
2,0	9,31	2,072	9,31	1,896	9,31
2,02	9,31	2,073	-8,55		
2,03	9,31	2,0	-8,55		

Ermittlung des jeweils minimalen und maximalen Tastverhältnisses für konstante Eingangsspannung ($U_e = 3,88$ V) und variable Schwellspannung bei verschied. Frequenzen

f in Hz	U_S in V	Puls in μs	Pause in μs	Puls/Pause
594	-1,921	70	1610	0,0435
	1,913	1610	70	23
966	-1,915	48	980	0,0490
	1,901	980	56	17,5

Anmerkungen:

- Betriebsspannungen: ± 16 V (Aufgabe 4: ± 10 V, um die geforderte Hysterese von 0,2 V zu erreichen)
- Platinennummer: 0028/04