Protokoll zum Laborversuch

Tief- und Hochpass

SoSe 2017

Hiermit versichern wir, dieses Protokolls eigenständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln und Quellen angefertigt zu haben.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Name | Matr.-Nr | Unterschrift |
| Schöffer, Laszlo | 373220 |  |
| Nolde, Nader | 378934 |  |
| Karschau, Nathalie | 380683 |  |
| Bienek, Patrick | 386107 |  |
| Grippa, Nemo | 381347 |  |
| Krämer, Tim | 389091 |  |

Tutoriumsnummer: --

Tutor / Betreuer: --

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Vorbereitung | Punkte |  | Durchführung | Punkte |  | Auswertung | Punkte |
| 1a | /4 |  | 2a | /1 |  | 3a | /8 |
| 1b | /4 |  | 2b | /1 |  | 3b | /2 |
| 1c | /4 |  | 2c | /1 |  | 3c | /2 |
| 1d | /2 |  | 2d | /1 |  | 3d | /2 |
| 1e | /1 |  |  |  |  |  |  |
| 1f | /2 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Summe | /17 |  | Summe | /4 |  | Summe | /14 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Gesamt:** | /35 | |  |  |  |  |  |

# Vorbereitungsaufgaben

1. Bestimmen Sie sowohl die Übertragungsfunktion des Tiefpasses als auch die des Hochpasses, wenn an ihrem Ausgang ein Widerstand *R*L geschaltet wird **(4P)**

###### Lösung:

**Belasteter Tiefpass:**

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Mit

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Daraus folgt:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

**Belasteter Hochpass:**

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Mit

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

und

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Daraus folgt:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

1. Wie verändern sich die Verstärkung des Tiefpasses unterhalb der Grenzfrequenz und die Verstärkung des Hochpasses oberhalb der Grenzfrequenz im Vergleich zum unbelasteten Fall? *Hinweis: Untersuchen Sie die Verstärkung unterhalb der Grenzfrequenz mit* *ω*=0 *und oberhalb der Grenzfrequenz mit* *ω*→∞. **(4P)**

###### Lösung:

**Tiefpass unbelastet:**

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

**Tiefpass belastet:**

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

**Hochpass unbelastet:**

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

**Hochpass belastet:**

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

1. Leiten Sie die neue Formel der Grenzfrequenz für den belasteten Tief- und Hochpass her. *Hinweis: die Grenzfrequenz ist jene Frequenz, bei der die Verstärkung der Übertragungsfunktion um den Faktor* 1/√2 *sinkt. Benutzen Sie die hergeleitete Verstärkung aus Aufgabe b.* **(4P)**

###### Lösung:

**Belasteter Tiefpass:**

Mit Formel (11) lässt sich bei einer Verstärkung von die Grenzfrequenz berechnen:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

**Belasteter Hochpass:**

Mit Formel (15) lässt sich bei einer Verstärkung von die Grenzfrequenz berechnen:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

1. Wie verändert sich die Grenzfrequenz vom Tief- und Hochpass im Vergleich zum unbelasteten Fall, wenn *R*L=*R* und *R*L=20×*R* sind? **(2P)**

###### Lösung:

**Tiefpass bei :**

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

**Tiefpass bei :**

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

**Hochpass bei :**

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

**Hochpass bei :**

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

1. Bestimmen Sie die vier Grenzfrequenzen für Tief- und Hochpass, im belasteten und unbelasteten Fall. Nutzen Sie die im Versuch benutzten Bauteilwerte (siehe 1f).

(1P)

###### Lösung:

**Gegeben:**

**Tiefpass:**

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

**Hochpass:**

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

1. Zeichnen Sie mit MS Excel o.ä. Programmen ein Bodediagramm des unbelasteten und belasteten Tiefpass und ein Bodediagramm des unbelasteten und belasteten Hochpasses (insgesamt zwei Bodediagramme). **(2P)**

###### Lösung:

# Durchführung

Die Durchführung gestaltete sich für die verschiedenen Schaltungen recht ähnlich. Der Output des Funktionsgenerators wurde einmal in den Channel 1 des Oszilloskops geleitet, während dasselbe Signal ein weiteres Mal durch die Schaltung auf dem Steckbrett und in den zweiten Channel geleitet wurde. Für den belasteten Fall wurde der Schaltung je ein Lastwiderstand von 510 Ω zugefügt und für den Hoch- bzw. Tiefpass wurde die Reihenfolge des Kondensators und Widerstands (Reihenschaltung) geändert. Um zu gewährleisten, dass jede Gruppe Werte für alle vier Messreihen hat, wurde zuerst jeder Gruppe ein Fall zugeteilt. Es stand den Gruppen danach frei, die anderen Messreihen selbst nachzuholen, was in unserem Fall auch geschehen ist.

Zur Messung wurden die entsprechenden Schaltungen für jeden Fall aufgebaut und dann bei veränderlicher Frequenz die beiden Ue,pp, Ua,pp und Δt mithilfe der Messfunktion des Oszilloskops bestimmt. Die einzige Schwierigkeit, die sich darin gestaltete, war, dass das Oszilloskop die Verschiebung nur bei genügend großem Bildausschnitt ausgeben konnte und die Größen dennoch ziemlich schwankten. Ob über Peak-to-Peak oder Amplitude gemessen wird, ist egal, da der Faktor sich im Quotienten hinauskürzen wird.

**Bei der Durchführung gemessene Werte:**

1. **Tiefpass (unbelastet, peak-to-peak)** **(1P)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *f* (Hz) | 50 | 250 | 1000 | 3000 | 6000 | 18k | 72k | 360k | *f*g= 3100 Hz |
| *U*e (V) | **20,2** | **19,4** | **19,2** | **19** | **18** | **17,6** | **17,4** | **17,4** | **18,8** |
| *U*a (V) | **20,2** | **19,2** | **18,2** | **12,8** | **8** | **3,2** | **0,8** | **0,15** | **12,8** |
| Δ*t* (µs) | **0** | **80** | **70** | **44** | **32** | **12** | **3,6** | **0,66** | **44** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *U*a /*U*e | **1,000** | **0,990** | **0,948** | **0,764** | **0,444** | **0,182** | **0,046** | **0,009** | **0,681** |
| *V*dB | **0,00** | **-0,09** | **-0,46** | **-3,43** | **-7,04** | **-14,81** | **-26,75** | **-41,29** | **-3,34** |
| *φ* (°) | **0,0** | **-7,2** | **-25,2** | **-47,5** | **-69,1** | **-77,8** | **-93,3** | **-85,5** | **-49,4** |

1. **Tiefpass (belastet) (Spannungswerte peak-to-peak)** **(1P)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *f* (Hz) | 50 | 250 | 1000 | 3000 | 6000 | 18k | 72k | 360k | *f*g=6200 Hz |
| *U*e (V) | **19,6** | **19,2** | **19,2** | **19** | **18,6** | **18,2** | **18** | **18,2** | **18,6** |
| *U*a (V) | **9,8** | **9,6** | **9,36** | **8,4** | **6,64** | **3,04** | **0,88** | **0,32** | **6,4** |
| Δ*t* (µs) | **600** | **50** | **24** | **24** | **20,2** | **10,2** | **2,2** | **0,72** | **25,2** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *U*a /*U*e | **0,500** | **0,500** | **0,488** | **0,442** | **0,357** | **0,167** | **0,049** | **0,018** | **0,344** |
| *V*dB | **-6,02** | **-6,02** | **-6,24** | **-7,09** | **-8,95** | **-15,54** | **-26,22** | **-35,10** | **-9,27** |
| *φ* (°) | **-10,8** | **-4,5** | **-8,6** | **-25,9** | **-43,6** | **-66,1** | **-57,0** | **-93,3** | **-56,2** |

1. **Hochpass (unbelastet, peak-to-peak) (1P)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *f* (Hz) | 50 | 250 | 1000 | 3000 | 6000 | 18k | 72k | 360k | *f*g=6200 Hz |
| *U*e (V) | **20** | **19,4** | **19,2** | **18,8** | **18,0** | **17,8** | **17,2** | **17,4** | **18** |
| *U*a (V) | **0,32** | **3,74** | **5,6** | **12,8** | **15,6** | **17,2** | **17,2** | **18,4** | **15,6** |
| Δ*t* (µs) | **4800** | **1000** | **220** | **40** | **16** | **0,24** | **0,24** | **0,03** | **14** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *U*a /*U*e | **0,016** | **0,193** | **0,292** | **0,681** | **0,867** | **0,966** | **1,000** | **1,057** | **0,867** |
| *V*dB | **-35,92** | **-14,30** | **-10,70** | **-3,34** | **-1,24** | **-0,30** | **0,00** | **0,490** | **-1,24** |
| *φ* (°) | **86,4** | **90,0** | **79,2** | **43,2** | **34,6** | **1,6** | **6,2** | **3,9** | **15,7** |

1. **Hochpass (belastet)** **(1P)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *f* (Hz) | 50 | 250 | 1000 | 3000 | 6000 | 18k | 72k | 360k | *f*g= 3100 Hz |
| *U*e (V) | **10,8** | **10,3** | **10,5** | **10,13** | **9,52** | **8,578** | **8,61** | **8,68** | **9,76** |
| *U*a (V) | **0,13** | **0,5** | **1,55** | **4,2** | **6,16** | **8,03** | **8,63** | **8,5** | **6,8** |
| Δ*t* (µs) | **7000** | **1000** | **200** | **60** | **22** | **2,6** | **1** | **0,1** | **20** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *U*a /*U*e | **0,012** | **0,049** | **0,148** | **0,410** | **0,647** | **0,936** | **1,002** | **0,979** | **0,697** |
| *V*dB | **-38,39** | **-26,28** | **-16,62** | **-7,75** | **-3,78** | **-0,57** | **0,02** | **-0,18** | **-3,14** |
| *φ* (°) | **126,0** | **90,0** | **72,0** | **64,8** | **47,5** | **16,8** | **25,9** | **13,0** | **44,6** |

# Auswertung

1. Zeichnen Sie mit MS Excel o.ä. Programmen die Bodediagramme für die Schaltungen aus Aufgaben 2a-2d. Vergleichen Sie die gemessenen und theoretischen Bodediagramme jeweils in einem Diagramm für vier verschiedene Fälle: Tiefpass unbelastet, Tiefpass belastet, Hochpass unbelastet und Hochpass belastet. **(8P)**
2. Wie groß ist die Abweichung der Dämpfung und der Phasenverschiebung von der Theorie bei der Grenzfrequenz? Lassen sich die Abweichungen durch die Bauteiltoleranzen erklären? **(2P)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| **Unbelasteter Tiefpass** |  |  |
| **Belasteter Tiefpass** |  |  |
| **Unbelasteter Hochpass** |  |  |
| **Belasteter Hochpass** |  |  |

Tabelle 1: Abweichungen der Messwerte bei der Grenzfrequenz von der Theorie

Abgesehen vom unbelasteten Hochpass sind die Abweichungen gering und durch Bauteiltoleranzen zu erklären. Der unbelastete Hochpass hingegen weicht in der Phasenverschiebung stark ab, was evtl. auf einen Mess- oder Ablesefehler zurückzuführen ist.

1. Worauf muss man beim passiven Tief- und Hochpass achten, damit ihr Frequenzverhalten durch die Belastung nicht verändert wird? **(2P)**

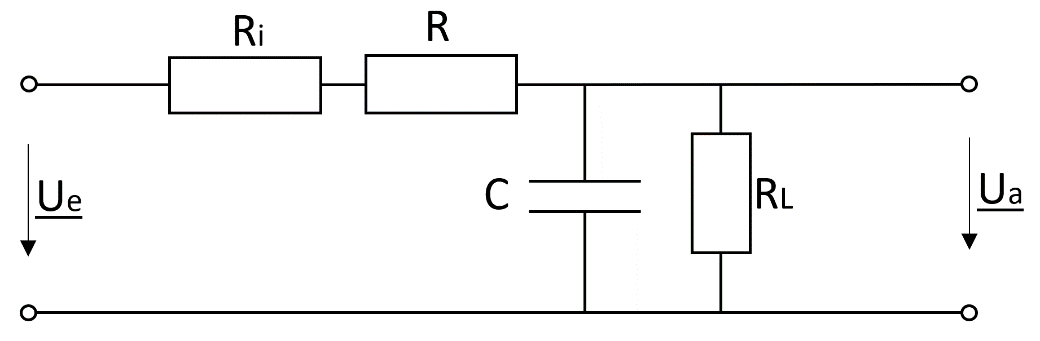
Idealerweise sollten die Grenzfrequenzen belastet/unbelastet übereinstimmen:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (32) |
|  | (33) |
|  | (34) |

Es sollte also gelten .

1. Der Frequenzgenerator hat intern einen Innenwiderstand von *R*i=50Ω. Was bedeutet dieser Innenwiderstand für das Frequenzverhalten des Tief- und Hochpasses mit den ausgewählten Werten von *C* und *R*? Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild des belasteten Tiefpasses mit dem Frequenzgenerator und erklären Sie die Wirkung des Innenwiderstandes *R*i für den belasteten Tiefpass.

**(2P)**



Für den belasteten Tiefpass ändern sich Übertragungsfunktion zu

|  |  |
| --- | --- |
|  | (35) |

(die Verstärkung wird kleiner mit steigendem Innenwiderstand) und die Grenzfrequenz zu

|  |  |
| --- | --- |
|  | (36) |

# Fazit

Es ist eine Übereinstimmung von der theoretischen Kennlinie und den Messwerten bei den Dämpfungen beider Filter, belastet sowie unbelastet, zu erkennen, abgesehen von kleineren Abweichungen, die Aufgrund der Bauteiltoleranzen von den Widerständen und Kondensatoren entstanden sind. Bei der Phasenverschiebung hingegen kommt es größeren Diskrepanzen, wie es vor allem beim belasteten Hoch- und Tiefpassfilter zu sehen ist. Diese Unstimmigkeiten der Werte sind wohl das Resultat von Mess- und Ablesefehlern.