

Universität Karlsruhe (TH)
Institut für Biomedizinische Technik

Prof. Dr. rer. nat. O. Dössel
Kaiserstr. 12 / Geb 30.33
Tel.: 0721 / 608 - 4 2650

Dipl.-Ing. W. Schulze
Kaiserstr. 12 / Geb 30.33
Tel.: 0721 / 608 - 4 2751

SPICE-Aufgabe WS 2012/13

-Deckblatt-

Lineare Elektrische Netze

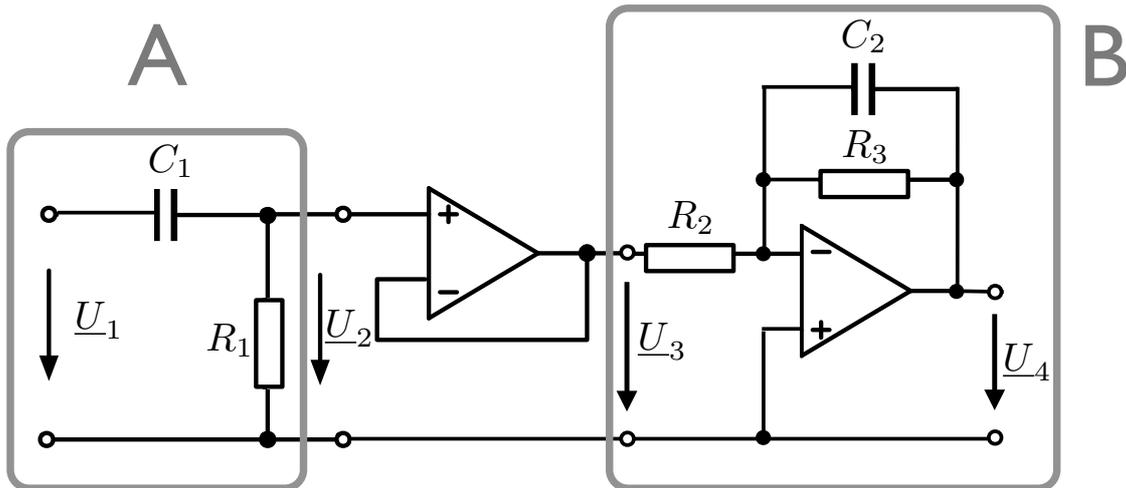
Vorname:	
Nachname:	
Matrikelnummer:	
RZ-Account:	
Punkte:	

Die maximale Punktzahl dieser Aufgabe entspricht 3% der Gesamtpunktzahl
der Endnote im Fach Lineare Elektrische Netze

Aufgabe 1:

Sie sind ein Unternehmen, das elektronische Bauteile herstellt. Damit Ihre Kunden die Funktionalität dieser Produkte evaluieren können, haben Sie die Software KITSPICE entwickelt. Mit dieser kann man Ihre Bauteile zu Schaltungen kombinieren und das Schaltungsverhalten simulieren.

Nun soll das folgende neue Bauteil KITtwo314159f hinzugefügt werden, das eine integrierte Schaltung aus Transistoren und Widerständen enthält:



Es gelten folgende Bauteilwerte:

$$C_1 = 15.92 \mu\text{F}, R_1 = 1 \text{ k}\Omega, C_2 = 159,15 \text{ nF}, R_2 = R_3 = 100 \Omega$$

Sie beauftragen eine externe Firma, das neue Bauteil als Objektklasse in Ihre Software einzubinden.

- Leiten Sie zunächst jeweils die Übertragungsfunktionen der Schaltungskomponenten A und B allgemein her. Nehmen Sie an, dass die Schaltungskomponenten A und B unabhängig voneinander im Leerlauf betrieben werden.
- Geben Sie jeweils den vollständigen Namen der Schaltungen A und B an. Der Name soll folgende Eigenschaften enthalten: passiv/aktiv, verwendete Bauteile, Frequenzeigenschaften, Ordnung der Übertragungsfunktion.

Anmerkung:

Hinter die Schaltung A ist ein Spannungsfolger geschaltet, der mit aktiven Bauteilen dafür sorgt, dass die Spannung \underline{U}_3 am Eingang von B den Wert von \underline{U}_2 hat. Ohne die aktive Aufrechterhaltung der Spannung könnte B wie eine Impedanz am Ausgang von A wirken, die parallel zu R_1 geschaltet ist. Das würde natürlich die Übertragungsfunktion von A verändern, was wir nicht wollen.

- Geben Sie die Übertragungsfunktion der Gesamtschaltung $\frac{\underline{U}_4}{\underline{U}_1}$ allgemein in Abhängigkeit der Frequenz f an.

d) Den Auftrag an die Firma spezifizieren Sie in einem Lastenheft. Erstellen Sie dazu eine Beschreibung der gewünschten Objektklasse des KITtwo314159f nach folgendem Schema:

Merkmale	Schema
Bauteilname	Name
Funktionsbeschreibung	Beschreibung des frequenzabhängigen Übertragungsverhaltens (nur die Bezeichnung angeben). <i>Hinweis:</i> Welche Frequenzen werden gedämpft, welche übertragen?
Eingangsvariable	Variablenname, Einheit
Ausgangsvariable	Variablenname, Einheit
Übertragungsfunktion	Zu programmierende Formel der Ausgangsvariable in Abhängigkeit der Eingangsvariable. <i>Hinweis:</i> Anzugeben wie in Aufgabenteil c) hergeleitet, allerdings unter Berücksichtigung der oben gegebenen Bauteilwerte (ohne Angabe der Einheiten).

Anmerkung (nicht mehr Teil der Aufgabe):

In einem anderen Teil des Lastenhefts wird außerdem folgendes festgehalten: Das Bauteil soll in der Software unter seinem Bauteilnamen auffindbar sein. Wählt der Nutzer das Bauteil aus, so sieht er die im Lastenheft vorgegebene Funktionsbeschreibung. Fügt der Nutzer das neue Bauteil ein und verbindet es mit einer erlaubten Eingangsgröße, so generiert die Software automatisch das spezifizierte Übertragungsverhalten.

Aufgabe 2:

In dieser Aufgabe sollen Sie die Schaltung des KITtwo314159f in einem SPICE-Programm realisieren (Empfohlen: LTspice/SwitcherCAD IV von Linear Technologies).

a) Verwenden Sie dazu die Schaltung der Aufgabe 1, und ersetzen Sie die Operationsverstärker durch ein Bauteil aus Ihrem SPICE-Programm, z.B. durch das Bauteil UniversalOpamp2. Versorgen Sie die Operationsverstärker mit einer Versorgungsspannung von $\pm 5V$. Dokumentieren Sie Ihre Schaltung mit einem Bildschirmfoto.

In letzter Zeit erhalten Sie viele Anfragen von Kunden aus der Audiotechnik. Diese wollen wissen, bei welchen Frequenzen Ihr Bauteil die Audiosignale besonders stark dämpft oder verstärkt. Vor allem interessiert sie aber der Frequenzbereich, den Audiotechniker als „linearen“ Bereich beschreiben. Das ist der Bereich, in dem das Übertragungsverhalten über die Frequenz konstant ist. Es wird eine Abweichung von maximal 3dB toleriert.

b) Als Reaktion entschließen Sie sich, ein Datenblatt für den KITtwo314159f zu veröffentlichen. Erstellen Sie für dieses Datenblatt einen Plot des Amplituden- und Phasengangs (Diagrammtyp „Bode“). Nutzen Sie für die Verstärkung die Einheit Dezibel und für die Frequenz ebenfalls eine logarithmische Skala. Schreiben Sie zudem unter dem Namen „Bandwidth“ dazu, welches die untere und welches die obere Frequenz des linearen Bereichs ist.

Hinweis:

Führen Sie mit Ihrem SPICE-Programm eine Simulation bei Frequenzen von 1Hz bis 100kHz mit 10 Schritten pro Dekade durch. Bei Nutzung von LTspice muss dazu an der Quelle des Eingangssignals eine *AC Amplitude* von 1 gewählt werden (siehe Einstellungen unter *Small signal AC analysis*).

Definieren Sie Labels für die Eingangs- und Ausgangsspannung (U1, U4). Erstellen Sie dann einen Plot der Übertragungsfunktion $U4 / U1$. Fügen Sie dazu im Diagramm über *Add Trace* eine Kurve hinzu, die der Übertragungsfunktion entspricht. Sie können hierzu Signale auswählen und diese über mathematische Symbole (*, /, +, -) kombinieren.

Ein Kunde meldet sich und behauptet, dass Ihr Bauteil Audiosignale verzögert. Er nutzt Ihr Bauteil als Übertragungsglied für einen Lautsprecher. Einen anderen Lautsprecher betreibt er gleichzeitig mit einem Übertragungsglied, das Audiosignale nicht verzögert. Wenn der Audiotechniker nun ein Audiosignal von 100 Hz auf den Eingang des zweiten Übertragungsglieds gibt, so hört er einen kräftigen Ton. Gibt er das Audiosignal zugleich auch auf Ihr Bauteil, so wird der hörbare Ton der beiden Lautsprecher zusammen angeblich leiser.

c) Hat der Kunde Recht? Welche Verzögerung verursacht Ihr Bauteil bei 100 Hz?

Untersuchen Sie nun im Detail das Verhalten in den Knickbereichen:

d) Erstellen Sie eine Ortskurve der Übertragungsfunktion $U4 / U1$ für eine Variation der Frequenz im Bereich von 1Hz bis 100Hz (10 Schritte pro Dekade). Dokumentieren Sie diese mit einem Screenshot. Markieren Sie **handschriftlich im Ausdruck** oder durch ein Bildbearbeitungsprogramm die Frequenzen 1Hz und 100Hz in der Ortskurve.

Hinweis:

Um die Ortskurve zu erzeugen, ändern Sie das Diagramm in eine Ortskurve (Nyquistkurve). Sie können die Diagramm-Form per Mausklick an der Amplituden-Achse einstellen.

e) Erstellen Sie die gleiche Ortskurve für eine Variation der Frequenz im Bereich von 1kHz bis 100kHz (10 Schritte pro Dekade) und markieren Sie die Frequenzen 1kHz und 100kHz.

Ihre Kunden sind von dem Bauteil begeistert. Die Marketingabteilung möchte die Produktion erhöhen und das Bauteil noch günstiger anbieten. Dazu wollen sie den Spannungsfolger einsparen.

f) Entfernen Sie den Spannungsfolger zwischen den Bauteilen A und B. Erstellen Sie nun erneut das Bodediagramm aus Aufgabenteil b) und dokumentieren Sie dieses mit einem Screenshot. Empfehlen Sie der Geschäftsführung, auf die Marketingabteilung einzugehen? Erklären Sie in wenigen Sätzen Ihre Position.

Informationen zur SPICE-Aufgabe:

*Sie erhalten die SPICE-Aufgaben ab Montag, den 07. Januar 2013 als Download in ILIAS. Danach haben Sie bis Mittwoch, den 16. Januar 2013 15:30 Uhr Zeit zur Bearbeitung. **Später eintreffende Aufgaben werden nicht gewertet!** Die Aufgaben können am 16.01.2013 im Anschluss an die Vorlesung/Übung beim Übungsleiter abgegeben werden. Die Dokumente müssen geheftet (tackern genügt) und mit Deckblatt (Seite 1, enthält Namen, Matrikelnummer und RZ-Account) versehen sein.*

Zur Bearbeitung der Aufgaben können die Rechner im Rechenzentrum (RZ) verwendet werden. Für Studenten der Vorlesung LEN sind der A- und C-Pool im RZ montags und dienstags je von 11:30 Uhr bis 14:00 Uhr reserviert. Zu allen anderen Zeiten können nicht besetzte Rechner im RZ ebenfalls verwendet werden. Die LT-Spice-Software kann, muss aber nicht auf den Rechnern in anderen Poolräumen installiert sein.

Am Mittwoch, den 09. Januar um 14:00 Uhr findet im Daimler-Hörsaal eine Spice-Übung statt. Dort wird eine grundlegende Einführung in Spice gegeben. Am Montag, den 14. Januar 2013, sowie am Dienstag, den 15. Januar 2013 zwischen 11:30 Uhr und 14:00 Uhr stehen in den Poolräumen A und C Tutoren für offene Fragen und Hilfe zur Verfügung.