

Titel:	Elektrotechnik Analoge und digitale Filter 2	Rechner-Nr.:	
Klasse:	Name:	Datum:	
Aufgabe:	Die Eigenschaften eines analogen und eines digitalen Tiefpassfilters 2. Ordnung sind zu untersuchen! Dabei sind verschiedene Filter-Charakteristika einzustellen und deren Besonderheiten im BODE-Diagramm nachzuweisen!		
Schaltung:	Filtergrenzfrequenz f_c : $f_c = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$ Dämpfung d : $d = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$		
Zwischen der Filtergrenzfrequenz f_c und der Frequenz f bei -3dB unterhalb des Maximums gibt es feste Relationen (s.u.).			
	R	$f_c =$	d
Bessel	408Ω	$f \cdot 1.274$	1.732
Butterworth	500Ω	f	1.414
Chebyshev (1dB)	677Ω	$f \cdot 0.863$	1.045
Chebyshev (3dB)	922Ω	$f \cdot 0.841$	0.767

Passiver Tiefpass 2. Ordnung

PARAMETERS:

R1var = 500
 C1var = 1u
 L1var = 500m
 fs = 44.1k
 $f_c = \{1/(2*3.141593*SQRT(L1var*C1var))\}$
 $d = \{(1/R1var)*sqrt(L1var/C1var)\}$
 $\text{Theta}_c = \{2*3.141593*fc/fs\}$
 $\text{Beta} = \{0.5*(1-d/2*\sin(\text{Theta}_c))/(1+d/2*\sin(\text{Theta}_c))\}$
 $\text{Gamma} = \{(0.5+\text{Beta})*\cos(\text{Theta}_c)\}$
 $\text{Alpha} = \{(0.5+\text{Beta}-\text{Gamma})/4\}$

IIR digital filter (lowpass - Tiefpass)

$y(n) = 2*(\text{Alpha} * (x(n) + 2*x(n-1) + x(n-2)) + \text{Gamma} * y(n-1) - \text{Beta} * y(n-2))$

fs – sampling frequency (Samplefrequenz)
 fc – cutoff frequency (Filtergrenzfrequenz)
 Theta_c – normalisierte Grenzkreisfrequenz
 Alpha, Beta, Gamma – Filterkoeffizienten

Simulations-Einstellungen:	Time domain <input type="checkbox"/>	DC sweep <input type="checkbox"/>	AC sweep <input checked="" type="checkbox"/>	Parametric <input checked="" type="checkbox"/>	Monte Carlo <input type="checkbox"/>	Worst case / other <input type="checkbox"/>
Parameter:	default			Nur zu Aufg. 3!		
Param. name:			Frequency	R1var		
Sweep type:			logarithmic	Value list		
Start value:			1Hz	408 500 677 922		
End value:			20kHz			
Increment:			100 points			
Bemerkungen:	Das Totzeit-Element aus der Bibliothek „MSR“ wird hier als „Sample-Delay“ (z^{-1}) verwendet. Die Bibliothek müssen Sie in den Simulationsprofilen unter „Libraries -> Browse“ aufsuchen und mit „Libraries -> Add to Design“ in das Projekt einbinden, falls Sie diese nicht bereits mit „Libraries -> Add as Global“ für alle Projekte verfügbar gemacht haben.					

Anweisungen und Fragen zur Vorbereitung, Durchführung und Auswertung:

- Stellen Sie die Spannungen an den Ausgängen des analogen und des digitalen Filters mit den o. g. Simulationseinstellungen im Frequenzbereich dar! (Name des Simulationsprofils: BODE)
Gehen Sie zur Darstellung des BODE-Diagramms folgendermaßen vor:
 - Ersetzen Sie für die Y-Achse „**V(UA_DIGITAL)**“ durch „**P(V(UA_DIGITAL))-P(V(Ue))**“ für die Darstellung der Phasenlage!
Verfahren Sie mit „**V(UA_ANALOG)**“ dementsprechend!
 - Fügen Sie mit **„Plot -> Add Plot to Window“** ein neues Diagramm hinzu und richten Sie dessen X-Achse mit **„Plot -> Unsyncronize X-Axis“** ein!
Fügen Sie nun dort mit **„Trace -> Add Trace“** die in dB (Dezibel) dargestellten Verhältnisse zwischen Ein- und Ausgangsspannung für das analoge und das digitale Filter hinzu („**DB(V(Ua_digital)/V(Ue))**“ bzw. **„DB(V(Ua_analog)/V(Ue))“**)!
 - Speichern Sie die graph. Darstellung mit **„Window -> Display Control“** unter dem Namen **„BODE“** zur späteren Wiederverwendung ab!
- Legen Sie ein zweites Simulationsprofil mit dem Namen **„GroupDelay“** an! Verwenden Sie dabei die gleichen Einstellungen wie beim 1. Simulationsprofil!
Gehen Sie zur Darstellung des **Gruppenlaufzeit (Group Delay)** folgendermaßen vor:
 - Ersetzen Sie für die Y-Achse „**V(UA_DIGITAL)**“ durch „**G(V(UA_DIGITAL))**“!
Verfahren Sie mit „**V(UA_ANALOG)**“ dementsprechend!
 - Speichern Sie die graph. Darstellung mit **„Window -> Display Control“** unter dem Namen **„GroupDelay“** zur späteren Wiederverwendung ab!
- Untersuchen Sie jetzt das Verhalten der Filter bei den verschiedenen Filter-Charakteristika (s. Tabelle)!
Machen Sie dabei jeweils Aussagen zu Unterschieden im Verlauf der Graphen im BODE-Diagramm und in der Darstellung der Gruppenlaufzeit!
Führen Sie die Betrachtung zunächst für jede Filter-Charakteristik einzeln durch, indem Sie den R1-Wert entsprechend einstellen, BODE-Diagramm und Gruppenlaufzeit betrachten und mit den Cursors auswerten!
Hinweis: Umschalten zwischen den Simulationsprofilen im Projektfenster mit **„Rechtsklick -> Make active“**.
Im Probefenster können Sie Ihre gespeicherten Darstellung jeweils mit **„Window -> Display Control -> Restore“** reaktivieren.
Stellen Sie abschließend mit dem **„Parametric Sweep“** (s. o.) alle Filterkurven gleichzeitig dar (sowohl für das BODE-Diagramm als auch für die Gruppenlaufzeit)!
Grenzen Sie die Y-Achse im oberen Teil des BODE-Diagramms mit **„Plot -> Axis Settings -> X-Axis -> Y-Axis -> User Defined“** auf Werte zwischen -20dB und 6dB ein!
- Untersuchen Sie für die Butterworth-Charakteristik das Verhalten der Filter bei verschiedenen Grenzfrequenzen!
Berechnen Sie dazu **„C1var“** so, dass Grenzfrequenzen von
 - fc = 500Hz;
 - fc = 2kHz und
 - fc = 10kHz wirksam werden!
 Achten Sie darauf, dass Sie jeweils auch den R1-Wert neu berechnen müssen, um die für Butterworth typische Dämpfung von 1.414 zu erhalten!
Überprüfen Sie mit dem Cursor die Lage der Grenzfrequenzen und die Phasenlage bei der Grenzfrequenz im BODE-Diagramm!
Untersuchen Sie auch das Verhalten bezüglich der Gruppenlaufzeit!
- Welche Unterschiede im Verhalten des analogen und des digitalen Filters fallen Ihnen auf?
Begründen Sie deren Zustandekommen!

