

**Aufgabe:** Die Eigenschaften eines digitalen FIR-Tiefpassfilters sind zu untersuchen! Dabei sind die Auswirkungen verschiedener Filterkoeffizienten zu untersuchen! Weiterhin sind die Resultate mit denen von digitalen IIR-Filtern zu vergleichen! (FIR – finite impulse response; IIR – infinite impulse response)

**Schaltung:**  
Im Gegensatz zu den digitalen IIR-Filtern, die aus mathematischen Modellen bekannter Analogfilter abgeleitet werden können, gibt es für die digitalen FIR-Filter keine analogen Vorbilder. Besonders interessant sind sogenannte „linear phase“-Filter, die sich durch eine konstante Gruppenlaufzeit über das gesamte „Passband“ (Durchlassbereich) auszeichnen.

Filterkoeffizienten:

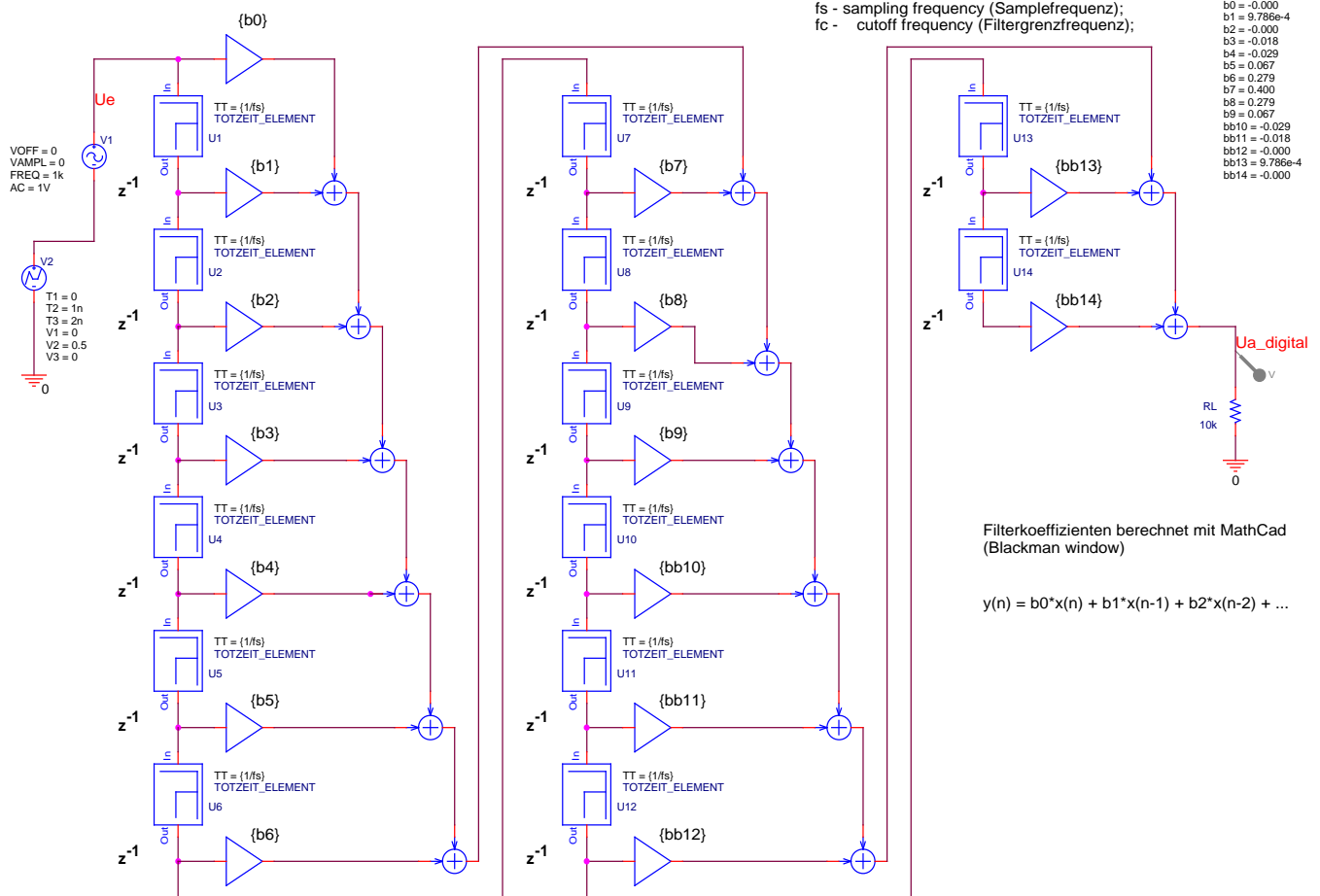
$$h(k) := \begin{cases} \left(2 \cdot \frac{fc}{fs}\right) & \text{if } \left(k - \frac{N-1}{2}\right) = 0 \\ \left[\frac{1}{\pi \cdot \left(k - \frac{N-1}{2}\right)} \cdot \sin\left[2 \cdot \pi \cdot \left(k - \frac{N-1}{2}\right) \cdot \frac{fc}{fs}\right]\right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

Blackman window:

$$B(k) := 0.42 - 0.5 \cdot \cos\left(\frac{2.0 \cdot \pi}{N-1} \cdot k\right) + 0.08 \cdot \cos\left(\frac{4.0 \cdot \pi}{N-1} \cdot k\right)$$

N – Anzahl der Filter-Taps

FIR digital filter (lowpass - Tiefpass)



Simulations-Einstellungen:	Time domain <input checked="" type="checkbox"/> <b>Zu Aufg. 3</b>	DC sweep <input type="checkbox"/>	AC sweep <input checked="" type="checkbox"/> <b>Zu Aufg. 1/2</b>	Parametric <input type="checkbox"/>	Monte Carlo <input type="checkbox"/>	Worst case / other <input type="checkbox"/>
Parameter:						
Param. name:			Frequency			
Sweep type:			logarithmic			
Start value:	0		1Hz			
End value:	330u		20kHz			
Increment:	max. steps 100n		1000 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 Spannung am Ausgang des 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!
  - 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 („ $DB(V(Ua\_digital)/V(Ue))$ “)!
    - Speichern Sie die graph. Darstellung mit „Window -> Display Control“ unter dem Namen „BODE“ zur späteren Wiederverwendung ab!  
Um welche Art von Filter handelt es sich?  
Ermitteln Sie näherungsweise die Grenzfrequenz sowie die Phasenlage bei der Grenzfrequenz!
- Legen Sie ein zweites Simulationsprofil mit dem Namen „GroupDelay“ an! Verwenden Sie dabei die gleichen Einstellungen wie beim 1. Simulationsprofil!  
**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.  
Gehen Sie zur Darstellung des Gruppenlaufzeit (Group Delay) folgendermaßen vor:
  - Ersetzen Sie für die Y-Achse „ $V(UA\_DIGITAL)$ “ durch „ $G(V(UA\_DIGITAL))$ “!
  - Speichern Sie die graph. Darstellung mit „Window -> Display Control“ unter dem Namen „GroupDelay“ zur späteren Wiederverwendung ab!  
Ermitteln Sie den Wert für die Gruppenlaufzeit für dieses Filter!  
Vergleichen Sie den Verlauf der Kurve mit dem Verhalten von IIR-Filtern!
- Erstellen Sie ein neues Time-Domain-Simulationsprofil mit den o. g. Einstellungen!  
Ändern Sie zur qualitativen Darstellung der Impulsantwort den V2-Wert der Quelle V2 auf 0.5V!  
Stellen Sie die Spannung am Ausgang des digitalen Filters im Zeitbereich dar!  
Welche mathematische Funktion kann man vermuten, wenn man sich die Spitzenwerte durch eine Kurve angenähert vorstellt?
- Untersuchen Sie das Verhalten des Filters, wenn die 15 Filterkoeffizienten durch folgende ersetzt werden:

Nr.	Koeffizient
0	-0.000
1	6.048e-4
2	0.000
3	-0.011
4	-0.046
5	-0.108
6	-0.172
7	0.800
8	-0.172
9	-0.108
10	-0.046
11	-0.011
12	0.000
13	6.048e-4
14	-0.000

**Hinweis:** Die Filterkoeffizienten  $b_0$  bis  $b_{14}$  sind in „PARAMETERS“ tabellarisch horizontal angeordnet. Damit man einfach in der Tabelle links alle Koeffizienten markieren und mit **Str+C kopieren** kann, um sie dann in die entsprechenden Felder von „PARAMETERS“ einzufügen, muss nach Öffnen des **Property Editors** von „PARAMETERS“ (Doppelklick) im Tabellenkopf links oben nach Rechtsklick „Pivot“ gewählt werden. Dadurch werden die Einträge vertikal dargestellt, und man kann nach Auswahl der Felder  $b_0$  bis  $b_{14}$  mit **Str+V** die vorher kopierten Daten einfügen.

