

Protokoll zu Projekt 4 vom 19.5.2011

von Julian Bergmann

Messung:

Eingangsspannung U_e jeweils 1V

Verwendet für die für k verantw. Widerstände wurde ein Potentiometer.

Butterworth (k=1.586):

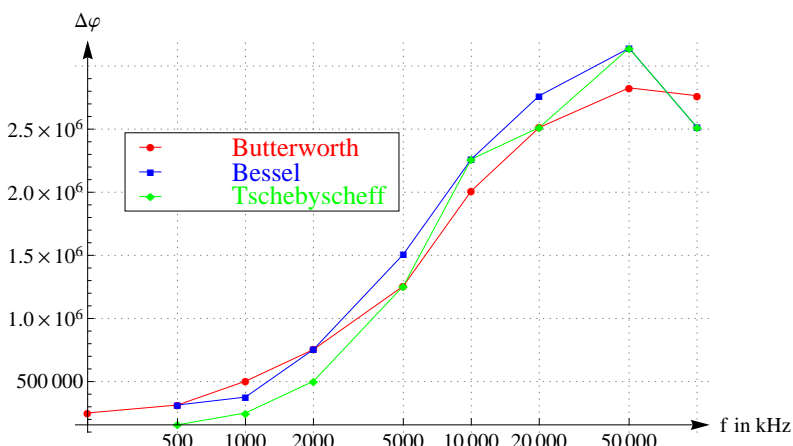
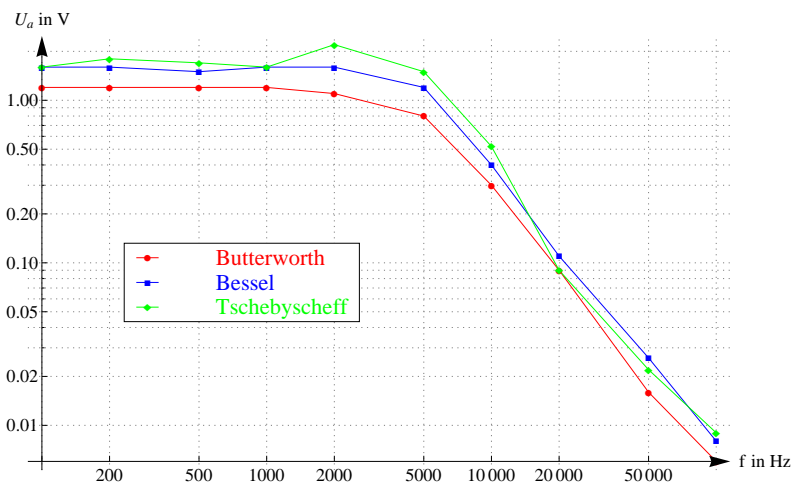
Frequenz in Hz	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000	50000	100000
U_a in V	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	0.8	0.3	0.09	0.016	0.006
Δt in μs	0	200	100	80	60	40	32	20	9	4.4
$\Delta \phi$	0	$\frac{2\pi}{25}$	$\frac{\pi}{10}$	$\frac{4\pi}{25}$	$\frac{6\pi}{25}$	$\frac{2\pi}{5}$	$\frac{16\pi}{25}$	$\frac{4\pi}{5}$	$\frac{9\pi}{10}$	$\frac{22\pi}{25}$

Bessel (k=1.267):

Frequenz in Hz	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000	50000	100000
U_a in V	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.2	0.4	0.11	0.026	0.008
Δt in μs	0	0	100	60	60	48	36	22	10	4
$\Delta \phi$	0	0	$\frac{\pi}{10}$	$\frac{3\pi}{25}$	$\frac{6\pi}{25}$	$\frac{12\pi}{25}$	$\frac{18\pi}{25}$	$\frac{22\pi}{25}$	π	$\frac{4\pi}{5}$

Tschebyscheff (k=2.234):

Frequenz in Hz	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000	50000	100000
U_a in V	1.6	1.8	1.7	1.6	2.2	1.5	0.52	0.09	0.022	0.009
Δt in μs	0	0	50	40	40	40	36	20	10	4
$\Delta \phi$	0	0	$\frac{\pi}{20}$	$\frac{2\pi}{25}$	$\frac{4\pi}{25}$	$\frac{2\pi}{5}$	$\frac{18\pi}{25}$	$\frac{4\pi}{5}$	π	$\frac{4\pi}{5}$



Aus den Diagrammen lassen sich folgende Grenzfrequenzen für den Abfall auf $\frac{A_0}{\sqrt{2}}$ ablesen:

Filter	f_g (kHz)	ω_g (kHz)	Literatur- ω_g (kHz)
Butterworth	2	12.57	10
Bessel	2	12.57	7.861
Tschebyscheff	2	12.57	13.896

Auswertung

Zunächst fällt auf, dass das Grundschema für die verschiedenen Filter erfüllt zu sein scheint:

Butterworth:

Mit dem Butterworth-Filter soll die Amplitude möglichst lange horizontal bleiben und bei der Grenzfrequenz abfallen. Im Diagramm sticht diese Linie auch hierdurch hervor.

Bessel:

Da der Bessel-Filter auf frequenzunabh. Phasengang unterhalb der Grenzfrequenz optimiert wurde, wird hier eine recht unscharfe Grenzfrequenz in Kauf genommen. Dies sieht man auch im Diagramm, da sich hier die Grenzfrequenz im Bereich von $f=2-5\text{kHz}$ bewegt.

Tschebyscheff:

Tschebyscheff-Filter sind für ein möglichst scharfes Abknicken bei der Grenzfrequenz optimiert und nehmen dafür einen „welligeren“ Phasengang davor in Kauf. Auch dies lässt sich hier beobachten: Überschwingen vor ω_g und stärkste Steigung danach.

Allerdings gibt es auch einige Unstimmigkeiten und Erklärungsversuche:

Die Grenzfrequenzen sind identisch:

Da wir von einem Diagramm ablesen, dessen Werte wir in (1,2,5)-Dekaden gemessen haben, ist ein genaueres Ergebnis nicht ablesbar. Allerdings ist erahnbar, dass der Tschebyscheff-Filter eine höhere Grenzfrequenz als der Bessel-Filter besitzt und Butterworth eine niedrigere.

Die gemessenen Ausgangsspannungen liegen z.T. über 1V:

Da in vorangegangenen Probe-Messreihen bis zu 1.9V auftraten, dies aber durch Austausch eines Operations-Verstärker auf 1.6V bzw 1.2V herabgesenkt werden konnte, ist hierfür wohl der OpAmp verantwortlich.

Bessel- und Butterworth-Filter haben eine ähnliche Grenzfrequenzunschärfe:

Da der Butterworth-Filter eigentlich schärfer als der Bessel-Filter abknicken sollte, scheint es bei $f=5\text{kHz}$ wohl zu einem geringen Messfehler gekommen so sein.

Dabei spielt wohl die Tatsache eine Rolle, dass der Gesamtwiderstand des verwendeten Potentiometers leicht abwich und wohl eine Temperaturabhängigkeit des Potentiometers bestand. Auch verhielten sich die verwendeten Operationsverstärker (mehrere ausprobiert) nicht gleich (verschiedene Verstärkungsfaktoren etc.), was ebenfalls für einen Fehlerfaktor spricht.

Der Abfall des Phasenganges des Tschebyscheff-Filters ist nach der Grenzfrequenz ab $f \approx 20\text{kHz}$ nicht mehr größer als die der anderen:

Normalerweise sollte der Tschebyscheff-Filter besonders scharf abknicken und dementsprechend auch die stärkste Steigung hinter der Grenzfrequenz haben.

Dies ist zunächst auch hier der Fall, allerdings sorgen die letzten beiden Messpunkte für eine geringfügige Krümmung. Diese Werte können evtl. durch das oben beschriebene Problem mit dem Potentiometer oder dem Operationsverstärker entstanden sein und dadurch simple, geringe Messfehler.