

Ergänzung zum Beitrag in FA 06/23, S. 465 „Zusatzmodul für den Eingang eines Digitaloszilloskops“

Im Folgenden geht es um Signalverzerrungen, die bei aktivierter Wechselspannungskopplung am Oszilloskop auftreten können. Solche Effekte ließen sich u. a.

ist offensichtlich geräteintern eine weitere Zeitkonstante aktiv.

Bei der oszilloskopischen Untersuchung komplexer Signalverläufe erschwert jede

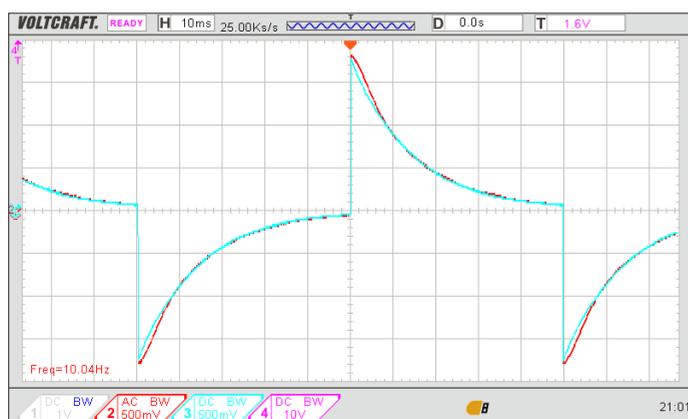


Bild E1:
Sprungantwort bei Wechselspannungskopplung und mit externem Hochpassfilter gleicher Grenzfrequenz, hier bei einem 10-Hz-Rechtecksignal ...

am Vierkanal-Oszilloskop *Hantek DSO4084B* (alias *Voltcraft DSO1084E*) sowie am Modell *DST1102E* von *Tekway* beobachten. Andere Digitaloszilloskope wie das *SDS8302* von *OWON* und das *UTD1025DL* von *Unitrend* zeigten hingegen bei eingeschalteter Wechselspannungskopplung eine einwandfreie Rechteck-Sprungantwort, nämlich einen exponentiellen Abfall gemäß $U(t) = U_0 \cdot e^{-t/\tau}$ mit der Hochpasszeitkonstante

$$\tau = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f_U)}$$

In Bild E1 stellt die rote Kurve die Rechteck-Sprungantwort des Kanals 2 am *DSO1084E* mit aktivierter AC-Kopplung dar. Dasselbe Rechtecksignal gelangte auf Kanal 3 (hellblau), der auf DC-Kopplung geschaltet war.

Ein zwecks Vergleichs eingefügtes RC-Hochpassfilter wurde so dimensioniert, dass beide Kurven sich bestmöglich decken. Hierfür war eine Zeitkonstante von 17 ms notwendig, entsprechend 9,4 Hz unterer Grenzfrequenz.

Nun wurde bei unverändertem Aufbau die Rechteckfrequenz auf 100 Hz erhöhet und die Zeitbasis am Oszilloskop auf 1 ms/div verringert.

Das Ergebnis ist in Bild E2 zu sehen. Während das externe Hochpassfilter weiterhin einen korrekten Signalverlauf erzeugt (blaue Kurve), verursacht die interne AC-Kopplung des Oszilloskops eine irritierende Verzerrung mit anfänglich sogar ansteigender Amplitude. Hier

Bild E2:
... und im zweiten Fall bei einem eingespeisten 100-Hz-Rechtecksignal



zusätzlich beteiligte Zeitkonstante die Auswertung. Solche Effekte zu vermeiden, ist bereits ein Motiv, die AC-Kopplung kontrolliert mit einem externen Hochpassfilter zu realisieren. Nebenbei bietet sich die Möglichkeit, dessen 3-dB-Grenzfrequenz nach eigenen Vorstellungen zu bemessen.

Bei dem im Beitrag beschriebenen Modul ist beispielsweise $f_U = 1,6$ Hz. Wer ganz überwiegend mit hohen Frequenzen zu tun hat, wird vielleicht $f_U = 1$ kHz wählen, um nebenbei auch 50-Hz-Netzbrumm-Einstreuungen im dargestellten Signalverlauf zu dämpfen.

Fehler durch dielektrische Nachwirkung

Bekanntlich haben Kondensatoren, je nach Material, ein unerwunsktes „Gedächtnis“. Ein zuvor längere Zeit geladener und dann kurzgeschlossener Kondensator wird anschließend spontan wieder einen Bruchteil der vorherigen Spannung an seinen Anschlüssen aufweisen.

In Bild E3 ist das Ergebnis eines kleinen Tests dargestellt. Eine sehr tieffrequente

Rechteckspannung mit 10 V Sprunghöhe, hier auf Kanal 1 (dunkelblau) zu sehen, gelangt über einen 100-nF-Keramikkondensator auch an den Oszilloskopeingang 2 (rot) und über einen 100-nF-Polypropylenkondensator an den Eingang 3 (hellblau). Zusammen mit dem Eingangswiderstand 1 M der Kanäle entsteht jeweils dieselbe Hochpassfilter-Zeitkonstante von 0,1 s.

Anhand der Gleichung $U(t) = U_0 \cdot e^{-t/\tau}$ wäre zu erwarten, dass z.B. 1,2 s nach dem Sprung, entsprechend 2,4 Skalenteilen, die 10-V-Spannung auf 0,06 mV abgeklungen ist. Mit dem Polypropylenkondensator werden immerhin etwa 1 mV erreicht, während beim Keramik-kondensator noch 6 mV zu sehen sind.

Das versuchsweise Vertauschen der Oszilloskopeingange 2 und 3 ergab dasselbe Bild, mit vertauschter roter und hellblauer

Kurve. Ein möglicherweise abweichendes Erholungsverhalten der ubersteuereten Oszilloskopeingange ist daher nicht der Grund für die unterschiedlichen Verläufe.

Vielmehr ist hier die dielektrische Nachwirkung der beiden Kondensatoren ursächlich. Sie ist mehr oder weniger ausgeprägt. Ein nachfolgender Vergleich eines 100-nF-Polyester- mit einem 100-nF-Polypropylenkondensator ergab nur noch einen minimalen Unterschied zugunsten letzteren Materials.

Damit steht die Qualitäts-Rangfolge fest: Polypropylen – Polyester – Keramik. Weil auch die Temperaturkonstanz des Kapazitatswertes sich gemäß dieser Rangfolge erhält, fiel die Wahl bei dem im Beitrag beschriebenen Modul auf einen Polypropylenkondensator. Ein 100-nF-Kondensator mit 250 V Spannungsfestigkeit passte noch gut in das kleine Weiblechgehause.

HF-Tauglichkeit des Moduls

Messaufbau: Der Ausgang eines Rechteckgenerators mit etwa 1,5 ns Eigenan-

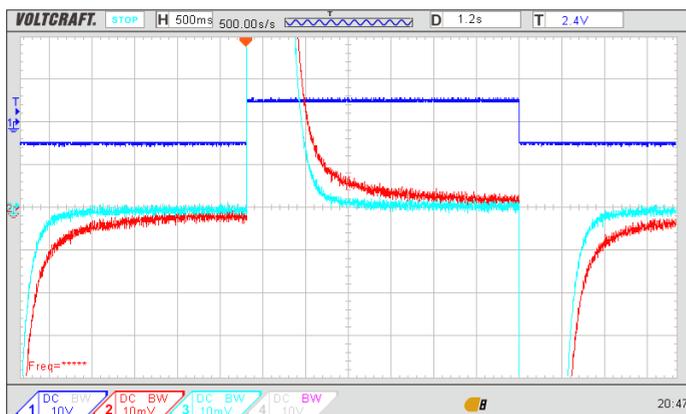


Bild E3:
Vergleichstest
zur dielektrischen
Nachwirkung von
Koppelkonden-
satoren

Das 300-MHz-Gerät *OWON SDS8302* deckt leichte signalverfalschende Einflüsse des Moduls auf (Bild E5), denn in der unteren Kurve wird etwas mehr Überschwingen angezeigt.

stiegszeit geht über ein BNC-T-Stück an zwei 20-dB-Dämpfungsglieder zwecks Entkopplung und Verringerung der Fehl-anpassung. Der Ausgang des einen Dämpfungsglieds ist über 50 cm Koaxialkabel

Bild E4:
HF-Verhalten ohne
und mit Vorschal-
tmodul, dargestellt
auf einem 80-MHz-
Oszilloskop

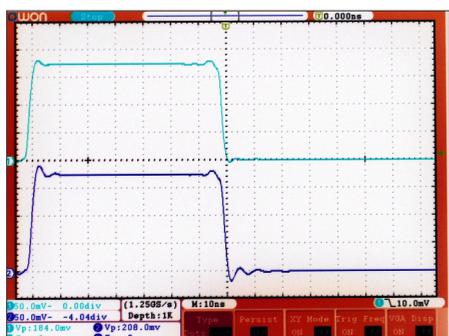
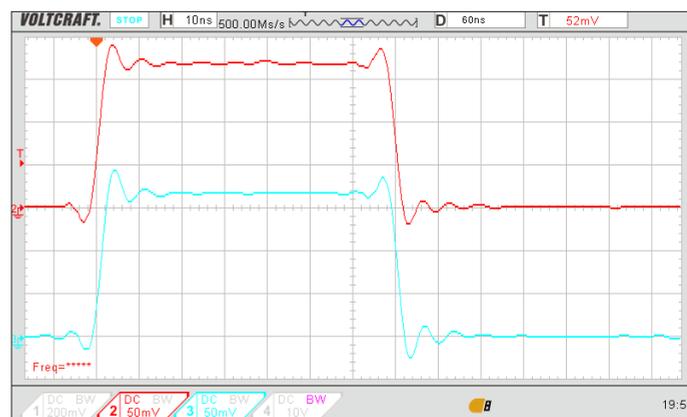


Bild E5: HF-Verhalten ohne und mit Vor-schaltmodul, dargestellt auf einem 300-MHz-Oszilloskop

RG58 mit einem Oszilloskopeingang verbunden, dessen Signalverlauf in den Bildern E4 und E5 jeweils oben zu sehen ist. Der Ausgang des zweiten Dämpfungsglieds geht über 50 cm RG58-Kabel zum zweiten Oszilloskopeingang, vor dem jedoch das im Beitrag beschriebene Vorschaltmodul eingefügt ist. Der Signalverlauf ist in den Bildern E4 und E5 jeweils unten dargestellt.

Die Anstiegs- und Abfallzeiten von jeweils etwa 2 ns, die sich durch pythagoräische Addition der Eigenanstiegszeiten des Rechteckgenerators (1,5 ns) und des Oszilloskops (1,2 ns) ergeben, werden offensichtlich vom Modul nicht erhöht, d.h. verschlechtert. Dieses kann also auch bei hochfrequenten Messungen angekoppelt bleiben.

Mit einem 80-MHz-Oszilloskop *Voltcraft DSO1084E* ist praktisch kein Unterschied auszumachen (Bild E4).

Michael Franke