

# Moderne Filtertechnik

Analoge integrierte Filterbausteine mit excellenten technischen Daten erlauben die Realisierung von Tief- oder Bandpässen zweiter, vierter, sechster oder achter Ordnung mit nur einem Schaltkreis.

## Allgemeines

In der modernen Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik werden Filter für die unterschiedlichsten Aufgaben eingesetzt. Besonders bei hochwertigen Produkten, wo analoge und digitale Schaltungskomponenten zusammenarbeiten, sind diese Baugruppen unerlässlich und für die einwandfreie Funktion von entscheidender Bedeutung. Hier sei besonders an Anti-Aliasing- und Glättungsfilter für AD-DA-Wandler oder digitale Signalprozessoren (DSP) gedacht.

Aber auch in den verschiedensten Bereichen der Meßtechnik kommen Filterbaugruppen zum Einsatz. Die Anforderungen an die Filterbaugruppen sind häufig dementsprechend hoch, wobei ein großer Dynamikbereich, ein extrem geringer Rauschpegel, geringe, nicht lineare Verzerrungen, (niedriger Klirrfaktor) sowie eine hohe Frequenzgenauigkeit die wichtigsten Kriterien sind.

Filter, auch bei hoher Ordnung, mit Standard-Operationsverstärkern zu realisieren, ist zwar durchaus möglich, bringt aber einige entscheidende Nachteile mit sich. Die externe Beschaltung einer diskret aufgebauten Filtergruppe besteht im wesentlichen aus Widerständen und Kondensato-

entsprechend zeitaufwendig.

Geschaltete Kapazitätsfilter, die sogenannten SC-Filter, (Switched-Capacitor-Filter), bei denen das Analog-Signal in diskreten Zeitabständen abgetastet wird, benötigen zusätzlich ein Taktsignal, welches die externe Schaltung zur Verfügung stellen muß. Dieses Taktsignal kann aber auch unerwünschte Störpegel, als Taktrauschen bekannt, verursachen. Des weiteren muß die Abtastung mit einer Frequenz, die mindestens doppelt so hoch ist wie die höchste Nutzfrequenz, erfolgen, da sonst das Abtasttheorem nicht erfüllt wird.

## Integrierte Analogfilter

Neben einer Vielzahl von geschalteten Kapazitätsfiltern bietet der amerikanische Halbleiterhersteller MAXIM, Spezialist im Bereich der integrierten Anlogschaltungen, integrierte kontinuierliche Filterbausteine an, bei denen neben den Operationsverstärkern auch hochgenaue Kondensatornetzwerke mitintegriert sind.

Die Filterbausteine werden unter der Typenbezeichnung MAX274 und MAX 275 hergestellt, wobei der MAX274 vier identische kaskadierbare Sektionen zweiter Ordnung und der MAX275 zwei Sektionen zweiter Ordnung enthält.

Mit einem integrierten Schaltkreis des

Typs MAX274 können also Filter zweiter, vierter, sechster und achter Ordnung realisiert werden, ohne daß es hierbei zu Takt-räuschen oder Alias-Problemen kommt.

Während der MAX274 mit einer Mittenfrequenz bis zu 150 kHz arbeiten kann, ist der MAX275, der jedoch maximal Filter vierter Ordnung zuläßt, für Mittenfrequenzen bis maximal 300 kHz ausgelegt.

Der MAX275 ist im 20Pin-DIP- oder -SO-Gehäuse und der MAX274 im 24Pin-DIP oder 28Pin-SO-Gehäuse lieferbar.

Die Filterbausteine erzielen einen Dynamikbereich von 92 dB, wobei durch eine spezielle Schaltungsauslegung der Rauschpegel nur 120  $\mu V_{eff}$  beträgt. Geringe, nicht lineare Verzerrungen (Klirrfaktor) von -86 dB, tragen weiter zu den hervorragenden technischen Daten der Bausteine bei.

Die identischen Filtersektionen können sowohl getrennt als auch kaskadiert eingesetzt werden. Bei der Kaskadierung von mehreren Schaltkreisen sind Tief- oder Bandpaßfilter bis zur 20. Ordnung realisierbar.

Eine Filtersektion, von dem der MAX274 vier Stück enthält, ist in Bild 1 zu sehen.

Über 4 externe Widerstände (R 1 bis R 4) kann sowohl die Filtercharakteristik (Butterworth, Tschebyscheff oder Bessel) als auch die Frequenz eingestellt werden.

Beim Einsatz von 1%igen Metallfilm-

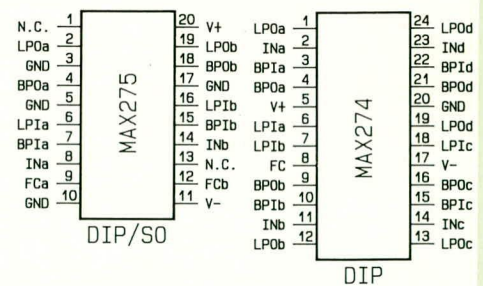
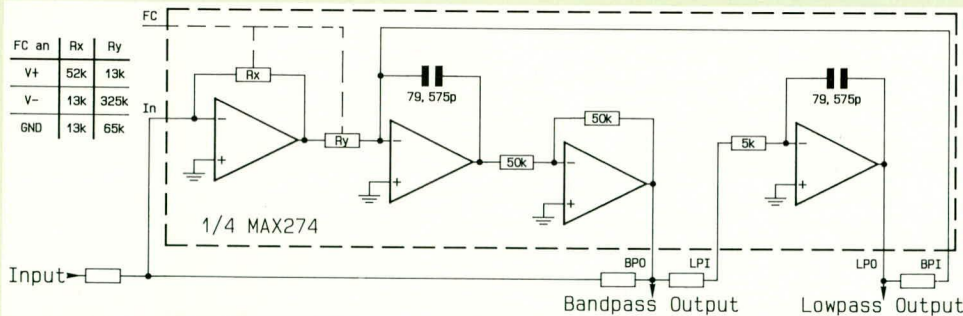


Bild 1: Filter-Architektur einer Sektion mit den integrierten On-Chip-Kondensatoren

ren, an die natürlich entsprechende Genauigkeitsanforderungen gestellt werden. Das ist bei den Widerständen durch den Einsatz von 1%igen Metallfilmtypen recht einfach, wird jedoch bei den Kondensatoren schon erheblich schwieriger.

Ein diskreter Aufbau benötigt auch entsprechend mehr Platz auf der Leiterplatte (der nicht immer zur Verfügung steht), und stellt nicht zu vernachlässigende Anforderungen an die Leiterbahnführung bezüglich Übersprechen und Einstreuungen. Die Berechnung einer derartigen Baugruppe ist relativ schwierig und dem-

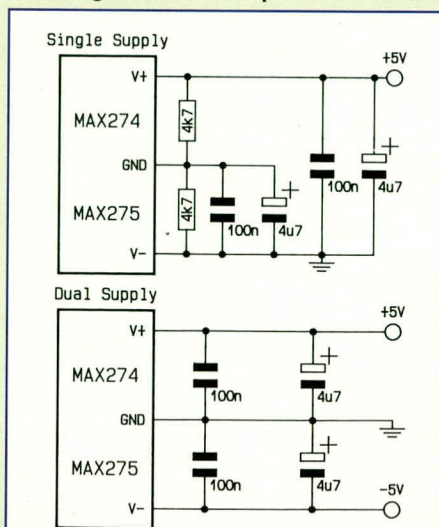
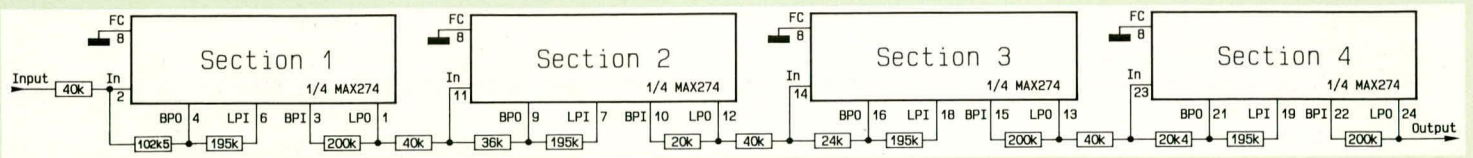


Bild 3: Anschlußbelegung der Filterbausteine MAX 274 und MAX 275

widerständen ist eine Frequenzgenauigkeit von 2 % erreichbar, da bereits die hochgenauen Kondensatoren (79,575 pF) im Chip integriert sind. Externe Kondensatoren sind nur noch zur Versorgungs-spannungsabblockung notwendig.

Im Prinzip handelt es sich bei den im MAX274/MAX275 integrierten Filtersektionen um kaskadierte Integrierten mit

Bild 2: Spannungsversorgung mit 5 V oder symmetrisch mit  $\pm 5$  V möglich.



**Bild 4: Externe Beschaltung eines 10 kHz-Butterworth-Filters 8. Ordnung, realisiert mit dem MAX274**

Rückkopplung, wobei der besondere Vorteil in dem relativ hohen Integrationsgrad und den „On-Chip-Kondensatoren“ zu sehen ist. Des weiteren benötigen kontinuierliche Analogfilter keine digitalen Schaltungskomponenten zur Ansteuerung. Bei beiden Bausteinen liegt der untere Bereich der Pol-Frequenzen bei 100 Hz.

Die Versorgung der Bausteine kann, wie in Bild 2 zu sehen ist, sowohl mit einer einfachen 5 V-Spannung als auch mit einer symmetrischen  $\pm 5$  V-Versorgung erfolgen. Die in Abbildung 2 eingezeichneten Abblockkondensatoren sind besonders wichtig und sollten im Schaltungslayout möglichst nahe an den Anschlußpins des Chips liegen. In Bild 3 ist sowohl die Anschlußbelegung des MAX274 als auch des MAX275 zu sehen, während Bild 4 die externe Beschaltung eines 10 kHz-Butterworth-Tiefpaßfilters achter Ordnung zeigt.

Natürlich müssen auch diese Filterbausteine, wie jede diskret aufgebaute Filterschaltung, für die jeweiligen Bedürfnisse individuell angepaßt und dimensioniert werden.

### Filterberechnung mit dem PC

Damit sind wir bei der nächsten, für den Anwender höchst angenehmen Besonderheit. Anstatt mit einer Reihe von Formeln und Tabellen die Filterkurven von Hand zu errechnen, bietet MAXIM die Möglichkeit, mit einer speziell auf die Bausteine MAX274/MAX275 abgestimmten „Filter-Design-Software“ die Berechnung vorzunehmen. Die Software ist für eine Schutzgebühr von DM 30,- direkt sowohl vom Hersteller als auch bei ELV (Best.Nr.: 12865) erhältlich, und macht die Berechnung zum Vergnügen.

Als Hardwarevoraussetzung wird ein PC-XT/AT ab DOS Version 2.0 mit 5 1/4"-Floppy-Disk-Laufwerk benötigt. Des weiteren sollte der Rechner über eine Standard-Grafikkarte (Hercules, CGA, EGA oder VGA) und eine Harddisk oder ein zweites Floppylaufwerk verfügen.

Die Installation der Software erfolgt mit dem auf der Diskette befindlichen Installationsprogramm „INSTALL.EXE“. Der eigentliche Installationsvorgang läuft menügesteuert ab und ist somit selbsterklärend.

Nach der Installation wird durch die Eingabe „Filter“ das Programm gestartet. Zuvor sollte jedoch das unter dem Namen Filter.HLP vorhandene Handbuch ausgedruckt werden, so daß alle wichtigen für die Arbeit mit der Software erforderlichen Informationen jederzeit verfügbar sind. Unter der Funktionstaste F 1 steht außerdem eine Online-Hilfe zur Verfügung, die jederzeit während der Arbeit mit dem Programm aufrufbar ist.

Neben der Konfiguration des Druckers ist die Software in den beiden Programmhauptteilen „Determine Poles/QS/Zeros based on filter requirements“ und „Implement-Filter in Hardware“ aufgeteilt. Im ersten Teil werden sämtliche Filterparameter wie Pol-Frequenzen, Filterordnung und Güten festgelegt, wie das in Bild 5 dargestellte Hauptmenü dieses Programmtails zeigt.

Die gewünschte Filtercharakteristik kann durch die Eingabe verschiedener Frequenzangaben, der Dämpfung im Durchlaßbereich und der Abschwächung im Sperrbereich vorgegeben werden. Zusätzlich ist die Bestimmung der Pol-Frequenzen, Güten und Filterordnung in diesem Programmtail möglich.

Die Darstellung der Gruppenlaufzeit, des

Phasengangs und der Verstärkung ist über den Menüpunkt „View graph“ im Bode-Diagramm jederzeit möglich, wobei zusätzlich noch die Auswahl des Filtertyps (Butterworth, Bessel, Tschebyscheff und Elliptic) erfolgen kann. Zur genaueren Darstellung kann ein Teilbereich des Diagramms vergrößert abgebildet werden.

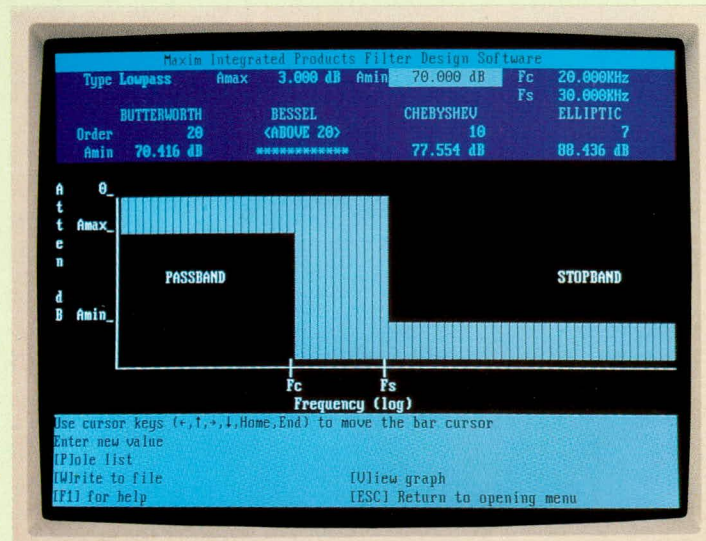
Während unter dem Menüpunkt „Pol List“ die Pol-Frequenzen und die Güten ausgegeben werden können, erlaubt der Menüpunkt „Write to File“ das Sichern der errechneten Filterparameter.

Der zweite Teil der Software (Implement in Hardware) dient nun dazu, die zuvor konstruierte Kurve in eine konkrete Schaltung mit dem MAX274/MAX275 umzusetzen.

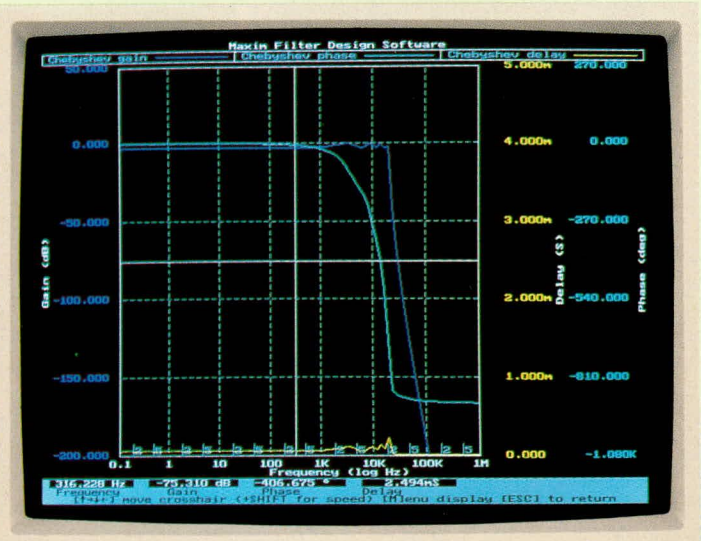
Das Entwicklungsprogramm errechnet für jede Filtersektion die erforderlichen Widerstandswerte. Dem Anwender wird aber auch die Möglichkeit geboten, Widerstandswerte manuell zu verändern, um auf Normwerte aus den E-Reihen zurückgreifen zu können oder auch das gesamte Design nach Belieben zu verändern, wobei ganze Filtersektionen gelöscht und hinzugefügt werden können. Die Filterparameter können völlig neu gesetzt werden. Wie sich die Dimensionierungsänderungen auf die Filterkurven auswirken, ist zu jeder Zeit (auch bei einzelnen Sektionen) anhand von Bode-Diagrammen überprüfbar.

Bild 6 zeigt die Verstärkung, den Phasengang und die Verzögerung eines 20 kHz-Tschebyscheff-Filters 10. Ordnung.

Durch den Einsatz dieser neuen hochkarätigen Filterbausteine, in Verbindung mit der zugehörigen Software, ist die Dimensionierung und Realisierung unterschiedlichster Filter selbst höherer Ordnung schnell und leicht möglich. **ELV**



**Bild 5: Hauptmenü zum Festlegen der einzelnen Filterparameter**



**Bild 6: Verstärkung, Verzögerung und Phasengang eines 20kHz-Tschebyscheff-Filters 10. Ordnung**