



Schnelle Verstärker für 75- Ω -Videoleitungen

Christophe Prugne, STMicroelectronics

Thema dieses Artikels sind Video-Applikationen, in denen schnelle Operationsverstärker zum Einsatz kommen. Beispielhaft werden die schnellen Operationsverstärker von STMicroelectronics vorgestellt, sowie technische Hinweise zum praktischen Einsatz dieser Produkte gegeben.

Will man ein analoges Videosignal über eine 75- Ω -Leitung zum Fernsehgerät übertragen, benötigt man eine Verstärkerstufe. Dies betrifft größtenteils Consumer-Anwendungen wie Set-Top-Boxen, DVD-Player/Recorder und Videokameras. In Applikationen dieser Art sind die Ausgangseigenschaften des Verstärkers (Ausgangsstrom und das Verzerrungsverhalten abhängig von der Last) von großer Bedeutung, da die Impedanz der Videoleitung mit 75 Ω sehr gering ist.

Schnelle Operationsverstärker werden auch in Fernsehgeräten benötigt, wo sie der Impedanzanpassung zwischen der Videoleitung und der Eingangsstufe des Fernsehgeräts dienen. Das vom Verstärker kommende Signal steuert den Eingang eines Chipsatzes an, der durch eine hohe Impedanz von mehreren Kiloohm sowie eine Kapazität von einigen Picofarad gekennzeichnet ist. Vom Verstärker wird in diesem Fall Stabilität auch bei kapazitiver Last gefordert.

Es kann ein sehr spezieller Verstärker eingesetzt werden, z. B. mit Puffer- und Filterfunktionen wie der STv6433 oder mit Videomatrix (STv6412). Dem Markttrend folgend, ist auch die Integration in einen Chipsatz denkbar. Die Verstärkerstufe kann ebenfalls als diskrete Lösung aus Transisto-

ren oder schnellen Operationsverstärkern implementiert werden. Wenn der Kunde Wert auf hohe Geschwindigkeit und Platzersparnis legt, sind schnelle Operationsverstärker gegenüber einer Transistor-Lösung im Vorteil. Broadcast-Video-Anwendungen stellen deshalb zur Zeit einen echten Markt für schnelle Operationsverstärker dar.

Analoge Videoformate

Das Format des analogen Videosignals ist sehr wichtig, um die Frequenz- und Amplituden-Anforderungen an den schnellen Operationsverstärker zu bestimmen. Insgesamt lassen sich die Signalfomate in drei Gruppen einteilen, die durch unterschiedliche Bildqualität gekennzeichnet sind (Bild 1).

Das erste Format besteht aus den drei separaten Signalen R, G und B. Dies ist gewissermaßen das reinste Videosignal, das dementsprechend die höchste Bildqualität liefert. Die drei Signale R, G und B weisen die gleiche Bandbreite auf, die wiederum in direktem Zusammenhang mit der Bildauflösung steht.

Im Fernhorrundfunk wird üblicherweise das YIQ-, YUV- oder YPbPr-Format verwendet, wobei das Luminanzsignal (Y), (I,U,Pb) und (Q,V,Pr) Komponenten von R, B und Y sind.

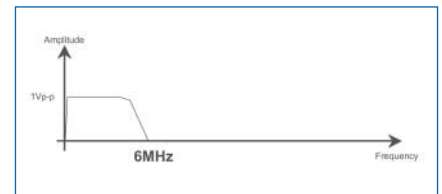
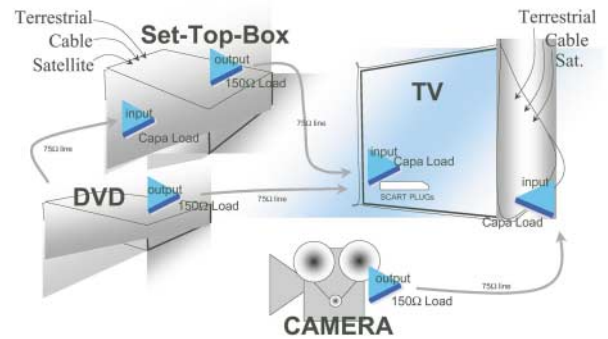


Bild 2: Videospektrum für Standard-Definition.

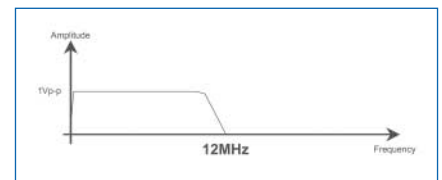


Bild 3: Videospektrum für Progressive-Scan Video.



Bild 4: Videospektrum für HDTV.

Alle diese Formate basieren auf der Übertragung dreier Signale.

Das zweite Signalfomate basiert auf zwei Signalen wie z.B. Luminanz und Chrominanz oder S-Video (C steht für Chrominanz). Es handelt sich bei beiden um eine Codierung der RGB-Signale basierend auf den in den USA, Europa und Asien entwickelten Video-Standards NTSC, PAL und SECAM.

Das dritte Signalfomate trägt die Bezeichnung Composite Video (C_{VBS}), dt.: Bildaustast-Synchronsignal bzw. BAS. Hierbei sind alle Videokomponenten in einem Signal zusammengefasst. C_{VBS} ist die Summe von Y und C. Unter allen drei genannten Formaten ist die Bildqualität hier am geringsten.

Videosignal-Bandbreite vs. Auflösung

Standard Definition (SD): Videosignal mit herkömmlicher Interlaced-Video-Darstellung.

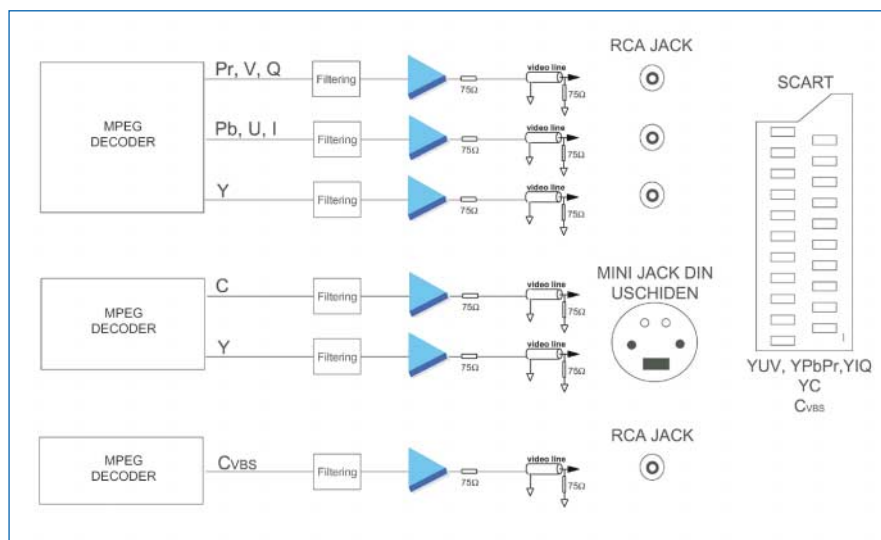


Bild 1: Videosignalfomate und Standard-Steckverbinder.

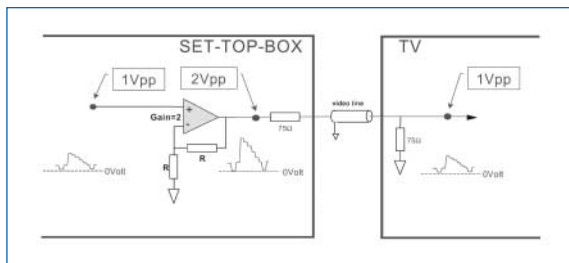


Bild 5: Typische Verbindung zwischen Set-Top-Box und Fernsehgerät.

lung (mit Zeilensprung) auf einem Fernsehbildschirm mit 720 x 480 Pixeln (Typ 480I). Die Bandbreite beträgt bis zu 6 MHz (**Bild 2**).

Progressive-Scan Video (PV): Hier wird auf das Zeilensprungverfahren verzichtet, um die Bildqualität zu verbessern (**Bild 3**). Die Bandbreite ist doppelt so hoch wie bei Standard Definition und beträgt 12 MHz. Ein solches Signal eignet sich für Progressive-Scan-Fernsehgeräte mit 720 x 480 Pixeln (Typ 480P) und gewinnt bei DVD-Playern zunehmend an Popularität. Infolge der Konkurrenz durch 100-Hz-Fernsehgeräte ist das Format in Europa jedoch noch nicht sehr verbreitet.

High Definition (HDTV): Hier wird die Auflösung des Bildes erhöht, indem die Zahl der Zeilen sowie der Pixel je Zeile angehoben wird (**Bild 4**). Die Signalbandbreite beträgt bis zu 30 MHz. Das Signal eignet sich für Progressive-Scan-TV-Geräte mit 1280 x 1920 Pixeln (Typ 1280P) sowie für Interlaced-Geräte mit 1920 x 1080 Pixeln (Typ 1080I). In den USA bereits populär, gewinnt die HDTV-Technik auch in Europa und Asien zunehmend an Verbreitung.

Impedanzanpassung

Zum Ansteuern eines Signals auf einer Leitung müssen die folgenden Voraussetzungen erfüllt sein; diese sind jedem Lehrbuch über die Theorie der leitungsgebundenen Signalübertragung zu entnehmen.

Zur Vermeidung von Reflexionen muss die Leitung an beiden Enden mit ihrem Wellenwiderstand abgeschlossen sein (bei Videoleitungen üblicherweise 75 Ω). Man bezeichnet dies als Impedanzanpassung, denn die Impedanz ist an allen Punkten der Leitung gleich. Da die Ausgangsimpedanz eines Verstärkers nahezu null beträgt, wird die entsprechende Verstärkerplatine mit einem 75- Ω -Widerstand versehen, um für die richtige Impedanz zu sorgen. Ein zweiter 75- Ω -Widerstand am anderen Ende der Leitung (d. h. im Fernsehgerät) stellt dort die richtige Impedanz ein.

Wie **Bild 5** zu entnehmen ist, wirkt das Netzwerk wie ein Spannungsteiler für die Signalamplitude. Die Hälfte der Ausgangsamplitude des Operationsverstärkers geht dadurch verloren. Da die Eingangsamplitude des Operationsver-

stärkers gleich der Amplitude sein muss, die auf der Leitung benötigt wird (in Video-Anwendungen typisch 1 V_{ss}), wird vom Operationsverstärker eine Verstärkung von +2 (6 dB) verlangt.

Der Widerstandswert R muss einerseits so klein wie möglich sein, um das Rauschen zu

verringern und Stabilitätsprobleme zu reduzieren (unter der Voraussetzung von Streukapazitäten hauptsächlich am invertierenden Eingang). Andererseits darf er nicht zu gering sein, da sich das 2R-Netzwerk für den OP-Ausgang als Last darstellt. Für einen

Voltage-Feedback-Verstärker ist der Wert von R nicht fest vorgegeben. 1 k Ω ist ein geeigneter Wert, der die zuvor genannten Bedingungen erfüllt. Bei einem Current-Feedback-Verstärker wie dem TSH11x dagegen ist ein bestimmter Widerstandswert erforderlich, der im Datenblatt angegeben ist (R = 680 Ω für eine Verstärkung von +2).

Versorgungsspannung

Jeder Designer ist gezwungen, die Kosten seiner Applikation zu minimieren. Unter anderem ist es wünschenswert, an Stelle einer bipolaren Stromversorgung von beispielsweise ± 5 V mit einer unipolaren 5-V-Strom-



versorgung auszukommen. Wie Bild 6 zeigt, geht das Synchronisationssignal auf 0 V (manchmal nur auf 10 mV) zurück. In solchen Fällen ist es die beste Lösung, Operationsverstärker mit rail-to-rail-fähigen Ein- und Ausgängen (z.B. die Familien TSH7x oder TSH8x) zu verwenden. Wenn beispielsweise der gemessene Wert des Ausgangs $V_{OL} = 150 \text{ mV}$ ist, beträgt die garantierte Mindest-Amplitude auf der Leitung 75 mV. Hieraus resultiert im ungünstigsten Fall ein Verlust des unteren Signals von nur 75 mV.

Ansteuern von Videoleitungen

Implementierung der Familien TSH7x und TSH8x mit unipolarer Versorgungsspannung (0 bis +5 V). Handelt es sich nicht um einen Rail-to-Rail-Verstärker, so muss der DC-Anteil des Videosignals mit den in Bild 6 gezeigten Netzwerken angehoben werden. Auf diese Weise vermeidet man, dass das Videosignal von der Ausgangsstufe des Operationsverstärkers gekappt wird, denn laut Datenblatt beträgt V_{OL} maximal 1,2 V. **Implementierung der Familie TSH11x mit unipolarer Versorgungsspannung (0 bis +5 V).** Die Kombination aus C_{in} und R_3 wirkt wie ein Hochpassfilter am Eingang ($f_c = 16 \text{ Hz}$), entfernt den ursprünglichen DC-Anteil des Videosignals und erzeugt ein Signal auf gleitendem Potenzial (Bild 7). Der aus R_1 und R_2 gebildete Spannungsteiler stellt den neuen DC-Anteil ein, der mindes-

tens $1/2 V_{OL(max)}$ (gemessener Wert) betragen muss. Beide Widerstände müssen außerdem ausreichend hoch sein, um den Stromfluss durch R_1 und R_2 zu begrenzen. Die Maximalwerte von R_1 und R_2 werden so berechnet, dass $+I_{Bias(max)}$ einem Anteil von 1 % des Stroms durch R_1 und R_2 entspricht. Cout entfernt schließlich den DC-Anteil und erzeugt das ursprüngliche Videosignal-Format gemäß den TV-Spezifikationen.

Implementierung der Familien TSH7x-TSH8x-TSH9x-TSH11x mit bipolarer Spannungsversorgung ($\pm 5 \text{ V}$). Die Implementierung des Operationsverstärkers ist in diesem Szenario bedeutend einfacher, da die Video-Amplituden weit von den Versorgungsspannungs-Potenzialen entfernt sind (Bild 8). Nachteilig an dieser Lösung sind dagegen die Mehrkosten durch die -5-V-Stromversorgung. R_{fb} kann für den TSH7x-8x-9x 1 k Ω und für den TSH11x 680 Ω betragen.

Rekonstruktions-Filterung. Als Ausgangsstufe eines MPEG-Decoders dient ein DA-Wandler. Nachdem die Video-Information in den vorausgehenden Stufen in digitaler Form aufbereitet wurde, erzeugt dieser DA-Wandler wieder ein analoges Videosignal. Bei dieser Umwandlung fällt die Abtastfrequenz unglücklicherweise als Störsignal in das Frequenzspektrum des Videosignals, was zu Verzerrungen und Rauschen führt. Ein auch als

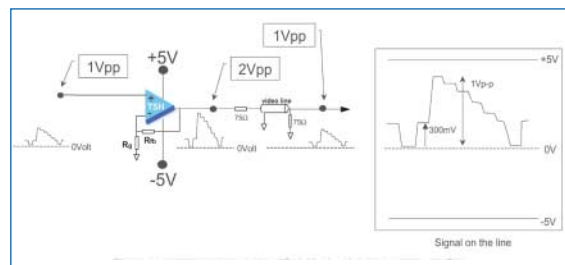


Bild 8: Implementierung der Familien TSH7x-TSH8x-TSH9x-TSH11x mit bipolarer Spannungsversorgung ($\pm 5 \text{ V}$).

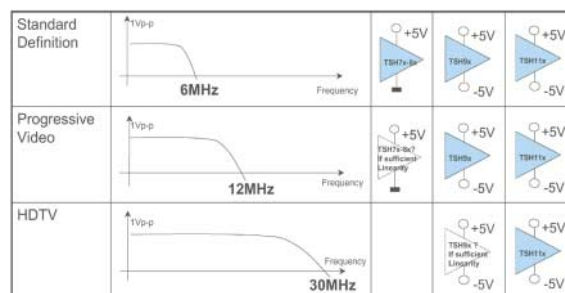


Bild 9: Auswahl des Verstärkers abhängig von der Video-Bandbreite.

Rekonstruktions-Filter bezeichneter Tiefpass wird deshalb zum Ausfiltern dieser störenden Signalkomponenten benötigt, wobei die Cut-off-Frequenz des Filters entsprechend der genutzten Video-Bandbreite (6, 12 oder 30 MHz) gewählt wird (Bild 9). Welcher Ordnung das Filter ist, steht in direktem Zusammenhang mit dem Verhältnis zwischen Abtastfrequenz und Video-Bandbreite: Ein Anheben der Abtastfrequenz ermöglicht die Verwendung eines Filters geringerer Ordnung. In einigen neuen DA-Wandler-Designs strebt man ein Heraufsetzen der Abtastfrequenz an, um in künftigen Lösungen ganz ohne Filter auszukommen.

Video-Eingangsstufe

Verhalten an kapazitiver Last. Ein schneller Operationsverstärker eignet sich zur Anpassung des Videosignals an die Eingangsstufe eines Fernsehgeräts oder einer Set-Top-Box. Der Eingang eines Chipsatzes (meist handelt es sich um den Eingang eines AD-Wandlers) besteht meist aus einem Widerstand von ca. 1 bis 2 k Ω parallel zu einer Kapazität, die einige 10 pF beträgt. Aus diesem Grund wird der Widerstand R_s in Reihe geschaltet, der die Auswirkungen der Kapazität auf die Stabilität des Operationsverstärkers begrenzt. (jj)

www.st.com

STMicroelectronics **503**

Christophe Prugne ist Mitarbeiter von STMicroelectronics in Grenoble/Frankreich.

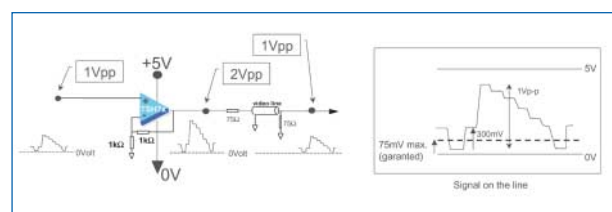


Bild 6: Implementierung der Familien TSH7x und TSH8x mit unipolarer Versorgungsspannung (0 bis +5 V).

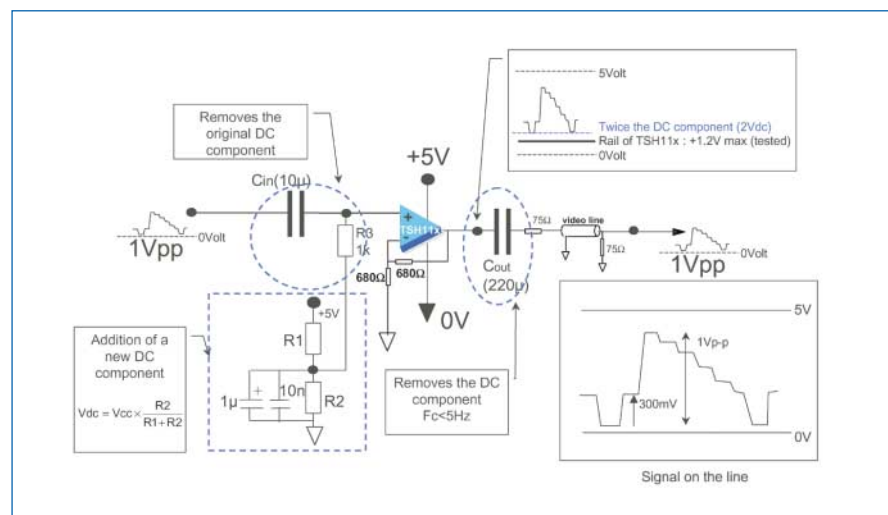


Bild 7: Implementierung der Familie TSH11x mit unipolarer Versorgungsspannung (0 bis +5 V).