

Verarbeitung von Videosignalen

In der ab ELV 1/93 beginnenden neuen Serie „praktische Schaltungstechnik“ beschreiben wir nützliche und interessante Detailschaltungen, die in eigenen Entwicklungen oder zum Teil auch selbständig einsetzbar sind. Bei den Erläuterungen wird besonderer Wert auf einen Bezug zur Praxis gelegt. Im vorliegenden Artikel beschreiben wir ausführlich einen Videoverstärker mit seinen wesentlichen Komponenten, der mit nur wenigen Standard-Bauteilen leicht nachbaubar bzw. in andere Schaltungen integrierbar ist.

Allgemeines

Gerade an einen Verstärker zur Übertragung von Videosignalen werden recht hohe Anforderungen gestellt, da sowohl Signale im NF-Bereich als auch mit Frequenzen bis über 5 MHz einwandfrei zu übertragen sind.

Zur Überbrückung von Distanzen über mehrere Meter treten bei Videosignalen im höheren Frequenzbereich Amplitudenverluste auf. Diese Verluste kommen in erster Linie durch im Wellenwiderstand nicht optimal angepaßte Videoleitungen sowie durch sonstige parasitäre Kapazitäten zustande.

Aufgrund der recht hohen Übertragungsfrequenzen scheiden für den Einsatz in Videoverstärkern Standard-Operationsverstärker aus, und spezielle, dafür konzipierte ICs, sind in der Regel recht teuer.

Hier bietet sich der Einsatz des „guten alten“ Transistors an, der für diese Aufgabe wie geschaffen ist und zum Bestand eines jeden Elektronik-Labors gehört.

Entsprechende Schaltungen, wie sie Abbildung 1 und 2 zeigen, sind daher ausgesprochen preisgünstig und einfach realisierbar.

Mit nur 2 Transistoren und wenigen externen Bauelementen ist es möglich, einen guten Videoverstärker aufzubauen, der neben der gewünschten Spannungsverstärkung eine Korrektur des Frequenzgangs erlaubt, um hierdurch auch nichtlineare Verluste auszugleichen. Je nach Anwendungsfall kann bei entsprechender Dimensionierung eine derartige Verstärkerschaltung zusätzlich noch als Impedanzwandler fungieren, der die Spannungsquelle relativ wenig belastet und das verstärkte Signal

ausgangsseitig niederohmig zur Verfügung stellt.

Auch kann die hier vorgestellte kleine Verstärkerschaltung nur zur Frequenzganglinearisierung Einsatz finden, bei der keine zusätzliche Verstärkung des Gesamtsignals gewünscht ist. In diesem Anwendungsfall werden die bei hohen Frequenzen in vorgehenden Stufen aufgetretenen Spannungsverluste bei entsprechender Dimensionierung exakt ausgeglichen, oder, falls gewünscht, sogar überproportional angehoben, um hierdurch auch Verluste der folgenden Stufen gleich mit zu kompensieren.

Eigenschaften des Videoverstärkers

Bevor wir zur Schaltungsbeschreibung kommen, wollen wir zunächst die Forderungen an unseren Verstärker zusammentragen:

- a) Spannungsverstärkung
- b) Bandbreite von <math><50\text{Hz}</math> bis 5 MHz
- c) Keine Phasendrehung des Videosignals zwischen Ein- und Ausgang, d. h. ein Videosignal mit negativ gerichteten Synchronimpulsen muß ausgangsseitig auch wieder in der gleichen Phasenlage anstehen.
- d) Frequenzganganpassung durch Anhebung der Verstärkung bei hohen Frequenzen
- e) Stabiler Arbeitspunkt über einen weiten Temperaturbereich
- f) Impedanzanpassung, d. h. auf den jeweiligen Anwendungsfall angepaßte Ein- und Ausgangswiderstände der Schaltung
- g) Geringer Schaltungsaufwand und kostengünstige Realisierung mit Standardbauelementen.

Aufgrund der vorstehend beschriebenen Forderungen an unseren Verstärker bietet sich als Transistorgrundschaltung die Emitter-Schaltung an, bei der die Emitter-Elektrode der gemeinsame Bezugspunkt für den Ein- und Ausgang darstellt.

Die meisten unserer Anforderungen werden mit dieser Transistorgrundschaltung bereits erfüllt, jedoch erhalten wir eine Phasendrehung von 180° zwischen Ein- und Ausgang, d. h. wir benötigen grundsätzlich einen 2stufigen Verstärker, damit am Ausgang wieder die gleiche Signalpolarität wie am Eingang vorliegt.

Durch eine geschickte Dimensionierung in Verbindung mit dem Einsatz je eines NPN- und eines PNP-Transistors kann bei der zweiten Stufe auf den Basisspannungsteiler sowie auf den Koppelkondensator verzichtet werden, und das am Kollektor der ersten Stufe um 180° phasengedrehte Videosignal kann direkt ohne galvanische Trennung auf die Basis der zweiten Stufe gekoppelt werden.

Schaltung

Die in Abbildung 1 und 2 dargestellten Schaltungsvarianten sind in vielen ELV-Videoschaltungen mit den unterschiedlichsten, für den jeweiligen Anwendungsfall angepaßten Dimensionierungen wiederzufinden. Beide Schaltungen haben die gleichen Funktionen, wobei lediglich die Stromrichtungen und Spannungspolaritäten gegensätzlich sind. Bei der folgenden ausführlichen Beschreibung betrachten wir zunächst nur die erste Stufe der in Abbildung 1 dargestellten Schaltungsvariante.

Das Videosignal wird bei einer Übertragung über Koax-Kabel mit 75Ω abgeschlossen und über den Koppelkondensator C 1 auf die Basis des Transistors T 1 geleitet. C 1 ist so zu dimensionieren, daß die niederfrequenten Signalanteile noch einwandfrei übertragen werden. Beim Videosignal ist hier die vertikale Austastlücke zu nennen.

Die untere Grenzfrequenz wird durch den Eingangswiderstand der Schaltung R_{IN} in Verbindung mit dem Kondensator C 1 bestimmt. Der Eingangswiderstand wiederum setzt sich aus der Parallelschaltung der beiden Basisspannungsteilerwiderstände R 1 und R 2 sowie dem Transistoreingangswiderstand der Schaltung zusammen. Durch den auch zur Stromgegenkopplung eingefügten Emitter-Widerstand R 4 ist der Transistoreingangswiderstand so weit vergrößert, daß er praktisch vernachlässigbar ist und der Eingangswiderstand der Schaltung im wesentlichen nur noch durch die Basisspannungsteilerwiderstände R 1 und R 2 bestimmt wird.

Besondere Bedeutung kommt der Wahl des richtigen Arbeitspunktes der Schal-

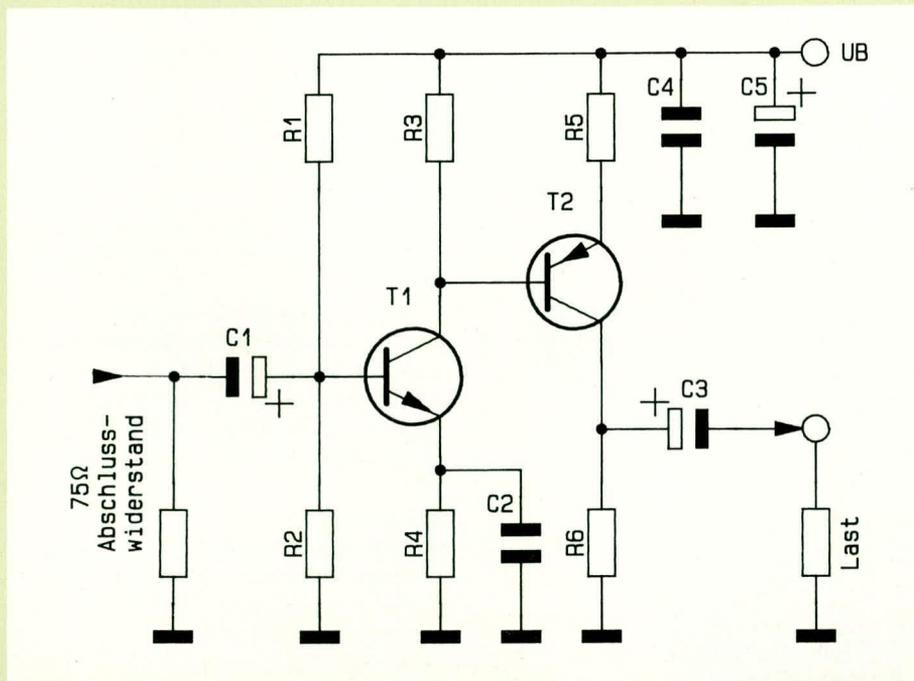


Bild 1: Videosignal-Verstärker mit NPN-Eingangs- und PNP-Ausgangstransistor

tung zu. Hierfür ist der Basisspannungsteiler R 1, R 2 verantwortlich. Die Basis des Transistors T 1 wird mit der Wechselspannung des Videosignals beaufschlagt und im Bereich des Arbeitspunktes ausgereut. Der Arbeitspunkt ist dabei so zu wählen, daß der Transistor sowohl für die positiven als auch für die negativen Signalanteile im linearen Betriebsbereich arbeitet.

Da alle Transistorgrößen stark temperaturabhängig sind, ist unbedingt eine Arbeitspunktstabilisierung erforderlich.

In der vorliegenden Schaltung wird eine Stabilisierung des Arbeitspunktes durch die Stromgegenkopplung in der Emittler-Leitung mit folgender Funktion erreicht:

Eine temperaturbedingte Erhöhung der Verstärkung von T 1 erzeugt am Emittler-Widerstand R 4 einen höheren Spannungsabfall, der seinerseits die Basis-Emittler-Spannung U_{BE} reduziert. Dies wirkt dem Verstärkungsanstieg unmittelbar entgegen. Ein temperaturbedingtes Ansteigen des Kollektorstromes ist somit nicht möglich. Durch die Arbeitspunktstabilisierung wird praktisch die Eingangskennlinie des Transistors linearisiert.

Die Stromgegenkopplung bewirkt allerdings auch eine Verringerung der Verstärkung, die durch das Verhältnis von R 3 zu R 4 bestimmt wird.

Soll jetzt bei hohen Frequenzen eine Anhebung der Verstärkung erfolgen, so wird der Emittler-Widerstand R 4 durch einen kleinen Kondensator (C 2) überbrückt. Die Eckfrequenz der Verstärkungsanhebung wird dabei durch R 4 und C 2 bestimmt.

Doch gerade beim Videosignal ist unbedingt darauf zu achten, daß die hohen Frequenzen nicht zu stark angehoben werden,

da sonst die bei 4,43 MHz liegende Farbinformation bis in den Synchronpegel hineinlaufen kann, was wiederum ein Aussetzen der Synchronisation zur Folge hätte.

Der optimale Wert für C 2 läßt sich am besten empirisch ermitteln. Eingangsseitig wird im Idealfall ein Multi-Burst-Signal zugeführt und der Ausgang dann oszillografiert, um so einen möglichst linearen bzw. den individuellen Wünschen entsprechenden Frequenzgang zu erhalten.

Das am Kollektor der ersten Stufe anstehende, verstärkte Videosignal wird direkt galvanisch auf die ebenfalls in Emittler-Schaltung betriebene zweite Transistor-

stufe geführt. Daß es sich hier auch um eine Emittler-Schaltung handelt, wird deutlich, wenn man berücksichtigt, daß die Betriebsspannung wechsellspannungsmäßig über das Netzteil und die Abblockkondensatoren C 4 und C 5 auf Massepotential liegt.

Genau wie bei der ersten Stufe wird auch hier die Verstärkung direkt vom Verhältnis des Kollektorwiderstandes R 6 zum Emittlerwiderstand R 5 bestimmt. Hierbei ist unbedingt zu beachten, daß der Lastwiderstand R_A in die Verstärkung mit eingeht und praktisch parallel zu R 6 liegt. Bei einem relativ großen Emittlerwiderstand, der wiederum den Eingangswiderstand der Stufe maßgeblich mitbestimmt ($R_{IN} = I_{BE} + \beta \cdot R_E$), wird die erste Stufe nur geringfügig belastet.

Soll der Verstärker eine mit 75 Ω abgeschlossene Videoleitung treiben, empfiehlt es sich, zur Impedanzanpassung den Generatorausgangswiderstand (in unserem Fall ausschließlich von R 6 bestimmt) ebenfalls mit 75 Ω einzusetzen. Der Ausgangselko C 3 ist so zu bemessen, daß die tiefsten Videofrequenzen noch einwandfrei übertragen werden, d. h. für C 3 ergibt sich ein Wert von 470 μF .

In Abbildung 2 ist das Schaltbild unseres Videoverstärkers dargestellt, jedoch eingangsseitig mit einem PNP- und ausgangsseitig mit einem NPN-Transistor. Die Funktionsweise ist praktisch identisch zu Abbildung 1.

Für das Einbinden dieser Schaltungen in eigene Entwicklungen ist das Leiterbahnlayout den individuellen Erfordernissen anzupassen. Aufgrund der hohen auftretenden Frequenzen ist auf eine kurze induktivitäts- und kapazitätsarme Leitungsführung zu achten. ELV

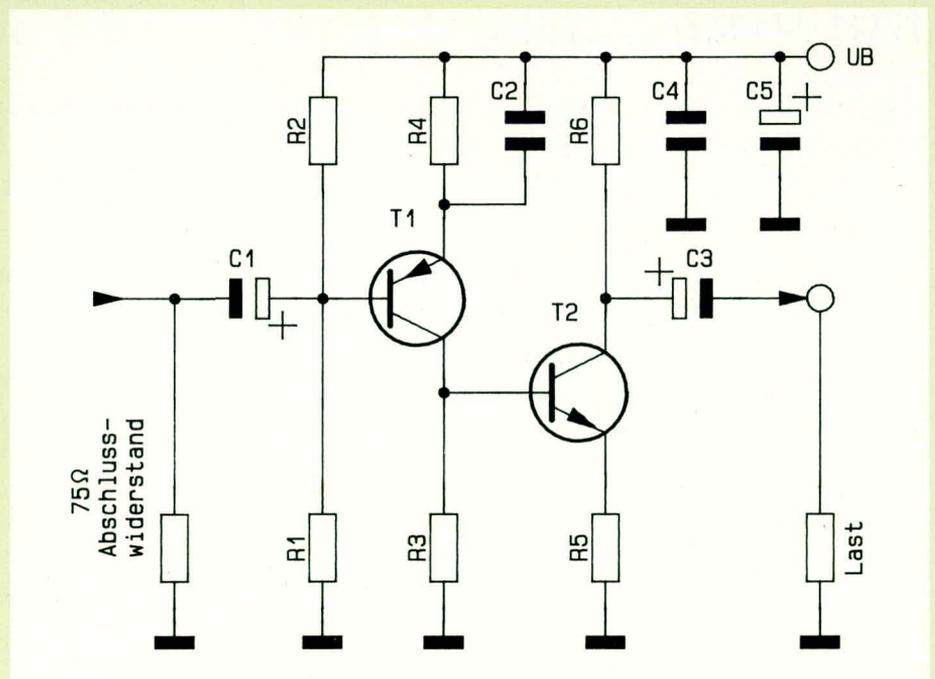


Bild 2: Videosignal-Verstärker mit PNP-Eingangs- und NPN-Ausgangstransistor