



Audio-Rauschunterdrückungssystem NRS 401

Teil 2

Dieses nach dem HUSH-System arbeitende Rauschunterdrückungsverfahren unterscheidet sich von den meisten anderen am Markt befindlichen Systemen durch seine universelle Einsetzbarkeit. Die nicht notwendige Vorcodierung des zu „entrauschenden“ Audiosignales ermöglicht es, alle beliebigen Audio-Signalquellen zu bearbeiten. In diesem zweiten Teil des Artikels wenden wir uns der detaillierten Schaltungsbeschreibung zu und werden anschließend den sehr einfach gehaltenen Nachbau beschreiben.

Allgemeines

Ein signifikantes Merkmal eines jeden Signales in der Nachrichtentechnik ist der Signal-Rauschabstand. Bei Audiosignalen tritt dieser Signalparameter sehr deutlich hervor, da er direkt hörbar wird. Jedes Audiosignal ist mit einem mehr oder weniger großen Rauschen unterlegt. Ob dieser vorhandene Rauschsockel hörbar wird, hängt von sehr vielen Faktoren ab. Neben dem betrachteten Frequenzbereich spielen hier noch verschiedene andere Effekte (z. B. Maskierungseffekte), die wir bereits im ersten Teil dieses Artikels beschrieben haben, eine entscheidende Rolle bei der akustischen Wahrnehmung des Rauschens.

Die gesamte Wiedergabequalität eines Musikstückes wird sehr stark vom hörbaren Rauschanteil beeinflusst. Um die Qua-

Technische Daten

Audio-Eingang: 2 x Cinch-Buchse
 Eingangsimpedanz: 47 k Ω
 Audio-Ausgang: 2 x Cinch-Buchse
 Ausgangsimpedanz: 7 Ω effektive
 Rauschunterdrückung: max. 25 dB
 Verstärkung: 0 dB
 Klirrfaktor (@ 1 kHz, Bypass-Mode):
 $\leq 0,02$ % (typ.)
 Frequenzgang:
 - Bypass-Mode ... 10 Hz bis 37 kHz
 - Rauschunterdrückung aktiv:
 10 Hz bis (3 kHz bis 37 kHz
 dynamisch angepaßt)
 Abmessungen
 (L x B x T): 140 x 66 x 26 mm
 Stromversorgung: 12 V bis 16 V DC /
 25 mA (3,5mm-Klinkenbuchse)

lität von Audioaufzeichnungen zu steigern, wurden zahlreiche verschiedene Rauschunterdrückungsverfahren entwickelt. Sehr starke Auswirkungen ergeben sich vor allem bei Bandaufnahmen, da hier das Bandrauschen die erreichbare Dynamik sehr stark einschränkt. Daher gibt es für diesen Einsatzbereich eine große Zahl verschiedener Systeme.

Gemeinsames Merkmal der meisten Systeme ist aber die Notwendigkeit, schon bei der Aufnahme das entsprechende Rauschunterdrückungsverfahren zu aktivieren (Vorcodierung), um später bei der Wiedergabe in den Genuß der Rauschreduktion kommen zu können. Diese Systeme versagen somit bei nicht vorcodierten Aufnahmen, außerdem ist ihr Anwendungsbereich auf die Bandaufzeichnung und -wiedergabe beschränkt.

All diese Einschränkungen gelten nicht

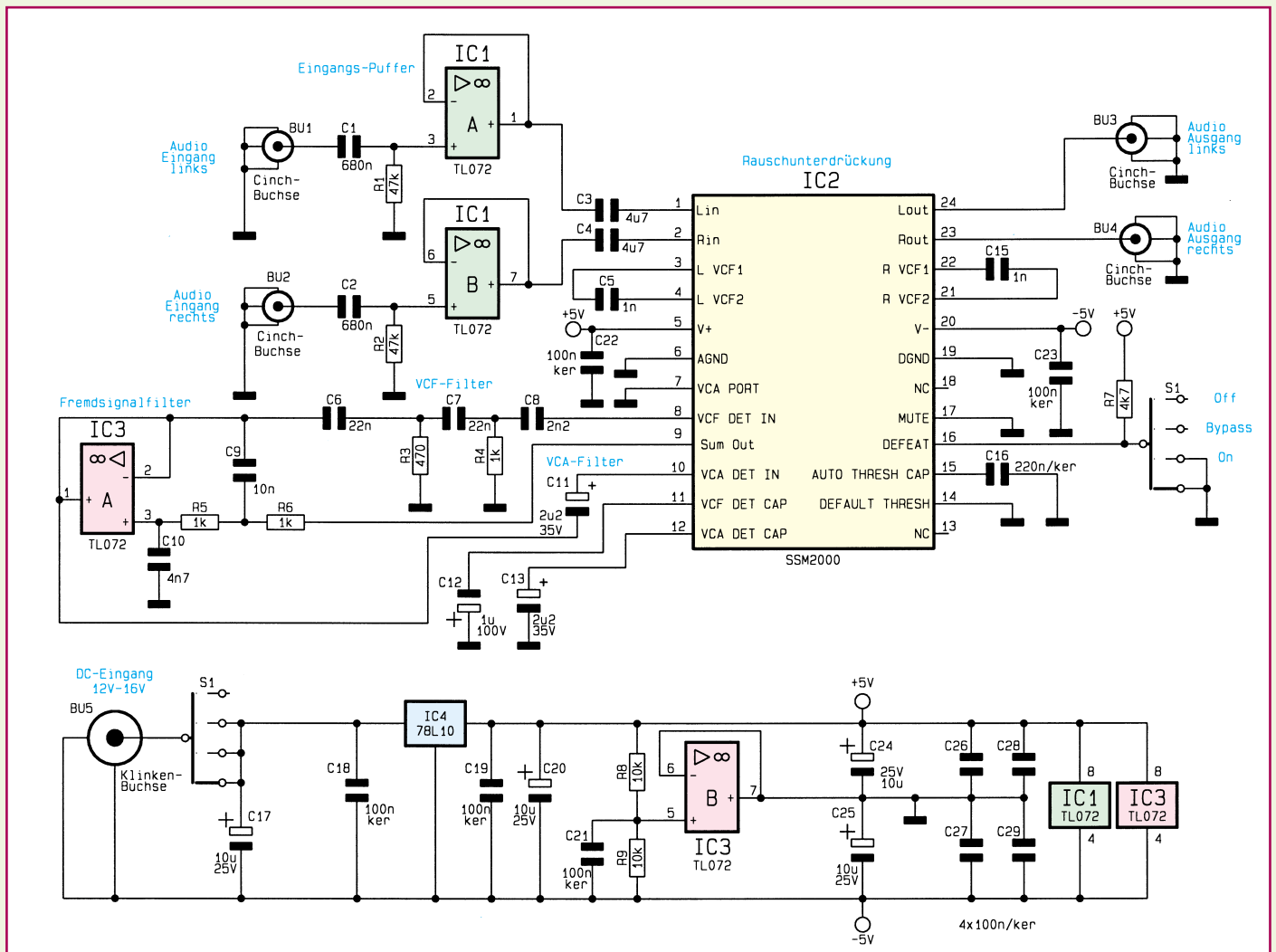


Bild 7: Schaltbild des Rauschunterdrückungssystems

für das neue, innovative Rauschunterdrückungssystem ELV-NRS 401, das nach dem HUSH-Prinzip arbeitet, da hier keine Vordcodierung des Audiosignales notwendig ist. Dieses System paßt sich dynamisch den Rauscheigenschaften des zugeführten Audiosignales an. Somit ist dieses Rauschunterdrückungsverfahren in der Lage, jedes beliebige Audiosignal in effizienter Weise zu „entrauschen“, eine wichtige Voraussetzung für die universelle Einsetzbarkeit eines in der Praxis brauchbaren Systems. Im folgenden werden wir die interessante Schaltung unseres nach dem HUSH-Verfahren arbeitenden Rauschunterdrückungssystems ELV-NRS 401 näher betrachten.

Schaltung

Das Herzstück des Rauschunterdrückungssystems ist der integrierte Schaltkreis vom Typ SSM 2000 des Herstellers Analog Devices. Dieses komplexe IC beinhaltet alle zur Rauschreduktion nach dem HUSH-Prinzip erforderlichen Schaltungsteile für beide Stereokanäle, so daß nur

wenige externe Komponenten notwendig sind. Aufgrund dieser hohen Integrationsdichte des ICs kommt der Auswahl und Dimensionierung der externen Bauteile aber eine wesentliche Bedeutung zu. Die hohe Integrationsdichte sorgt auch dafür, daß das in Abbildung 7 dargestellte Schaltbild dieses Rauschunterdrückungssystems trotz seiner komplexen Funktionen sehr übersichtlich ist.

Die an den Audio-Eingangsbuchsen BU 1 und BU 2 eingespeisten NF-Signale werden über die kapazitive Entkopplung aus C 1 und C 2 auf das als Eingangspuffer arbeitende IC 1 geführt. Dieser als Impedanzwandler beschaltete Operationsverstärker stellt dem Rauschunterdrückungsbaustein IC 2 an den Pins 1 und 2 das jeweilige Audiosignal zur Verfügung. Die relativ großen Kondensatoren C 3 und C 4 sorgen auch hier für eine gleichspannungsmäßige Entkopplung mit einer entsprechend kleinen unteren Grenzfrequenz.

An den Ausgängen „Rout“ und „Lout“ (Pin 23 und Pin 24) von IC 2 stehen dann die von der Rauschunterdrückung „bearbeiteten“ Audiosignale zur Verfügung. Da

das IC bereits einen Ausgangspuffer besitzt, ist hier keine weitere Anpassung notwendig und das Audiosignal wird direkt auf die Audio-Ausgangsbuchsen BU 3 und BU 4 gegeben.

Nach dieser kurzen Beschreibung des Signalweges, folgt nun eine detailliertere Darstellung der zum Teil IC-internen Signalverarbeitung, wobei wir die grundsätzliche Funktion des HUSH-Noise-Reduction-Systems bereits im vorangegangenen Artikel betrachtet haben.

Um eine optimierte Rauschunterdrückungsfunktion zu gewährleisten, müssen die Eingangssignale im Hinblick auf ihre Frequenz- und Amplitudenverteilung untersucht werden. Dabei sind beide Signalcomponenten zu betrachten, sowohl das Nutzsinal als auch das unerwünschte Rauschen. Anschließend werden die Audiosignale des linken und rechten Kanals mit den rauschreduzierenden Schaltungsabschnitten bearbeitet. Diese für die Rauschunterdrückung wirksamen Componenten sind ein spannungsgesteuerter Verstärker (VCA) und ein spannungsgesteuertes Filter (VCF).

Die hohe Kunst dieses Rauschunterdrückungssystems liegt in der patentierten Erzeugung der Steuerspannungen, die in der Lage sein müssen zwischen Nutzsignal und Rauschsignal zu unterscheiden. Diese Steuerung hat so zu erfolgen, daß das Nutzsignal möglichst wenig beeinflusst wird, während das störende Rauschen möglichst komplett eliminiert wird. Abbildung 8 zeigt das prinzipielle Blockschaltbild des Rauschunterdrückungssystems, anhand dessen wir im folgenden die Funktion konkret beschreiben werden.

Das Audio-Eingangssignal gelangt IC-intern zunächst auf das spannungsgesteuerte Filter, anschließend wird das Signal über den spannungsgesteuerten Verstärker und die Pufferstufe auf die Ausgangspins geführt. Um den Durchgriff der Steuerspannungen auf das Nutzsignal zu reduzieren, ist der gesamte Signalweg IC-intern symmetrisch ausgeführt.

Die zur Steuerung des VCA und VCF erforderlichen Spannungen werden mit sehr aufwendigen Verfahren aus den Audio-Eingangssignalen gewonnen. Dazu wird aus dem rechten und linken Stereokanal zuerst ein Summensignal gebildet, das am Pin 9 von IC 2 zur Verfügung steht.

In einem Fremdsignalfilter erfolgt dann eine Vorfilterung, bevor das Summensignal auf die entsprechenden Filter der zugehörigen VCF- und VCA-Detektoren gelangt. Das Fremdsignalfilter soll verhindern, daß nicht zum Audiosignal gehörende Signalanteile, wie z. B. der Stereopiloton eines UKW-Tuners, Fragmente der Arbeitsfrequenz von Schaltnetzteilen oder Ablenkschaltungen im TV- oder PC-Bereich, Reste der Samplingfrequenz von CD-

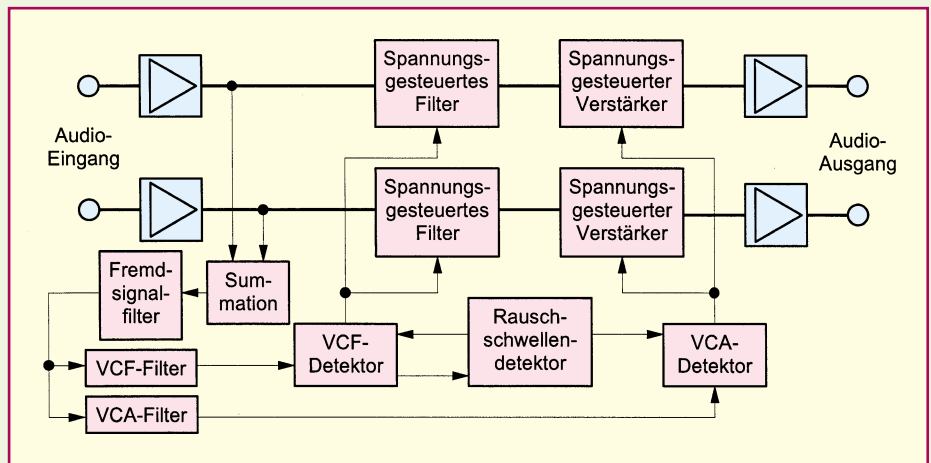


Bild 8: ELV-NRS 401 im Blockdiagramm

Playern usw. das Rauschunterdrückungssystem „außer Tritt“ bringen. Diese Gefahr besteht prinzipiell bei allen Rauschunterdrückungssystemen. Wird z. B. der Stereopiloton nicht ordnungsgemäß aus dem Ausgangssignal eines Tuners herausgefiltert, so wird das Rauschunterdrückungssystem dieses als Nutzsignal erkennen, obwohl das derzeit aktuelle Nutzsignal beispielsweise nur eine obere Grenzfrequenz von 10 kHz benötigt. Das variable Filter (VCF) würde seine Grenzfrequenz konstant auf >19 kHz legen und wäre somit für die Rauschunterdrückung nicht wirksam. Um dies zu vermeiden, wird mit Hilfe einer zusätzlichen Filterschaltung verhindert, daß diese Fremdsignale auf die Signaldetektoren gelangen.

In der ELV-Rauschunterdrückung kommt ein Butterworth-Tiefpaßfilter 2. Ordnung mit einer Grenzfrequenz von ca. 24 kHz zum Einsatz. Dieses Filter ist mit

IC 3A und Beschriftung aufgebaut. Die Grenzfrequenz wurde so gewählt, um die außerhalb des Hörbereichs liegenden Störungen zu unterdrücken. Die Grenzfrequenz dieses Tiefpaßfilters darf nicht in den aktiven Frequenzbereich einer Audioquelle gelegt werden, da die dann herausgefilterten Nutzsignalanteile nicht mehr für die Steuerspannungserzeugung wirksam werden. Liegen die Fremdsignale im Nutzbereich, wie z. B. der Stereopiloton, so muß mit einer steiflankigen Bandsperre gearbeitet werden, um dieses Signal von den Detektorschaltungen fern zu halten.

Da das ELV-NRS 401 universell einsetzbar sein muß, wurde hier auf ein so spezielles Filter verzichtet. Ein solches Filter würde den Einsatzbereich des Systems z. B. auf Quellensignale eines Tuners (19kHz-Bandsperre) oder eines TV-Gerätes (15,625kHz-Bandsperre) beschränken. Außerdem werden bei den heutigen Geräten diese im Hörbereich liegenden Fremdsignale soweit unterdrückt, daß sie sich normalerweise nicht mehr störend auswirken.

Bei Störsignalen, die oberhalb des Hörbereichs (>20 kHz) liegen, wird allerdings oft auf eine wirksame Filterung verzichtet. So taucht z. B. oftmals die Taktfrequenz eines Schaltnetztes im NF-Spektrum auf und kann dann u. a. ein Rausch-

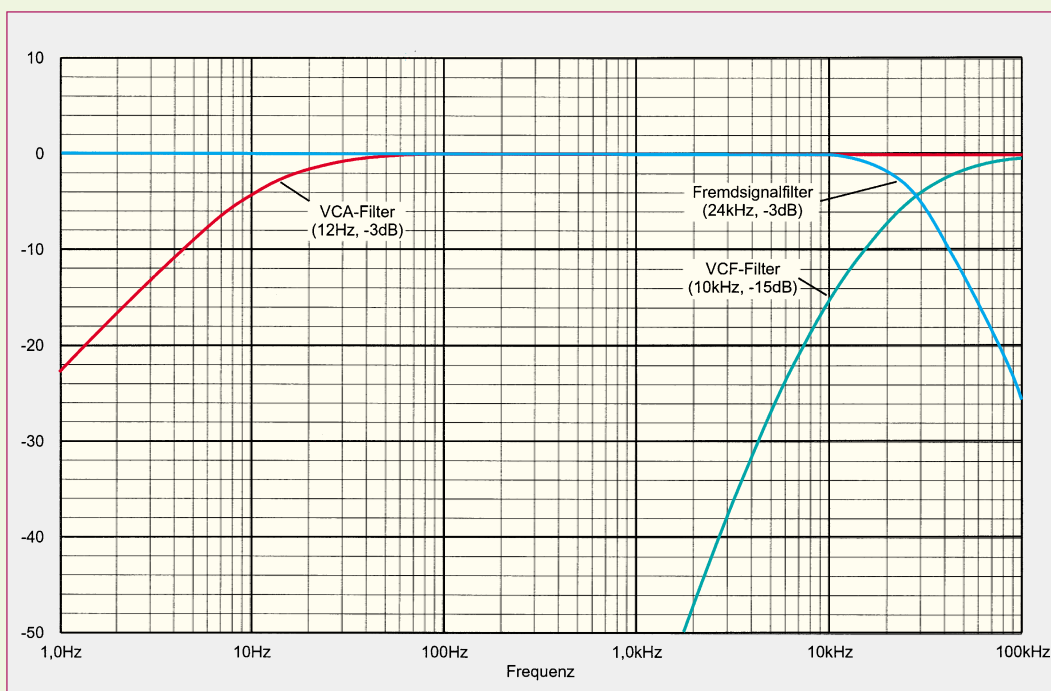


Bild 9: Frequenzgang des Fremdsignals, VCA- und VCF-Filters

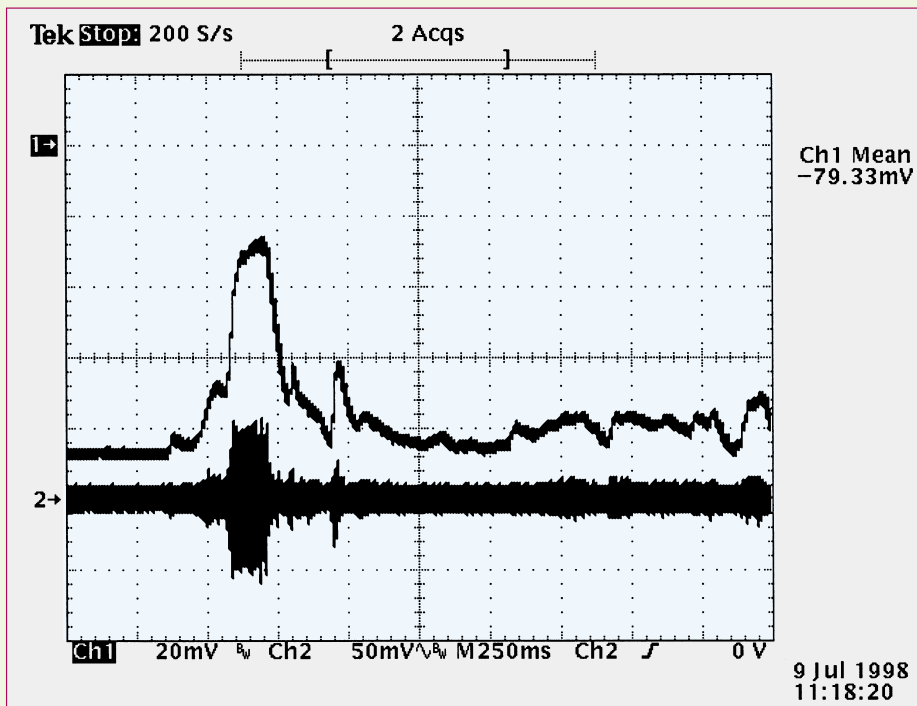


Bild 10: Eingangssignal des VCF-Detektors mit zugehörigem Detektorausgangssignal

unterdrückungssystem völlig lahmlegen. Solche Störungen unterdrückt das hier eingesetzte Fremdsignalfilter.

Nach der Filterung der Fremdsignale wird das Summensignal auf die beiden Bewertungsfilter für die speziellen Detektoren gegeben. Da beide Detektoren (VCF und VCA) im Prinzip einfache Spitzenwertdetektoren sind und somit nur die Amplitude des zugeführten Signales auswerten, muß die „Intelligenz“ in die vorgeschalteten Bewertungsfilter (VCF- und VCA-Filter) verlegt werden.

Der VCF-Detektor generiert die Steuerspannung für den variablen Tiefpaß (VCF). Daher muß hier gewährleistet sein, daß diese Steuerspannung im wesentlichen aus den hochfrequenten Signalanteilen gebildet wird. Das Bewertungsfilter hat dafür zu sorgen, daß die höherfrequenten Signalanteile eine stärkere Gewichtung bekommen als die niederfrequenten. Weiterhin muß das Filter die Tatsache berücksichtigen, daß in einem Musikstück die Signalamplituden mit steigender Frequenz kleiner werden.

Um all diese Vorgaben zu erfüllen, ist dem VCF-Detektor an Pin 8 von IC 8 ein Hochpaßfilter 3. Ordnung vorgeschaltet. Dieses VCF-Filter, bestehend aus C 6 bis C 8 und R 3, R 4 und dem Eingangswiderstand des ICs, ist so dimensioniert, daß sich bei $f = 10 \text{ kHz}$ eine Dämpfung von $a \approx 15 \text{ dB}$ einstellt.

An das Bewertungsfilter für den spannungsgesteuerten Verstärker (VCA) werden andere Anforderungen gestellt. Die Verstärkungsänderung soll bei sehr kleinen Signalpegeln wirksam werden, unab-

hängig von der spektralen Verteilung. Im allgemeinen sind in einem Musikstück vor allem die nieder- und mittelfrequenten Signalanteile im Bereich 50 Hz bis 2 kHz mit großen Amplituden vertreten. Um auch diese Signale dem VCA-Detektor an Pin 10 zuzuführen, muß die untere Grenzfrequenz des VCA-Filters sehr klein gewählt werden. Bei dem hier eingesetzten Hochpaßfilter, bestehend aus C 11 und dem Eingangswiderstand von IC 2, wurde eine untere Grenzfrequenz von ca. 12 Hz gewählt. Zur Verdeutlichung sind in Abbildung 9 der Frequenzgang des Fremdsignal-, des VCA- und des VCF-Filters dargestellt.

Nachdem die entsprechenden Detektoren mit den zugehörigen Signalen versorgt werden, erzeugen diese daraus entsprechende Steuersignale. Diese Steuerspannungen werden mit Hilfe der Detektorkapazitäten C 12 und C 13 gefiltert, die die Zeitkonstante des zugehörigen Detektors bestimmen. Durch die Dimensionierung der Kapazitäten hat der Entwickler die Möglichkeit, auf die Steuerspannungen Einfluß zu nehmen. Ein typisches Ausgangssignal des VCF-Detektors (Pin 11) mit dem zugehörigen bewerteten NF-Eingangssignal (Pin 8) ist in Abbildung 10 dargestellt. Der untere Graph (Ch2) zeigt das NF-Signal, während oben (Ch1) das VCF-Detektor-Ausgangssignal zu sehen ist, das letztlich die Steuerspannung für das spannungsgesteuerte Filter generiert. Hier ist gut zu erkennen, daß sobald ein entsprechend hochfrequenten NF-Signal auftaucht, die Änderung der Steuerspannung ohne Verzögerung erfolgt und somit das interne

variable Tiefpaßfilter (VCF) seine Grenzfrequenz anpaßt.

Die beiden bisher beschriebenen Detektorschaltungen sind für die spektrale Analyse des NF-Signals zuständig. Eine ganz entscheidende Aufgabe, die ein effektives Rauschunterdrückungssystem lösen muß, ist die Unterscheidung zwischen Nutz- und Rauschsignal. Da diese Differenzierung automatisch und quellensignalabhängig erfolgen muß, ist hierfür ein durchdachtes Konzept notwendig.

Beim HUSH-System wird die Aussage über den aktuellen Rauschsockel des NF-Eingangssignals aus dem Ausgangssignal des VCF-Detektors gewonnen. Der Kondensator C 16 hat hier für die Arbeitsweise eine entscheidende Bedeutung. Die Höhe des detektierten Rauschsockels spiegelt sich im Ladezustand dieser Kapazität wieder. Die eigentlichen Steuerspannungen für den spannungsgesteuerten Verstärker und das spannungsgesteuerte Filter werden dann, wie auch aus Abbildung 8 ersichtlich, aus den entsprechenden Detektorspannungen und einer der Rauschschwelle proportionalen Spannung gebildet.

Wie aus der obigen Beschreibung, die nur einen kleinen Einblick in die recht komplexe Arbeitsweise des ELV-NRS 401 geben sollte, erkennbar ist, handelt es sich hier um ein sehr dynamisches System. Diese hohe Dynamik ist notwendig, um eine möglichst effiziente Rauschreduktion zu gewährleisten und dabei das Nutzsignal so wenig wie möglich zu beeinflussen.

Zum Abschluß der Schaltungsbeschreibung wenden wir uns noch einem einfacheren Schaltungsteil zu und erläutern das Netzteil mit der Erzeugung der „künstlichen Masse“.

Die an der 3,5mm-Klinkenbuchse BU 5 zugeführte Gleichspannung muß im Bereich von 12 V bis 16 V liegen und in der Lage sein, einen Strom von ca. 25 mA zu liefern. Über den Schalter S 1 gelangt die DC-Spannung dann auf den Spannungsregler IC 4, der eine stabilisierte Ausgangsspannung von 10 V generiert.

Da sowohl das Rauschunterdrückungs-IC als auch die zur Pufferung verwendeten Operationsverstärker eine symmetrische Betriebsspannung benötigen, muß eine künstliche Symmetrierung erfolgen. Mit Hilfe der beiden Widerstände R 8 und R 9 und des Operationsverstärkers IC 3 B wird ein künstliches Massepotential erzeugt. Das so geschaffene Potential ist der Massebezugspunkt für die gesamte Schaltung und definiert so die positive und negative Betriebsspannung von $\pm 5 \text{ V}$.

Nach dieser detaillierten Beschreibung der Schaltung wenden wir uns im „ELV-Journal“ 6/98 dem übersichtlichen Nachbau des ELV-Rauschunterdrückungssystems NRS 401 zu.

ELV