

SWISS SOUND

NEWS AND VIEWS FROM SWITZERLAND

Editorial

Vor zehn Jahren hatten wir uns bei Studer International intensiv damit auseinander gesetzt, ein Magazin herauszugeben, um «...unseren weltweit wachsenden Kundenkreis vermehrt über das Geschehen innerhalb der Studer Revox Gruppe zu orientieren...», wie es Eugen Spörri in seinen Gedanken zur ersten Ausgabe formulierte. Alle an diesem Projekt beteiligten Mitarbeiter aus Verkauf und Werbung/PR hatten sich begeistert eingesetzt. Doch es zeigte sich auch, dass zwischen dem Entwerfen eines Konzeptes und der regelmässigen Herausgabe einer technisch-produktorientierten Zeitschrift gewisse Unterschiede bestehen. Durchhaltewillen war gefragt, denn es war nicht immer einfach, neben der gewohnten Arbeit, regelmässig die erforderliche Zeit freizustellen. Das galt und gilt weiterhin, besonders auch für die Autoren aus den Bereichen Entwicklung und Produkt-Engineering, die alle freiwillig und ohne spezielle Vergütung mitarbeiten. Im Namen der Geschäftsleitung von Studer Revox AG, als Herausgeberin von

SWISS SOUND, möchte ich allen Autoren einen ganz besonderen Dank aussprechen. Die Kooperation ist über die vielen Jahre bis heute ausgezeichnet geblieben.

Nicht weniger möchte ich aber auch den vielen Lesern danken, die aktiv in der Form von Anerkennung, Fragen und Anregungen mitgeholfen haben, dem SWISS SOUND einen festen Platz in der Medienlandschaft zu sichern. Als besonders schönes Beispiel dazu veröffentlichten wir in dieser Ausgabe ein Schreiben, das wir aus Albanien erhalten haben.

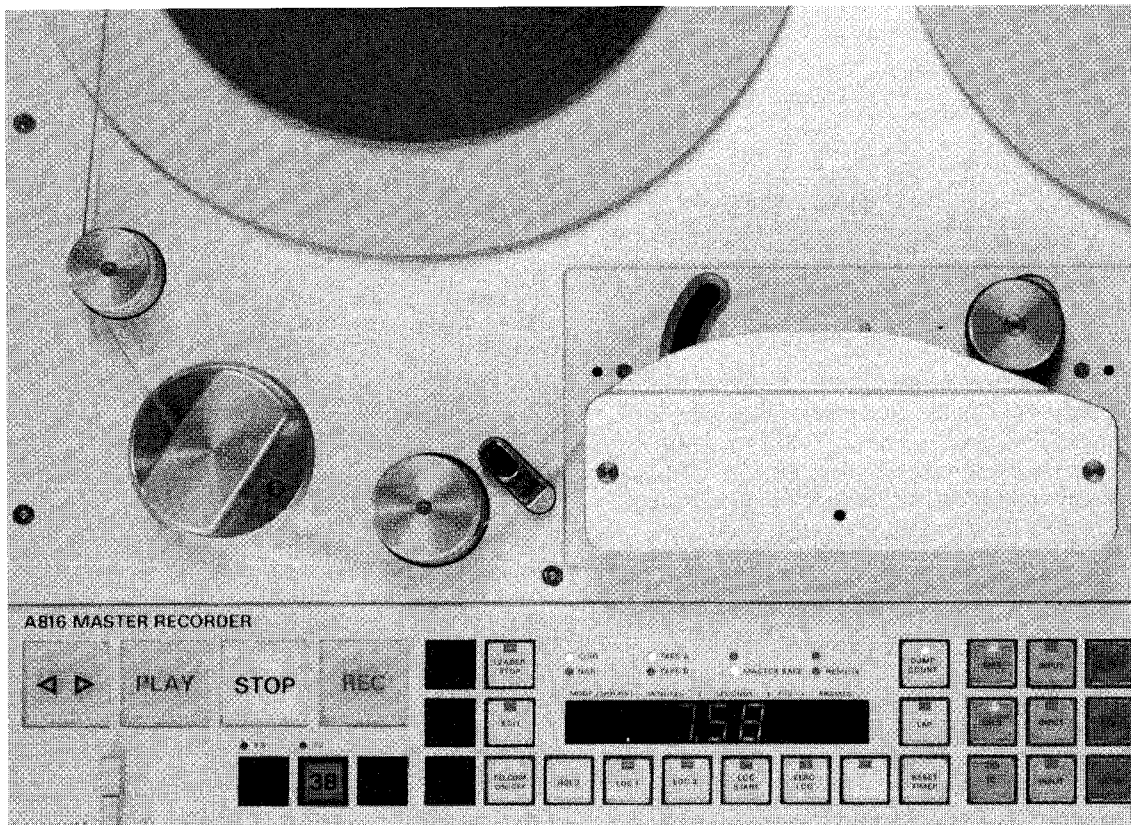
Neben weiteren Beiträgen bringen wir in dieser Ausgabe den angekündigten, zweiten Teil des umfangreichen Berichtes über die Technik der digitalen Mehrkanal-Tonbandmaschinen D820 MCH.

Wir danken Ihnen für die Aufmerksamkeit, und wünschen Ihnen verehrte Leser auch in Zukunft viel Anregung durch den SWISS SOUND.

Ihr Marcel Siegenthaler

In dieser Ausgabe:

- STUDER D820 MCH:**
Das Antialiasing-Filter
 Seite 2
Der Equalizer
 Seite 5
Interner Synchronizer
 Seite 7
Aufgaben und Funktionen des Sound Memorys
 Seite 9
-
- Unsere Frau in Tirana**
 Seite 11
-
- SAAP 1.2**
 Seite 11
-
- Das Nervenzentrum**
 Seite 12
-
- STUDER A816:**
Das Arbeitspferd
 Seite 14
-
- Die Luft, das nichtlineare Medium**
 Seite 18
-
- Zimbabwe Broadcasting Corporation**
 Seite 19
-
- STUDER REVOX an den Tellspielen**
 Seite 20
-
- Neue Patente**
 Seite 20



STUDER D820 Multichannel

Das Antialiasing-Filter

Von Paul Zwicky



Paul Zwicky

Sollen analoge Audiosignale in digitale umgewandelt werden, muss man die momentanen Auslenkungen des analogen Signals in einem genügend schnellen Rhythmus messen. In DASH-Maschinen erfolgen beispielsweise "Momentaufnahmen" im Abstand von 20.83 µs, was einer Abtastfrequenz (Sampling-Frequenz f_s) von 48 kHz entspricht.

Die Operation des Abtastens bringt keine eindeutigen Ergebnisse. Der Abtastvorgang ist eine Art Mischung, wie wir sie von Überlagerungsempfängern her kennen. Beidseitig der Abtastfrequenz entstehen die bekannten Seitenbänder, die so breit sind wie das Niederfrequenzband.

Aus Bild 1 wird klar ersichtlich, dass der Frequenzbereich des Audiobandes nicht über $f_s/2$ hinaus gehen darf, sonst würden sich die Bänder kreuzen. Es entstünden Mehrdeutigkeiten (Aliasing) bei der Reproduktion, deshalb muss der Audiobereich definiert beschnitten werden. Das ist die Aufgabe des Antialiasing-Filters.

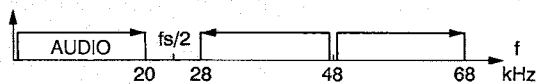


Bild 1: Frequenzspektrum bei Abtastung.

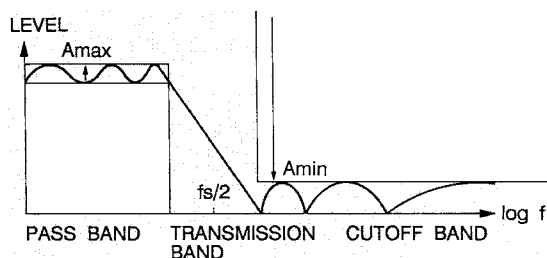


Bild 2: Filterbereiche.

Die Anforderungen

Bei der Definition eines Filters spricht man von drei Bereichen (Bild 2). Der *Durchlassbereich* soll bis max. 20 kHz reichen, und die Abweichungen vom geraden Frequenzgang sollen typ. 0.1 dB nicht überschreiten.

Der *Sperrbereich* beginnt bei 28 kHz. Da der Mensch Nebensignale unter -60 dB nicht mehr hören kann (Maskierung), genügt eine Sperrdämpfung A_{min} von 60 dB.

Im *Übergangsbereich* teilen sich die Antialiasing-Filter der Aufnahme- und Wiedergabekreise die Arbeit. Es genügt also, wenn die Dämpfung bei $f_s/2 = 24$ kHz etwa 30 dB beträgt. Nebeneffekte des Filters sollen vernachlässigbar sein, d.h. Rauschen und unerwünschte

Spektrallinien dürfen das System nicht verschlechtern. S/N und THD sollen besser als -92 dB sein.

Ein Filter hat immer eine Signallaufzeit. Es ist dafür zu sorgen, dass die Laufzeit für alle beteiligten Frequenzen gleich gross ist. Das ist für analoge Filter nur annäherungsweise möglich. Der Kompromiss ist so zu legen, dass das Filter gut "klingt".

Der Filtertyp

Die relativ hohen Anforderungen in Bezug auf scharfen Übergang zwischen Durchlass- und Sperrbereich lassen sich mit minimalem Aufwand erfüllen, wenn sogenannte Elliptische Filter eingesetzt werden. Nach den Ergebnissen einer Voruntersuchung genügt ein Filter 7. Grades. Nach Saal [1] würde sich ein Typ C 0715/48 eignen.

Passive Filter?

Die Tabellenwerte für passive Filter gehen immer davon aus, dass die reaktiven Elemente verlustfrei sind. Das mag für Kondensatoren in hohem Masse zutreffen, für Spulen aber nicht. Faustformeln geben Auskunft, wie gross die Spulengüten sein müssen. Werden Ferritkerne mit kleiner Scherung eingesetzt, gelingt es die Spulengüte so hoch zu machen, dass die Abweichungen vom theoretischen Frequenzgang toleriert werden können. Solche Filter liefern aber unzulässig hohe nichtlineare Verzerrungen. Das ist auf das nichtlineare Verhalten des Ferrits zurückzuführen. Das lässt sich nur verbessern, wenn der Kern einen grossen Luftspalt (Scherung) erhält. Dadurch werden mehr Windungen benötigt, und der daraus resultierende höhere Spulenwiderstand reduziert die Güte auf unzulässige Werte. Diese Situation lässt sich retten, indem grosse Kerne eingesetzt werden. Mit der Grösse RM12 sind gute Werte zu erzielen – drei Spulen dieser Art wie-

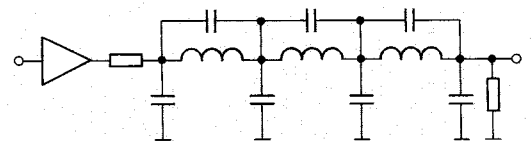


Bild 3: Ein passives Filter führt zu voluminösen Spulen.

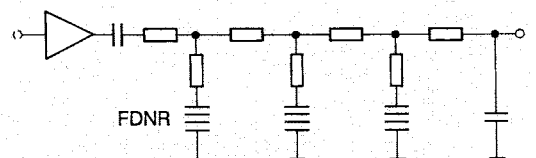


Bild 4: Topologie mit FDNR - braucht Energie und ist ungenau.

gen etwa 300g (Bild 3). Für eine 48-Spur-Maschine summiert sich dies auf etwa 14 kg! Kein Wunder, dass man sich um eine aktive Lösung bemühte.

Aktive Filter?

Die oben beschriebene Lösung (passiv), aufgebaut als Kettenfilter, hat einen grossen Vorteil: die Empfindlichkeit des Frequenzganges auf Toleranzen der Bauteile ist gering. Es liegt deshalb nahe, die Struktur zu übernehmen und sie in aktiver Form zu realisieren. Die Division aller Impedanzen durch $j\omega$ führt zu Filtern mit FDNR (Frequency Dependent Negative Impedance). Die Auslegung wurde gem. [5], resp. [4] vorgenommen (Bild 4).

Die Resultate betr. Frequenzgang, Klirrfaktor und S/N-Ratio sind gut. Auch ist die Realisierung platzsparend. Hingegen haben uns zwei Nachteile veranlasst, nach weiteren Lösungen zu suchen:

– Stromverbrauch

11 Op-Amps (inkl. Phasenkorrektur) à 6 mA an ± 18 V ergeben für 48 Kanäle 114 W. Berücksichtigt man noch den Wirkungsgrad des Netzteiltes mit $\approx 50\%$, so würde eine Maschine allein für die Filter 228 W aus dem Netz aufnehmen und in Wärme verwandeln.

– Reproduzierbarkeit

Ein FDNR-Filter weist sehr viele Bauelemente auf, welche nur in begrenzter Genauigkeit erhältlich sind. Will man sich teure Abgleicharbeiten ersparen, muss man mit diesen Toleranzen leben. Eine Monte Carlo Analyse zeigt, dass mit handelsüblichen Bauelementen eine Reporduzierbarkeit innerhalb 0.2 dB nicht möglich ist.

Die Realisierung: zurück zum passiven Filter

Erinnern wir uns, warum die Realisierung der passiven Filter gescheitert war: der hohe Klirrfaktor zwang den Kern weiter zu scheren, was hohe Windungszahlen und damit Kupferverluste und schliesslich nicht tolerierbare Fehler im Frequenzgang brachte.

Kann man diese Fehler entzerren? Nai-T Ming [7] hat gezeigt, wie Filter zu dimensionieren sind, wenn die reaktiven Elemente einen uniformen Verlustfaktor aufweisen. Ingenieure, welche mit dem Entwurf von Filtern vertraut sind, wissen, dass die Pole und Nullstellen der Übertragungsfunktionen als Orte in der komplexen Frequenzebene darstellen lassen. Wird jedes Element mit einem Verlustfaktor $\tan \delta$ versehen, so verdreht sich scheinbar das Koordinatenkreuz um den Winkel δ (Bild 5). Über eine Koordinatentransformation lassen sich die neuen Pole und Nullstellen berechnen. Daraus lassen sich dann die Werte der Elemente bestimmen. In [6] wurde diese Arbeit vorweggenommen und tabelliert.

Die Realisierung gem. [6] mit der Struktur nach Bild 3 ist Routinearbeit. Dabei fallen neben drei Spulen noch 7 genaue Kondensatoren an. Das kann durch eine Transformation (in [1] beschrieben) verhindert werden (Bild 6).

Indem die Spulenverluste im Entwurf des Filters mitberücksichtigt werden, gelingt es mit relativ verlustreichen Spulen auszukommen. In der realisierten Variante wurden drei Kerne RM5 verwendet, welche nur je ca. 5 g wiegen, was für 48 Kanäle ein Gesamtgewicht von lediglich 720 g ergibt. Es sei aber nicht verschwiegen, dass viele Varianten berechnet und gebaut wurden, bis die Verzerrungen klein genug und die Frequenzgangfehler vernachlässigbar waren.

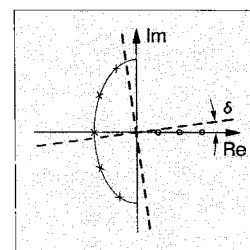


Bild 5: Eine Verdrehung der Koordinatenachsen berücksichtigt den Verlustfaktor $\tan \delta$.

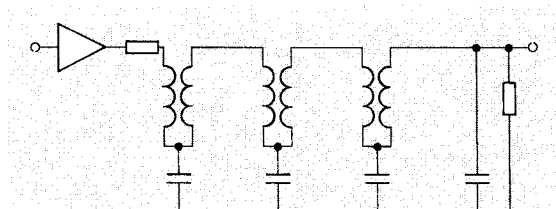


Bild 6: Eine Transformation verlangt drei Zusatzwicklungen und spart drei Kondensatoren.

Die Phasenkorrektur

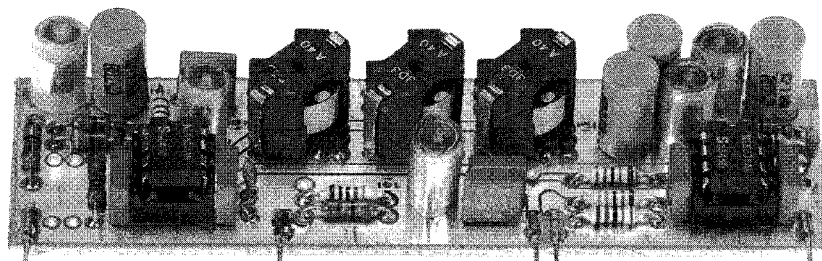
Filter der bisher besprochenen Art weisen eine nicht ideale Gruppenlaufzeit auf. Frequenzen nahe der Übertragungsgrenze werden wesentlich mehr verzögert als die übrigen Frequenzen. Man nennt dies Dispersion. Es ist bekannt, dass nacheilende Schwingungen auf das Ohr weniger störend wirken, als vorlaufende (zeitliche Maskierung). Es gibt Methoden, solche Dispersionen rückgängig zu machen. Bevor man jedoch versucht ist, solches teuer zu realisieren, sollte abgeklärt werden, worauf das Ohr überhaupt anspricht. Ist es der Phasengang, die Gruppenlaufzeit oder die Pulsantwort. Welche Grösse ist zu optimieren? In [8] wird beschrieben wie die Pulsantwort zu optimieren ist. Dabei sehen die Verfasser die Anwendung für Video-Signale. Aufgrund unserer Erfahrung in Entwicklung und Bau von Studio-Monitoren wissen wir, dass die Pulsantwort auch für das Ohr die kritische Grösse darstellt. Mit Hilfe eines 2-poligen Allpasses haben wir die Pulsantwort so optimiert, dass die Überschwinger eines Rechtecksignals symmetrisch erfolgen.

Die Resultate

Die Schaltung (Bild 7) wurde als Modul ausgeführt. Sie zeigt hervorragende Eigenschaften. Speziell gerühmt wird der "Klang" des Filters. Die Fertigung ist unkritisch.

Der typische Frequenzgang für den Durchlass- und Sperrbereich ist in Bild 8 dargestellt.

Antialiasing-Filter, inkl. Laufzeitkorrektur.



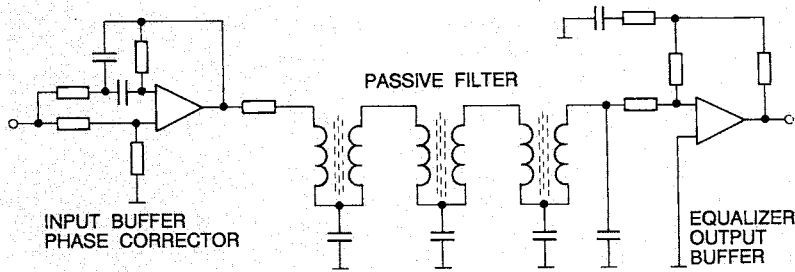


Bild 7: Prinzipschaltbild des realisierten Filters.

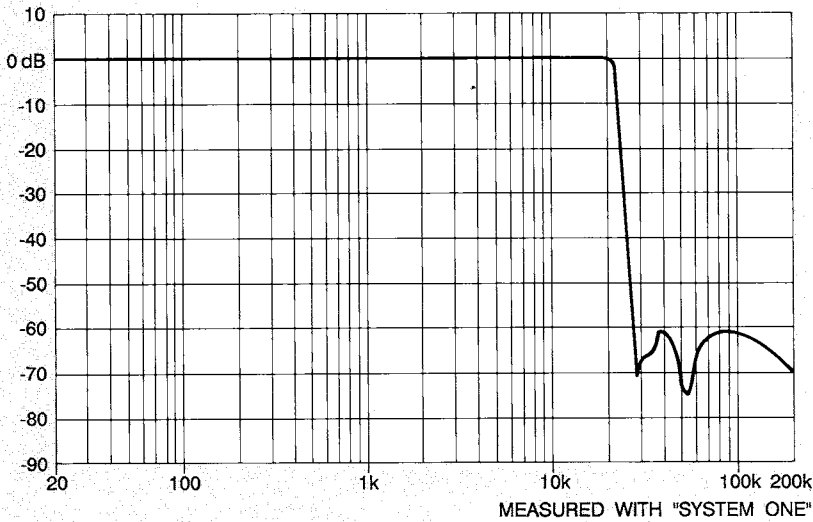


Bild 8: Frequenzgang des Filters, vom Analogeingang bis zum A/D-Wandler.

Literaturverzeichnis

- [1] Rudolf Saal; Handbuch zum Filterentwurf, AEG-Telefunken, 1979.
- [2] L.T.Bruton; Network Transfer Functions using the concept of Frequency-Dependent Negative Resistance; IEEE, Trans. on Circuit Theory, August 1969
- [3] Thomas H.Lynch; The right gyrator trims the fat off active filters; Electronics, July 21, 1977.
- [4] Paul Skritek; Comparison of Overload and Noise Characteristics of FDNR Circuits; IEEE Trans. on Circuits and Systems, July 1983.
- [5] Roger Lagadec; Optimale Struktur des FDNR; STUDER internal Report, 1982.
- [6] Team VEB Fernmeldewerk Leipzig; Katalog normierter Cauer-Parameter-Tiefpässe mit Berücksichtigung der Verluste; VEB Fernmeldewerk Leipzig internal Report, 1964.
- [7] Nai-Ta Ming; Verwirklichung von linearen Vierpolschaltungen vorgeschriebener Frequenzabhängigkeit unter Berücksichtigung übereinstimmender Verluste aller Spulen und Kondensatoren; Archiv für Elektrotechnik 39 (1949), S.452-471.
- [8] Roger L.Crane & Ralph W.Klopfenstein; Optimum Weights in Delay Equalization; IEEE Trans. on Circuits and Systems, January 1979.

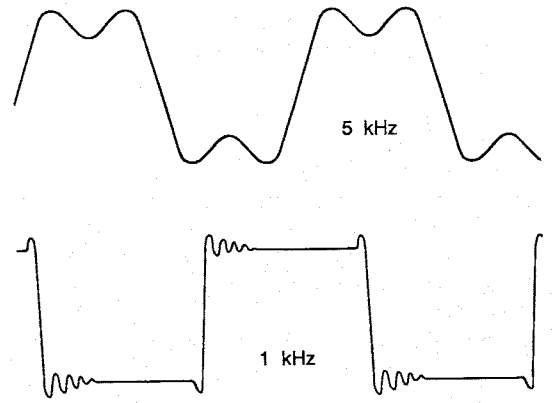


Bild 9: Filterantwort auf Rechtecksignale.

Bild 9 zeigt die Antworten auf Rechtecksignale von 1 und 5 kHz. Auffallend ist die Übereinstimmung der maximalen Überschwinger. Das Nachklingen hat eine Frequenz von ca. 22 kHz, liegt ausserhalb der Hörbandbreite und wird zudem von der vorausseilenden Flanke maskiert.

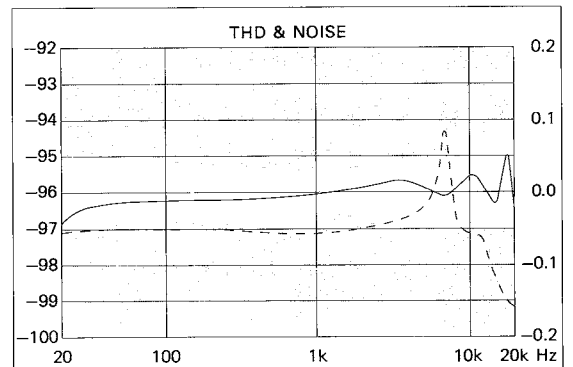


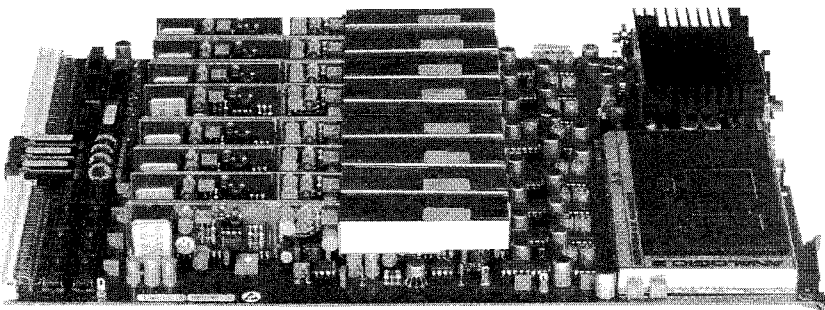
Bild 10: Frequenzgangtoleranz, THD & Noise.

Bild 10 zeigt nochmals den Frequenzgang im Durchlassbereich. Ferner sind die Produktionstoleranzen angegeben. Diese hohe Genauigkeit ist eine Voraussetzung für die Toleranz der Gesamtmaschine von ± 0.3 dB. Weiter ist ersichtlich, dass das Filter einen Rauschabstand von 97dB aufweist. Das Klirrximum liegt bei 7 kHz und ist besser als -94 dB. Der Garantiewert für Noise & THD aus dem Datenblatt der D820 MCH ist -85 dB.

Zusammenfassung

Passive Filter eignen sich hervorragend für Antialiasing-Filter. Die Sensitivität bezüglich Bauteiletoleranzen ist gering. Stromverbrauch und Eigengeräusch sind sehr gut. Ein hohes Gewicht, resp. grosse Klirrwerte konnten mit einer Entwurfstechnik umgangen werden, welche den Einfluss kleiner Spulengüten mitberücksichtigt. Die Dispersion wurde mit einem Allpass derart korrigiert, dass gehörmässig ein Optimum resultierte. ●

8-Kanal-Printplatte, Analog-Eingang bis A/D-Wandler.



STUDER D820 Multichannel

Der Equalizer

von Matthias Zbinden

Bei der Aufzeichnung und Wiedergabe von digitalen Audiosignalen stellt sich das Problem, dass relativ viele Daten in kurzer Zeit übertragen werden müssen. Bei einer Samplingfrequenz f_s von 48 kHz wird das analoge Audiosignal alle 20,8 μ s abgetastet und als 16-Bit Digitalsignal dargestellt. Für die Bandaufnahme bedeutet das, dass innerhalb von 20,8 μ s alle 16 Bit aufgezeichnet werden müssen. Pro Bit ergibt sich daraus eine Zeit von 1,3 μ s, was einer maximalen Frequenz von 384 kHz entspricht.

Durch die Verwendung von Digitalband und Köpfen mit schmalen Spalt kann bei einer Bandgeschwindigkeit von 30 ips (76 cm/s) eine obere Grenzfrequenz von ca. 200 kHz erreicht werden. Dies ist zwar ein beachtlicher Wert, zur fehlerfreien Übertragung der digitalen Audiodaten reicht er aber nicht aus.

Daher muss der Frequenzgang zusätzlich mit elektronischen Mitteln ausgedehnt werden. Dies ist eigentlich nichts neues, da ähnliche Schaltungen in Analogtonbandmaschinen bereits seit Jahren eingesetzt werden. In der Digitalmaschine sind die Anforderungen jedoch bedeutend höher, da die Daten als Folge von Polaritätswechseln abgespeichert werden und die Information im zeitlichen Abstand zwischen zwei benachbarten Flanken steckt. Die Frequenzgangkorrektur muss daher möglichst phasenlinear sein, andernfalls entstehen Zeitfehler, die eine korrekte Wiedergabe der aufgenommenen Daten verunmöglichen.

Die Stufe zur Frequenzgangkorrektur wird in der Digitalmaschine als Equalizer bezeichnet, da sie den Amplitudenabfall oberhalb von

200 kHz durch eine entsprechende Höhenanhebung kompensiert.

Zu diesem Zweck wird normalerweise eine Verzögerungsleitung (Delay-Line) eingesetzt. In der D820 MCH wurde jedoch ein völlig anderer Weg gewählt. Er beruht auf der Tatsache, dass es mit einem ganz normalen Serienschwingkreis möglich ist, eine ideale phasenlineare Höhenanhebung zu realisieren.

Zur Erläuterung der Funktionsweise des Equalizers muss kurz etwas Filtertheorie betrieben werden. Ein Serienschwingkreis besteht aus 3 Elementen, nämlich einer Induktivität (L), einer Kapazität (C) und einem Widerstand (R). Wenn ein Signal auf einen Serienschwingkreis gegeben wird, entsteht an jedem der Elemente ein frequenzabhängiger Spannungsabfall. Aus Bild 1 ist ersichtlich, dass die Spannung über der Kapazität (UC) ein Tiefpass, die Spannung über dem Widerstand (UR) ein Bandpass und die Spannung über der Induktivität (UL) ein Hochpass darstellt.

Der zugehörige Phasengang zeigt, dass alle Komponenten im Prinzip den gleichen Phasenverlauf aufweisen. Sie unterscheiden sich nur durch eine konstante Phasenverschiebung von 90° respektive 180° voneinander. Diese konstante Phasendifferenz ist nun der Schlüssel zur Realisierung des Equalizers. Die Komponenten UC und UL weisen eine Phasendifferenz von genau 180° auf. Mit einem Inverter ist es nun möglich, eines der beiden Signale phasenmäÙig um 180° zu drehen, wodurch beide Komponenten den exakt gleichen Phasenverlauf erhalten. Somit stehen zwei Signale mit identischem Phasenverlauf zur Verfügung, die sich im Amplitudengang jedoch stark unterscheiden. Wenn nun UL verstärkt und zu UC addiert



Matthias Zbinden

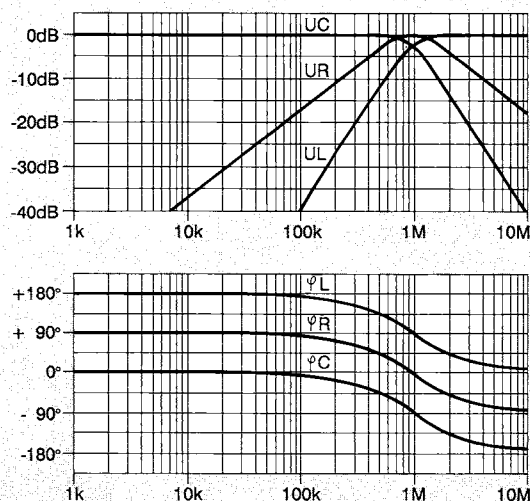


Bild 1: Amplitude und Phase der Komponenten im Serienschwingkreis.

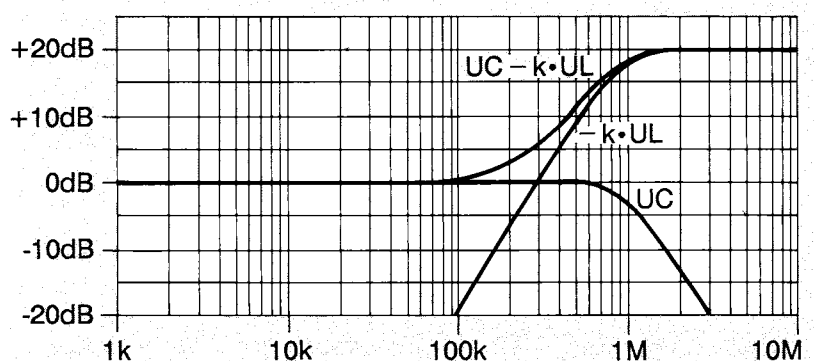


Bild 2: Addition von UC und $-k \cdot UL$.

wird, erhält man die gewünschte phasenlineare Höhenanhebung (siehe Bild 2).

Glücklicherweise entspricht die Steilheit des Amplitudenanstiegs ziemlich genau dem zu

korrigierenden Abfall. Es lässt sich zeigen, dass der resultierende Frequenzgang mit dieser Methode um etwa eine Oktave ausgedehnt werden kann. Damit wird es nun möglich, Frequenzen bis ca. 400 kHz über Band zu übertragen. Somit ist die notwendige Bandbreite zur Verwirklichung einer Digitalaufzeichnung erreicht.

Praktische Implementierung

Die praktisch Umsetzung der besprochenen Prinzipien ist relativ einfach. Das Eingangssignal wird auf einen Serienschwingkreis gegeben, der die Zerlegung in die zwei Komponenten bewirkt (Bild 3).

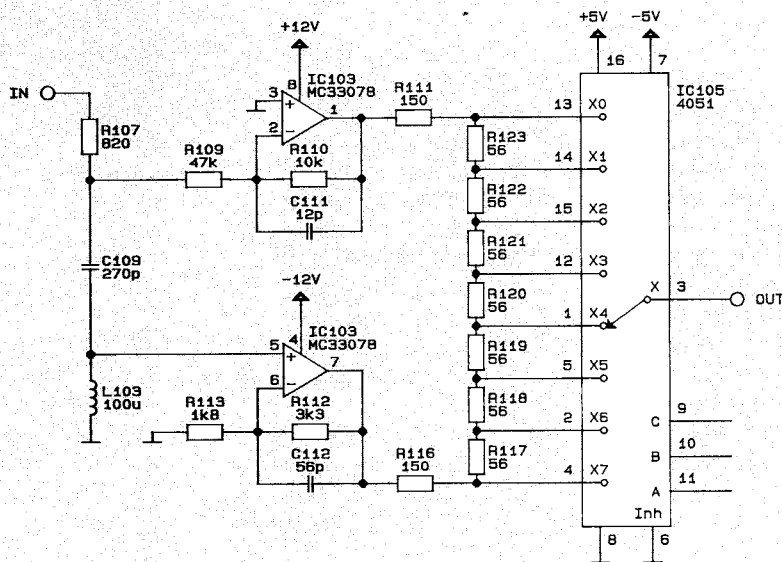


Bild 3: Schaltbild Equalizer.

Die Spannung UL wird mit einem Operationsverstärker über der Induktivität abgegriffen und verstärkt.

Schwieriger wird es bei der Spannung UC, da keiner der beiden Anschlüsse des Kondensators auf Massepotential liegt. Daher müsste eigentlich ein Differenzverstärker verwendet werden. In der Praxis ist das aber gar nicht nötig, da auch die Spannung am oberen Anschluss des Kondensators verwendet werden kann. Im interessierenden Frequenzbereich (unterhalb der Resonanzfrequenz des Serienschwingkreises) unterscheidet sie sich nämlich kaum von UC. Diese Spannung wird mit einem zweiten Operationsverstärker abgegriffen, invertiert und abgeschwächt.

Da die Operationsverstärker bei Frequenzen von 400 kHz ebenfalls eine Verzögerung des Signals bewirken, müssen die beiden Stufen mit den Gegenkopplungskondensatoren auf gleiche Gruppenlaufzeit justiert werden.

Die Ausgangssignale der beiden Operationsverstärker können nun addiert werden. Dies geschieht am einfachsten mit einem Potentiometer, mit dem der Einsatzpunkt der Höhenanhebung eingestellt werden kann. Wenn die Verstärkungen der Operationsverstärker auf gleiche Spitzenamplitude ausgelegt sind, bleibt die Ausgangsspannung des Equalizers für jede

Position des Potentiometers genau gleich, was für die anschliessende Datendetektion von grossem Vorteil ist.

In der D820 MCH erfolgt die Equalizer-einstellung jedoch nicht mit einem Potentiometer, sondern mit einer Widerstandskette, die mit einem Analogschalter abgegriffen wird. Damit lässt sich die Höhenanhebung mittels Software in acht Stufen einstellen.

Die starke Höhenanhebung der Frequenzen bis 1 MHz hat den Nachteil, dass dadurch Rauschen und hochfrequente Störungen ebenfalls verstärkt werden. Daher wird dem Equalizer ein Tiefpassfilter 4. Ordnung vorgeschaltet, das

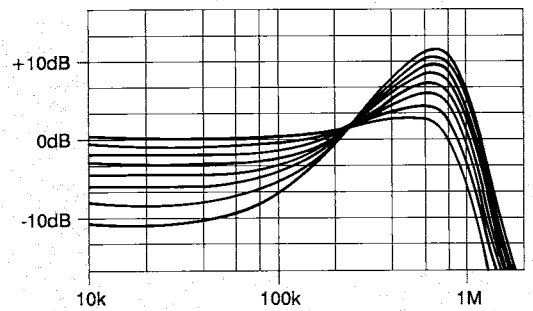
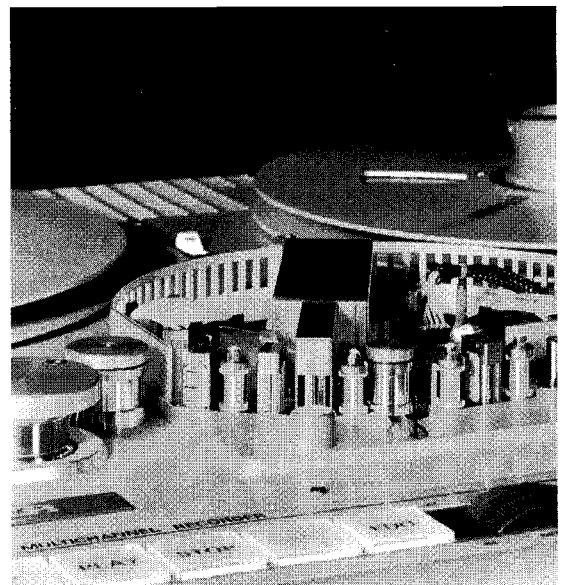


Bild 4: Frequenzgang Equalizermodul.

oberhalb der notwendigen Bandbreite der Höhenanhebung entgegenwirkt. Aus Bild 4 sind die gemessenen Frequenzgänge des Equalizer-Moduls (inkl. Tiefpassfilter) für alle acht Schalterstufen zu entnehmen. Der Phasengang ist für alle Stufen genau gleich. Das zeigt, dass der Phasengang durch die Höhenanhebung auch in der praktischen Implementierung nicht beeinflusst wird.

Abschliessend ist noch zu erwähnen, dass die Realisierung von Schaltungen mit breitbandigen Analogstufen und nachfolgender Digitalelektronik auch einen optimalen Print-Layout erfordert. Daher möchte ich an dieser Stelle Herrn R. Greutmann für seine grosse Hilfe bei der Entwicklung und Realisierung der Wiedergabe-elektronik der D820 MCH danken. ●



STUDER D820 Multichannel

Interner Synchronizer

von Kurt Schwendener

Die D820 MCH ist als erste STUDER-Maschine mit einem internen Synchronizer ausgerüstet. Er ermöglicht das Verkoppeln des Laufwerks mit einer externen Referenz mit Hilfe von SMPTE/EBU-Zeitcode oder RT-Signalen.

Im Gegensatz zu einem externen Synchronizer erlaubt das Konzept eine viel effizientere Aufteilung der zu erfüllenden Funktionen. So übernehmen die vorhandenen Laufwerk- und Capstanbaugruppen jene Aufgaben, welche in ihren Bereich fallen. Die Master-CPU koordiniert den Synchronisationsablauf.

Aufbau der Synchronizerbaugruppe

Die eigentliche Synchronizerkarte (SSTC-Board) ist als modularer Karteneinschub realisiert und in der internen Maschinenstruktur als Teilnehmer am FIFO-Bus integriert. Ein TC-Generator ist als zusätzliche Funktionseinheit in Huckepack-Montage auf dem SSTC-Board befestigt.

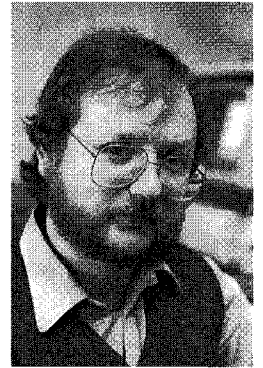
Das Blockschaltbild zeigt die Gliederung der Synchronizerbaugruppe. Sie enthält zwei Hauptblöcke mit je einem 8-Bit-Mikrocomputer

(Motorola 6803). Der eine ist für die Auswertung der verschiedenen Codesignale zuständig (Signal- μ P). Ausserdem betreibt er die Schnittstellen zur CPU über den FIFO-Bus und zum TC-Generator. Er ist durch ein Dual Port-RAM mit dem anderen Computer verbunden (Capstan- μ P). Dieser enthält den Algorithmus zur Phasenregelung des Capstans. Dazu erzeugt er eine Steuerfrequenz.

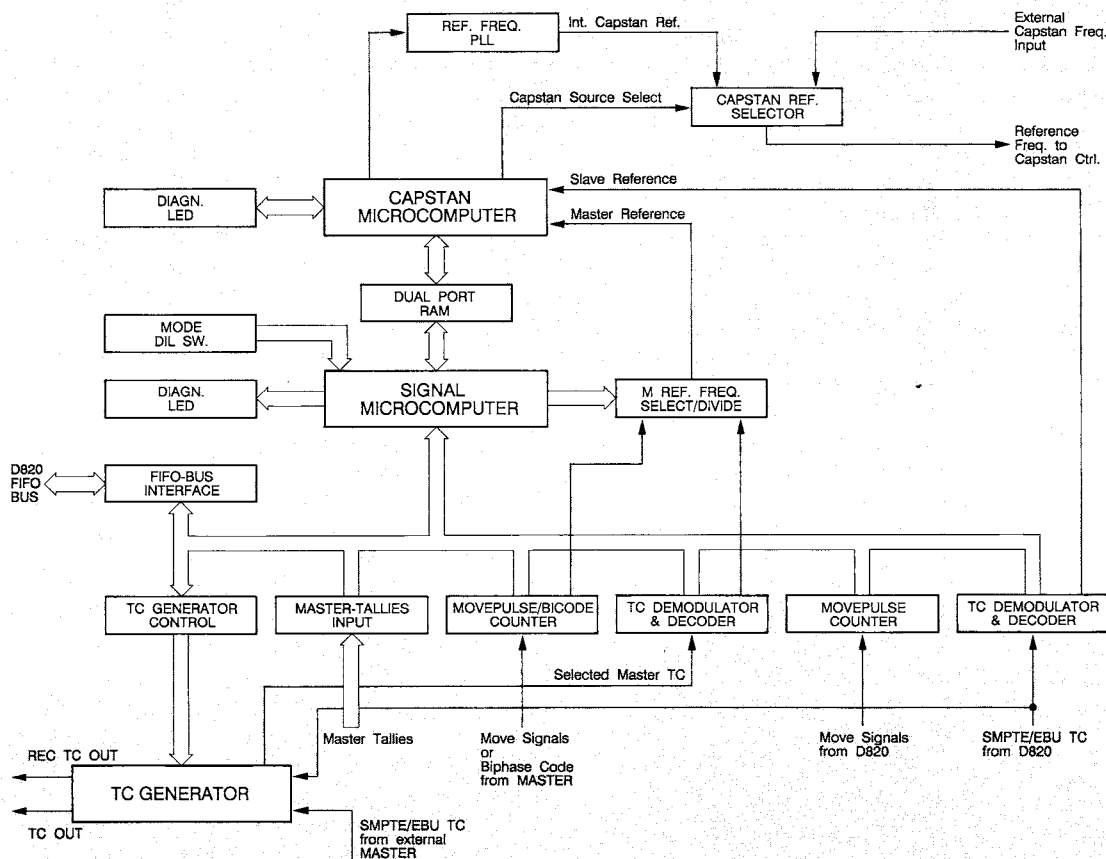
Code, Referenz-Signale

Zur Synchronisation werden von Master und Slave (D820 MCH) Codesignale benötigt. Der Signal- μ P kann von beiden Seiten SMPTE/EBU-Zeitcode eines beliebigen Codetyps verarbeiten. Zu dessen Unterstützung werden, falls vorhanden, auch Movepulsinformationen ausgewertet. Dies ist bei fehlendem Code (während dem Umspulen) oder schlechter Codequalität von Vorteil. Die Hardware ist zusätzlich auch für die Auswertung von Biphase-Code von Perforationsmaschinen vorbereitet.

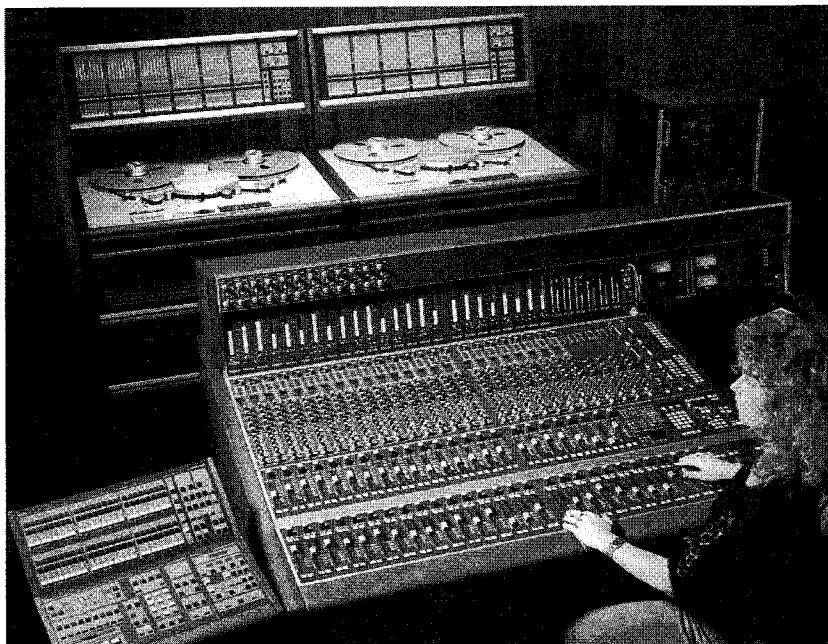
Die ausgewertete Information steht der CPU jederzeit zur Verfügung und wird von ihr bei Bedarf über den FIFO-Bus vom Signal- μ P angefordert. Bei der Synchronisation von digital



Kurt Schwendener



Struktur der Synchronizerkarte (SSTC Board).



aufzeichnenden Bandmaschinen kann anstelle von SMPTE/EBU-Zeitcode auch die Information aus dem RT-Signal verwendet werden. Die Auswertung wird jedoch vom RT-Board vorgenommen, das SSTC-Board erhält für die Synchronisation bereits die aktuelle Differenz von der CPU angeliefert. Die beiden Hauptmodi sind also:

TC Synchronisation

Slave Referenz sind SMPTE/EBU-TC und Movepulse. Als Master Referenz ist mindestens ein SMPTE/EBU-Zeitcode vorhanden. Movepulsinformation und Rückmeldungen des Laufwerkstatus vom Master können nach Verfügbarkeit mitberücksichtigt werden.

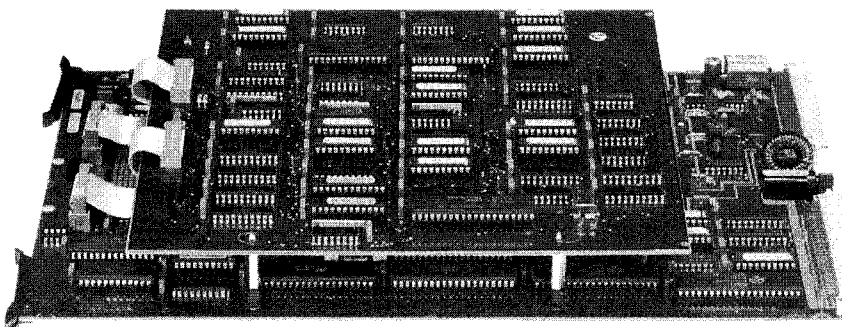
RT Synchronisation

Slave- und Masterreferenz werden aus dem RT-Signal gewonnen. Das RT-Board versorgt CPU und SSTC-Board mit den notwendigen Daten.

Ablauf der Synchronisation

I. CHASE SYNC: In dieser ersten Phase steuert die CPU das Laufwerk mit Hilfe der Positions-, Differenz- und Geschwindigkeitsangaben vom Synchronizer oder dem RT-Board, bis die Bedingungen für Capstansynchronisation erfüllt sind (Geschwindigkeit im PLAY-Bereich, Differenz mit Capstan abbaubar). Danach

Die Synchronizerkarte (SSTC Board) mit TC-Generator in Huckepack-Ausführung.



schaltet die CPU das Laufwerk auf den Betrieb «External Varispeed PLAY» und startet die nächste Phase.

II. PLAY SYNC: Während dieser zweiten Phase steuert der Capstan- μ P die D820 MCH mit einer Steuerfrequenz. Die aktuelle Differenz als Regelgrösse wird entweder aus Signalen und Daten vom Signal- μ P berechnet oder vom RT-Board (via CPU und Signal- μ P) bezogen. Sobald die Differenz klein genug ist und nicht in "TC LOCK" gearbeitet wird, entscheidet die CPU, den Synchronizer auszuschalten. Der Capstan Controller erhält den Befehl, die Nachsteuerung mit Hilfe der Block-Information aus den digitalen Audiodaten fortzusetzen.

Im "TC LOCK"-Betrieb wird die Synchronisation mit dieser Phase abgeschlossen. Diese Betriebsart wird dann angewendet, wenn zwischen Master und Slave keine gemeinsame PLAY-Referenz vorhanden ist (z.B. analoge Bandmaschine).

III. BLOCK SYNC: In dieser abschliessenden Phase wird die Information vom SSTC-Board nur noch für Überwachungsaufgaben benötigt, da die Verkopplung des BLOCK-SYNC Signals der D820 MCH mit dem Master durch den Capstan Controller durchgeführt wird. Bedingung ist, dass Master und Slave dieselbe Master-Referenz benutzen (z.B. Audiodaten bei Verkopplung zweier Digital Audiomaschinen, Composite Video bei gemischten Video/Audio Systemen).

Steigt durch Sprünge im aufgezeichneten Code oder durch Veränderung des gewünschten Offsets die Differenz, kann die CPU je nach Grösse auf CHASE oder PLAY SYNC zurückschalten.

Event Controller

Der Zeitcode eignet sich nicht nur für Synchronisation und Positionierung. Für die Realisierung von elektronischen Schnittsystemen müssen zeitkritische Aufnahmebefehle bei einer bestimmten Bandstelle ausgeführt werden. Zu diesem Zweck kann die CPU mehrere Register auf dem SSTC-Board laden. Bei Koinzidenz zwischen Register und gewähltem Code (Master oder Slave) sendet der Signal- μ P mit einer Event Message einen genauen Triggerpuls an die CPU.

Time Code Generator

Eine weitere Aufgabe des Signal- μ P ist die Weiterleitung von Steuerbefehlen an den TC Generator. Die CPU hat die Möglichkeit, den Generator mit einem beliebigen Wert zu laden (Zeit, Userbits), zu starten und anzuhalten. Verschiedene Modi (Format und Referenztakt) und Quellenumschaltungen für Mastercode (Generator oder extern), TC-Ausgang (TC ab Band, Generator) und TC-Aufnahme (Generator, extern, mit Delaykompensation) sind möglich. Während die oben aufgeführten Befehle ohne Auswertung direkt weitergeleitet werden, bewirkt der JAM-Befehl eine einmalige Synchronisation des TC-Generators mit Slave- oder externem Mastercode. ●

STUDER D820 Multichannel

Aufgaben und Funktionen des Sound Memorys

von Marc Biver

Das Sound Memory der D820 MCH ermöglicht es, einerseits digitale Audiodaten in einem Hardware-Speicher abzulegen und bei Bedarf wieder abzuspielen, und andererseits bis zu 24 Kanäle zu verzögern. Die Gesamtspeicherzeit des Memorys beträgt je nach Abtastrate zwischen 38 und 52 s. Das Sound Memory kann in mehrere unabhängige Bereiche partitioniert werden, und ist somit in der Lage, gleichzeitig mehrere Kanäle zu bearbeiten.

Das Sound Memory erlaubt drei verschiedene Funktionen: *Memory – Track Slipping – Track Bouncing.*

Die Funktion **Memory** ermöglicht es, bis zu vier Audiokanäle in den dynamischen Speicher aufzunehmen und bei Bedarf wieder abzuspielen. Als Quellen können beliebige Kanäle der D820 MCH zugeordnet werden. Für Aufzeichnung und Wiedergabe stehen verschiedene Betriebsmodi zur Verfügung:

- Die Aufzeichnung in *«Instant Mode»* zeichnet Audiodaten solange auf, bis das Memory vollständig gefüllt ist.
- In *«Continuous Mode»* läuft die Aufnahme bis zum Stoppbefehl. Die ältesten Daten werden immer wieder von den neuen überschrieben (wie bei einem Endlosband mit gegebener Dauer).
- In *«Trigger Mode»* zeichnet das Sound Memory die Daten erst dann auf, wenn der Triggerbefehl erhalten wird. Das Besondere an diesem Modus besteht darin, dass die Audiodaten bereits während 0.5 Sekunden vor dem Triggerbefehl aufgezeichnet worden sind (sog. Pretrigger-Funktion). Dadurch ist gewährleistet, dass auch bei einem leicht verspäteten Start der Aufnahme infolge zu langer Reaktionszeit des Operators, die gewünschten Passagen der Audiospur trotzdem noch mitaufgezeichnet werden. Wenn das Memory gefüllt ist, wird die Aufnahme automatisch gestoppt.

Für die Wiedergabe kann zwischen kontinuierlicher und unterbrochener Abspielweise gewählt werden. Im ersten Fall wird am Ende der Aufzeichnung in den Beginn übergeben. In der zweiten Betriebsart wird zwischen Ende und Beginn eine Pause von 0.5 s eingeschoben. Anfang und Ende werden mit einem Crossfade versehen.

Die Funktion **Trackslipping** erlaubt es, bis zu 24 Audiokanäle um einen bestimmten Zeitbetrag zu verzögern. Je nach Anzahl der ausgewählten Kanäle beträgt die maximale Verzögerung 1.8 bis 10.9 s. Als Quellen können die Kanäle 1 bis 24 angegeben werden. Diese Kanäle werden durch das Trackslipping verzö-

gert und an die Kanäle 25 bis 48 weitergeleitet.

In Funktion **Trackbouncing** werden bis zu vier Kanäle gleichzeitig auf vier andere Kanäle kopiert. Die Quellen sind innerhalb der 48 Kanäle frei auswählbar. Damit erweitert dieses Feature die Ping-Pong-Funktion der D820 MCH.

Architektur des Sound Memorys

Das Kernstück des Sound Memorys besteht aus dem Signalprozessor DSP56001 von Motorola, der mit einer Taktfrequenz von 20 MHz arbeitet. Dieser Prozessor übernimmt alle signalbearbeitenden Tätigkeiten, wie z.B. die Crossfades beim Starten und Stoppen der Play-Funktion und die Verwaltung der Speicherfunktion.

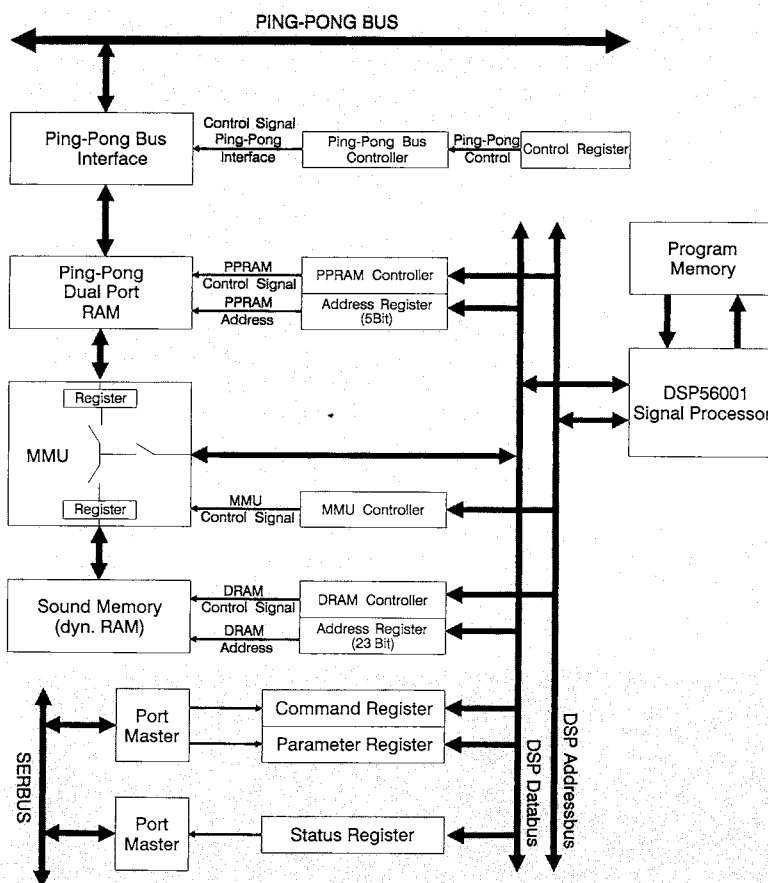
Als Speichermedium für die Audiodaten werden 32 dynamische 1-MBit Standard-RAMs verwendet, die auf zwei Memorybänke mit einer Wortbreite von 16 Bit verteilt sind. Diese Bausteine werden auch in grösseren Computern für den Arbeitsspeicher verwendet.

Zur Adressierung und Ansteuerung des dynamischen Speichers dient ein Memorymanager, der mit Hilfe einer programmierbaren Logik (GALs) aufgebaut ist. Diese Einheit



Marc Biver

Blockdarstellung der Sound Memory Architektur



übernimmt auch das Auffrischen des Inhalts der dynamischen Speicherbausteine (Refresh) und entlastet den Signalprozessor von reinen Datentransfer-Aufgaben.

Die Ein-/Ausgabe der Audioinformation erfolgt über ein Interface mit einem Dual-Port-RAM vom Ping-Pong-Bus der D820 MCH. Durch die Verwendung dieses Speicherspeichers kann der DSP zu einem beliebigen Zeitpunkt auf die Audioinformation zugreifen.

Die Steuerbefehle und die Betriebsparameter erhält der DSP des Sound Memorys über den Serbus der D820 MCH. Diese Befehle werden nach Erhalt interpretiert und anschliessend ausgeführt. Um verschiedene Zeitwerte übertragen zu können, ist noch ein weiterer 24-Bit-Serbuskanal vorhanden. Zusätzlich stellt der DSP, auf Anfrage vom Serbus, die Statusinformation über den Betriebszustand oder die Zeitlänge des Memorys zur Verfügung.

Durch die hohe Modularität des Designs und den Einsatz des Signalprozessors ist eine grosse Flexibilität bezüglich Erweiterungen und Zusatzfunktionen gewährleistet.

Bedienung des Sound Memorys

Die Bedienung des Sound Memorys erfolgt über ein Bedienteil, das sich in der Remote-Konsole befindet. Alle Funktionen des Sound Memorys lassen sich über dieses Bedienteil ausführen.

Die drei Funktionen (Memory-Mode, Trackslipping und Trackbouncing) schliessen sich gegenseitig aus. Nach dem Aktivieren einer Funktion kann zuerst eine Konfiguration (Angabe der Ein- und Ausgabekanäle) vorgenommen werden. Dies wird durch Blinken der LED der Funktionstaste angezeigt. Wenn die Konfiguration abgeschlossen ist, wird durch nochmaliges Betätigen der Funktionstaste die entsprechende Sound Memory-Funktion ausgelöst. Die Funktion wird ebenso über die dazugehörige Funktionstaste aufgehoben.

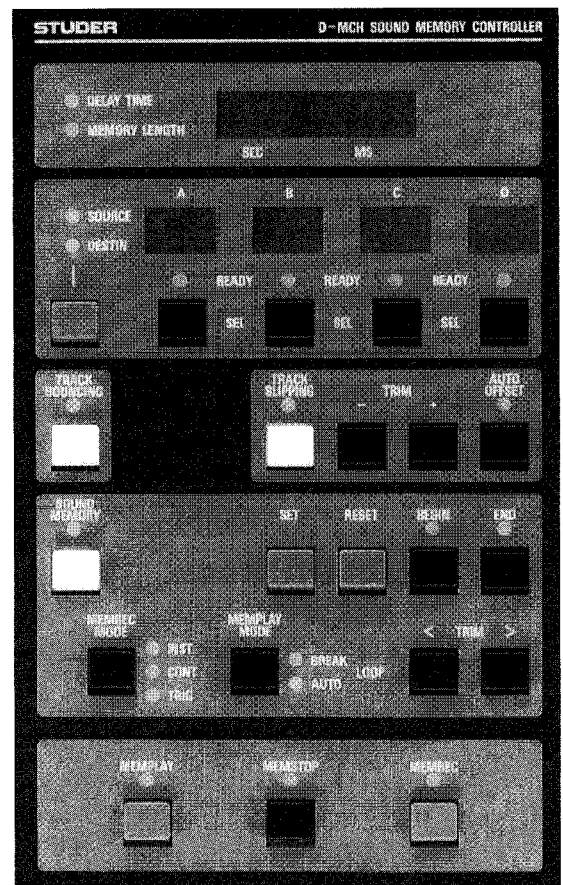
Die Zeitdaten, die für die verschiedenen Operationen wichtig sind, werden auf der Zeitanzeige dargestellt. Während der Konfigurationsphase stellt die Anzeige die Speicherkapazität des Memorys pro Kanal in Sekunden dar. In Memory Mode wird während der Aufnahme fortlaufend die Zeitdauer der aufgenommenen Sequenz, in Trackslipping-Mode die eingestellte Verzögerung dargestellt.

In den Funktionen Memory und Trackbouncing werden die Kanalnummern der Ein- und Ausgänge in den 4 Anzeigefeldern angezeigt. Falls weniger als 4 Kanäle benötigt werden, lassen sich die unbenutzten Kanäle durch Eingabe

von CLR als Quelle löschen. Der entsprechende Anzeigeteil bleibt dann leer. Abhängig von der Anzahl Kanäle wird die maximale Zeit pro Kanal zugeteilt (Anzeige auf der Zeitanzeige).

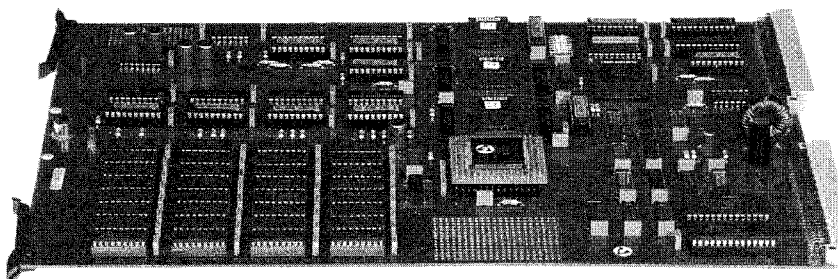
In der Funktion Trackslipping wird anschliessend an die Konfiguration die Einstellung der Verzögerung mit den Tasten TRIM+ und TRIM- vergrössert bzw. verkleinert. Der Wert der Verzögerung wird in der Zeitanzeige dargestellt.

In der Funktion Memory kann der Anfang und das Ende der aufgenommenen Sequenz auch nachträglich verschoben werden. Während des Abspielens wird durch SET BEGIN oder SET END der neue Anfang, bzw. das neue Ende eingegeben. Beim nächsten Playback werden diese neuen Endpunkte berücksichtigt. Mit RESET BEGIN und RESET END werden die ursprünglichen Endpunkte wieder hergestellt. Eine genauere Einstellung der Endpunkte kann zusätzlich mit den Tasten <TRIM+ und TRIM-> vorgenommen werden.



Die Bedienungselemente für das Sound Memory sind in die Fernbedienungskonsole integriert.

Die Sound Memory Hardware ist Bestandteil der Audioelektronik der D820 MCH.



Zusammenfassung

Das Sound Memory bildet zusammen mit der Bedieneinheit eine wertvolle Funktionsgruppe der D820 MCH, welche dem Benutzer weitere und interessante Funktionen zur Nachbearbeitung und Generierung von Spezialeffekten erlaubt. Darüber hinaus bietet das Sound Memory innerhalb der D820 MCH die Möglichkeit, die Sequenzen exakt (samplegenau) ohne zusätzliche Synchronisationsgeräte auf Band zu kopieren. ●

STUDER REVOX in Albanien

Unsere Frau in Tirana

Die Redaktion von SWISS SOUND erhält immer wieder Briefe und Telefone aus aller Welt. Besonders freut uns zu erfahren, dass es auch ganz praktische Anwendungen für unsere Publikation gibt. Frau Flutura Myftiu schreibt uns aus Tirana:

«Ich bin als Elektroingenieurin im Generaldirektorium des albanischen Rundfunks tätig und habe vor kurzem von der Sonderkommission des albanischen Bildungsministeriums den wissenschaftlichen Titel "Kandidatin der technischen Wissenschaften" erhalten.

Zur Abfassung meiner Studienarbeit "Stereo-Aufnahmen in den Studios des Albanischen Rundfunk und Fernsehens" hat mir die Studioausrüstung von Studer Revox, die wir vor ein paar Jahren angeschafft hatten, sehr geholfen.

Dazu war mir auch die Zeitschrift SWISS SOUND behilflich. Ich habe viele Artikel ins Albanische übersetzt und darüber mit meinen Kollegen diskutiert.»

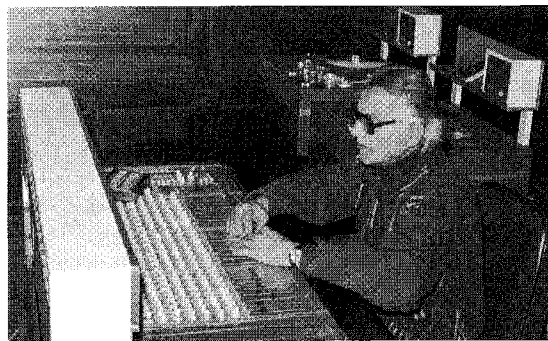
Zu diesem Brief hat uns Frau Myftiu einen kleinen Beitrag für den SWISS SOUND geschickt, den wir unseren Lesern nicht vorenthalten möchten:

STUDER REVOX in Albanien

Vor vielen Jahren sind die albanischen Rundfunk- und Fernsehstudios mit Produkten von Studer modernisiert worden. Zuerst wurde das Musikstudio ausgerüstet, mit einem Mischpult 369 (24 Eingänge) und zwei Tonbandmaschinen A80RC. Ein paar Jahre später haben wir weitere Geräte von Studer gekauft, so ein Mischpult 269 (16 Eingänge) und 6 weitere Tonbandmaschinen A80RC für den Montageaum (für Programme und Hörspiel) sowie für Studio 3,

von welchem aus die Programme des ersten und zweiten Rundfunkkanals ausgestrahlt werden.

Bei Radio Shkodra, das für die nordalbanischen Gebiete sendet, sind zwei Studios ebenfalls mit Geräten von Studer Revox ausgerüstet. 1983 wurden im Studio 1 des Albanischen Fernsehens ein Mischpult 369 und drei Mono-Tonbandmaschinen A80RC installiert; diese arbeiten immer noch sehr gut. 1985 wurden die Mono-Tonbandmaschinen Typ A80RC auf Stereo umgerüstet; seither wird Musik nur noch in Stereo aufgezeichnet.



Radio Tirana,
Musik-Aufnahmestudio

Die jüngsten Anschaffungen erfolgten 1989, als wir Studer Mischpulte 962-14/3 und einige A68-Verstärker für kombinierten Rundfunk-/Fernseheinsatz installierten. Schliesslich sind in unserer Produktionslinie für Audiokassetten mit albanischer Musik auch einige PR99 eingesetzt.

Zur Zeit stehen wir aber vor vielen Schwierigkeiten. Wir arbeiten trotzdem weiter. Die Artikel von SWISS SOUND und andere Publikationen aus Ihrem Haus sind uns dabei sehr nützlich.

Flutura Myftiu, Tirana

Studer Automatic Alignment Program

SAAP 1.2

Automatisches Einmessen wird jetzt noch besser und schneller. Die neue, stark überarbeitete Version SAAP 1.2 ermöglicht automatisches Einmessen, Prüfen und Protokollieren aller Mono- und 2-Kanal-Tonbandmaschinen A807, A810, A812 und A820. Mit der Funktion Performance Check ist es nun möglich, eine Maschine komplett überprüfen und protokollieren zu lassen. Die Protokolle können gedruckt, am Bildschirm angezeigt und auf Disketten abgespeichert werden. Es sind neu zwei Bandsorten pro Maschine speicherbar. Neue Konfigurationsfiles für den Titel, den Drucker und die Filter sind enthalten. Damit kann der Anwender dem Protokoll einen eigenen Titel geben, den Drucker anpassen und die internen Filtersteckplätze des SYSTEM

ONE frei zuordnen. Mit diesem System einmessen, prüfen und protokollieren ist bis zu 5 Mal schneller, als dies durch einen geübten Servicetechniker möglich ist. Mehr noch, auch ungeübte Anwender bekunden keine Mühe, eine Bandmaschine einzumessen.

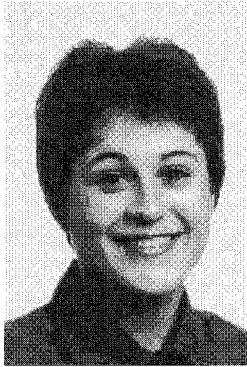
Marcel Cattani



R.T.L. Turnkey-Projekt von STUDER DIGITEC

Das Nervenzentrum

Von Sylvie Casteel



Sylvie Casteel
Product Marketing Engineer
bei Studer Digitec

Nach ihrem Eintreten in die Studer Gruppe, im August 1991, schätzt sich STUDER DIGITEC glücklich, mit diesem Beitrag erstmalig im SWISS SOUND in Erscheinung zu treten. Zur Vorstellung will ich Ihnen eine unserer ausgezeichneten Realisationen vorstellen: den Haupt-Kontrollraum von R.T.L. Er wurde 1989 eingerichtet und arbeitet immer noch tadellos, ohne je einen Zusammenbruch erlebt zu haben.

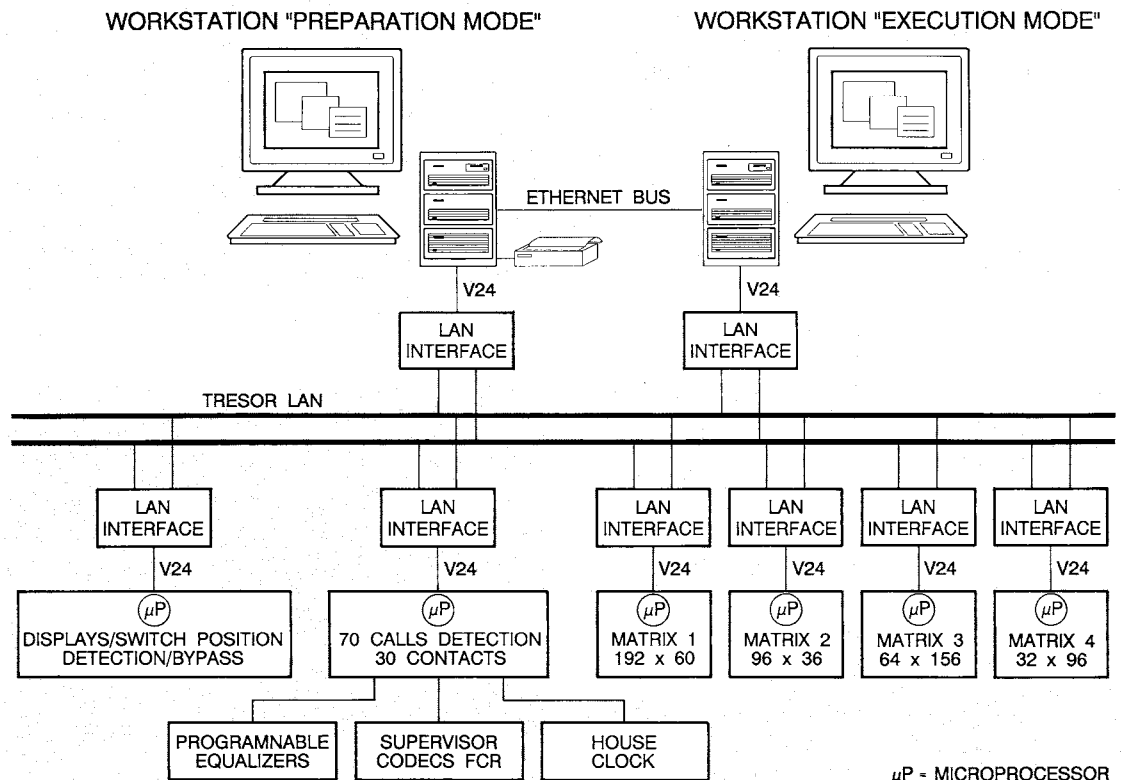
Die grösste Rundfunkstation, mit dem grössten Hörerkreis unter den französisch sprechenden Ländern Europas, heisst R.T.L. (Radio Télévision Luxembourgeoise), mit Sitz in Paris. Diese Radiostation empfängt und sendet täglich eine grosse Menge Informationen, und arbeitet rund um die Uhr. Deshalb schenken die verantwortlichen Ingenieure der Qualität und Zuverlässigkeit ihres Haupt-Kontrollraumes – dem Nervenzentrum des ganzen Systems – sehr hohe Aufmerksamkeit. Auf ihre Empfehlung hin gewann Studer Digitec (damals Digitec) den Vertrag für das Turnkey-Projekt von R.T.L.

Das System besteht einerseits aus einem Audioteil und andererseits aus den Steuer-einheiten.

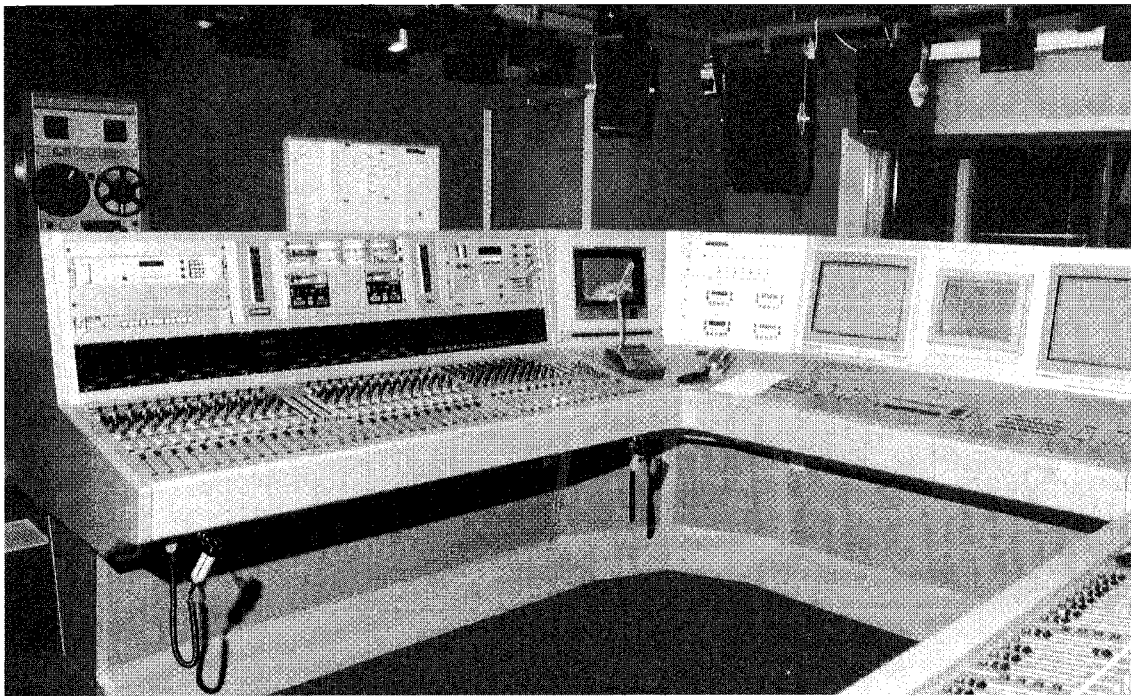
Für die Verarbeitung von Audiosignalen hat Studer Digitec folgende Einheiten eingebaut: vier Kreuzschienen mit hoher Kapazität (32x96, 96x36, 64x156, 192x64); eine spezielle "Vier-Draht Konsole"; ein spezielles Mischpult für die gleichzeitige Korrektur von externen Empfangs- und Sendesignalen (Vier-Draht); einen Mischer für die VHF-Kommunikation mit dem OB-Van; einen programmierbaren Mehrkanal-Equalizer für den manuellen und automatischen Abruf von 30 vorprogrammierten Entzerrungen für Telefonleitungen; einen TRANSCOM 64-kBit-codec und eine Einheit von FRANCE TELECOM für die Übertragung von Sprachsignalen mit hoher Qualität (7 kHz) auf dem französischen Digital-Telefonnetz.

Zentrale Einheit des Studer Digitec Steuer-systems ist TRESOR™, eine sehr zuverlässige LAN Architektur. Deren primärer Vorteil liegt in der schnellen Zugriffszeit für den Benutzer, dank intelligenter Aufgabenverteilung. Zwei zentrale Prozessoren (Serie HP 9000), operierend unter UNIX, steuern die Einheit, und ein Koppler, in der Funktion als Schnittstelle, passt den Datenaustausch zwischen Workstations und der weiteren Audio-Peripherie an.

Der Ruf von Studer Digitec liegt, abgesehen von der Qualität der Produkte, in ihrem Software know-how. Um die Schnittstelle Mensch-



R.T.L. Haupt-Kontrollraum:
Blockdiagramm
des Steuersystems.



R.T.L. Haupt-Kontrollraum.

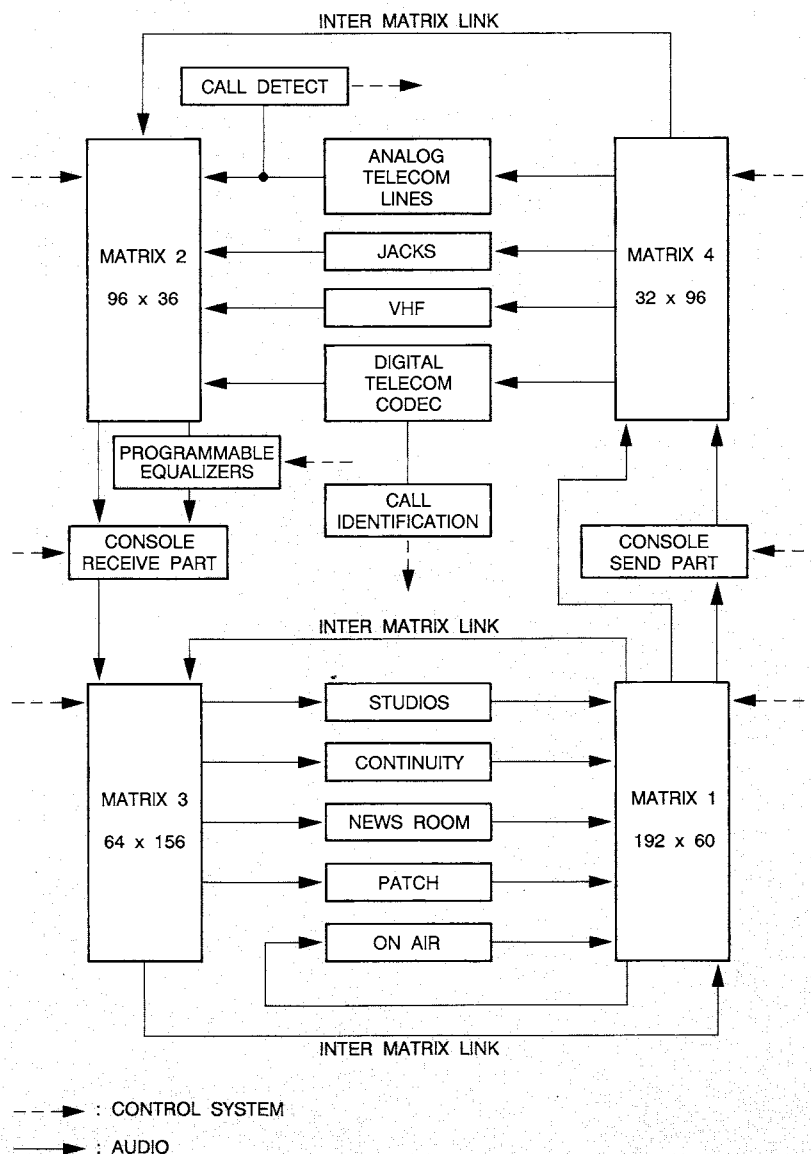
R.T.L. Haupt-Kontrollraum:
Audio-Blockdiagramm.

Maschine zu optimieren, wurde – für den Direktzugriff zum System aus dem R.T.L. Schaltzentrum – ein spezielles Tastenfeld entwickelt. Das Steuersystem kennt drei Betriebszustände: den *Direktbetrieb* als Normalzustand für den direkten Zugang zum Verbindungssystem, den *Vorbereitungsbetrieb* für Einrichtung und Abruf von Kreuzschieneneinstellungen, und den *Überwachungsbetrieb* für Administration und Konfiguration.

Das Steuersystem umfasst die folgenden Haupteigenschaften:

- Direktes Schalten und Anzeigen der X-Y Knotenpunkte des Systems,
- Detektieren von Anrufen auf Telecom-Leitungen,
- Automatischens Durchschalten von Signalen zwischen den vier Kreuzschienen,
- Markieren aller Quellen mit Anzeige auf Workstation und Mischpult,
- Zeitablaufsteuerung für automatische Auswahl von Vorbereitungen,
- Ausdruck von Vorbereitungen, Knotenpunkten und abgeschlossenen Abläufen,
- Automatisches Testen und Eingangs-/Ausgangsüberwachung der Kreuzschienen,
- Verarbeitung der Basisdaten (data base management) von PTT-Leitungen und dazugehöriger Taxen.

Das R.T.L. Kreuzschienensystem ist ein gutes Beispiel für ein realisiertes High-Tech Gesamtprojekt von Studer Digitec. Der Erfolg dieses Projektes war auch ein Beweis für die enge Zusammenarbeit mit dem Kunden auf der Basis einer strikten Entwicklungsmethodik. Im Vertrauen auf die Zuverlässigkeit ihrer Produkte konnte Studer Digitec eine verlängerte Garantie von zwei Jahren, ohne zusätzliche Kosten, anbieten. Nach zweijährigem perfektem Betrieb ist R.T.L. an einem Servicevertrag für Software-Weiterentwicklung und Hardware-Support mit Studer Digitec interessiert. ●



Studer A816: 1/4"-Studio-Rundfunkmaschine

Das Arbeitspferd

von Hans R. Hässig



Hans R. Hässig

Entwickelt als "Arbeitspferd" für den täglichen harten Dauer-Einsatz im Rundfunk, präsentiert sich die A816 als hohes Kombinationstalent, bietet hervorragende Stabilität und ein Höchstmass an Flexibilität und Ergonomie.

Die Studer A816 verfügt über eine prozessorgesteuerte Laufwerk- und Verstärkerlogik und exzellente Möglichkeiten für moderne System-Peripherie. Deren Einbau in eine ARD-Einheitstruhe ist ohne Modifikationen möglich (Einbaukompatibilität mit AEG Telefunken M15A). Der schwenkbare Elektronikorb ist dabei nach vorne geklappt und die Anschlüsse liegen vorn. Grösstmögliche Knieentiefe für sitzende Arbeitsweise gewährleistet ein nach hinten geschwenkter Elektronikorb.

Das Laufwerk ist auf einem verrippten, extrem verwindungssteifen Aluminiumguss-Chassis aufgebaut und über eine Dreipunkt-Lagerung von den Auflageflächen entkoppelt, sodass keine Biegekräfte übertragen werden können.

Der Bandlauf ist für Bandwickel mit aussenliegender Schicht bis max. 317mm (12,5") Durchmesser konzipiert. Dabei wurde besonders auf eine optimale Ergonomie zum Einlegen des Bandes geachtet. Vorgespannte Edelmetalllager übernehmen die Bandführung am Kopfräger. Diese Technik garantiert ausgezeichnete Phasen- und Amplitudenstabilität,

was besonders für hohe Tonfrequenzen von Bedeutung ist. Auf eine Kopfrägerklappe konnte verzichtet werden, weil mit dem sog. Zonenkonzept, d.h. durch die strikte getrennten Maschinenbereiche, Störfelder von ausserordentlich tiefem Niveau erzielt wurden.

Die Tachorolle für die Steuer- und Zählimpulse ist links vor dem Kopfräger angeordnet, was auch bei Papierkorbbetrieb eine einwandfreie Bandlängenmessung garantiert. Eine Lichtschranke erkennt Vorspannbänder (nach DIN), und als Option lässt sich eine Vorkopf-Schere einbauen.

Über einen Editierhebel kann graduell hineingehört werden, und zum Markieren von Bandstellen lässt sich die äusserste rechte Führungsrolle kurzzeitig definiert anheben.

Das Antriebskonzept

Der Bandantrieb erfolgt über einen wartungsfreien, bürstenlosen DC-Capstanmotor mit geringem Massenträgheitsmoment und eigener Prozessorsteuerung (Startzeit besser 0.5 s bei 38.1 cm/s). Dieses Prinzip garantiert sehr kleine Tonhöhen schwankungswerte in einem weiten Temperaturbereich (garantierte Gleichlaufdaten zwischen +5...40°C, Start ab -5°C). Weitere Vorzüge sind: schnelle Stabilisierung bei den vier Standard-Bandgeschwindigkeiten 9.5-19-38-76 cm/s, bei Varispeed und Rückwärts-Wiedergabe.



Die AC-Wickelmotoren – ebenfalls bürstenlos und wartungsfrei konzipiert – werden aus einem internen Dreiphasengenerator gespeist und erzeugen so ein stetiges, vibrationsfreies Drehmoment. Netzfrequenz und Netzüberlagerungen (Rundsteuersignale) bleiben ohne Einfluss auf Bandzug- und Wickeleigenschaften. Die Leistungsstufe ist geschaltet, dadurch ergibt sich ein hoher Wirkungsgrad, d.h. geringe Wärmeentwicklung, bei gleichzeitig sehr kurzen Start- und Rangierzeiten.

Ruhiges Laufwerk

Das Band läuft fast ausschliesslich über hochverschleissfeste Edelsteinoberflächen (Führungen und Umlenkbolzen) und über Glasmetaköpfe (für dauerhaft optimalen Frequenzgang). Die Bewegung des Andruckarms wird mechanisch gedämpft. Das gesamte Laufwerk ist mit verschleissfreien Motoren, Aktuatoren und Sensoren ausgerüstet, dadurch beschränkt sich die Wartung lediglich auf die Reinigung der Bandlaufaggregate.

Die Durchmesser der beiden Bandwickel werden, unabhängig von der effektiv verwendeten Bandlänge, laufend über das Tachosignal der Wickelmotoren und die Bandgeschwindigkeit errechnet. Daraus gewinnt das System auch Informationen über ein nahendes Bandende und kann, unabhängig von der Spulengrösse und je nach Programmierung, die Umspulgeschwindigkeit herabsetzen oder das Band stoppen.

Netzteil

Das Netzteil ist so konzipiert, dass es neben kleinstmöglichem "Rippel" auch sehr wenig Wärme entwickelt, und daher selbst bei Einbau in eine Truhe ohne Lüfter auskommt. Eine Strombegrenzung verhindert eine zu grosse Leistungsaufnahme im Einschaltmoment.

Die A816 hat ihre EMV-Tauglichkeit (nach VDE871 Grenzwertklasse B, EMV R2) mit Peripherien in verschiedenen Tests bewiesen (Attest: RBT). Weitere Sicherheiten im Störfall sind Sekundärsicherungen mit selektiver Überwachung der Speisespannungen und ein kurzschlussfester "Stabilizer". Die einzelnen Versorgungsspannungen werden optisch angezeigt.

Das Audiokonzept

Die Verstärker bieten optimale Pulsübertragung, dank Entzerrungen mit korrigierter Gruppenlaufzeit. Weitere Vorzüge sind:

- Leistungsstarke HF-Endstufen steuern auch hochkoerzitive Bänder problemlos aus.
- Pro Geschwindigkeit und Entzerrung je 2 Speicherplätze für Einmess-Parameter.
- Ausgänge wahlweise mit oder ohne Übertrager.
- Hochwertige elektronische Ausgangsstufen für bis 28 dBu Leitungspegel (asymmetrisch + 24 dBu) und hervorragender Gleichtaktunterdrückung.
- HF-Oszillator-Anpassung an eingesetzte Löschköpfe oder gesperrt für reinen Wiedergabebetrieb.

- Audioparameter-Einstellung unterschiedlich oder gemeinsam für NAB und IEC (CCIR)
 - Bandsortenwahl "TAPE A" oder "TAPE B", verknüpft mit Bandgeschwindigkeiten.
 - Drop-In-/Drop-Out Kompensation für nahtlosen Ein- und Ausstieg in Aufnahmen.
 - Bandbreitenumschaltung für den Sync-Kanal
 - Leitungspegel (Operating Level), programmierbar für Bezugspegel + 6, + 10, + 14, + 16 dBu (bzw. 0, + 4, + 8, + 10 dBu).
 - Mono-Stereo-Umschaltelektronik, mit/ohne Tongenerator (Option).
 - Automatischer Abgleich durch externen PC via serielle Schnittstelle möglich (Option).
- Neu an der Schaltungskonzeption ist die Parametersteuerung durch den Mikroprozessor: Die üblichen Einstellpotentiometer entfallen und der Einmessvorgang lässt sich automatisieren. Digital/Analog-Konverter (DAC) wandeln die Signale in analoge Steuergrössen um. Die Parameter werden kontaktlos durch den Prozessor eingestellt (und am LC-Display angezeigt).

Die Aufnahme-/Wiedergabeverstärker sind phasenkompensiert, wodurch PCM-ähnliche Audioaufzeichnung gewährleistet ist.

Die Ein- und Ausgänge der A816 können, je nach Wahl der Ein-/Ausgangskarten, trafo- oder elektronisch-symmetriert ausgeführt sein. Der Nominalpegel wird über die oben beschriebenen Programmierungen eingestellt, vier verschiedene Werte 0/6 dBu, 4/10 dBu, 8/14 dBu und 10/16 dBu sind im Audio-Funktionsspeicher abgelegt. Der erste Wert bezieht sich auf den Nominalpegel bei der Verwendung von VU-, der zweite auf PPM-Aussteuerungsmesser nach DIN.

Zur optimalen Kalibrierung können die Ausgangspegel über ein Mehrfach-Wendelpotentiometer in einem Bereich von $\pm 1,5$ dB fein eingestellt werden. Im Gegensatz zu anderen Zweispurmaschinen kommt die A816 ohne zusätzlichen Sync-Wiedergabeverstärker aus, weil die Verstärker bei Umschaltung auf Sync von der μ P-Steuerung umgemessen werden (nur bei Geräten mit Audiokanal-Bedienungsfeld).

Die Aufnahmeelektronik weist zwei weitere Besonderheiten auf: Zum einen lässt sich für einen optimalen Aufnahmeeinstieg eine Zeitverzögerung hinzuschalten, die den Einsatz der Vormagnetisierung entsprechend dem Löschkopfabstand und der gewählten Bandgeschwindigkeit korrigiert. Weiter ist für eine optimale Höhenaussteuerbarkeit eine bei Bedarf abschaltbare Dolby HX PRO-SchaltungTM implementiert.

Aufnahme- und Wiedergabeköpfe bestehen aus hochabriebfestem Glasmittel. Ein Zweikanal-Vorverstärker direkt unterhalb des Kopfträgers sorgt für qualitativ hochwertige Verstärkung der Wiedergabesignale ab Band. Jeder Kopfträger ist zudem mit einem elektronischen Index versehen, der beim Austausch für die automatische Anpassung aller zuvor in dieser Konfiguration erstellten Laufwerks- und Audioparameter sorgt.

Das Bedienungs-Konzept

Die Bedienung ist auf Effizienz und Bedienungssicherheit ausgelegt. Die Bedieneinheit ist vom Laufwerk mechanisch entkoppelt. Umspul-Geschwindigkeit und -Richtung werden durch einen Rangierhebel (links) definiert, ein Editierhebel (rechts) erlaubt das graduelle Hineinhören beim Umspulen und das Aktivieren des Papierkorbbetriebes.

Die µP-Steuerung speichert neben den Audioparametern ebenso den Bandzählerstand, die gewählte Bandgeschwindigkeit und die Locator-Adressen. Die Locator-Adressen basieren auf den Bandzählimpulsen; die Locator-Funktionen sind deshalb unabhängig von der gewählten Bandgeschwindigkeit, und die Anzeige erfolgt immer in Echtzeit (wie beim Bandzähler).

Die Laufwerk-Tastenfelder sind in Elementarbedienfeld, Funktionsfeld sowie Sekundärbedienfeld unterteilt. Sämtliche Tasten können mit denen im Programmspeicher angelegten Funktionen ("Soft Keys") frei belegt werden.

Im Funktionsfeld, das in der Regel mit Locate- und optionalen Laufwerksfunktionen belegt wird, ist auch das grossformatige LED-Bandzählwerk mit 1/10 Sekunde Auflösung integriert, ebenso wie eine LED-Statusanzeige der wichtigsten Funktionen: Geschwindigkeitsanwahl, Varispeed-Betrieb, Telcom™ On/-Auto, Broadcast, CCIR- oder NAB-Entzerrung, Bandtyp A oder B, Freigabe für Fernbedienung/Faderstart, Opto Trigger und Master Safe.

Fehlerursache, wie den Verlust von Audio- oder Bandzugdaten etc. Gleichzeitig ist aus der Art der Fehlermeldung auch ersichtlich, ob ein eingeschränkter Betrieb der Maschine noch möglich ist.

Konzept der Programmierung

Schon bei der Betrachtung der Programmiermöglichkeiten wird die Flexibilität einer A816 augenfällig. Die Auswahl der verschiedenen Menüs wird über einen sogenannten Statusbaum durchgeführt.

Im normalen Betriebszustand wird im LC-Display der eingestellte Ein- und Ausgangspegel angezeigt. Nach der Betätigung von Taste "Next" erscheint im Display "User Set Up" mit der Unterteilung in "Alignment" und "Mode". Das Menü "Alignment" dient zur Voreinstellung verschiedener Laufwerksparameter, wie Einstellung der max. Umspulgeschwindigkeit, des Bandzuges, der Schnittstellenformate etc.

Umspulfunktionen können in "Tape Deck Keys/only" auf gewünschte Tasten programmiert werden, wo hingegen im Alignment-Deck-Menü die maximale Umspulgeschwindigkeit der Hauptfunktionen Vor- und Rücklauf, sowie von Library Wind individuell festgelegt werden. Dies kann insbesondere von Vorteil sein, wenn das verwendete Bandmaterial keine allzu hohen Umspulgeschwindigkeiten zulässt, z.B. bei einer sehr rauhen Rückseitenmattierung.

Die beiden Record-Funktionen A und B legen fest, ob beim Aufnahmeeinstieg während der Wiedergabe nur die gleichzeitige Betätigung von Play- und Recordtaste oder bereits Record alleine den Aufnahmemodus aktiviert.

Interessante Aspekte bietet die Rollback-Funktion, bei deren Aktivierung das Band um eine, im Alignment-Deck-Menü voreingestellte Zeit (Bereich 1 Sek. bis 59 Sek.) vor den Ausgangspunkt zurückgespult wird und dann, je nach Programmierung von Rollback-Stop, Play oder Record, mit der entsprechenden Operation fortfährt.

Neben der einfachen "Locate Zero"-Funktion sind fünf weitere programmierbare Locator-Speicherplätze im Laufwerk implementiert.

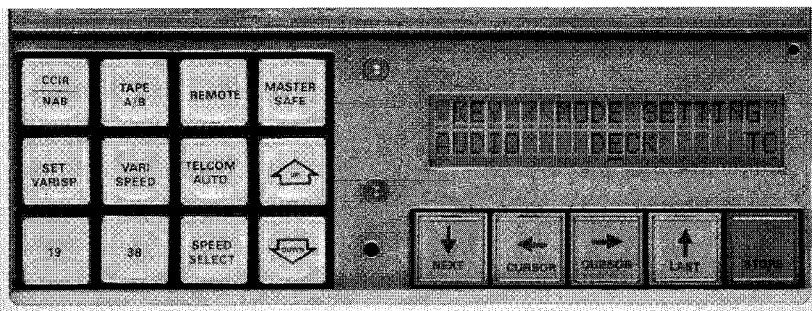
Bei den Funktionen "Loc Start Play, Stop und Rec" fährt das Band zur Position des letzten Play-Befehls und löst dann automatisch, je nach Vorwahl, Play, Stop oder Record aus.

Auch das Bandzählwerk kann über eine "Set Timer"-Funktion auf eine individuelle Zeit voreingestellt werden. Die "Lap/Watch Display"-Funktion ermöglicht eine Umschaltung auf ein zweites, vom Hauptzählwerk unabhängiges Hilfszählwerk, um beispielsweise die Spieldauer bestimmter Titel zu erfassen.

Die neue Funktion «Theater»

Ein völlig neues "Feature" der A816 ist der sogenannte Theaterbetrieb. Dafür stehen folgende Funktionen zur Verfügung:

- NEXT TAKE
- PREVIOUS TAKE
- PREPARE
- START CONTROL



Das unter einer Abdeckklappe liegende Sekundärbedienfeld, umfasst zehn weitere Funktionstasten, die beispielsweise mit Voreinstellungen (Geschwindigkeiten, Varispeed usw.) oder nicht ständig benötigten Eingabemöglichkeiten wie Freigabe der Fernbedienung o.ä., belegt werden können. Fünf weitere Tasten dienen zum Blättern im Menü und zur Tasten- und Funktionsprogrammierung. Werksseitig sind alle Funktionstasten mit gewissen Standardoperationen belegt und entsprechend beschriftet. Es ist dem Anwender jedoch freigestellt, diese Tasten kurzfristig nach seinen individuellen Bedürfnissen aus einer Auswahl von über 40 Funktionen neu zu programmieren.

Ein alphanumerisches LC-Display im Sekundärbedienfeld dient zur Programmierung der Audio- und Laufwerksdaten, zur Anzeige des Software-Status, der Varispeed-Daten und von Fehlermeldungen. Die Fehlermeldung umfasst hierbei auch eine grobe Beschreibung der

Damit diese Funktionen einwandfrei arbeiten, muss vorgängig das "Theater-Vorspannband" definiert werden. Falls immer das gleiche Vorspannband zur Anwendung gelangt, ist die Programmierung nur einmal erforderlich, die A816 speichert diesen Wert. Nachfolgend eine kurze Einführung in die neuen Funktionen:

– *NEXT TAKE / PREVIOUS TAKE:*

Das Laufwerk sucht selbständig die nächste

«Deutsche Schichtlage»

oder

Die Studer A816 hat eine besondere Vorgeschichte

Tonbandmaschinen hatten ab Funkausstellung 1935 in Berlin, wo AEG Telefunken erstmals das «Magnetophon» mit dem von BASF entwickelten Kunststoff-Tonband ausstellte, die Welt des Rundfunks grundlegend geändert und später unsere gesamte Musikkultur revolutioniert. Neben dem Ruhm für die Pionierleistungen blieb der deutschen Audioindustrie aber auch eine eigene Schichtlage. So sind denn in deutschen Archiven unterdessen rund 60 Mio. Spulen mit Schichtlage "ausssen" gelagert.

Als dann 1989 bei AEG TELEFUNKEN der Bereich Magnettontechnik geschlossen und von Willi Studer übernommen wurde, erlangten die marktpolitische Dimensionen der Weltexklusivität "Schichtlage ausssen" unvermittelt andere Vorzeichen. Der "deutsche Markt" wartete auf die M16 (Nachfolgemodell M15A), und die Frage, ob wir den Prototypen zur Serienreife bringen würden, musste aus logistischen und servicetechnischen Gründen verneint werden.

Dr. Studer verpflichtete sich nach eingehenden Abklärungen gegenüber dem "deutschen Markt" hingegen, eine eigene kompatible Maschine für die ARD-Konsole (Einheitstruhe) zu entwickeln. Es wurden zwei Adhoc-Arbeitsgruppen der öffentlich rechtlichen Anstalten ins Leben gerufen: die Hörfunkbetriebsleiter (HFBL) unter der Leitung von Dr. Roth und die Gruppe Messtechnik unter der Leitung von M. Schneider. Beide Gruppen erarbeiteten Anforderungskataloge, und beim ersten Treffen in Regensburg, im Oktober 1989, wurden die bereits vorhandenen Vorstellungen konkretisiert und der Rahmen der Entwicklung abgesteckt.

Anlässlich der Tonmeistertagung 1990 in Karlsruhe wurde ein erster Prototyp der Studer A816 der Öffentlichkeit vorgestellt. Es folgten intensive Gespräche und Messungen. Im Frühjahr 1991 wurde sodann eine erste Vorserienmaschine der unabhängigen Rundfunk-Betriebs-Technik (RBT) zur eingehenden Prüfung zur Verfügung gestellt. Nach der Realisierung der notwendigen Anpassungen wurde Anfang Oktober die erste Serienmaschine zur Nachkontrolle nach Nürnberg zur RBT geschickt. Die Produktionsfreigabe erfolgte Anfang Dezember.

bzw. vorhergehende Markierung und positioniert den Beginn der Magnetschicht, unter Berücksichtigung der programmierten Hochlaufzeit, vor den Wiedergabekopf. Bei mehrmaliger Betätigung der Taste zählt das Laufwerk intern mit und sucht dann die entsprechende Stelle.

– *PREPARE:*

Das Laufwerk sucht im "PLAY" die erste Markierung und positioniert den Beginn des Magnetbandes an die definierte Stelle.

– *START CONTROL:*

Erlaubt ein "Hineinhören", die Maschine geht auf Play. Wird die Taste losgelassen, fährt das Laufwerk zurück zur Startstelle.

Vorspannbanderkennung

Die A816 ist mit Vorspannbanderkennung ausgerüstet, die folgende Funktionen erlaubt:

– *TELCOM AUTO:*

Bei TELCOM-Vorspannband und vorgewählter Funktion wird die Rauschunterdrückung aktiviert, und erst wieder ausgeschaltet, wenn ein Bandzugführlhebel "Tape Out" erkennt.

– *LEADER STOP:*

In Funktion Wiedergabe wird nach der Erkennung eines Vorspannbandes der Magnetbandbeginn auf die programmierte Position gefahren (Set Leader Offset).

Automatisches Einmessen:

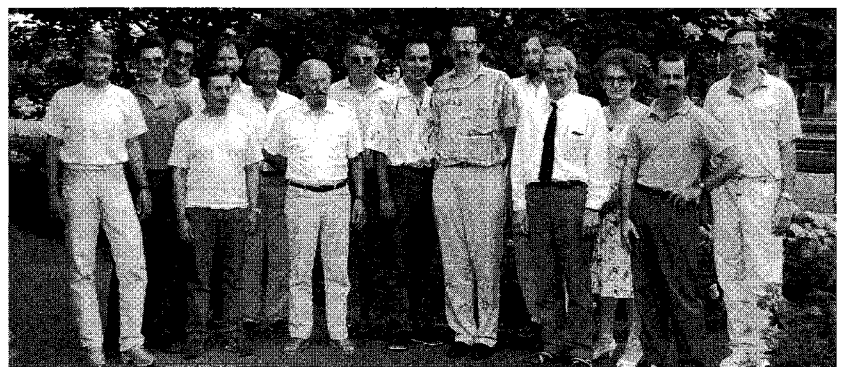
Über die RS-232-Schnittstelle kann die Maschine automatisch eingemessen werden (SAAP Option).

Testprogramm:

Für den Service steht standardmässig ein Testprogramm zur Verfügung, das die Überprüfung der Elektronik erlaubt. Geprüft werden können das LC-Display, die Dekodierung aller Tasten, die vom Microprozessor gelesenen Werte des Rangierhebels, der Bandzugwaagen, der Vorspannband-Erkennung und der Speisespannung. Weiter können die Drehrichtung und Regelung der beiden Wickel-motoren und des Capstanmotors überprüft werden.

Für die Kontrolle der einzelnen Magnete (Andruckrolle, Bremsen, etc.) sind spezielle Tests eingebaut. Das Testprogramm aktiviert zur Prüfung beispielsweise alle LEDs. Schliesslich lassen sich auch die einzelnen Ein-/Ausgänge der verschiedenen Schnittstellen durch entsprechende Tests kontrollieren. ●

Diese Gruppe ist mit Recht stolz auf eine ungewöhnliche Leistung – das Entwicklerteam der Studer A816.



Elektroakustik

Die Luft, das nichtlineare Medium

von Paul Zwicky



Paul Zwicky

Man sagt, Spezialisierung mache blind. Mag sein, denn nur zu oft werden selbst von Fachleuten vordergründige Tatsachen nicht beachtet. So kommt es, dass weniger bedeutsame Faktoren zu hochstilisierten Argumenten werden. Dafür ist die Elektroakustik besonders anfällig, weil in ihrem Bereich auch emotionelle Momente zu berücksichtigen sind. Der folgende Beitrag versucht mit Einblicken in die Physik zum Nachdenken anzuregen.

Bei Betrachtungen über die Qualität der HiFi-Kette sprechen wir über die beteiligten Komponenten und Materialien. Es wird diskutiert, ob der Transistor besser töne als die Röhre, ob ein Elektrolytkondensator überhaupt etwas verloren habe in der HiFi-Technik, ob Metallwiderstände gewandelt sein dürfen, ob Papier oder Polypropylen als Membranmaterial vorzuziehen sei oder ob die Reinheit des Kupferdrahtes 99.99% oder sogar 99.9999% sein müsse. Nur die Luft als mechanisches Filterglied oder als Übertragungsmedium wird vielfach vergessen. Vielleicht spüren wir, dass wir sie als Bestandteil der Natur nicht verändern können und verdrängen deshalb jeden Gedanken in dieser Richtung.

Wir wollen uns in diesem Beitrag mit der Luft als Gas in physikalischem Sinne auseinandersetzen und untersuchen, ob sie in der Elektroakustik beteiligt ist. Bei der Reproduktion von Schall durch Lautsprecher muss auf irgendeine Weise der bestehende statische Luftdruck verändert werden. Wir erinnern uns, dass dieser Luftdruck vom Wetter und der Höhe über Meer abhängt. Der Normalluftdruck beträgt ca. 10^5 N/m^2 . Eine Variation von nur $\pm 2 \text{ N/m}^2$ entspricht bereits einem Schalldruck von 100 dB. Eine Lautsprechermembrane, welche sich schneller bewegt als die anliegende Luft ausweichen kann, produziert eine solche Druckvariation. Genaugenommen entsteht durch die Membranverschiebung eine Volumenänderung, welche über das Gasgesetz verkoppelt, zu einer Druckänderung führt. Alle Lautsprecherkonstruktionen zielen darauf ab, die Membranbewegung so genau wie möglich einem Eingangssignal folgen zu lassen. Es interessiert uns, wie eine Druckänderung aussieht, wenn sie durch eine lineare Volumenänderung einer Membrane entstanden ist. Ist sie mit Klirrfaktor behaftet?

Gehen wir davon aus, dass uns der Schalldruck in einem Meter Entfernung bekannt ist. Wir kennen die Beziehung:

$$p_1 = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{\left(\frac{\text{SPL}}{20}\right)}$$

Dabei handelt es sich um einen Effektivwert. Da der maximale Druck auf der Membranoberfläche entsteht, rechnen wir den Druck um:

$$p_m = p_1 \frac{4}{d} \quad \text{wobei } d \text{ der Membrandurchmesser ist.}$$

Wir nehmen an, dass das Signal sinusförmig ist, somit wird der Spitzendruck auf der Membranoberfläche

$$\hat{p} = p_m \sqrt{2} = p_1 \frac{4}{d} \sqrt{2} = 8 \cdot \sqrt{2} \cdot 10^{-5} \frac{10^{\left(\frac{\text{SPL}}{20}\right)}}{d}$$

Ferner kennen wir das adiabatische Gasgesetz $p \cdot \text{Vol}^{(\gamma)} = \text{const}$ ($\gamma = 1.40$ für Luft)

$$\text{Wir formen um: } \text{Vol} = \text{const} \cdot p^{-\frac{1}{1.40}}$$

Diese Funktion wird nach Taylor als Potenzfunktion 3. Grades an der Stelle $p = 10^5 \text{ N/m}^2$ dargestellt.

$$\text{Vol} = \text{const} \left(388 \cdot 10^{-6} - 8.08 \cdot 10^{-9} \Delta p + 102 \cdot 10^{-15} \Delta p^2 - 746 \cdot 10^{-21} \Delta p^3 \right)$$

$$\Delta p \text{ wird ersetzt durch } \hat{p} \cdot \sin \omega t$$

$$\Delta p^2 \text{ wird ersetzt durch } \hat{p}^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2 \omega t \right)$$

$$\Delta p^3 \text{ wird ersetzt durch } \hat{p}^3 \left(\frac{3}{4} \sin \omega t - \frac{1}{4} \sin 3 \omega t \right)$$

$$\text{Vol} = \text{const} \left(388 \cdot 10^{-6} - 8.08 \cdot 10^{-9} \hat{p} \cdot \sin \omega t + 51 \cdot 10^{-15} \hat{p}^2 \cos 2 \omega t - 186 \cdot 10^{-21} \hat{p}^3 \sin 3 \omega t \right)$$

Bekannt sind die Formeln für die Klirrfaktoren:

$$K_2 \approx \frac{\text{Amplitude von } 2 \omega t}{\text{Amplitude von } \omega t} \quad K_3 \approx \frac{\text{Amplitude von } 3 \omega t}{\text{Amplitude von } \omega t}$$

Wir suchen die Amplitude aus der letzten Volumengleichung, setzen den errechneten Wert von \hat{p} ein und erhalten:

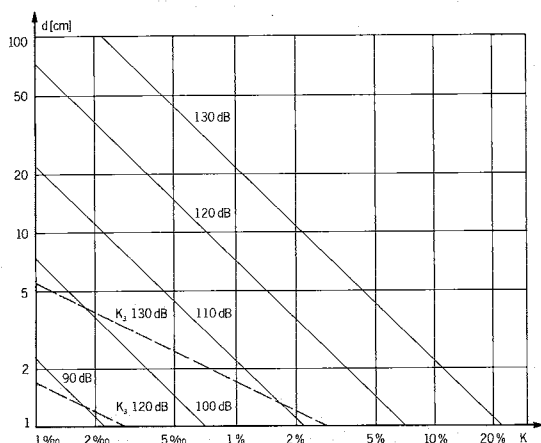
$$K_2 \approx \frac{715 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{\left(\frac{\text{SPL}}{20}\right)}}{d}$$

$$K_3 \approx \frac{295 \cdot 10^{-21} \cdot 10^{\left(\frac{\text{SPL}}{10}\right)}}{d^2}$$

Was sagen uns die Resultate für die Praxis? Einige Beispiele sollen dies zeigen.

- a) Ein Lautsprecherbauer möchte den Qualitätsstandard hoch ansetzen und definiert den Systemklirrfaktor mit $\leq 0.5\%$. Wie gross darf der Schalldruck in einem Meter für eine Hochtonkalotte von 25mm \varnothing sein?
→ 105 dB
- b) Wie gross wäre der K_2 , wenn er bei 100 dB SPL ein Hochtonhorn mit einem Halsdurchmesser von 1cm verwenden würde?
→ 2.26 %

c) Wie gross müsste ein Halsdurchmesser eines Hornes sein, wenn bei 130 dB SPL ein Klirr von 0.5% erreicht werden soll?
 → 45 cm



Zusammenhang zwischen Membrandurchmesser, Schalldruck und Klirrfaktor (K₁ und K₂)

Wir sehen, dass hohe Schalldrücke und kleine Klirrfaktoren in der Praxis schwer zu erreichen sind. Besonders gefährlich wird es bei Hochtonlautsprechern, auch wenn der geforderte maximale Schallpegel im Hochtonbereich nicht ganz so hoch ist wie im Mitteltonbereich. Hornlautsprecher erreichen den höheren Wirkungsgrad nur dann, wenn der Hals entsprechend dünn gewählt wird. Der sich daraus ergebende Klirrfaktor genügt höheren Ansprüchen kaum.

Die Kenntnis, dass ein Lautsprecher naturgemäss einen Klirrfaktor in der Grösse von 0.3% bis 20% aufweist, kann uns davor bewahren, zuviel Energie darauf zu verschwenden irgendwo den Klirrfaktor von 0.03% auf 0.01% zu verringern. Der Lautsprecherbauer weiss, dass die in dieser Arbeit besprochene Klirrfaktor-Quelle nicht die einzige ist. ☹

Der Zusammenhang zwischen Druck und Volumen

Erinnern Sie sich noch an das allgemeine Gaszustandsgesetz von Boyle-Mariotte-Gay-Lussac?

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{constant} \quad \begin{matrix} p = \text{Druck} \\ V = \text{Volumen} \\ T = \text{absolute Temperatur} \end{matrix}$$

Wenn wir dafür sorgen, dass die Temperatur konstant bleibt, erhalten wir die *isothermische Gasgleichung*

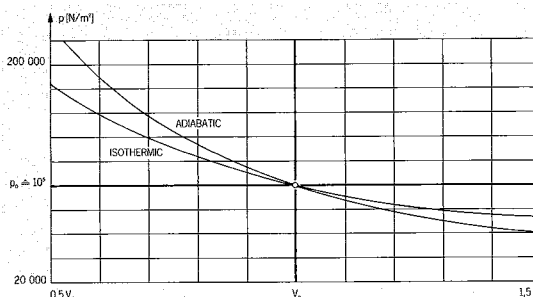
$$p \cdot V = \text{constant}$$

Lassen wir es zu, dass sich das Gas bei der Kompression erwärmt (Fahrrad-Pumpeneffekt), müssen wir eine Korrektur vornehmen:

$$p \cdot V^\gamma = \text{constant}, \quad \gamma = 1.40 \text{ für Luft}$$

Die Gleichung ist bekannt unter dem Namen: *adiabatische Gasgleichung*.

Beide Gasgleichungen sind nicht linear. Eine lineare Volumenänderung führt zu einer *nicht-linearen* Druckänderung.



Grossprojekt Zimbabwe Broadcasting Corporation

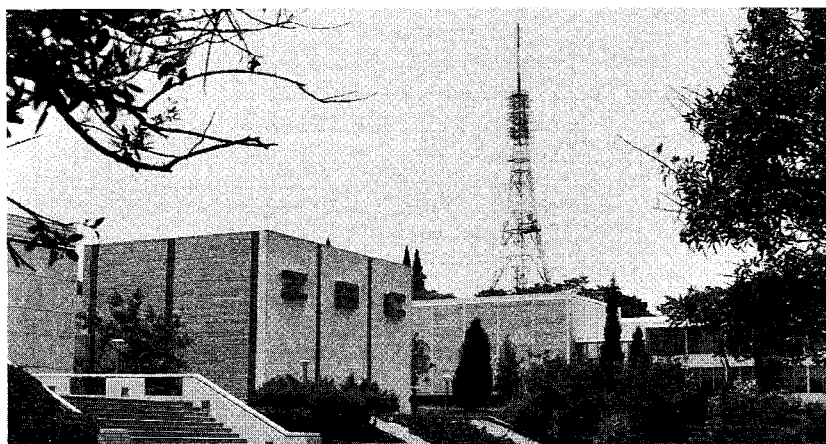
Studer International konnte ZBC Harare die Nutzung eines schweizerischen Soft-Loan-Kredites anbieten, der sich zu je 50% aus einer zinsfreien Bundebranche und einer Bankbranche mit Festzinsofferte zusammensetzt.

ZBC hat im Rahmen dieses Mischkredites mit Studer International einen Vertrag für die Lieferung von professionellen Geräten und Dienstleistungen im Projektumfang von 11,8 Mio Schweizerfranken unterzeichnet. Es handelt sich dabei um die komplette Neuausstattung von drei Radio-Produktionszentren in Montrose (Bulawayo), Mbare und Pockets Hill (Harare).

Weiteres Material wird von der Firma ALCA-TEL STR Zürich geliefert, die auch die technische Ausrüstung der drei Hauptschallräume und sämtliche Installationsarbeiten als Vertragspartner und Unterlieferant von Studer International in diesem Grossprojekt übernehmen wird. Umbauarbeiten werden bis März 1993 andauern, weil die Fertigstellung der einzelnen Studios sukzessiv erfolgen muss, um den Sende-

betrieb ohne Unterbrechung aufrecht zu erhalten. Beste Studer-Technik wird u.a. im Musik- und Hörfunkstudio von Pockets Hill durch eine 16-Kanal-Tonbandmaschine A827 und mit CD-Aufnahme/Wiedergabe-Einheit D740 sowie R-Dat Recorder geboten.

Rolf Breitschmid



STUDER REVOX an den Tellspielen

Angeregt durch den Vorschlag unseres Mitarbeiters Benno Germann vom Bereich Studiobau SRAG, hatte ich im Herbst '91 – im Schweizer Jubiläumsjahr – die weit über die Landesgrenzen bekannten Tellspiele in Altdorf besucht.

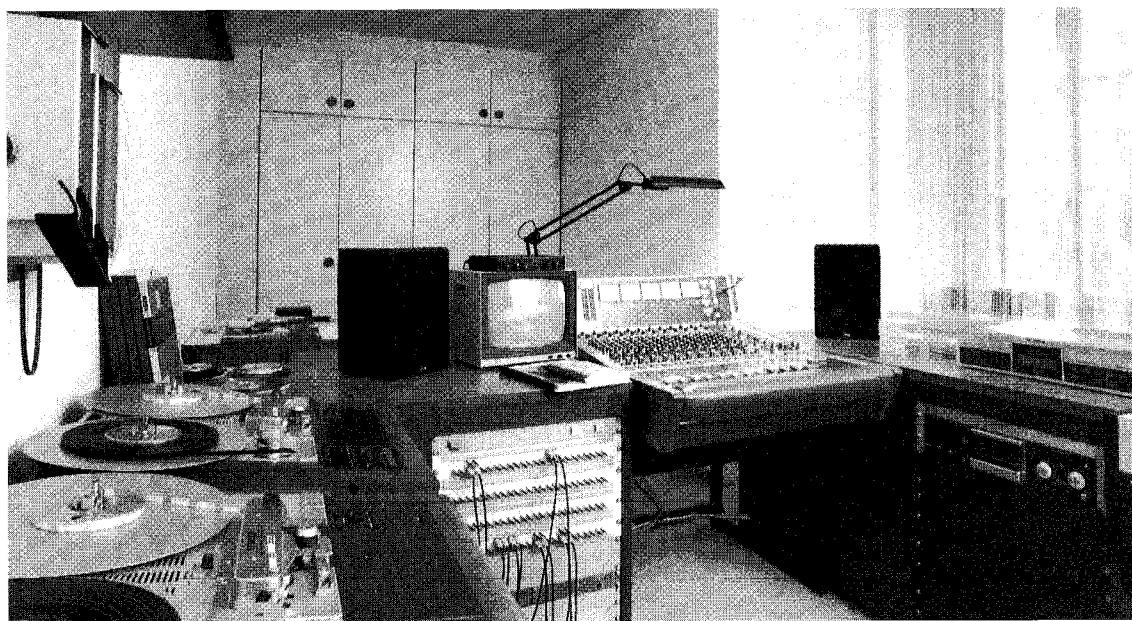
Im 1925 eigens dafür gebauten Festspielhaus boten 130 Laiendarsteller unter der professionellen Regie von Franziska Kohlund mit Begeisterung und Idealismus in Schiller's Freiheitsdrama eine beachtliche schauspielerische Leistung. Mit ausserordentlichem persönlichen Einsatz hatte Benno Germann ohne zusätzlich Hilfe im Rahmen einer notwendigen Umgestaltung und Erneuerung der Tonanlage in unzähligen Arbeitsstunden Studer Revox Geräte installiert, um den Ansprüchen an eine moder-

ne Beschallungsanlage gerecht zu werden. Vor sechs Jahren wurde bereits ein Mischpult Studer 901 eingesetzt und vor drei Jahren mit zwei Tonbandmaschinen A807, Kassettengerät A710, CD-Spieler A725, Plattenspieler EMT 930, Endverstärker A68 sowie neuen Beschallungslautsprechern komplettiert. Benno Germann ist auch verantwortlich für den reibungslosen technischen Ablauf während der rund 30 Vorstellungen, die alle drei Jahre in den Monaten Juli bis September stattfinden.

Die Wiedergabequalität der Anlage und auch die Darbietungen der Laiendarsteller waren ohne Fehl und Tadel und haben den Besuchern ungetrübten Genuss bereitet.

Eugen Spörri

Regieraum mit Studer 901, 2 x A807, A710, A725 und A68.



Impressum

Redaktion und Gestaltung:
Marcel Siegenthaler

Mitarbeiter dieser Ausgabe:

Paul Zwicky
Matthias Zbinden
Kurt Schwendener
Marc Biver
Flutura Myftiu
Marcel Cattani
Sylvie Casteel
Hans R. Hässig
Rolf Breitschmid
Eugen Spörri

Anschrift der Redaktion:

SWISS SOUND
STUDER INTERNATIONAL
Althardstrasse 10
CH-8105 Regensdorf
Switzerland

Telefon:
+41 (0) 1-870 75 03
Telefax:
+41 (0) 1-840 47 37

Herausgeber:
STUDER REVOX AG
Althardstrasse 30
CH-8105 Regensdorf
Switzerland

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet, Belege erwünscht.

Printed in Switzerland
10.26.1530 (Ed.0692)

Neue Patente

Verfahren zum Löschen von magnetischen Aufzeichnungen auf einem Magnetband.

Bekanntlich können magnetisierte Bereiche auf einem Magnetband gelöscht werden, indem man diese einem abklingenden Wechselfeld aussetzt, dessen maximale Amplitude ausreicht, um alle Partikel zu sättigen.

Dieser Vorgang wird auch bei der Aufzeichnung eingesetzt, indem man dem Wechselfeld eine Signalkomponente beifügt. Fehlt diese Komponente, so handelt es sich um eine Nullaufzeichnung oder Löschung.

Der Löschvorgang wird beeinträchtigt durch zusätzliche Magnetisierungen, welche vom gerade noch nicht gelöschten Band vor der Aufzeichnungszone stammen. Diese Magnetisierungen werden vom auflaufenden Polschuh abgetastet und dem Löschfeld beigefügt. Wir

erhalten somit eine kleine Wiederaufzeichnung des eben gelöschten Signales. Diese Wiederaufzeichnung erfolgt, wenn zwei Bedingungen erfüllt sind:

1. Der linke Polschuh muss gross genug sein, um eine Abtastung zu ermöglichen.
2. Die Aufzeichnungszone muss klein genug sein, um die Wiederaufzeichnung zu ermöglichen.

Die Erfindung definiert eine frei wählbare Grenzwellenlänge, bei der gerade weder die Bedingung 1 noch die Bedingung 2 erfüllt ist. Damit wird erreicht, dass keine der im Spektrum beteiligten Wellenlängen wieder aufgezeichnet wird. Eine Kopfkonstruktion, welche diese Erkenntnisse berücksichtigt, löscht auch tiefe Frequenzen einwandfrei. Ein Problem, das uns seit 30 Jahren beschäftigt hat, ist somit gelöst.

Dieses Patent von Paul Zwicky wurde vom Europäischen Patentamt am 21. 11.91 unter der Nummer 166 210 B1 veröffentlicht.