



So funktionieren Dolby Pro Logic II Decoder

von Roger Dressler

Einführung

Die Matrix-Surround-Decodierung, also der Prozess, in dem man mehrere Ausgangskanäle aus einem zweikanaligen Medium gewinnt, ist nicht neu. Als die Dolby Surround Pro Logic-Decodierung im Jahr 1987 eingeführt wurde, gab es zuvor schon andere Surround-Technologien, die in den zwei vorausgegangenen Jahrzehnten erschienen und zumeist auch wieder verschwunden waren. Die Popularität von Pro Logic stieg in den 90er Jahren dramatisch. Sie schuf die Basis für die Surround-Fähigkeit künftiger digitaler Übertragungsformate.

Die Einführung digitaler Formate bedeutete, dass Audio-Programme nicht länger durch Plattenrillen, modulierte Hochfrequenzträger oder Tonköpfe technisch eingeschränkt wurden – dass nun also diskrete 5.1-Kanal-Programme möglich wurden. Sie setzten neue Maßstäbe. Das 5.1-Kanal-System Dolby Digital hob die Möglichkeit, Schallfelder zu erzeugen und wiederzugeben, auf ein ganz neues Niveau, das die Fähigkeiten von Encoder/Decoder-Systemen für Matrix-Surround weit übertraf. Dabei nutzte Dolby Digital exakt die gleiche „3/2“-Lautsprecherkonfiguration, die Pro Logic bereits etabliert hatte. Die verbreitete Verwendung von Dolby Digital für den 5.1-Kanal-Ton von DVD-Video-Platten half, die Qualität der Surround-Wiedergabe von Heimkinosystemen deutlich zu heben – ebenso wie die Erwartungen an die neue Surround-Generation.

Die Filmproduzenten haben den diskreten 5.1-Kanal-Ton als erste eingesetzt. Heute ist das Tonformat der de-facto-Standard der DVD, in der Produktionen und der Veröffentlichung. Viele Spielfilme, die ursprünglich in Dolby Surround erschienenen waren, wurden später auf DVD mit 5.1-Kanal-Ton neu veröffentlicht. So konnte man sie noch einmal genießen – mit besserer Räumlichkeit, besserer Ortbarkeit und besserer Sprachverständlichkeit. Auch im digitalen Fernsehen über Satellit, Kabel und terrestrische Ausstrahlung ist der Übergang zum 5.1-Kanal-Ton schon weit fortgeschritten, und das Mehrkanal-Tonformat der DVD-Audio steigert den Genuss von Musikaufnahmen in ähnlicher Weise.

Viele Menschen haben inzwischen die Vorzüge der Surround-Wiedergabe kennen-und schätzengelernt. Sie wünschen sich nun, dass auch Nicht-Surround-Programme, insbesondere Musik, von den Möglichkeiten ihrer Wiedergabesysteme profitieren. Das gilt nicht nur für Heimkino-Anlagen, sondern auch für Car Audio, Computer und sogar für Kopfhörer. Dolby Pro Logic II wurde speziell mit Blick auf diese neuen Bedürfnisse entwickelt.

Weshalb kommt im Jahr 2000 eine neue Surround-Decoder-Technologie?

In den letzten Jahren hat sich die Art, wie audiovisuelle Medien erstellt und an die Konsumenten geliefert werden, wesentlich verbessert. VHS HiFi wurde zum Standard-Tonformat für Stereo-Videorecorder und vorbespielte Bänder; die DVD entwickelt sich immer schneller zum bevorzugten Format für Spielfilme, die in Form körperlicher Informationsträger verkauft werden; und das digitale Fernsehen wird voraussichtlich die analogen Übertragungsformate auf der ganzen Welt verdrängen. Die Möglichkeiten, Stereoton in hoher Qualität zur Verfügung zu stellen, waren noch nie so gut. Davon profitieren auch Surround-encodierte Programme, die so weit verbreitet sind wie nie zuvor – über Fernsehen, Video und die DVD.

Diese verbesserten Bedingungen für die Auslieferung von Programmen, sowie Fortschritte in der Surround-Decodieretechnik erlauben Pro Logic II, neue Maßstäbe in der Qualität der Matrix-Surround-Decodierung zu setzen und damit das gewaltige Angebot an bereits vorhandenen und neu produzierten Dolby Surround-Programmen neu zu beleben.

Die Herausforderungen an einen modernen Surround-Decoder sind vielfältig. Der Decoder muss

- mit einem weiten Spektrum an Film- und Musikinhalten zurechtkommen,
- eine Klangqualität erzielen, die den zeitgemäßen Erwartungen an 5.1-Kanal-systeme gerecht wird,
- sich gleichermaßen für Wiedergabe über eine Heimkino-Anlage, den PC, mobile Geräte und Kopfhörer eignen,
- sich einfach bedienen lassen.

Pro Logic II erfüllt diese Anforderungen. Die Decodierung von Soundtracks in Dolby Surround behält die grundsätzlichen Eigenschaften und die "Richtigkeit" bei, die die Filmindustrie von der Pro Logic-Decodierung erwartet. Aber zusätzlich arbeitet Pro Logic II mit einem neuen Sinn für Räumlichkeit, Ortbarkeit und Stabilität des Schallfelds, wie sie bisher von Matrix-Surround-Decodern nicht erreicht wurden.

Zum ersten Mal bietet Dolby einen Surround-Decoder, der sich auch dazu eignet, die verborgenen räumlichen Informationen konventioneller Musikaufnahmen auf natürliche, überzeugende Weise wiederzugeben. Der Zuhörer fühlt sich in ein dreidimensionales Klanggeschehen einbezogen statt nur eine flache, zweidimensionale Wiedergabe zu hören. Der Decoder erzeugt aber nicht nur ein Schallfeld, das eine bessere Beteiligung bewirkt. Er löst auch das Problem der auf einen engen Raum begrenzten optimalen Hörzone, das typische Phänomen der konventionellen Stereo-Wiedergabe.

Was steckt in dem neuen Decoder?

In bisherigen logischen Decodern, einschließlich des Pro Logic-Decoders¹, registriert die Steuerschaltung den relativen Pegel und die relative Phasenlage zwischen den Eingangssignalen. Diese Informationen werden an eine variable Matrix-Ausgangsstufe geschickt, um spannungsgesteuerte Verstärker (VCAs) anzusteuern, die den Pegel von gegenphasigen Signalen bestimmen. Die gegenphasigen Signale löschen unerwünschtes Übersprechen aus und erhöhen damit die Kanaltrennung. Diese Schaltungsart nennt man Vorwärtsregelung (feed-forward).

Pro Logic II betrachtet ebenfalls die Eingangssignale und gleicht sie durch eine Regelung zunächst einmal im Pegel an. Die so angepassten Tonsignale werden direkt an die Matrix-Stufen geschickt, die die verschiedenen Ausgangssignale davon ableitet. Weil das selbe Audio-Signal, das die Ausgangsmatrix ansteuert, auch die Regelschleife steuert, handelt es sich um eine rückgekoppelte Logik-Schaltung (feedback-logic)².

¹ Siehe auch *Dolby Pro Logic Principles of Operation*, in englischer Sprache auf der Website www.dolby.com

² Patente angemeldet

Das Prinzip der Steuerung durch Gegenkopplung ist schon seit langer Zeit ein Eckpfeiler fortgeschrittener analoger Steuerungssysteme, etwa der Dolby Rauschunterdrückung, denn sie erhöht die Genauigkeit und optimiert die dynamischen Eigenschaften. Eine Gegenkopplung über den gesamten Prozess der Logik-Steuerung bringt ähnliche Vorteile: Sie erhöht die Genauigkeit der Steuerung und des dynamischen Verhaltens.

Wie der Prozessor arbeitet

Um die Arbeitsweise des Decoders zu verstehen, ist es hilfreich, sich anzuschauen, wie die vier ursprünglichen Quell-Tonsignale in die beiden Programmkanäle, die dann den Decoder speisen, encodiert werden. Die beiden encodierten Signale werden Lt und Rt genannt, als Abkürzung für links total und rechts total. ("Total" bedeutet: Die Signale enthalten alle encodierten Audio-Kanäle, nicht nur links und rechts). Siehe Abb. 1.

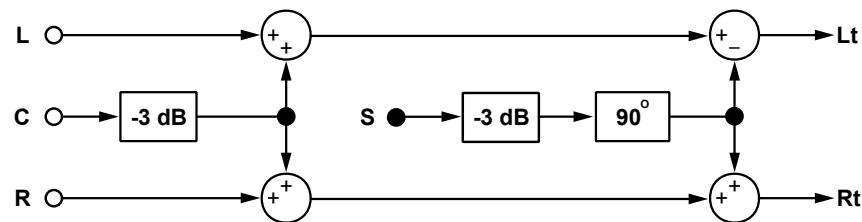


Abb. 1: Einfaches Encoder-Konzept mit vier Eingängen

In diesem Fall gibt es vier Eingangssignale: Links, Center, Rechts und Surround (L,C,R,S). Die Eingangssignale L und R werden ohne Modifikation direkt zu den Encoder-Ausgängen Lt und Rt geleitet. Der C-Eingang wird gleichmäßig auf Lt und Rt aufgeteilt – mit einer Pegelabsenkung um 3 dB, um so die akustische Leistung der gesamten Toninformationen konstant zu halten. Das S-Eingangssignal wird ebenfalls um 3 dB abgesenkt, aber bevor es sich gleichmäßig auf Lt und Rt aufteilt, wird es relativ zu L, C und R um 90 Grad in der Phase gedreht. Schließlich wird das S-Signal in den Lt/Rt-Kanälen mit entgegengesetzter Polarität transportiert (dargestellt durch das Minus-Zeichen in der Summierstufe, die den Lt-Ausgang speist).

Die einfachste Form eines Surround-Decoders subtrahiert das Rt-Signal von Lt, wie in Abb. 2 dargestellt. Wenn es im Encoder nur ein S-Signal gibt, sind die Signale in Lt und Rt identisch, aber mit entgegengesetzter Polarität. Wenn diese Signale im passiven Decoder subtrahiert werden, entsteht, wie gewünscht, das Surround-Ausgangssignal.

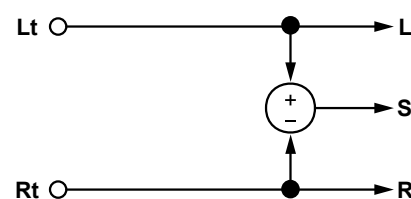


Abb. 2: Einfaches passives Decoder-Konzept

Wenn am Encoder nur ein C-Signal anliegt, sind die Signale in Lt und Rt identisch. Subtrahiert man sie im passiven Decoder, löschen sie einander vollständig aus, bewirken am S-Ausgang also lediglich Stille. Ebendies ist wiederum erwünscht: es zeigt, dass die Kanaltrennung zwischen S und C sehr hoch ist, selbst wenn man nur einen passiven Decoder verwendet.

Wenn sich die Lt- und Rt-Signale beliebig zusammensetzen (also nicht allein aus reinen C- oder S-Signalen bestehen), produziert der Lt-Rt-Prozess das Differenzsignal am S-Ausgang. Deshalb ist es unmöglich, Schallereignisse, die nicht genau auf der Mitte liegen, vom S-Ausgang fernzuhalten. Die Kanaltrennung zwischen Front- und Surround-Signalen kann bei einem passiven Decoder somit bis auf 3 dB absinken.

Die Aufgabe eines aktiven Decoders wie Pro Logic oder Pro Logic II ist es, ein dominantes Signal wie den Dialog davon abzuhalten, in den Surround-Kanal zu übersprechen, ganz gleich, ob es direkt im Center-Kanal auftritt, ein wenig außerhalb der Mitte abgemischt oder sogar ganz nach links oder nach rechts vorne gelegt wurde. Wird zum Beispiel der Dialog "halbrechts" platziert, (also mit dem gleichen Pegel an den Eingängen C und R am Encoder in Abb. 1), kann der passive L-R-Decoder nicht den gesamten Dialog im Surround-Ausgang auslöschen, denn der Dialog-Pegel ist in Lt höher als in Rt.

Um die vollständige Auslöschung im S-Ausgang zu erreichen, müssen die Dialoganteile in Lt und Rt angeglichen werden. Dies kann man erreichen, indem man jene Lt- und Rt-Signale, die die Subtraktionsstufe speisen, mit VCAs bearbeitet, deren Verstärkungsgrad von einem gemeinsamen Steuersignal in jeweils entgegengesetzter Richtung eingestellt wird (siehe Abb. 3). Steigt der Verstärkungsgrad in dem einen VCA an, sinkt er im anderen. Wird diese Steuerung exakt justiert, läßt sich das Übersprechen von jedem Dialogsignal, das die Tonregie irgendwo zwischen L und R (einschließlich C) gelegt hat, vollständig aus dem S-Kanal eliminieren.

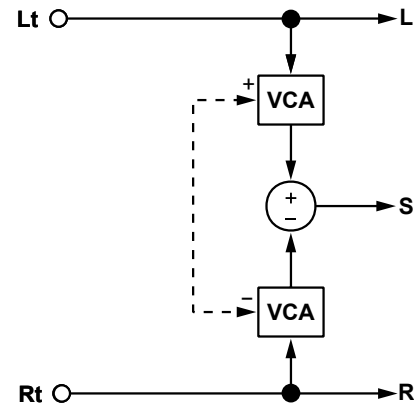


Abb. 3: Decoder mit VCA-Pegelausgleich

Um die Balance der beiden Signale, die Subtraktionsstufe speisen, ständig automatisch und unter den Bedingungen dynamischer Änderungen aufrechtzuerhalten, vergleicht eine Rückkopplungs-"Servo"-Schaltung die Pegel dieser beiden Signale nach einer Vollwellen-Gleichrichtung (engl. full-wave rectification, FWR). So kann die Servo-Schaltung stets die VCA-Steuerung justieren, um die Gleichheit der Signale zu erzwingen (siehe Abb. 4).

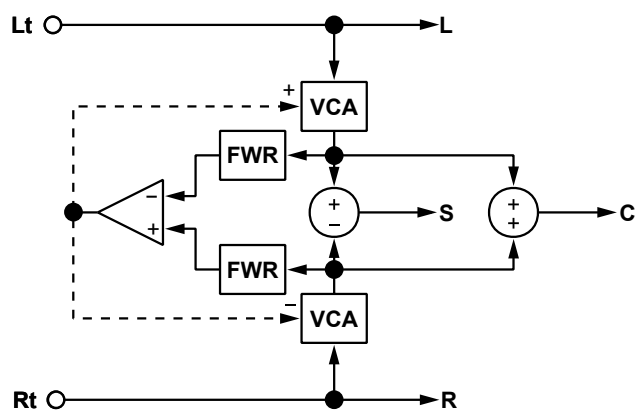


Abb. 4: Decoder mit Servo zum VCA-Abgleich

Das C-Ausgangssignal gewinnt man durch Addition (statt Subtraktion) der selben zwei, gegenseitig angeglichenen VCA-Ausgangssignale.

Weil von diesen VCAs die Signale L und R eingestellt werden, nennt man diesen Schaltungsteil die Links-Rechts-Achse des Decoders. Es gibt auch eine Vorn-Hinten-Achse, die orthogonal zur Links-Rechts-Achse verläuft und mit das gleiche Schaltungsprinzip anwendet, um die L+R- (Front-)Signale und die L-R- (Hinten-) Signale so zu steuern, daß sich das Übersprechen zwischen den Ausgangskanälen L und R so weit wie möglich reduziert.

Die Gegenkopplung über den gesamten Prozess der Logik-Steuerung hat mehrere Vorteile:

- Die gegenphasigen Signale, die die Ausgangsmatrix speisen, lassen sich mit begrenztem Schaltungsaufwand und hoher Präzision an den Pegel der unerwünschten Übersprech-Signale anpassen. Dadurch stellen sie hohe Kanaltrennung sicher.

- Die Zeitkonstanten der Steuer-Logik befinden sich in der Gegenkopplungsschleife. Ändert sich also die Gegenkopplung, so ändert sich auch die Ansprechzeit. Unter dynamischen Bedingungen ergibt sich so ein besserer Wirkungsbereich zwischen hoher Arbeitsgeschwindigkeit und sanfter Ausgeglichenheit, als es mit einem Feed-forward-System (einer Vorwärtsregelung) möglich ist. So erzielt man eine ideale Balance zwischen schneller Reaktion und stabilem, ruhigem Gesamteindruck – und das alles mit relativ einfachen Schaltungen.

In Pro Logic-Decodern werden die Vorn-Hinten- und die Links-Rechts-Achsen von einer einzigen, gemeinsamen "langsam/schnell"-Umschaltung gesteuert. Wenn eine der Achsen schnell steuern will, arbeiten beide schnell. Nur wenn beide langsam arbeiten wollen, kann der Logik-Decoder auf den langsamen Betrieb umschalten. In Pro Logic II-Decodern funktionieren beide Achsen unabhängig voneinander. Sie entscheiden also nach ihren eigenen Anforderungen, wie schnell sie arbeiten. Außerdem kann sich die Geschwindigkeit in Pro Logic II Decodern kontinuierlich ändern. Pro Logic hat dagegen nur zwei feste Einstellungen, zwischen denen hin- und hergeschaltet wird.

Dies sind nur einige, eher offensichtliche Aspekte der neuen Decoder-Konstruktionsprinzipien. Das Resultat ist: Der Pro Logic II-Decoder kann jede Art von Programm-Material verarbeiten, ohne die Kern-Parameter der Logik-Steuerung zu ändern. Da Filmtone oft einen beträchtlichen Anteil Musik enthält, muss der Decoder mit Dialogen, Musik und Effekten gleich gut und ohne Nebenwirkungen umgehen können.

Funktionen und Ausstattungsmerkmale der Decoder

Die Tabelle 1 zeigt eine Vergleichsübersicht von Pro Logic II und Pro Logic.

Ausstattungsmerkmal	Pro Logic	Pro Logic II
Signalquelle	• Dolby Surround-Programme	• Dolby Surround-Programme • Stereo-Musikaufnahmen
Wiedergabe-Arten	• "3/1" -Surround • "2/1" mit Phantom-Center • "3/0" 3 Stereo	• "3/2" -Surround • "2/2" mit Phantom-Center • "3/0" 3 Stereo Pro Logic-Emulationsmodus: • "3/1" mit gefiltertem Surround
Bandbreite des Surround-kanals	7 kHz	unbegrenzt
Panorama-Modus	nein	ja
Dimension control	nein	ja
Center Width control	nein	ja

Tabelle 1: Die Haupteigenschaften der Decoder im Vergleich

Pro Logic II lässt sich auch für Decoder verwenden, die nur einen einzigen Betriebsmodus für alle Programmarten anbieten, also für eher einfache Produkte. Der Movie-Modus, wie er in der Tabelle 2 beschrieben wird, funktioniert in solchen Anwendungen sehr gut. Der Movie-Modus ist dem Pro Logic-Modus sehr ähnlich. Der Hauptunterschied ist, dass Pro Logic ein 7 kHz Surround-Filter und einen Mono-Surround-Ausgang hat, während der Movie-Modus ohne Surround-Filter und mit Stereo-Surround-Ausgängen arbeitet. Der Pro Logic Emulationsmodus, der im Technology Package enthalten ist, ist so robust wie die ursprüngliche Pro Logic-Decodierung, ohne dass man bei diesem Produkt eine separate Decodierschaltung braucht.

Sowohl der Movie- als auch der Pro Logic-Modus verwenden eine Zeitverzögerung im Surround-Kanal (bzw. in den Surround-Kanälen), um sicherzustellen, dass der Ton von den Frontlautsprechern mindestens 10 Millisekunden vor dem der Surround-Boxen beim Hörer ankommt. So nutzt der Decoder den Haas-Effekt, der dazu beiträgt, dass Dialoge und andere Schallereignisse, die zur Handlung auf der Leinwand gehören, auch wirklich so wahrgenommen werden, als kämen sie von dort.

Ausstattungsmerkmal	Movie	Pro Logic	Music
Surround-Filter	nein	7 kHz Tiefpass	shelf-Filter
Surround-Zeitverzögerung	ja	ja	nein
Panorama-Modus	aus	aus	optional
Dimension control	aus	aus	optional
Center Width control	aus	aus	optional
Autobalance-Modus	an	an	aus

Tabelle 2: Beschreibung der Ausstattungsmerkmale von Pro Logic II-Decodern

Es gibt einige wohl bekannte Unterschiede zwischen Spielfilm-Soundtracks und Musikaufnahmen. So werden Filme (und Fernsehshows in Dolby Surround) in eingemessenen Mehrkanal-Studios abgemischt und abgehört. Mit einer ähnlich eingestellten Heimkino-Anlage kann man das erwünschte Resultat also auch zu Hause im Wohnzimmer erzielen. Stereo-Musik wird bei der Abmischung dagegen nicht mit einer Surround-Anlage abgehört. Zum Zeitpunkt der Produktion weiß man deshalb nicht genau, wie die Musik klingt, wenn man sie über ein Surround-System wiedergibt. Der Movie-Modus von Pro Logic II hat deshalb feste Voreinstellungen, um stets vergleichbare Resultate zu erzielen. Der Musik-Modus lässt sich dagegen von Hand einstellen, vorausgesetzt, der Decoder-Hersteller hat sein Gerät mit einer der folgenden drei Einstellungsmöglichkeiten ausgestattet. Diese Einstell-Optionen kann man in jeder Umgebung nutzen, um das Schallfeld nach Wunsch zu optimieren, aber ganz besonders eignen sie sich für die Musikwiedergabe im Auto, etwa, um den Klang an die Position des Hörplatzes und der Lautsprecher anzupassen.

- Dimension control. Mit dieser Einstellmöglichkeit kann man das Schallfeld mehr oder weniger stark nach vorn oder nach hinten rücken. So kann man zum Beispiel mit bestimmten Aufnahmen eine bessere Balance zwischen allen Lautsprechern erzielen.
- Center Width control. Erlaubt eine variable Anpassung der Mittenabbildung, so dass man die Mitte entweder nur aus dem Center-Lautsprecher hört oder als "Phantom-Mitte" von der rechten und linken Lautsprecherbox oder in verschiedenen Kombinationen aus allen drei Lautsprechern. Im Auto erlaubt diese Einstellmöglichkeit eine ausgeglichene links-Mitte-rechts-Abbildung – sowohl auf dem Fahrer- als auch auf dem Beifahrersitz. Im Wohnzimmer kann man z.B. eine teilweise Vermischung der drei Front-Lautsprecherinformationen einstellen – oder zwischen einer breiteren und einer kompakteren Abbildung wählen.
- Panorama-Modus. Verbreitert die Abbildung der Front-Lautsprecher, um gemeinsam mit den Surround-Boxen eine faszinierende einhüllende Wirkung mit an den Seitenwänden ortbaren Klängen zu erzielen.

Im Musik-Modus gibt es in den Surround-Kanälen ein sanft auf hohe Frequenzen wirkendes "Shelf"-Filter. Es bewirkt ein natürlicheres, glaubwürdigeres Klangbild, weil Raumklang-Informationen aufgrund von Reflexionen und Absorptionen normalerweise eine leichte Höhendämpfung aufweisen.

Bei der Musikwiedergabe soll der Ton von allen Lautsprechern gleichzeitig den Hörer erreichen, der Fachaussdruck heißt koinzidierende Ankunft. Sollten die Surround- oder der Center-Lautsprecher näher beim Hörer stehen als die Frontlautsprecher links und rechts, so bietet der Decoder zur Kompensation eine Zeitverzögerung an. So kann man vermeiden, dass der Klang verschmiert oder an Präzision verliert.

Der Autobalance-Funktion (hilfreich z.B. zur Pegelanpassung zwischen linker und rechter Spur bei VHS Analogton) schließlich ist im Musik-Modus abgeschaltet, weil die Abmischung Vokal-Solisten manchmal bewusst außerhalb der Mitte platziert.

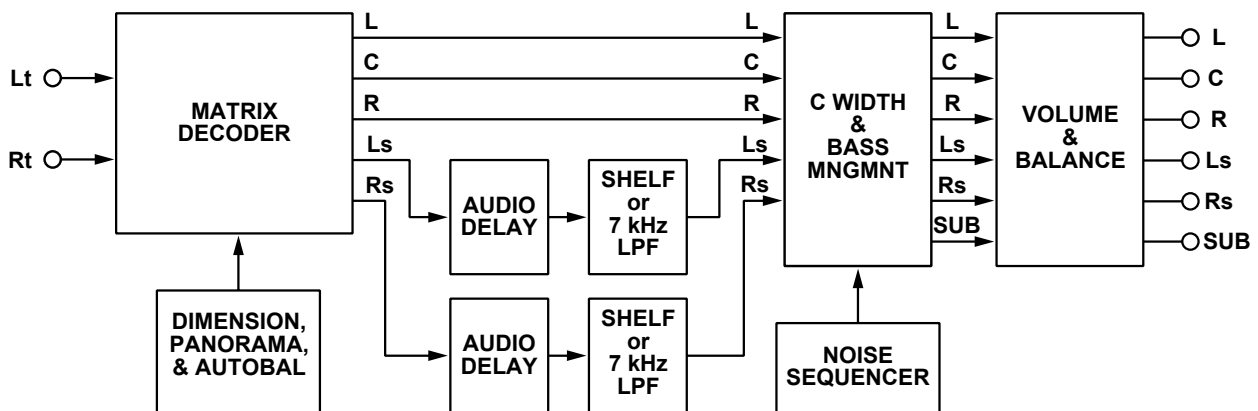


Abb. 5: Block-Diagramm des Decoders

Die Decoder-Struktur von Pro Logic II ist im Kern identisch mit der von Pro Logic – abgesehen von den Stereo-Surroundkanälen (siehe Abb. 5). Seit Pro Logic eingeführt wurde, haben sich das Konzept des Bass-Managements und der Einsatz von Subwoofern zu Selbstverständlichkeiten entwickelt. Pro Logic II bietet deshalb Bass-Management-Funktionen, damit man einen Subwoofer richtig ansteuern oder die Bässe über die Haupt-Lautsprecher wiedergeben kann – je nach Bedarf.

Zusammenfassung

Eine neue Generation der Dolby Surround Pro Logic-Decodierung ist verfügbar. Sie trägt den verbesserten Auslieferungs-Formaten für Audio- und Video-Programme Rechnung, und sie erfüllt die höheren Erwartungen eines Publikums, das faszinierenden Surround-Sound hören möchte, wo immer es möglich ist. Pro Logic II steht für verbesserte Wiedergabe mit Hilfe einer technisch eleganten Lösung, die sich ebenso gut in analoger wie in digitaler Form umsetzen lässt.