



Korrelationsgradmesser



Der Spuk in der Phase... ...und unbrauchbaren Stereosignalen

Eine Abhandlung von Jens Kelting
© 2005-2012 by Jens Kelting für Radio K.R.E. – Alle Rechte vorbehalten!
Nachdruck nur mit Zustimmung des Verfassers!
Bereitgestellt vom Krankenhausradio Elmshorn – **Radio K.R.E.**

V2.0 – Feb 2012
Dokument Nummer: 1502-2012

Nachdruck, Weitergabe oder Verwertung dieser Unterlage mit schriftlicher Genehmigung des Verfassers!

Copyright Seitenlayout by Jens Kelting 2012

Alle genannten Firmenbezeichnungen und Logos können durch den Inhaber geschützt sein und dienen nur der Erklärung und Beschreibung! Eine Befürwortung oder Ablehnung in Verbindung mit Produktnamen kann aus der Nennung im Artikel nicht abgeleitet werden.

**Hinweis: Dieses Dokument wurde aus unterschiedlichen Einzelteilen
zusammengesetzt! Daher sind Wiederholungen möglich! Überarbeitung folgt.**

Informationen zum Dokument

Schaltungsnummer:	1502-2012
Gruppe:	Telefon/Studiotechnik
Revision/Datum:	V2.0 vom 23.02.2012
Platinenlayout verfügbar:	Nein
Copyright:	© Jens Kelting 2010 und Radio K.R.E.
Herausgeber:	Jens Kelting für Radio K.R.E.
Nutzung:	private Anwendungen
Copyright Bildmaterial:	© Jens Kelting
Quellennachweise:	keine
Bemerkung:	Keine

Dieses Dokument ist ausschließlich für die private, nicht kommerzielle Nutzung vorgesehen. Sollten Sie dieses Dokument über eine andere Webseite als www.krankenhausradio-elmshorn.de als kostenpflichtigen Download erhalten haben, informieren Sie und bitte umgehend! Vielen Dank für die Mithilfe! Sie helfen damit, der unzulässigen Nutzung dieser Dokumente vorzubeugen.

Eine Bitte und Aufruf an alle Leser und Nutzer dieser Dokumente...

Wir – das Team vom Krankenhausradio Elmshorn haben uns zum Ziel gesetzt technische Informationen an interessierte, gleichgesinnte Einrichtungen kostenlos weiterzugeben. Diese Arbeit erfordert viel zeit und Aufwendungen, um vernünftige und auch bilderreiche Dokumentationen zu erstellen. Diesen Aufwand müssen wir fast ausschließlich aus eigenen, privaten Mitteln finanzieren. Nur sehr wenige Firmen (Elektronikversandhäuser und große Unternehmen) unterstützen uns bei dieser Arbeit. Daher benennen wir absichtlich nur Firmen in Stücklisten oder Bauvorschlägen, die uns unterstützen. Wir sind der Meinung, nur diese Firmen haben es verdient, namentlich und somit auch als Werbung benannt zu werden. Gern nehmen wir IHRE Firma in die Liste mit auf, denn Anfragen zu Lieferanten erhalten wir regelmäßig.

Aus diesem Grund bitten wir alle Nutzer dieser Dokumente, uns entsprechend zu unterstützen. Welche Möglichkeit Sie dabei wählen – überlassen wir Ihnen. Auf Wunsch senden wir unverbindlich eine Bankverbindung für Spenden oder ein entsprechendes PayPal Konto. Die hier eingehenden Beträge verwenden wir zu 100% für die Arbeit im Krankenhausradio Elmshorn, dem Aufbau und der technischen Unterhaltung – und auch der Erstellung dieser mittlerweile umfangreichen Schalplan- und Ideensammlung.

Die Idee der technischen Unterstützung ist nach unseren Informationen in dieser Art im Bereich „Radio & Broadcast“ bisher einzigartig und soll auch in Zukunft kostenlos für den Download bleiben.

Copyright / Hinweise zum verwendeten Bildmaterial und dem Recht der Nutzung

Alle in diese Dokumentation verwendeten Ablichtungen unterliegen dem Copyright. Alle Bilder wurden durch Mitarbeiter von Radio K.R.E. angefertigt. Da wir die Rechte externer Bilder nicht eindeutig klären können, werden diese nicht eingesetzt. Keine Nutzung unserer Bilder außerhalb dieser Dokumentation für andere Zwecke. Jede weitere Verwertung bedarf der Zustimmung des jeweiligen Autors oder Rechteinhabers. Für private Zwecke wird die Genehmigung im Regelfall kostenlos erteilt.

Dazu zählen Ausarbeitungen, Studienarbeiten, Präsentationen oder die Gestaltung privater, nicht gewinnorientierter Webseiten. Für diese Anfragen ist die Bereitstellung – sofern diese für Radio K.R.E. oder dem Autor ohne großen Aufwand umsetzbar ist – kostenlos. Ein Anspruch auf Bereitstellung kann in keinem Fall aus der teilweisen oder kompletten Bereitstellung abgeleitet werden. Alle Leistungen sind freiwillig und nicht erzwingbar.

Für die gewerbliche Nutzung der verwendeten Bilder stellen wir umfangreiche Modelle bereit, die über externe Anbieter unsere Bilder entsprechend vermarkten. In diesem Fall sind die anfallenden Lizenzgebühren entsprechend mit der von Radio K.R.E. beauftragten Agentur abzurechnen. Es gelten in diesem Fall die AGB der jeweiligen Agentur, die vollkommen eigenständig mit der Vermarktung beauftragt wurde.

Copyright / Hinweise zum verwendeten Textmaterial und Quellennachweis

Der gesamte Text ist frei geschrieben und beinhaltet KEINE externen Passagen – oder Textinhalte. Daher wird am Ende der Dokumentation kein Quellennachweis geführt.

Hinweise zum verwendeten Schaltplanmaterial und Nachbau

Alle in den Dokumentationen verwendeten Schaltpläne sind eigene Zeichnungen oder Ideen die zur Beschreibung der Idee herangezogen werden. Ob auf die tatsächlichen Inhalte und dargestellten Prozesse ein patentrechtlicher Schutz erteilt wurde, ist vom Nutzer der Unterlagen zu prüfen. Die Verantwortlichkeit des Nachbaus oder der Reproduktion liegt beim Anwender und stellt Radio K.R.E. oder den Autor von allen Haftungen frei. Die hier publizierten Schaltungs- und Anwendungen dienen nur der Beschreibung. Ein gewerblicher Nutzen ist aus der Veröffentlichung auf unsere Webseite www.krankenhausradio-elshorn.de nicht abzuleiten. Werden diese Unterlagen Teil einer auftragsmäßigen Anfertigung, übernimmt die jeweils fertigende, abgebende Firma die Verantwortung für das fertig gestellte Produkt.

Haftungsausschluss

Diese Publikation dient der Information. Radio K.R.E. sowie der Autor dieser Publikation übernehmen KEINE Haftung für Folgeschäden, die sich aus der Nutzung der Unterlagen ergeben oder ableiten lassen. Der Leser und Nutzer hat in ausreichendem Maße dafür Sorge zu tragen, das die aufgezeigten Schaltungen keine Gefährdung für Mensch und andere Lebewesen darstellen. Er hat beim Aufbau in nachhaltiger Form zu Prüfen und eigenverantwortlich Prüfen, das alle sicherheitsrelevanten Vorschriften im Umgang mit elektrischem Strom eingehalten werden. Insbesondere der Einsatz netzspannungsführender Bauteile darf NUR von autorisierten Elektrofachkräften erfolgen! Kann diese Bedingung nicht eingehalten werden, dürfen diese Anlage NICHT in betrieb genommen werden. Gleiche Regelung findet auch bei allen Schaltungen, Geräten und Telefonanlagen und Systemen mit Spannungen größer 42Volt Anwendung.

Einleitung

Wie schön waren doch die Zeiten, als man noch reine Monosignale bearbeitete – oder doch nicht? Auf jeden Fall gerieten sich Kanäle nicht in die Haare, wenn es unterschiedliche Phasenlagen der Signale zueinander gab. Wie aber entstand überhaupt die Stereophonie – und warum wurde dem Korrelationsgrad in der Vergangenheit eine so große Aufmerksamkeit geschenkt?

Ist es tatsächlich wichtig, sich auf die korrekte Phasenlage zwei Stereokanäle zu verlassen? Kann ein Sender diese Unregelmäßigkeit tatsächlich nicht verwerten?

Die nachfolgenden Informationen schaffen in einfacher Form Klarheit.

Stereo

Die heutige Stereoform besteht aus ZWEI Nutzkanälen. Vormalige Versuche, die Kanalanzahl auf vier- oder mehr Kanäle zu erhöhen, schlugen fehl und scheiterten an dem erheblich größerem Aufwand der Hardware. Die Quadrophonie sollte auch im Bereich der Schallplatte eingesetzt werden – brachte aber hinsichtlich der komplexen Umsetzung mehr Probleme als Nutzen mit sich.

So blieb aus allen Versuchen das heute noch allbekannte Stereo über, das unsere Wahrnehmung beschreibt. Da unsere Ohren genau am Kopf sitzen entsteht ein „toter“ Bereich, der sich genau in der Mitte abbildet. Genau diese Eigenschaft ermöglicht uns Menschen die räumliche Wahrnehmung.

Erforderliche Informationen entstehen durch Phasenverschiebungen und Laufzeitverschiebungen. Auch Pegelunterschiede tragen einen wesentlichen Beitrag zur Ortung bei.

Von der „Gleichheit“ zweier Signale

Es gibt viele Beschreibungen, die sich immer wieder auf das stehende Klangereignis beziehen. Die Abbildung von Sinuswellen ist die bekannteste Darstellung:

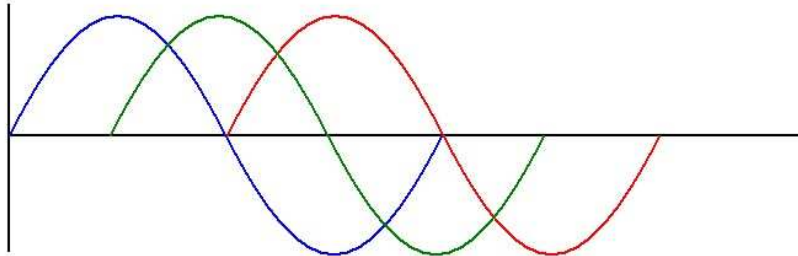


Bild: Die Sinuskurve BLAU ist die hier verwendete Bezugskurve. Betrachtet man den Zusammenhang mit der roten Kurve, liegt hier eine Phasenverschiebung von 180° vor. Die grüne Kurve hat genau 90° Verschiebung und liegt in Bezug auf den Nullpunkt zwischen den beiden Kurven.

Doch wie entstehen solche „Verschiebungen“ in Audiosignalen?

Kurz gesagt: Zwei Nutzsingale im Stereobetrieb stellen immer den Charakter eines Klangereignisses dar, das in einem geschlossenen Abhörraum produziert wurde. Hinsichtlich der Tatsache, das alle Aktionen in den selben Räumlichkeiten stattfinden, sollten gänzliche Differenzen der beiden Nutzsingale ausgeschlossen werden.

Ein schönes Beispiel sind zwei Musiker, die auf jeweils ein Mikrofon in je einem EIGENEN Raum spielen. Auf dem linken Mikro hören wir eine Gitarre – und auf dem rechten Mikro eine Geige. Diese beiden Signale haben NICHTS gemeinsam... Keine GLEICHHEIT. Ein angeschlossener Korrelationsgradmesser würde die mit der Anzeige im ROTEN Bereich nahe der -1 Marke quittieren. Ändern wird sich die Anzeige nur in die grüne Richtung des Wertes $+1$ über die $K=0$ Marke bei einer Mischung der beiden Signale. Dies kann durch technische Möglichkeiten realisiert werden oder...

...wir haben ein „ÜBERSPRECHEN“ zwischen den beiden Aufnahmegeräten – hier die Mikrofone. Dieses Übersprechen kann durch eine FEHLENDE Glasscheibe zwischen den beiden Aufnahmeräumen entstehen. Je weniger TRENNWAND zwischen den beiden Musikern ist, desto mehr mischen sich die beiden Signale zusammen. Als optimales – jedoch nicht erstrebenswertes Klangresultat in Mono wäre die Tatsache, das die beiden Mikrofone ganz dicht (vielleicht 1 Zentimeter...) zusammengestellt werden. Jetzt erreichen die Schallwellen beider Instrumente die Mikrofone gleichzeitig, so das kein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Kanälen besteht. Jetzt ist das Signal Mono und der angezeigte Korrelationsgrad $+1$. Genau diese Aussage $+1$ bedeutet, das die in einem bestimmten, durch die Schaltungstechnik des Korrelators bedingten Zeitrahmen gemessene „Phasenverschiebung oder Nulldurchgangsdifferenz der Signale“ genau NULL Grad ($\Phi = 0^\circ$) war. Je mehr sich die beiden Signale voneinander in der Phasenlage unterscheiden, desto größer wird auch der angezeigte Korrelationsgrad.

Wundermittel Korrelationsgradmesser...?

Wer nun denkt, mit dem Werkzeug des Korrelationsgradmessers haben wir das „Allheilmittel“ gegen schlechte Aufnahmen und mangelhafte Mikrofonie in den Händen, liegt absolut FALSCH!

Die Aussage der Phasenverhältnisse ist nämlich nur bei der sogenannten „Laufzeit-Stereophonie“ von Bedeutung. Hier entsteht der Stereoeindruck durch das unterschiedliche Eintreffen der beiden Einzelsignale auf die verwendeten Mikrofone „A“ und „B“. Allein der Laufzeitunterschied zwischen den beiden Signalen entscheidet über die stereophone Wirkung des aufgenommenen Signals. Einzig und allein ist diese Aussage über die Phasenverhältnisse brauchbar, da die Schallquelle und die Mikrofone IMMER im gleichen Abstand zueinander stehen sollten. Es gibt ganze Buchreihen über die Abnahme von Instrumenten – und der erforderlichen Mikrofonie...

Unbrauchbare Anzeige...?

Sobald wir die XY-Stereophonie ins Spiel bringen, ist es nämlich „AUS“ mit der tollen Anzeige der Phasenverhältnisse. Die hier dargestellten Werte zeigen jetzt den „Schrott“ aus X und Y Kanal an, die durch die Aufstellung der beiden Mikrofone mit den schlimmsten Phasensauereien verschmutzt ist. Zu den Laufzeitunterschieden kommen noch Kammfiltereffekte und zahlreiche andere, nicht kalkulierbare Ereignisse dazu. Dies bedeutet allerdings NICHT, das die Aufnahme unbrauchbar ist, denn der Sachverhalt von „Gegenphasen“ oder Werten negativer „K=0“ wird sehr häufig als „inkompatibel“ bezeichnet.

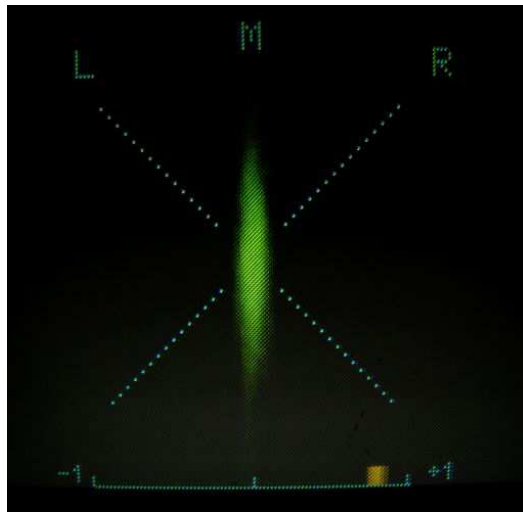


Bild: Optische Darstellung mit Hilfe eines Goniometers. Die beiden Kanäle werden auf den Achsen L und R optisch dargestellt. Im unteren Bereich befindet sich die typische Anzeige des Korrelationsgradmessers, der zwischen den Werten -1 und +1 wandert.

Anzeigewerte vergessen – und Phasennmessgeräte ganz abschalten?

Nein! Tatsache ist, dass der angezeigte Korrelationsgrad ein wichtiges Merkmal einer Produktion ist. Gerade im Bereich der heutigen Technik kommen die schlimmsten Phasenverhältnisse in Titeln und Aufnahmen vor, die noch KEINEN Hit versaut haben. Wichtig ist jedoch zu wissen, dass ein schlechtes Phasenverhältnis einige, nicht von der Hand zu weisende Nachteile mit sich bringt. Diese beziehen sich auf die Bereiche

1. Radiosender (Broadcast)
2. Vinyl (Schallplattenherstellung)
3. Monokompatibilität bei Kofferradios und Monosendern
4. Mischungen durch Return-Wege (Aux Send/Aux Return)

bei denen gerade Phasenverhältnisse, die aus dem Rahmen fallen, bis zu Unbrauchbarkeit des Programmmaterials führen. Selbst die nachträgliche „Einengung“ der Stereobreite kann einen schlechten Mix nicht mehr retten. Bei der Schallplattenherstellung kann zum Beispiel der Schneidstichel bestimmte – für den Rillenschnitt wichtige – Bewegungen nicht korrekt ausführen. Im Bassbereich sind gegenphasige Signale gänzlich verboten, sobald wir von der klassischen Schallplattenherstellung sprechen.

Beim Rundfunksender durchläuft das Stereosignal bei einem FM-Sender eine sogenannte „Matrix“, in der die beiden Kanäle „Rechts“ und „Links“ verschachtelt werden. Gegenphasige Signale lassen sich hier nicht verarbeiten – oder führen zu erheblichen Klangbeeinträchtigungen, die zu vermeiden sind.

Mono?

Die Monokompatibilität ist ein sehr ernster Punkt, wenn es um die korrekte Wiedergabe auf Monogeräten geht. Jedes zweite Abhörgerät eines FM-Senders gibt das Programm in MONO wieder. Hierzu zählen Radiowecker, einfache Autoradios und preiswert-Kofferadios im Kinderzimmer und Garten. Hierzu zählt auch die Verwendung von Cassettenrecodern mit MONO Wiedergabe sowie CD-Playern, die an ein Mono-Gerät angeschlossen werden (Mono-Beschallung in Räumlichkeiten) Bei gegenphasigen Signalen können sich Stimmen und ganze Instrumentengruppen beeinflussen – oder sich gegenseitig im schlimmsten Fall aufheben.

Anwendung bei Mikrofonie und Mastermix

Da aber die Theorie immer schlimmer klingt als die eigentliche Praxis, sollte die Anzeige des Korrelationsgradmessers einfach nur „beobachtet“ werden. Das reicht aus. Hauptsächlich geht um die Tatsache, einen Mastermix – oder eine Hörspielproduktion auf die Phasenverhältnisse hin zu überprüfen. Bei einem Krankenhausradio kann der Korrelationsgradmesser als Hilfestellung bei der Mischung von mehreren Mikrofonen bei der Sprachabnahme dienen. Ein geübter Techniker kann übrigens eine auftretende Auslöschung durch „angrenzende Gegenphasen“ bereits hören. Die noch „Anfänger“ in diesem Gebiet achten dann eben mehr auf die LED Anzeige.

Eingesetzt in der Mastersumme macht sich der Korrelationsgradmesser eigentlich mehr als Zusatzgerät nützlich – ein wichtiges Messwerkzeug ist er allerdings hier nicht.

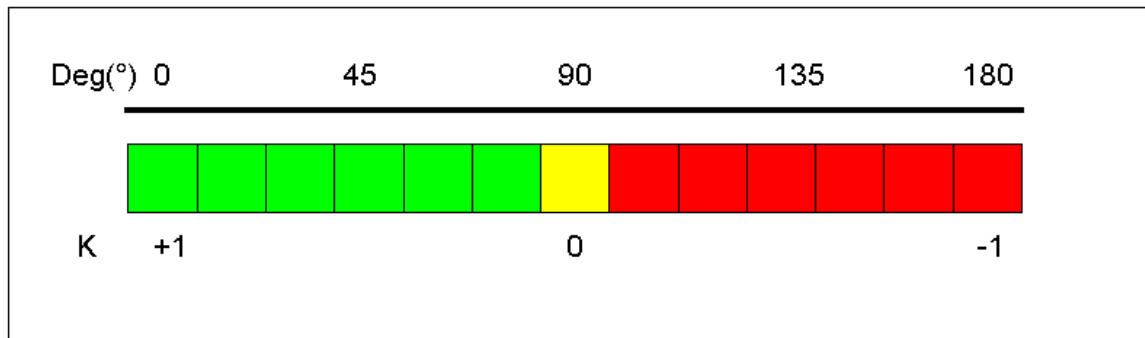
Bei Hallsignalen, die aus den heutigen, digitalen Geräten kommen, gibt es kaum noch Phasendrehungen, die zu Schwierigkeiten führen. Dies war bei den alten Geräten der 80er Jahren noch anders. Hier wurden die beiden Ausgänge „L“ und „R“ nicht selten nur in der Phase gedreht – oder mindestens durch einen Allpass in unterschiedliche Phasenlagen gesetzt. Eine einfache – und direkte Mischung zu 10% auf das Hauptsignal brachte keine Probleme mit sich. Wurde dieser Ausgang jedoch DIREKT verwendet, löschten sich Anteile des Effektsignal einfach aus – sie fehlten im Mix! Hier ist der Einsatz eines Korrelators sehr zu empfehlen, um die Basisbreite des Effektsignals etwas zu vermindern BEVOR die „Phasengrütze“ auf den wertvollen Mastermix kommt.

Funktion und Anzeige des Korrelationsgradmessers

Die Funktionsweise des Korrelationsgradmessers ist PEGELUMABHÄNGIG! Bis auf die Tatsache, das ein MINDESTPEGEL für eine korrekte und gültige Anzeige erforderlich ist, spielen die Signalverhältnisse keine Rolle. Einzig die NULLDURCHGÄNGE werden erkannt und durch eine Auswertungsschaltung auf einen VERGLEICHER/MULTIPLIZIERER geleitet. Dieser ermittelt – und Zusammenarbeit mit einem INTEGRATIONSGLIED einen MITTELWERT der dem Angezeigten Korrelationsgrad entspricht. Hier kommt auch die Tatsache ins Spiel, das der Korrelationsgrad IMMER ein Zeitfenster (z.B. 500ms) anzeigt, in dem das Phasenereignis aufgetreten ist. Je kleiner diese Zeitkonstante gewählt ist, desto wilder springt die Anzeige zwischen +1 und –1 hin und her Dies führt, bei experimentierfreudigen Entwicklern nicht selten bis absoluten „Unablesbarkeit“ der Anzeige in Hinblick auf ein „sehr genaues Messgerät“. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, kann der Anzeigewert durch eine S&H (Sample and Hold) Schaltung „zwischen gespeichert“ werden. Die Anzeige wirkt ruhiger – und immer noch aussagekräftig genug. Das Spitzen und kleinste Phasenänderungen „verschwinden“ ist der Nachteil dieser Anzeigeberuhigung.

Eine weitere Möglichkeit ist der WEICHE Übergang der angezeigten Werte. Als Anzeigeart hat sich das „DOT-DIPSLAYING“ – ein wandernder Punkt – bewährt. Sind die Übergänge zwischen den LED „fest“ und „abrupt“, wirkt die Anzeige hart und unruhig. Werden diese Übergänge WEICH geschaltet, „gleitet“ der Punkt über das Display und wirkt für den Betrachter angenehmer. Diese „Weichmacherschaltung“ lässt bei einigen Anzeige-IC durch eine externe Steuerspannung erreichen – oder durch die externe Taktung der Anzeige-LED. Genauere Information dazu in späteren Schaltungsvorschlägen.

Aufbau eines Korrelationsgradmessers



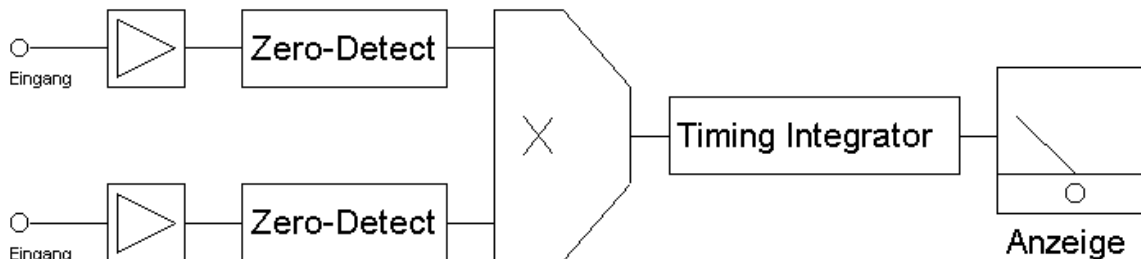
Typische Frontansicht eines Korrelationsgradmessers

Dabei unterscheiden sich die Darstellungsarten erheblich voneinander. Bei einigen professionellen Geräten, leuchtet die gelbe LED $K=0$ im Ruhezustand. Je nach Signalart und Phasenlage wandert der Leuchtpunkt nach links in den roten Bereich ($-K$) oder nach rechts in den grünen Anzeigebereich für $(+K)$. In der o.g. Darstellung ist die Anzeige Seitenverkehrt – so dass der grüne Bereich links ist. Dies hat den Hintergrund, dass diese Schaltungstechnik mit einem Steuerungs-IC auskommt, das für die Anzeige zuständig ist. Der Ruhezustand ist bei der linken, grünen LED für $+1$. Je nach Phasenlage wandert der Punkt weiter – bis zu rechten, roten LED für -1 . Liegt nur EIN Kanal an – oder die Phasendrehung ist genau 90 Grad, leuchtet die gelbe LED. Das gleiche Erscheinungsbild tritt übrigens auch bei den professionellen Geräten auf, bei denen die gelbe LED ebenfalls bei einem EINSEITIGEM Signalanschluss leuchtet.

Entsprechend der Anzeigeteilung zwischen $+1$ bis zu -1 wurden auch die Gradzahlen (Degrees) zugeordnet. Phasenlagen über 180 Grad anzuzeigen ist eigentlich sinnlos, da die Lage ab 180° wieder rückwärts arbeitet. Diese Art der Skalierung ist auch bei den professionellen Geräten (z.B. RTW) nicht zu finden.

Funktionsweise und Blockschaltbild

Der typische Aufbau unterteilt sich in die folgenden Bereiche:



1. Eingangsschaltungen, symmetrisch oder asymmetrisch (XLR/Klinke oder Cinch)
2. Zero-Detector und Gleichrichterschaltung
3. Multiplizierer/Vergleicher
4. Integrator/Zeitglied (Auswertungsfenster)
5. Anzeigeeinheit (LED/Digital oder Zeigerinstrument)

Je nach den technischen Anforderungen könne die Funktionsweise jedoch abweichen. So wird in den professionellen Geräten ein komplexer „Four-Quadrant-Multiplier“ verwendet, der einen ganzen, analogen Multiplizierer beinhaltet.

Die einfacheren Geräte dieser kommen mit einfachen Trickschaltungen aus der Klamottenkiste aus, die allerdings bei mangelhaftem Platinenlayout und Streuungen der Gleichrichter-IC erhebliche Stabilitätsschwankungen aufzeigt. Hier müssen weitere, wichtige Schaltungsänderungen vorgenommen werden, damit die Schaltung korrekt arbeitet. Die meisten „Plug&Play“ Bastelanleitungen arbeiten nur zum Teil oder gänzlich schlecht und dienen nur als „optischer-Spaß“ im Studio...

Aufbau

Um diesen Schwierigkeiten vorzubeugen, wurde ein Modul entwickelt, das eine komplette Schaltung für einen Korrelationsgradmesser beinhaltet. Die Schwierigkeit entsteht nämlich im Zusammenspiel zwischen den verwendeten Gleichrichter-IC (Komparatoren) und dem nachfolgenden Multiplizierer. Werden hier die üblichen „no Name“ Angebote der Elektronik-Versandhäuser genutzt, arbeitet die Schaltung schlecht – oder entwickelt ein lustiges Eigenleben. Dabei zappelt die LED Kette lustig vor sich hin – und zeigt keine brauchbaren Werte an.

Die Schaltungsunterlagen für den Korrelationsgradmesser sind frei verfügbar in Hinblick auf die Nutzungsbestimmungen unserer Webseite. Die über längere Zeit gereifte Innenschaltung des fertigen Moduls versenden wir ausdrücklich auf Anfrage, um den gnadenlosen Nachbau durch Firmen einzudämmen. Das vergossene Modul wurde im Auftrag angefertigt und steht in kleinen, handelüblichen, hobbymäßigen Mengen zu Verfügung. Es beinhaltet die entsprechenden IC (die auch schon aus der Schaltung ersichtlich sind und somit KEIN Geheimnis mehr sind) in Verbindung mit dem notwendigen Vergleichler.

Korrelationsgradmesser - Der Phasenverschiebung auf der Spur

Immer wieder tauchen diese wahnsinnigen Fachbegriffe aus, bei denen viele Musikern ratlose Gesichter machen. Das, was die Herrn Techniker so schön messen und beschreiben, werden die meisten Musiker hören. Eine Erklärung ist dann nicht mehr notwendig - der Sound ist Schlecht! Auch wenn es so ist - was nun? Phasenmessungen, Korrelationsgrad, Goniometer - und was weiß den ich noch mehr - bringen fast jeden Musiker in eine kreative Krise. Dabei wollte er doch nur seine Solopassage einspielen und wird nach der Aufnahme sofort vom Tontechniker mit diesen schrecklichen Fachbegriffen terrorisiert. Selbstverständlich erledigt ein professionelles Studio diese Dinge ohne Wissen der Musiker und liefert eine perfekte Aufnahme ab - aber was ist, wenn diese Aufnahmesession in einem Homerecording-Studio durchgeführt wurde.

Wie schön waren doch die Zeiten, als man noch reine Monosignale bearbeitete – die einfach aus einem Ausgang kamen und das Ziel der gesamten Arbeit waren. Auf jeden Fall gerieten sich zwei - oder gar noch mehr - Kanäle nicht in die Haare, wenn es unterschiedliche Phasenlagen der Signale zueinander ging. Eigentlich, denn auch hier gab es Auslöschungen, wenn unterschiedliche Phasenlagen in bestimmten Frequenzbereichen aufeinander prallten. Wie aber entstand überhaupt die Stereophonie? Und warum messen wir den Korrelationsgrad zweier Signale und überbewerten dieses Ergebnis meistens vollkommen? Dazu die Antworten in dieser kurzen Abhandlung – erklärt in einfachen Abschnitten.

Korrelationsgradmesser - Stereosignale

Die heutige Stereoform besteht aus ZWEI Nutzkanälen. Vormalige Versuche, die Kanalanzahl auf vier- oder gar noch mehr Kanäle zu erhöhen, erwiesen sich als Fehlschlag. Entsprechend gering war auch der weitere Entwicklungsaufwand, in einem Stereosignal andere Informationen unterzubringen. Versuche, mit Modulationen oberhalb des hörbaren Bereiches waren ebenso abstrakt als in der Umsetzung unsinnig. Die Bandbreiten der damals zur Verfügung stehenden Medien - wie Schallplatte, Rundfunk oder Tonband waren ohnehin schon ab 15KHz scharf begrenzt. Auch wenn es technisch umgesetzte Versuche an Schallplatten gab, haben sich mehrkanalige Wiedergabesysteme nicht durchsetzen können. Zu groß waren die Ansprüche an Abtast- und Wandlersysteme, um eine möglichst korrekte Wiedergabe zu erzielen.

Hörpositionen

Es hatte sich schnell gezeigt, dass die Verwendung von ZWEI Hörpositionen für eine Schallquelle vollkommen ausreicht, um einen räumlichen Eindruck zu vermitteln. Die so genannte „Quadrophonie“ beschäftigte sich mit zwei zusätzlichen Nutzkanälen, die in den bereits vorhandenen Kanälen mit technischer „Raffinesse“ eingebettet wurden. Die allerdings hierfür erforderliche Technik war derart aufwändig, das es schnell bei den bekannten „Rechts“ und „Links“ Kabeln zu den Lautsprecherboxen blieb. Was Mono ist, muss eigentlich nicht besonders erklärt werden...

Die einzige Ausnahme stellte das Kinoverfahren „Dolby Surround“ dar, bei dem in analoger Form die beiden hinteren Lautsprecher in einer Matrix phasenverschoben eingeschoben wurden. Entsprechend gering war auch die Nutzsignal-bandbreite, die bei 7KHz endete. Für damaliger Verhältnisse eine absolute Revolution - gegenüber den heutigen Digitalsystemen ein Witz. Trotzdem: Ein einfacher Dolby-Decoder, lässt sich als Selbstbauprojekt schnell realisieren und mit entsprechen Zusatzoptionen versehen. So könne die Kanaäle mit VCA´s versehen - und eine dynamische Expansion durchgeführt werden. So können Sie mit solchen Trickschaltungen sogar ihre alten Miss Marple - oder Egar Wallace Videocassetten in Surround hören - nur das es keine wirklichen Surround Informationen sind. Klar, das eine Monoaurale Aufnahme immer Mono bleibt - aber experimentieren ist erlaubt und in jedem Fall kreativer, als die Verwendung fertiger Prozessoren. Diese erzeugen zwar ein „Pseudo-Surround“ - das aber auf Verzögerungen basiert. Überflüssige und Waschküchenähnliche Halleffekte verschlimmern das Fernseherlebnis.

Allein der Aufschrie zahlreicher Kritiker und Besserwisser gibt mir den Anstoß und die notwendige Entwicklungsenergie, eine solche „Blödelschaltung“ vorzustellen. Versehen Sie ihren Surround Prozessor mit Gate-Funktionen und Expander-Schaltungen, die auf die hinteren und seitlichen Lautsprecher wirken. Auch ein zusätzlicher Subwoofer kann durch eine spezielle Gate- und Expanderschaltung nur an Passagen aktiviert werden, die diesen Frequenzbereich erforderlich machen.

Mono

Was Mono ist - wird immer Mono bleiben. Es sei denn, macht zerbröseln den einen Nutzkanal in mehrere Ausgangskanäle...und nennt es dann „Pseudo Stereo“ - was übrigens in den 70er und 80er Jahren ein Bausatzschlager war. So konnte man auch alte Schallplatten, die in Mono aufgenommen waren, irgendwie in Stereo hören - oder sich zumindest einbilden, es wäre Stereo... Die einfachen Schaltungen drehen einen Kanal nur in der Phasenlage und erzeugen somit einen unzulässigen Korrelationsgrad. Werden die beiden Kanäle wieder gemischt, verschwinden unter Umständen ganze Effekte und Instrumente. Der Korrelationsgradmesser zeigt solche Fehler übrigens auch schnell und zuverlässig an. Alte Hallgeräte und Synthesizer sind fast immer von dieser Methode betroffen, da man nur einen Wandlerweg verwendete und das Mono-Hallsignal durch diese Phasenschweinerei aufgeteilt hat. Jedoch gehören derartige Abartigkeiten längst der Vergangenheit an, und so stellen die heutigen Effektprozessoren und Keyboards echte Stereoeffekte zur Verfügung.

Sehr teure Geräte - wie zum Beispiel der Orban 275A zerlegt ein Monosignal in unterschiedliche Frequenzbereiche und verteilt diese phasenverschoben auf die beiden Nutzkanäle. Dieser Prozessor wurde bei einigen Fernseh- und Rundfunkanstalten verwendet, damit bei Mono-Programmen trotzdem ein Stereoeffekt entsteht. Da der 275A vollkommen Monokompatibel ist, kann man bedenkenlos die beiden Ausgänge zusammenschalten. Die sonst gefürchteten Auslöschungen bleiben aus - und es entsteht nur wieder das ursprüngliche Monosignal auf beiden Kanälen. Eine geniale Idee ist die nahtlose Überblendung von Mono auf Stereosignal und umgekehrt. Eine spezielle Detektorschaltung erkennt, ob sich am Eingang ein Stereo- oder Monosignal befindet und entscheidet, wann die Umschaltung erfolgt. Auch ein phasenverkehrtes Eingangssignal wird erkannt und entsprechend wieder um 180° gedreht. Somit gesellt sich der 275A in die Klasse der Broadcastprozessoren, deren Nutzen nicht in der Summe einer Musikproduktion liegt.

Korrelationsgradmesser - Von der „Gleichheit“ zweier Signale

Zwei Nutzsignale im Stereobetrieb stellen immer das Aufnahmeergebnis von einem Klangereignis dar, das in einem geschlossenen Abhörraum produziert wurde. Hinsichtlich der Tatsache, dass alle Aktionen in den gleichen Räumlichkeiten stattfinden, sollten Differenzen der beiden Nutzsignale ausgeschlossen werden. So weit zur Theorie. Selbstverständlich können wir auch diese Betrachtungen bei einer Freifeldaufnahme anwenden, denn auch dort finden Laufzeit- und Phasenveränderungen statt. Die Annahme, dass Phasenverschiebungen nur bei der Aufnahme in geschlossenen Räumlichkeiten stattfinden, ist falsch!

Ein schönes Beispiel sind zwei Musiker, die auf jeweils ein Mikrofon in je einem EIGENEN Raum spielen. Auf dem linken Mikro hören wir eine Gitarre – und auf dem rechten Mikro eine Geige. Diese beiden Signale haben NICHTS gemeinsam... Keine GLEICHHEIT. Ein angeschlossener Korrelationsgradmesser würde die mit der Anzeige im ROTEN Bereich nahe der -1 Marke quittieren. Ändern wird sich die Anzeige nur in die grüne Richtung des Wertes $+1$ über die $K=0$ Marke bei einer Mischung der beiden Signale. Dies kann durch technische Möglichkeiten - wie mit einem Mischpult - realisiert werden...

...oder wir haben ein „ÜBERSPRECHEN“ zwischen den beiden Aufnahmegeräten – hier die Mikrofone. Dieses Übersprechen kann durch die fehlende Glasscheibe zwischen den beiden Aufnahmeräumen entstehen. Je weniger Trennwand zwischen den beiden Musikern ist, desto mehr mischen sich die beiden Signale untereinander. Als optimales Ergebnis – jedoch nicht erstrebenswertes Klangresultat in Mono - wäre die Tatsache, dass die beiden Mikrofone ganz dicht (vielleicht 1 Zentimeter...) zusammengestellt werden. Jetzt erreichen die Schallwellen beider Instrumente die Mikrofone gleichzeitig, so dass kein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Kanälen besteht. Jetzt ist das Signal Mono und der angezeigte Korrelationsgrad $+1$. Genau diese Aussage $+1$ bedeutet, dass die in einem bestimmten, durch die Schaltungstechnik des Korrelators bedingten Zeitrahmen gemessene „Phasenverschiebung oder Nulldurchgangsdifferenz der Signale“ genau NULL Grad ($\Phi = 0^\circ$) war. Je mehr sich die beiden Signale voneinander in der Phasenlage unterscheiden, desto größer wird auch der angezeigte Korrelationsgrad.

Korrelationsgradmesser - Das heilige Messgerät?

Der Unterschied, den wir jetzt als Stereoinformation nutzen können, ergibt sich aus der Kanaltrennung durch die beiden Aufnahmeräume. Erstrebenswert ist ein Mittelwert, der zwischen der absoluten Isolation und der kompletten Mischung liegt. Dieses Verhältnis bestimmt übrigens auch die Phasenlage der beiden Signale zueinander.

Deshalb ist es auch wenig Sinnvoll, einen Korrelationsgradmesser als heiliges Messgerät für eine erfolgte Aufnahme zu verwenden.

Vorbei sind die Zeiten, in denen Tonbänder und Produktionen von den Sendeanstalten einem Phasentest unterzogen wurden, bevor sie auf den Sender geschickt wurden. Im damals alltäglichen Verwaltungswahn bekamen so einige Produktionen den Stempel „Nicht Kompatibel“ aufgedrückt und wanderten zurück zum Absender. Dieser Test sollte eine hundertprozentige Aussage über die Sendefähigkeit des Materials geben. Die Betrachtungsweise des Korrelationsgradmessers soll uns nur Information über die vorhandenen Phasenverhältnisse geben, die ohnehin das Ergebnis einer komplexen Signalmischung sind. So werden reine Sinusschwingungen, die genau 180° Phasenverschoben auf einem Tonerträger erscheinen, sehr unwahrscheinlich sein. Treten diese dann doch auf, handelt es sich mit größten Wahrscheinlichkeit um eine Test-CD, die wir mit Sicherheit nicht den ganzen tag hören. Diejenigen, die sich 60 Minuten lang ganz bewusst einen 1KHz Sinuston anhören, kann ich nicht mehr helfen. An dieser Stelle verweise ich auf gute Ärzte - oder Tabletten. Soweit dazu. Doch nun zurück zum Korelationsgradmesser und der Messung von Phasenverschiebungen.

Daher können wir bei allen Betrachtungen den Faktor „Integrationszeit“ als Grundlage nehmen. So ist das Messergebnis immer nur die Zusammenfassung der Ereignisse, die in dem Integrationszeitfenster anliegen. Eine genaue Messung der beiden Nulldurchgänge ist unmöglich, denn durch die komplexe Struktur von Musiksignalen sind gerade diese Nulldurchgänge nicht zu ermitteln. Also müssen wir mit dem Schätzwert „Korrelationsgrad“ leben und diesen in unsere Betrachtungen für ein „Phasenkohärentes“ Gesamtsignal einbeziehen.

Außerdem sind die Ohren eines geschulten Tontechnikers meistens besser, als jedes Meßgerät – egal ob es nun mit Zeiger, Bildröhre oder LED Anzeige arbeitet.

Korrelationsgradmesser - Wundermittel Korrelationsgradmesser...?

Wer nun denkt, mit dem Werkzeug des Korrelationsgradmessers haben wir das „Allheilmittel“ gegen schlechte Aufnahmen und mangelhafte Mikrofonie in den Händen, ist mal wieder auf dem Holzweg und liegt vollkommen daneben.

Die Aussage der Phasenverhältnisse ist nämlich nur bei der sogenannten „Laufzeit-Stereophonie“ von Bedeutung. Hier entsteht der Stereoeindruck durch das unterschiedliche Eintreffen der beiden Einzelsignale auf die verwendeten Mikrofone „A“ und „B“. Allein der Laufzeitunterschied zwischen den beiden Signalen entscheidet über die stereophone Wirkung des aufgenommenen Signals. Einzig und allein ist diese Aussage über die Phasenverhältnisse brauchbar, da die Schallquelle und die Mikrofone IMMER im gleichen Abstand zueinander stehen sollten.

Korrelationsgradmesser – Die unbrauchbare Anzeige...?

Sobald wir die XY-Stereophonie ins Spiel bringen, ist es nämlich „AUS“ mit der tollen Anzeige der Phasenverhältnisse. Die hier dargestellten Werte zeigen jetzt den „Schrott“ aus X und Y Kanal an, die durch die Aufstellung der beiden Mikrofone mit den schlimmsten Phasensauereien verschmutzt ist. Zu den Laufzeitunterschieden kommen noch Kammfiltereffekte und zahlreiche andere, nicht kalkulierbare Ereignisse dazu. Gemeint sind Hallartefakte und Raumreflexionen, die ebenfalls einen fremden Signalanteil in die Summe geben. Und gerade diese Anteile scheren sich wenig um die festen – und wünschenswerten Vorgaben. Das einzige Heilmittel gegen ein wildes Zappeln des Korrelationsgradmessers ist die örtliche Veränderung der Aufnahmemikrofone – oder die letzte Lösung im Studio: Die künstliche Verengung der Stereo Basisbreite. Bei bestimmten Ausnahmesituationen kann diese auch frequenzselektiv erfolgen, so dass nur jene Frequenzen bearbeitet werden, die wirklich negativ in die Mischung fallen.

Dies bedeutet allerdings NICHT, dass die Aufnahme unbrauchbar ist, wenn böse Worte wie „Gegenphasen“ oder „negativer Korrelationsgrad“ fallen.

Es gibt ganze Buchreihen über die Abnahme von Instrumenten – und der erforderlichen Mikrofonie, was allerdings keine Garantie für eine gelungene Aufnahme ist. Selbst wenn wir zahlreiche High-End Mikrofone nach den Gesetzen der Akustik in einem Raum positionieren kann das Ergebnis ernüchternd sein.

Hauptsächliche Aufgabe ist es, die Instrumente „einzufangen“ und zwar so, wie sie sind. Schummelt sich dann noch ein wenig Raumakustik in die Aufnahme muss der Techniker entscheiden, welchem Faktor er die größere Aufmerksamkeit widmet. So macht es wenig Sinn, eine Gitarre abzunehmen und sich über den verbleibenden Raumhall zu ärgern. Letztendlich bekomme ich diesen Hall ohne technische Hilfsmittel (Absorber, Tücher, Stellwände mit Schaumgummi) nicht aus der Aufnahme. Bevor man nun durch Beauftragung eines ansässigen Bauunternehmers und seinem Bagger den gesamten Aufnahmebereich umhaut, ist es wesentlich kostengünstiger, aus der Aufnahme das Beste zu machen. Genau hier liegt die Kunst des Tontechnikers, der grundsätzlich in der freien Wildbahn auf Probleme stößt. Die absoluten Idealmittel und Supermikrofone nützen dem Techniker nicht viel, wenn er das musikalische Empfinden eines Knetgummis hat. Hier ist der Künstler gefragt - und gleicht keine Aufnahme der anderen. So lassen sich einfachen Mikrofonen in geschickter Anordnung bessere Aufnahmen erzielen, als mit hochwertigen Teilen, die man achtlos in die Ecke wirft. Wenn sich allerdings beide Seiten kombinieren lassen, steht dem „Superrecording“ nichts mehr im Wege.

Korrelationsgradmesser - Phasennessgeräte ganz abschalten?

Nein! Tatsache ist, dass der angezeigte Korrelationsgrad ein wichtiges Merkmal einer Produktion ist. Gerade im Bereich der heutigen Technik kommen die schlimmsten Phasenverhältnisse in Titeln und Aufnahmen vor, die noch KEINEN Hit verdorben haben. Wichtig ist jedoch zu wissen, dass ein schlechtes Phasenverhältnis einige, nicht von der Hand zu weisende Nachteile mit sich bringt. Diese beziehen sich auf die Bereiche:

- Radiosender (Broadcast)
- Vinyl (Schallplattenherstellung)
- Monokompatibilität bei Kofferradios und Monosendern
- Mischungen durch Return-Wege (Aux Send/Aux Return)

bei denen gerade Phasenverhältnisse, die aus dem Rahmen fallen, bis zu Unbrauchbarkeit des Programmmaterials führen. Selbst die nachträgliche „Einengung“ der Stereobreite kann einen schlechten Mix nicht mehr retten.

Radiosender

Beim Rundfunksender durchläuft das Stereosignal bei einem FM-Sender eine sogenannte „Matrix“, in der die beiden Kanäle „Rechts“ und „Links“ verschachtelt werden. Gegenphasige Signale lassen sich hier nicht verarbeiten – oder führen zu erheblichen Klangbeeinträchtigungen, die zu vermeiden sind.

Vinyl (Schallplattenherstellung)

Bei der Schallplattenherstellung kann zum Beispiel der Schneidstichel bestimmte – für den Rillenschnitt wichtige – Bewegungen nicht korrekt ausführen. Im Bassbereich sind gegenphasige Signale gänzlich verboten, sobald wir von der klassischen Schallplattenherstellung sprechen. Da heute wieder zahlreiche Produktionen auch auf Schallplatten erscheinen, muß gerade hier eine Kontrolle der Phasenverhältnisse erfolgen. Viele junge Produzenten sind die Vorteile der Compact Disc gewohnt – und achten daher nicht mehr auf die phasenbezogenen Signalverhältnisse zwischen Links und Rechts.

Monokompatibilität bei Kofferradios und Monosendern

Die Monokompatibilität ist ein sehr ernster Punkt, wenn es um die korrekte Wiedergabe auf Monogeräten geht. Jedes zweite Abhörgerät eines FM-Senders gibt das Programm in MONO wieder. Hierzu zählen Radiowecker, einfache Autoradios und preiswert-Kofferradios im Kinderzimmer und Garten. Hierzu zählt auch die Verwendung von Cassettenrecodern mit MONO Wiedergabe sowie CD-Playern, die an ein Mono-Gerät angeschlossen werden (Mono-Beschallung in Räumlichkeiten). Auch Deckenlautsprecher, wie zum Beispiel in Kaufhäusern, Schwimmhallen oder sonstigen Veranstaltungsorten geben das Signal in vielen Fällen nur als Monosumme aus L und R wieder. Bei gegenphasigen Signalen können sich Stimmen und ganze Instrumentengruppen beeinflussen – oder sich gegenseitig im schlimmsten Fall aufheben. Das klangliche Ergebnis ist vollkommen anders, als das bekannte Original.

Mischungen durch Return-Wege (Aux Send/Aux Return):

Gerade wenn bei einem Mischpult Aux Wege für die Einkopplung von Hallgeräten und sonstigen Effekten verwendet werden, ist das Phasenverhältnis zwischen Aux-Send Signal und Aux-Return Signal wichtig. Einige Prozessoren (wenige Exciter der alten Garde) haben einen Schalter für die Ausgangsphase. So kann hier beim Einsatz in einem Aux-Weg die Signalphase für den Return Weg in das Mischpult gedreht werden. Damit werden die gefürchteten Auslöschungen vermieden, die zum Beispiel bei komplexen Effekten (Flanger, Chorus und so weiter...) entstehen können.

Korrelationsgradmesser - Anwendung bei der Mikrofonie und im Mastermix

Da aber die Theorie immer schlimmer klingt als die eigentliche Praxis, sollte die Anzeige des Korrelationsgradmessers einfach nur „beobachtet“ werden. Das reicht aus. Hauptsächlich geht um die Tatsache, einen Mastermix – oder eine Hörspielproduktion auf die Phasenverhältnisse hin zu überprüfen. Bei einem Rundfunksender oder Krankenhaus/Schulradio kann der Korrelationsgradmesser als Hilfestellung bei der Mischung von mehreren Mikrofonen bei der Sprachabnahme dienen. Ein geübter Techniker kann übrigens eine auftretende Auslöschung durch „angrenzende Gegenphasen“ bereits hören. Die noch „Anfänger“ in diesem Gebiet achten dann eben mehr auf die LED Anzeige.

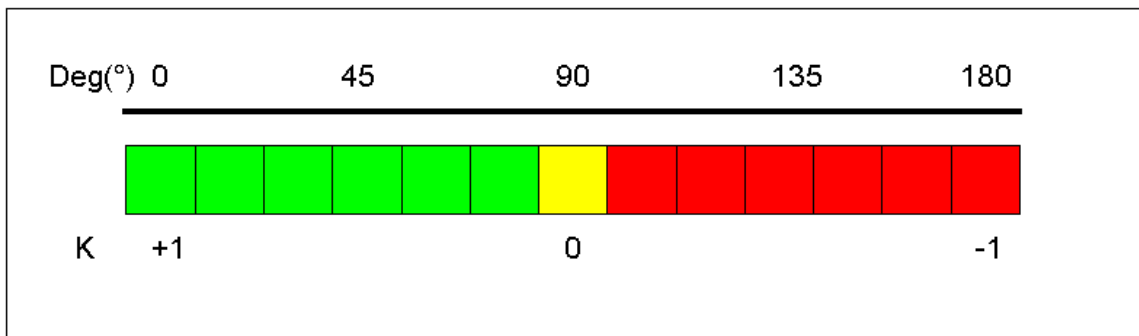
So darf die Anzeige durchaus kurz in den gelb-roten Bereich wandern, wenn sie dort nicht verbleibt. Es besteht kein Grund zur Panik - es sei denn, der Leuchtpunkt klebt an der -1 Marke. Dies ist ein sicheres Zeichen für einen vergessenen Phasenumkehrschalter in der Signalkette oder einem falsch angefertigtem Mikrofonkabel. Ständige Werte bei -1 sind nahezu unwahrscheinlich.

Eingesetzt in der Mastersumme macht sich der Korrelationsgradmesser eigentlich mehr als Zusatzgerät nützlich. Ein wichtiges Messwerkzeug, dem alle Zuschauer bedenkenlos folgen, ist er allerdings hier nicht.

Bei Hallsignalen, die aus den heutigen, digitalen Geräten kommen, gibt es kaum noch Phasendrehungen, die zu Schwierigkeiten führen. Dies war bei den alten Geräten der 80er Jahren noch anders. Hier wurden die beiden Ausgänge „L“ und „R“ nicht selten nur in der Phase gedreht – oder mindestens durch einen Allpass in unterschiedliche Phasenlagen gesetzt. Eine einfache – und direkte Mischung zu 10% auf das Hauptsignal brachte keine Probleme mit sich. Wurde dieser Ausgang jedoch DIREKT verwendet, löschten sich Anteile des Effektsignal einfach aus – sie fehlten im Mix! Hier ist der Einsatz eines Korrelators sehr zu empfehlen, um die Basisbreite des Effektsignals etwas zu vermindern BEVOR die „Phasengrütze“ auf den wertvollen Mastermix kommt.

Korrelationsgradmesser - Funktion und Anzeige des Korrelationsgradmessers

Die Funktionsweise des Korrelationsgradmessers ist PEGELUMABHÄNGIG – bis auf den zur Messung erforderlichen Mindestpegel. Da es aber kaum Sinn ergibt, bei einem Signal – das wir wegen der geringen Lautstärke nicht mehr hören - die Phasenverhältnisse zu messen – kommen wir wohl kaum unter diese Arbeitsgrenze. Bis auf die Tatsache, dass ein MINDESTPEGEL für eine korrekte und gültige Anzeige erforderlich ist, spielen die Signalverhältnisse keine Rolle. Einzig die Nulldurchgänge werden erkannt und durch eine Auswertungsschaltung auf einen Vergleicher und Multiplizierer geleitet. Dieser ermittelt – und Zusammenarbeit mit einem Integrationsglied einen Mittelwert der dem Angezeigten Korrelationsgrad entspricht. Hier kommt auch die Tatsache ins Spiel, das der Korrelationsgrad IMMER ein Zeitfenster (z.B. 500ms) anzeigt, in dem das Phasenereignis aufgetreten ist. Je kleiner diese Zeitkonstante gewählt ist, desto wilder springt die Anzeige zwischen +1 und –1 hin und her Dies führt, bei experimentierfreudigen Entwicklern nicht selten bis absoluten „Unablesbarkeit“ der Anzeige in Hinblick auf ein „sehr genaues Messgerät“. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, kann der Anzeigewert durch eine S&H (Sample and Hold) Schaltung „zwischen gespeichert“ werden. Die Anzeige wirkt ruhiger – und immer noch aussagekräftig genug. Das Spitzen und kleinste Phasenänderungen „verschwinden“ ist der Nachteil dieser Anzeigeberuhigung. Eine weitere Möglichkeit ist der WEICHE Übergang der angezeigten Werte. Als Anzeigeart hat sich das „DOT-DIPSLAYING“ – ein wandernder Punkt – bewährt. Sind die Übergänge zwischen den LED „fest“ und „abrupt“, wirkt die Anzeige hart und unruhig. Werden diese Übergänge WEICH geschaltet, „gleitet“ der Punkt über das Display und wirkt für den Betrachter angenehmer. Diese „Weichmacherschaltung“ lässt bei einigen Anzeige-IC durch eine externe Steuerspannung erreichen – oder



durch die externe Taktung der Anzeige-LED.

Bild: Typische Frontansicht eines Korrelationsgradmessers

Korrelationsgradmesser - Optischer Aufbau eines Korrelationsgradmessers

Hierfür gibt es keine wirklich Bauanleitung oder Richtlinie. Tatsache ist, dass der Anzeigebereich zwischen den Werten +1 für Mono und 0 Grad und -1 für Gegenphase 180 Grad. Die farbliche Anordnung wurde bei den ersten Korrelationsgradmessern festgelegt und hat sich bei den wenigen Geräten, die sich auf dem Markt befinden - dann durchgesetzt. Für den Bereich zwischen 0 und 90 Grad werden grüne LED's verwendet und ab 90 bis 180 Grad dann rote Leuchtdioden. Der Anzeigepunkt 90 Grad wird durch eine gelbe LED dargestellt.

Je nach Schaltungsart unterscheiden sich die Darstellungsarten jedoch erheblich voneinander. Bei einigen professionellen Geräten, leuchtet die gelbe LED $K=0$ im Ruhezustand. Je nach Signalart und Phasenlage wandert der Leuchtpunkt nach links in den roten Bereich (-K) oder nach rechts in den grünen Anzeigebereich für (+K), In der o.g. Darstellung ist die Anzeige Seitenverkehrt – so dass der grüne Bereich links ist. Dies hat den Hintergrund, dass diese Schaltungstechnik mit einem Steuerungs-IC auskommt, dass für die Anzeige zuständig ist. Der Ruhezustand ist bei der linken, grünen LED für +1. Je nach Phasenlage wandert der Punkt weiter – bis zu rechten, roten LED für -1. Liegt nur EIN Kanal an – oder die Phasendrehung ist genau 90 Grad, leuchtet die gelbe LED. Das gleiche Erscheinungsbild tritt übrigens auch bei den professionellen Geräten auf, bei denen die gelbe LED ebenfalls bei einem einseitigen Signalanschluss leuchtet.

Entsprechend der Anzeigeteilung zwischen +1 bis zu -1 wurden auch die Gradzahlen (Degrees) zugeordnet. Phasenlagen über 180 Grad anzuzeigen ist eigentlich sinnlos, da die Lage ab 180° wieder rückwärts arbeitet. Diese Art der Skalierung ist auch bei den professionellen Geräten (z.B. RTW) nicht zu finden. Zusätzlich bietet RTW auch einen Korrelationsgradmesser mit der bekannten Gas-Plasma Anzeige an, der allerdings auch mehr kostet. Eine farbliche Anzeige der Bereiche ist hier durch die Bauart der Plasmaanzeigen nicht möglich.

Korrelationsgradmesser - Schaltungstechnik mit dem XR2208

Da ich nicht alle Schaltungstechniken aufzeigen kann, beschränke ich mich auf die zwei bekanntesten Verfahren, die für den Aufbau von Korrelationsgradmessern verwendet werden. Die komplexere Schaltung befindet sich im RTW Korrelationsgradmesser und verwendet den Baustein XR2208 von Exar, der mittlerweile nicht mehr verfügbar ist. Dabei werden die beiden Eingangssignale zuerst über eine symmetrische Eingangsstufe aufgenommen und einer Filterschaltung zugeführt. Dann werden diese beiden Signale - Links und Rechts - auf die Eingänge des Multiplizierers gegeben. Dieser erzeugt in Abhängigkeit der Phasenverschiebung - oder besser - dem Versatz der erkennbaren Nulldurchgänge eine Gleichspannung am Ausgang. Diese steht im Normalfall auf dem Wert Null, so dass die nachfolgenden LED-Anzeigetreiber keine Reaktion zeigen. Durch Verwendung von zwei LED-Anzeigetreibern vom Typ LM3914 von National Semiconductor regen sich die LEDs entweder bei einer negativen - oder einer positiven Spannung. Für jede LED-Farbpalette ist ein Treiber-IC mit 10 Ausgängen zuständig. Dies erklärt übrigens auch die Tatsache, dass sich dieser professionelle Korrelationsgradmesser auch anzeigeconform verhält und kein Signal oder nur „ein“ Signal mit dem Wert $K=0$ quittiert.

Die zusätzliche AD/DA Converterschaltung speichert den negativsten Korrelationsgrad eines überprüften Signals, das auch ohne ständige Kontrolle der Anzeige geprüft werden kann. Zeigt nach Beendigung des Testdurchlaufs die Speicheranzeige einen roten Wert nahe -1, kann davon ausgegangen werden, dass hier gegenphasige Signalanteile vorhanden waren. Über die tatsächliche Brauchbarkeit kann jedoch keine Aussage getroffen werden, denn gegenphasige Signalanteile, die in einer kompletten Produktion für Sekunden anliegen, haben noch keine Produktion komplett verworfen. Hier ist eine Einzelkontrolle durch den Tontechniker empfehlenswert.

Diese Sonderfunktion ist mehr für Rundfunkstationen und Schallplattenhersteller gedacht, die damit auch größere Mengen an Programmmaterial auch ohne Hörschaden der Techniker durchsehen können. Für den Hobbyanwender und Studiobetreiber die simultane Anzeige die wichtigste Funktion des Korrelationsgradmessers. Dabei kann er während der Aufnahme - oder beim Mastermix die Phasenverhältnisse überprüfen und entsprechende Gegenmaßnahmen korrigieren.

Korrelationsgradmesser - Schaltungstechnik mit dem LM 393 und CD4070

Eine sehr einfache Schaltung, die in einigen Geräten zu finden ist. Ich kenne sie nur durch Schmierzettel und der Analyse von Leiterplattenlayouts. Tatsache ist dabei, dass die nachfolgend vorgestellte Schaltung korrekt arbeitet - und absolut brauchbar ist. Voraussetzung für diese Schaltung ist ein korrekter Abgleich und die Verwendung hochwertiger Bauelemente. Dabei meine ich Widerstände mit maximal 1% Toleranz und Kondensatoren, die an bestimmten Stellen ebenfalls nur 5% (besser 1%) aufweisen sollten. Da jedoch sehr genaue Kondensatoren schwer erhältlich sind, reichen die in den Schaltungsunterlagen angegebenen Mindestwerte aus. Eine sehr gute Hilfestellung ist die Auswahl aus mehreren Kondensatoren, die eben handselektiert werden. Mit einem Fasermaler kann man dann den Messwert direkt auf den Kondensator schreiben. Zusätzlich verleiht diese Maßnahme dem Gerät den gewissen Touch an „Exklusivität“, denn kein Massenhersteller beschriftet selektierte Bauelemente.

In dieser Schaltung werden die Eingangssignale über eine Pufferstufe aufgenommen und gleich einem Komparator vom Typ LM393 geführt. Auch der LM339 oder MC3302 ist verwendbar. Allerdings muss der Komparator in einer sauberen Gleichspannung geführt werden, die sich nur durch RC-Filterkombinationen erreichen lässt. Dabei ist es sinnvoll, für das IC einen Sockel vorzunehmen, denn einige Typen/Hersteller eignen sich nicht für diese Anwendung.

Nach dem Komparator durch seine Gleichspannungseinstellung und kapazitive Signaleinkopplung die Pegelwerte ignoriert, wird das erzeugte Rechtecksignal auf ein Exklusiv-Oder Gatter vom CMOS Typ CD4030 oder CD4070 geführt. Das hier am Ende anliegende Impulsbreitensignal wird einer Integrationsstufe zugeführt, die einen Mittelwert bildet. Diese Spannung ist proportional dem Korrelationsgrad und kann auf einen Anzeigetreiber vom Typ LM3914 geführt werden. Dabei schränkt sich der maximale Anzeigeumfang auf 10 Leuchtdioden ein. Mit einer Trickschaltung kann die erste grüne LED des LM3914 mit einer weiteren grünen LED invertiert dargestellt werden. Somit leuchtet bei Mono-Signal oder keinem Signal immer eine LED. Ist eine schöne Zustands- und Powerkontrolle - und erhöht den Anzeigeumfang virtuell auf 11 Leuchtdioden. Selbstverständlich kann man auch zwei LM3914 in Kaskade schalten - oder einen UAA170 verwenden. Letzteres IC ist leider nicht mehr erhältlich und scheidet daher aus der Gruppe der empfehlenswerten Bauteile aus.

Korrelationsgradmesser - Schaltungstechnik mit dem LM 393 und CD4070

Nun werden die Kritiker wieder aufschreiben, die Schaltung analysieren, in den Simulator hacken und hoffen, dass sich ein Fehler einschleicht. Das meine lieben Ingenieure, könnt Ihr euch ersparen! Die Schaltung hat Macken - und Fehler- hat sie auch! Das wird auch so in der Simulation erscheinen. Sind die Bauteile nicht korrekt aufgebaut, fängt der ganze Krempel wild an zu schwingen. Auch die Auswahl des Komparators ist kritisch: National-Semiconductor und Texas Instruments sind in Ordnung. Alles andere bereitet Stress. Das gleiche gilt auch für einen verwendeten 4-fach Komparator, bei dem der dritte OP für die Auswertung der zusätzlichen, grünen LED verwendet wird.

Da ich nicht mit ansehen konnte, wie eine derart gute Schaltung von einigen Kritikern verrissen wurde, habe ich sie kurzerhand mit dem RTW Original verglichen. Beide Instrumente zeigten die Phasenverschiebungen, die aus einem digitalen Sinusgenerator mit zwei Ausgängen - originalgetreu und nur mit minimalen Unterschieden an. Die Kontrolle der Phasenverschiebungen erfolgte in kleinen Schritten zwischen 0 und 180 Grad. Die Anzeigegenauigkeit des 393/4070 Korrelationsgradmessers ist für den Studiotechner vollkommen ausreichend, denn diese Messung dient nur als Indiz für problembehaftete Stereosignale. Gleiche Anzeigewerte erreichte ich auch mit musikalischen Originalsignalen aller Art. Die beiden LED-Displays zappelten wild vor sich hin - und wiesen auf jede Phasenveränderung hin. Das der RTW-Korrelationsgradmesser auf Grund seiner kompakten Bauweise und den symmetrischen Eingangsbuchsen das absolute Profi Gerät ist, sollte jedem Anwender klar sein.

Korrelationsgradmesser - Geheime Schaltungstechnik an das Licht gebracht

So verwenden auch bekannte Stereo-Basisbreiten Prozessoren diese Schaltung für den internen Korrelationsgradmesser. Die LED Anzeigen des Behringer Edison oder dem Crystal Phasematic verwenden die Kombination aus 393 und 4070. Beim Edison bedient man sich dem LM3914 als Anzeigetreiber, wobei der Phasematic einen UAA170 einsetzt. Diese Schaltung ist überall einsetzbar, wo die Phasenverhältnisse zweier Stereosignale überprüft werden soll. Ein Geheimnis ist diese Schaltung nicht, denn sie wurde bereits in einer Zeitschrift

Den typischen Grundsatz der Techniker „alles zu kontrollieren und zu messen“ lassen wir hier unter den Tisch fallen - denn sehen Sie diese Schaltung als lustiges Add-On in Ihrer Geräteentwicklung. Es wird Sie niemand auf das Zucken des Korrelationsgradmessers ansprechen, wenn der Mastermix gut gelungen ist - hingegen ernten Sie böse Buhrufe, wenn der Bass - oder ganze Instrumentalgruppen durch einen Phasenverschiebung verschwinden. Dann nützt ihnen später der Korrelationsgradmesser auch nicht mehr viel.

Technische Realisierung von Korrelationsgradmessern

Der wohl bekannteste Hersteller von Korrelationsgradmessgeräten ist RTW. Mit der Modelle 1260C hat RTW den ersten und wohl auch einzigen Korrelator auf den Markt gebracht, der sich überall einsetzen lässt. Durch das Interne Netzteil ist das Gerät vollkommen unabhängig wie ein Peakmeter zu verwenden.

Und tatsächlich bietet RTW eine 19-Zoll Rackblende für den 1260C und 1206D zum gemeinsamen Einbau an.

Die Arbeitsweise der Geräte ist jedoch unterschiedlich:

Hersteller/Bezeichnung	Funktionsprinzip
RTW1260C	XR2208
RTW1119	XR2208
EELA Audio Pulte (z.B. S340)	XR2208 – jedoch nur zwei LED rt/gn
Behringer, Edison	393/4070/3914
D&R	393/40703914
Phasematic	393/4070/UUA170
RTW1068/1069	DSP

Korrelationsgradmesser als Goniometer (RTW1069)

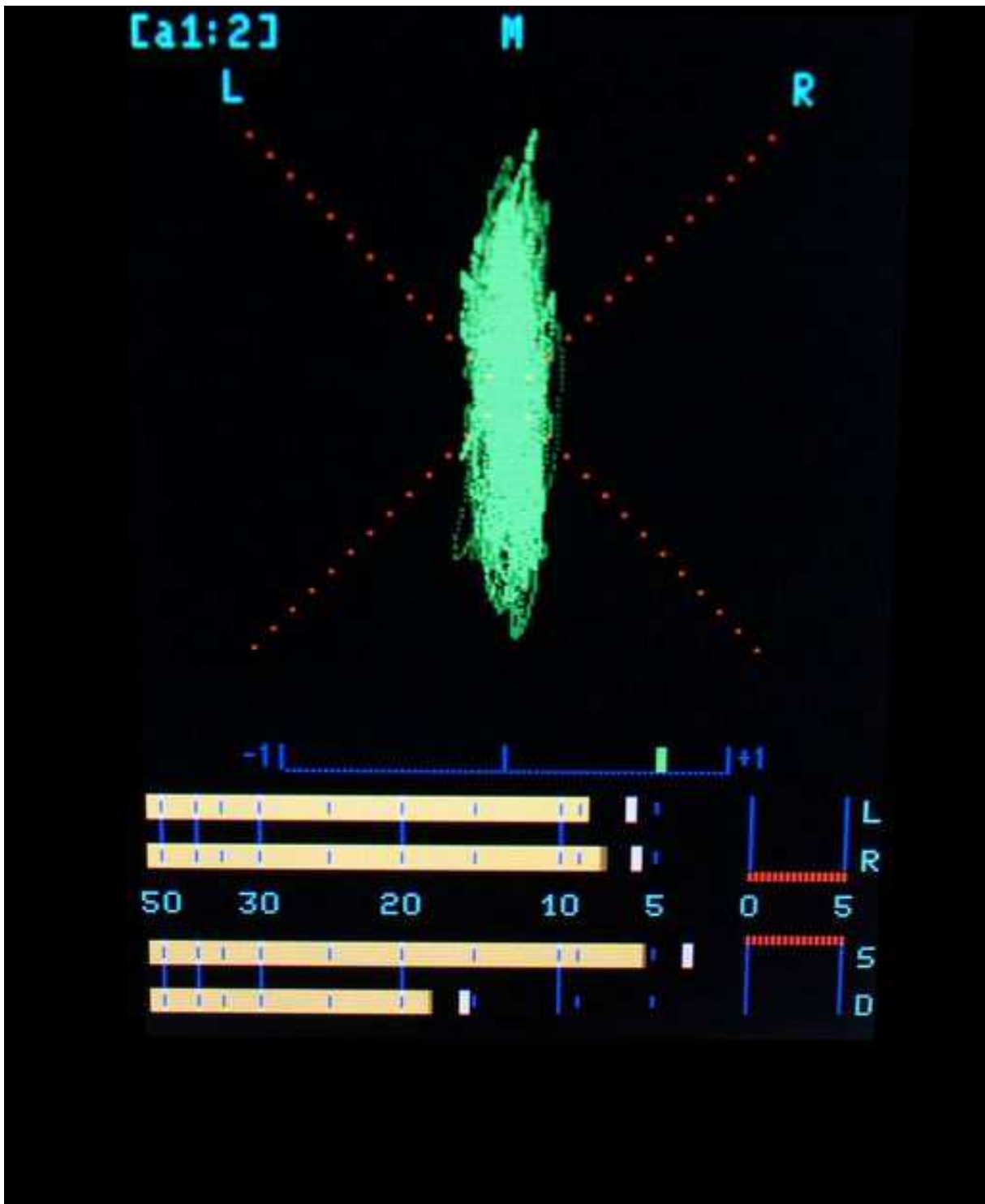


Bild: Der RTW1069 Master-Monitor beinhaltet neben den Pegelanzeigen noch einen zusätzlichen Korrelationsgradmesser als Balkenanzeige zwischen -1 und +1 – sowie die simultane Darstellung als Goniometer.

Korrelationsgradmesser - Goniometer - bekannt aus Kino und TV

Die Anfänge der Phasenmessung an Stereosignalen sahen ganz anders aus. Leuchtdioden und spezielle IC's gab es noch nicht - und so betrachtete man die gesamte Sache mit den Augen des Physikers. Es waren zwei sinusförmige Signalquellen vorhanden, bei dem man den Phasenbezug irgendwie sichtbar machen wollte.

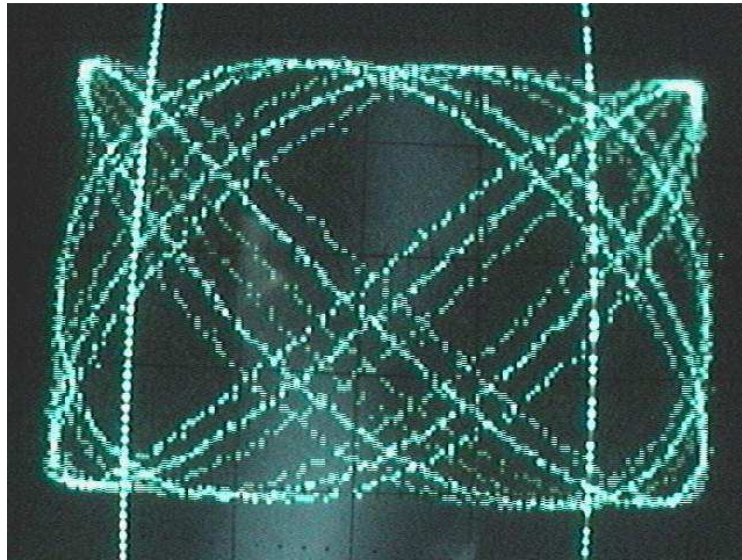


Bild: typische Lissajous Figur

Diese Anzeigeform kennen alle, die schon einmal im Kino oder TV einen Film voller Technik gesehen haben. Egal, ob nun Science-Fiction oder Agenten-Film - immer ist auf den Messgeräten zur Ortung von Wanzen, dem Lokalisieren von Atomraketen, der gezielten Vernichtung ganzer Planeten oder der Jagd nach außerirdischer Transmissionsstrahlung ein in sich drehendes Bild auf einem Bildschirm zu sehen. Meistens sind es alte Oszilloskope, die für diese Anwendungen verwendet werden. Je älter, desto wilder und Interessanter sehen die Bedienungselemente auf der Frontplatte aus.

Eine TV-Serie, die dies wirklich extrem abbildete - war Time-Tunnel. Schrecklich und lustig zu gleich, wie hier mit den so genannten „Lissajous-Figuren“ gearbeitet wurde. Der optische Effekt für den Produzenten und Regisseur ist einzigartig - die Technik dazu ein Witz.

Korrelationsgradmesser - Goniometer - bekannt aus Kino und TV

Doch wie kommen diese drehenden Ellipsen auf den Bildschirm? Man nehme ein altes und interessant aussehendes Oszilloskop der Steinzeit und zwei Sinusgeneratoren. Beide Generatoren auf die Eingänge x und y legen und die Frequenz nahezu gleich einstellen. Durch die fehlende Synchronisation der beiden Signale wandern die Frequenzen und ihre Nulldurchgänge zwangsläufig auseinander. Somit verschieben sich die Signale zueinander und eine unkontrollierbare Phasenverschiebung beginnt, die dann als tanzende Ellipse auf dem Bildschirm erscheint. Hätten beiden Sinusschwingungen den gleichen Nulldurchgang, entsteht ein Kreis auf dem Bildschirm. Je nach Verschiebung der Phase verändert sich der Kreis zu einer Ellipse. Bei der normalen Schaltungsanalyse kann man so übrigens schnell und effektiv die Phasenkohärenz von Filterschaltungen überprüfen. Im Idealfall bleibt bei einer brauchbaren Audioschaltung die ganze Zeit ein Kreis auf dem Bildschirm. Dabei wird der gesamte Nutzbereich von 20 bis 20.000 Hz durchgefahren. Allerdings bleiben Audioschaltungen ohne jede Phasenverschiebung ein Traum - es sei denn, man verzichtet auf alle Kondensatoren und Induktivitäten in der Schaltung. Aber nun zurück zu den Kreisen und Ellipsen auf dem Bildschirm.

Genau dies ist der Effekt, den der erste Korrelationsgradmesser nutzte: Das Goniometer. Klingt schlimm - ist es aber nicht. Denn Goniometer ist die Bezeichnung für einen Winkelmesser - und da wir es auch hier mit einem „Phasenwinkel“ zwischen 0 und 180 Grad zu tun haben - trifft diese Bezeichnung auch zu. Eine Elektronenstrahlröhre bekam zwei Verstärker spendiert, die für die horizontale x-Ablenkung und die vertikale y-Ablenkung verantwortlich waren. Auf diese beiden Eingänge wurden nun die zu vergleichenden Eingangssignale gelegt. Bei einem normalen Oszilloskop würde ein Monosignal ein 45° geneigte Linie ergeben. Damit diese Linie bei einem Goniometer zum senkrechten Strich wird, wird die Bildröhre 45° gegen den Uhrzeigersinn gedreht.

Legen wir nun das rechte Signal auf die x-Achse und das linke auf die y-Achse, erhalten wir bei einem Stereosignal eine wabernde Ellipse in senkrechter Form. Ein reines Signal auf dem rechten Kanal bringt die Linie in die 2 und 8 Uhr Stellung, sowie ein linkes Signal in die 10 und 4 Uhr Stellung. Das gemeinschaftliche Ergebnis zwischen L und R bringt die Linie in die senkrechte Position.

Für diese Anwendung kann auch ein handelsübliches Oszilloskop verwendet werden, das vielleicht für andere Messzwecke nicht mehr zu gebrauchen ist, weil es ungenau ist. Auch die in einigen Firmen erforderliche „Kalibrierung“ bringt oft Geräte auf den Markt, die für spezielle Messzwecke unbrauchbar geworden sind. Diese Kisten eignen sich dann für einen moderaten Kaufpreis als selbst ernanntes „Goniometer“. Wer dann will, kann die Röhre im Oszilloskop drehen - sofern diese auf der Front auch rund erscheint. Bei einer Röhre mit Quadratischen Sichtfenster geht dies nicht mehr. Aus jedem Grund eignen sich auch alte Gammelgeräte mit runder Röhre bestens für diesen Umbau.

Korrelationsgradmesser - Goniometer - bekannt aus Kino und TV

Eine Änderung der Röhrenlage ist allerdings nicht erforderlich, denn man auch das Gerät schräg auf einen Bücherstapel stellen, um die gewünschte Neigung der x-Achse zu erreichen. Wichtig ist dabei nur zu erwähnen, dass alle Gegenstände (Blumenvasen, Figuren, Bierflaschen mit und ohne Inhalt) vom Oszilloskop entfernt werden sollten, da die physikalische Schräglage ein weiteres Verbleiben erschwert.

Korrelationsgradmesser - Goniometer - nicht auf die schräge Bahn geraten

Bevor Sie nun ganz am Rad drehen und grundsätzlich allen Freunden und Studioteknikern Mengen von schräg gelagerten Oszilloskopen empfehlen, belassen Sie die Kiste so, wie sie ist. Hauptsächlich dient das Goniometer in vielen Studiobetrieben der allgemeinen Belustigung, denn von zehn Personen mit Glotzblick auf die Bildröhre, verstehen gerade einmal 0,5 Personen durchschnittlich, was dort in zappelnder Weise angezeigt wird. Nehmen Sie es locker und verwenden besser einen Korrelationsgradmesser mit LED Anzeige. Die Nutzung eines Oszilloskopes ist auch parallel noch möglich...

Korrelationsgradmesser - Funktionsweise und Blockschaltbild

Der typische Aufbau unterteilt sich in die folgenden Bereiche:

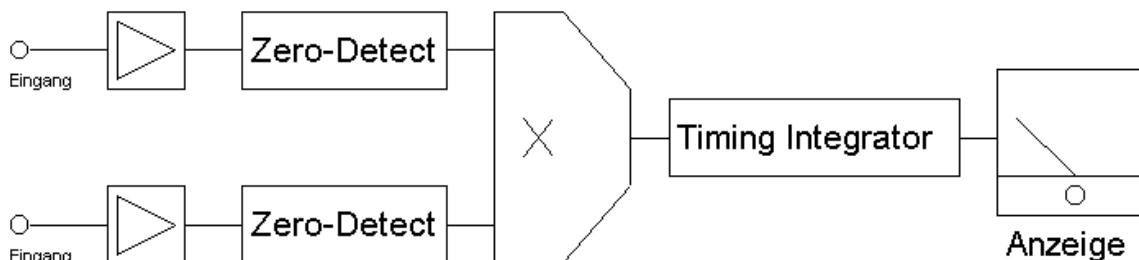


Bild: Blockschaltbild eines Korrelationsgradmessers

6. Eingangsschaltungen, symmetrisch oder asymmetrisch (XLR/Klinke oder Cinch)
7. Zero-Detector und Gleichrichterschaltung
8. Multiplizierer/Vergleicher
9. Integrator/Zeitglied (Auswertungsfenster)
10. Anzeigeeinheit (LED/Digital oder Zeigerinstrument)

Je nach den technischen Anforderungen könne die Funktionsweise jedoch abweichen. So wird in den professionellen Geräten ein komplexer „Four-Quadrant-Multiplier“ verwendet, der einen ganzen, analogen Multiplizierer beinhaltet. Die einfacheren Geräte dieser kommen mit einfachen Trickschaltungen aus der Klamottenkiste aus, die allerdings bei mangelhaftem Platinenlayout und Streuungen der Gleichrichter-IC erhebliche Stabilitätsschwankungen aufzeigt. Hier müssen weitere, wichtige Schaltungsänderungen vorgenommen werden, damit die Schaltung korrekt arbeitet. Die meisten „Plug&Play“ Bastelanleitungen arbeiten nur zum Teil oder gänzlich schlecht und dienen nur als „optischer-Spaß“ im Studio...

Korrelationsgradmesser – Schaltungstechnik einfach gemacht

So haben Sie die Möglichkeit, einen Korrelationsgradmesser komplett in Eigenarbeit aufzubauen – oder sich ein fertiges Gerät zu kaufen. Die letzte Lösung ist für Durchschnittliche 600 Euro zu haben – was für einen Hobbytechniker zu viel ist.

Also besinnen wir uns auf eine Selbstbausaltung, die nicht oft zu finden ist. Der einfache Aufbau mag vielleicht einigen Skeptikern Angst einjagen – aber die Funktionalität schlägt die Zweifel in den Wind. Als Anzeigetreiber werden die bekannten Bausteine LM3914 oder der aus der Klamottenkiste geholte UAA170. Der UAA170 ist leider nicht mehr verfügbar – und so fällt die Wahl auf den ohnehin preiswerteren LM3914 von National Semiconductor. Für den Preis von rund zwei Euro bekommt man einen Anzeigetreiber, der insgesamt 10 LED´s von beliebiger Farbe gegen +Vcc ansteuern kann. Die Strom durch die LED´s – und somit die Helligkeit und Lebensdauer der Leuchtdioden kann mit einem einzigen Widerstand eingestellt werden. Zusätzlich verfügt das IC über eine eingebaute Referenzspannungsquelle, die allerdings in der Korrelationsgradmesser Schaltung nicht benötigt wird. Wer mag, kann damit einen Akku für die Digitalkamera aufladen oder eine Heizung für die Badewanne aufbauen...

Zusätzlich versehen wir den Korrelationsgradmesser mit zwei symmetrischen Eingangsstufen, einem Nulldurchgangsdetector und einem Phase-Comparator, der die Phasenverschiebungen in eine zeitlich integrierte Gleichspannung für die Anzeige-IC´s umsetzt. Wer mag, kann natürlich auch an diese Stelle ein analoges Messinstrument setzen und die Skala entsprechend der Korrelationsgradanzeige umeichen.

Korrelationsgradmesser – Verwendung in der Master Control Unit

So macht in einem Studio - oder Rundfunkstudio durchaus Sinn, eine Master-Control Unit zu entwerfen, um das Ausgangssignal an einem definierten Punkt gezielt überprüfen zu können. Die Master Control Unit (MCU) nimmt die beiden Sendesignale Links und Rechts auf und leitet sie an angeschlossenen Messgeräte weiter. Dazu zählen ein Peakmeter, ein Korrelationsgradmesser und ggf. auch ein Silence-Detector/Sensor. Das Peakmeter ist aus technischen Gründen extern anzuschließen, da sich ein Selbstbau nicht lohnt. Außerdem ist es sinnvoller, das Instrument direkt am Techniker- oder Moderationsplatz anzubringen. Der Korrelationsgradmesser hingegen kann mit der vorbezeichneten Schaltung in Eigenarbeit aufgebaut werden. Zusätzliche Funktionen - wie ein Kopfhörerverstärker für das Mithören, ein Record-Ausgang für den Aircheck/Sendemitschnitt und ein Matrixfeld für die Auswahl aus unterschiedlichen Eingangsquellen runden das System ab.

Noch zum Selbstbau: Es gibt schon Schaltungen, die mit einem PIC-Prozessor arbeiten und mit einer zusätzlichen Hochspannungserzeugung ein Gasplasma-Display ansteuern. Jedoch sind diese Displays teuer und schwierig zu erhalten - sowie die Gleichrichter- und Anzeigesteuerschaltung hat im Vergleich zum Original eindeutig verloren. Die Anzeigetreue und die Auflösung im -50dB Bereich - sowie die Rücklaufzeiten lassen zu Wünschen übrig. Hier muss der Anwender selbst entscheiden, ob er eine Bastelschaltung verwendet - oder sich das hochgenaue Original zulegt. Funktion ist bei beiden Geräten vorhanden.

Korrelationsgradmesser – Bildschirmschoner für Goniometer?

Entwerfen Sie, was die Rübe hergibt - integrieren Sie eine Trennvorrichtung (Mute Signal) und alle möglichen Test- und Messmöglichkeiten für das Sendesignal - und denken Sie an den Korrelationsgradmesser in der Summe. Wer mag, kann auch noch die beiden BNC -Ausgangsbuchsen für ein Oszilloskop vorsehen. Dann kann mit zwei preiswerten BNC/BNC Verbindungskabeln ein altes und ausgedientes Oszilloskop angeschlossen werden. Wichtig ist dabei allerdings eine Zusatzschaltung, die bei vielen Lesern ein Schmunzeln hervorrufen wird: Ein Bildschirmschoner! Kein Witz - es ist Tatsache! Fehlen nämlich bei einer Sendepause oder generell ausbleibendem Eingangspegel die für die Elektronenstrahlauslenkung notwendigen Signale, verbleibt ein Punkt auf der Bildröhre. Bei einem TFT Oszilloskop macht dies der Anzeige wenig aus - jedoch eine Braunsche Röhre mit Elektronenstrahl und Leuchtschicht nimmt diese Fehlansteuerung auf Dauer übel. Der Leuchtpunkt würde bei längerer Einwirkungszeit die Leuchtschicht der Bildröhre dauerhaft beschädigen oder gar zerstören. Aus diesem Grund ist bei derartigen Anwendungen ein Bildschirmschoner erforderlich. Dieser kann mit den unterschiedlichsten Methoden realisiert werden. So habe ich für eine Control Unit einen Sinusgenerator für die Erzeugung einer Grundwelle genommen und das Signal durch einen einstellbaren Allpass gejagt. Durch die hier einstellbare Phasenverschiebung ergibt sich eine Lissous-Figur. Da diese wiederum statisch auf den Bildschirm einhämmert, musste noch Bewegung in die Sache. Der Allpass verschiebt die zweite Sinuskurve nur um einen festen Betrag, so dass sie sonst bekannte Kreisfigur nicht abbilden lässt. Da beide Sinusschwingungen synchron laufen, muss eine zweite, unsynchronisierte Variante erhalten. Einen weiteren Sinusgenerator aufzubauen wäre möglich - aber zu aufwändig. Außerdem geht es nur um eine unregelmäßig über den Bildschirm laufende Darstellung. Dabei ist egal, wie das ganze Gebilde dann erscheint. Also nahm ich einen verbleibenden OP, machte daraus einen billigen Rechteckgeneraor und bewirkte eine externe Beeinflussung der Phasenverschiebung am Allpass. Dabei ist eine Modulation des festen Phasenbezugs entstanden. Fertig waren die beiden Signale, die nicht mehr kohärent zueinander waren und dafür sorgten, dass die Lissaous in freier Form auf dem Bildschirm flimmerte. Ein System - oder eine Regelmäßigkeit mit einer festen Positionierung war nun nicht mehr vorhanden, sodass alle Bereiche der Bildröhre ziemlich gleichmäßig vom Elektronenstrahl getroffen wurden. Die Steuerung des Bilschirmschoners übernahm eine Signalerkennung mit einstellbarem Treshold und Release-Time. Fällt das Eingangssignal aus, läuft der interne Timer ab und schaltet bei Erreichen der Endzeit den Bildschirmschoner auf die Anschlüsse des Oszilloskops. Somit wird der Elektronenstrahl in den Anzeigepausen über die Bildfläche gescheucht. Zusätzlich kann diese Signalerkennung auch als Silence-Sensor/Detektor verwendet - und für weitere Steuerungszwecke im Studio herangezogen werden. Dazu muss nur ein potentialfreier Relaiskontakt herausgeführt werden, der für weitere Steuerungszwecke verwendet wird.

Korrelationsgradmesser – Bildschirmschoner für Goniometer?

Übrigens: Die Idee, eine überlagerte Gleichspannung zu verwenden, die den Elektronenstrahl aus dem Anzeigebereich zieht, ist unsinnig. Spätestens dann, wenn in den Zuleitungen ein Übertrager sitzt - oder die Eingänge des Oszilloskopes auf AC-Kopplung stehen, ist diese Lösung unbrauchbar. Dann wird die Gleichspannung abgeblockt und der Leuchtpunkt steht dort, wo er nicht stehen soll: In der Mitte der Bildröhre.

Tipp: Auch wenn man ausreichend alte Oszilloskope hat - muss man die Bildröhren nicht auf diese Art und Weise in die ewigen Jagdgründe schicken...

Klar hätte ich auch zwei Binärzähler nehmen können, die auf einem D/A Wandler landen und vollkommen unabhängig einen Punkt über den Bildschirm jagen. An dieser Stelle sind Sie gefragt - basteln Sie doch mal...!

Korrelationsgradmesser

Bei einem Stereosignal werden immer Kanäle benötigt. Diese beiden Kanäle stehen normal in einem festen Phasenbezug zueinander. Geringfügige Abweichungen sind normal und sind zum Zweck der Stereoabbildung auch zwingend erforderlich. Allerdings dürfen die beiden Signale und deren Schwingungsnullpunkte ein bestimmtes Maß an Unterschied nicht überschreiten.

Damit diese Phasenunterschiede im Studio überhaupt einen messbaren Wert erhalten, gibt es den Korrelationsgrad. Er ist eine Bezugsgröße, die den Unterschied der beiden Signal zueinander beschreibt. Ein einfaches Beispiel soll an einer sinusförmigen Schwingung erklärt werden:

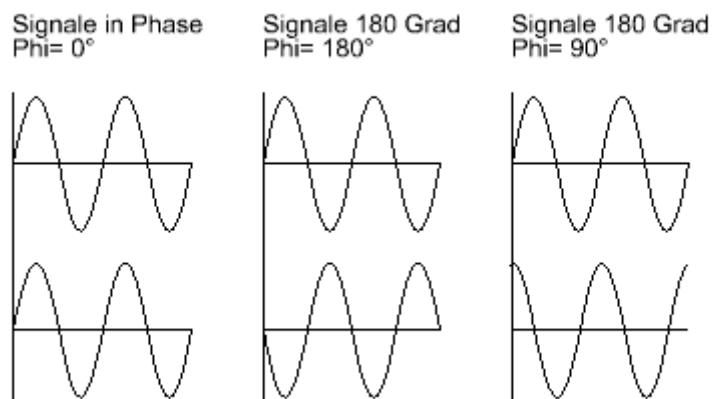


Bild: Unterschiedliche Phasenlagen werden durch die Gegenüberstellungen der Nulldurchgänge erreicht. Dabei gibt es zahlreiche Zwischenstufen im Wertebereich von 0 bis 180 Grad.

Entsprechend der Nulldurchgänge werden auch die Signale zueinander beschrieben und weisen Ähnlichkeiten aus. Zwei komplett unterschiedliche Signalquellen zeigen definitiv den Wert -1 an, was keine Gemeinsamkeiten beschreibt.

Anzeigen

Anzeigen von Korrelationsgradmessern werden in der Regel in zwei Einheiten beschriftet, die über die Phasenlage und den Korrelationsgrad (k) Auskunft geben.



Bild: Frontplatte eines Korrelationsgradmessers mit Aufdruck. Dabei wird schnell erkennbar, dass die Werte +1 und 0° sowie -1 und 180° die Endpunkte bilden. Da der Korrelationsgrad eigentlich unabhängig vom Pegel gemessen wird, zeigt das Instrument auch schon bei kleinen Eingangsspannungen Werte an. Je nach Hersteller sollten aber bestimmte Mindestwerte eingehalten werden, um eine brauchbare Anzeige zu garantieren.

Im Ruhezustand leuchtet die gelbe LED als Zeichen für keine vorhandene Phasenverschiebung. Ein Monosignal zeigt den Wert +1, da beide Signale hundertprozentig identisch sind. Zwei gegenphasige - oder komplett ungleiche Signale zeigen einen Wert von -1, da keine Verwandtheit mehr vorhanden ist.

Da der Korrelationsgrad das Messergebnis eines kleinen Zeitfensters ist, müssen die Messwerte auf ein brauchbares Maß integriert werden, damit die Anzeige ein stehendes Bild zeigt.

Ursachen der Verpolung

Eine häufige Ursache für Phasenverschiebungen sind verpolte Kabel an symmetrischen Steckverbindern (XLR) oder Phasenumkehrschalter an Vorverstärkern und Mischpulten. Diese Geräte verfügen oftmals über einen Schalter, mit dem die Phasenlage angepasst werden kann. Durch fachliches Unwissen werden diese Funktionen oft unerkannt in falschen Stellungen belassen.

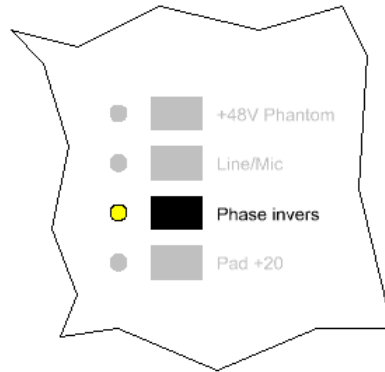


Bild: Einige Mischpulte und Vorverstärker verfügen über eine Phasenumkehrschaltung, die in falscher Stellung erhebliche Probleme bei einer Gesamtabmischung verursachen kann.

Beispiele aus der Praxis

Ein schönes Beispiel ist die Studioaufnahme zweier Musiker, die beide an einer Gitarre ihre besten Stücke geben...

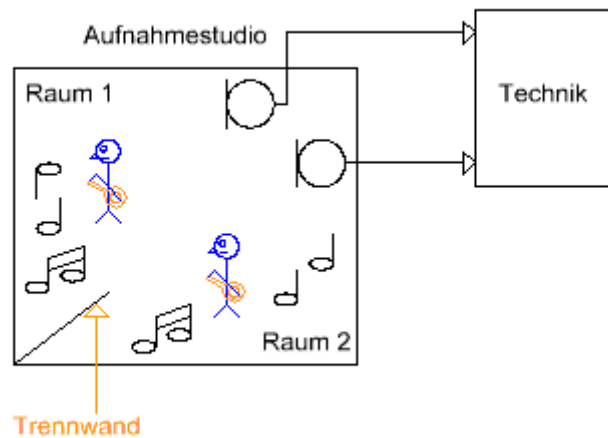


Bild: Die beiden Mikrofone nehmen ein Gesamtsignal auf, das nur durch eine Trennwand verändert werden kann. Der Korrelationsgrad bei dieser Aufnahme wird theoretisch bei +1 liegen.

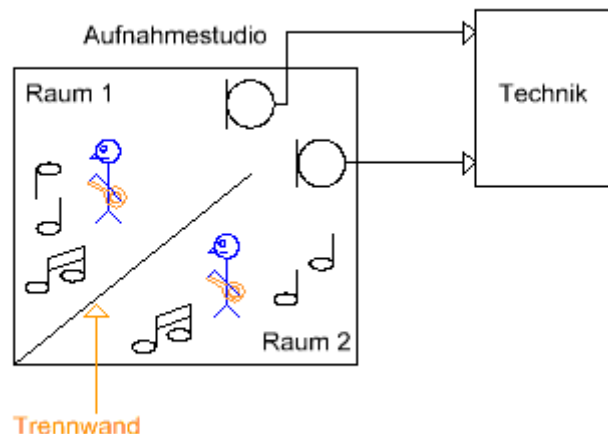


Bild: Eine Trennwand unterbricht die kohärente Form der Schallwellen und erzeugt einen eigenständigen Raum. Dieser verhindert zunehmend die Mischung der Geräusche und erzeugt zwei wenig identische Signale. Der Korrelationsgradmesser zeigt Werte um 0 - entsprechend 90 Grad. Diese Form liegt noch in der durchaus verwertbaren Form - war aber für die Rundfunkanstalten der Vergangenheit schon ein Indiz für die „Nicht Sendefähigkeit“ eines Bandes. Allerdings wurden die speziellen Unterschiede der Aufnahmearten vollkommen unberücksichtigt. So unterscheiden wir zwei Arten der Aufzeichnungstechnik. Die Intensitäts- und die

Laufzeitstereophonie. Beide Verfahren bilden ein Klangereignis mit zwei Kanälen ab - bedienen sich aber unterschiedlicher Aufzeichnungsmethoden.

Beispiele aus der Praxis

Daher macht der Korrelationsgradmesser nur bei einer Intensitäts-Aufnahme einen Sinn - wobei die Laufzeit-Stereophonie keine eindeutige Aussage über die Phasenverhältnisse ermöglicht.

Da ein Korrelationsfradmesser immer nur einen integrierten Bereich (also die zeitliche Zusammenfassung eines Fesnsters und dessen Mittelwert) anzeigt, ist die Messung ein Teil des gesamten Ereignisses. Würde der Korrelator mit LED - oder Zeigerdarstellung über keine zeitliche Integration verfügen, zappelt die LED Kette oder der Zeiger am Messgerät unverständlich umher. Ein Ablesen der Messwerte wäre kaum möglich.

Daher verwenden die professionellen Geräte eine Bildröhre - oder heute ein TFT/LCD Bildschirm für die Anzeige. Damit wird schnell und optisch auch sehr übersichtlich das Phasenverhältnis zwischen zwei Eingangssignalen dargestellt.

Es gibt viele Schriften und Abhandlungen, die sich seitenweise mit der Anwendung und der Funktion eines Korrelationsgradmessers beschäftigen. Dabei ist es einigen Menschen sogar möglich geworden, hunderte von Seiten mit diesem Thema zu bedrucken...

Die wohl einfachste Kontrolle der stereophonen Phasenverhältnisse besteht im Druck der Mono-Taste. Erst durch das akustische Summenergebnis werden die tatsächlichen Qualitäten der Stereomischung deutlich. Daher kann der Korrelationsgradmesser lustig leuchten und zappeln - und ist ein hervorragendes Werkzeug für die Schnellanzeige. Verweilt die Anzeige bei einer Aufnahme ständig im Bereich zwischen 0 und Minus 1 sollten Einstellungen - oder Positionen der Mikrofone überdacht werden.

Zu damaligen Zeiten der FM Sender war es schwierig, gegenläufige Phasen - oder in der Tendenz gegenphasige Signale zu übertragen. Auch der Einsatz solcher Produktionen war auf Schallplatte nicht zu fertigen, da der Schneidstichel für die Mastererstellung diese Bewegungen nicht ausführen konnte. Somit mussten die Produzenten von Musikmaterial in diesen Jahren besonders auf den Korrelationsgrad achten.

Beispiele aus der Praxis

Werden die beiden Signale generell getrennt und ihnen jede Gemeinsamkeit genommen, zeigt der Korrelationsgradmesser dies mit Werten um 0 an, denn es besteht keine Gemeinsamkeit mehr. Irrtümliche Annahmen beschreiben, die Anzeige müsste um -1 zeigen. Das ist falsch, denn nur wenn sich „zufällige“ Gegenphasen ergeben, wandert der Zeiger in Richtung 180°.

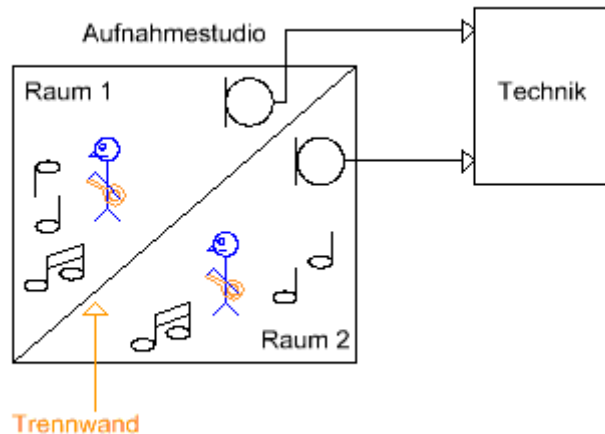


Bild: Beide Musiker spielen am gleichen Stück, denn sie sind über Kopfhörer mit dem Playback - oder der Clickspur verbunden. Jedoch haben ihre Präsentationen keine Gemeinsamkeiten mehr. Selbst wenn beide Künstler die gleichen Noten hätten und eine professionelle Darbietung abliefern, haben die Signale keine Gemeinsamkeiten mehr, wenn man die Phasenlagen betrachtet.

Ein Experiment

Wer Interesse an einem Experiment hat, kann es nach folgendem Aufbau durchführen und den Verlauf einer Sinuswelle verfolgen.

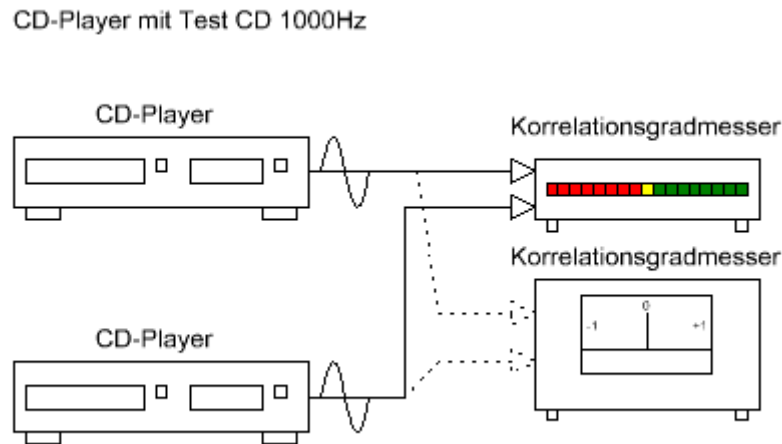


Bild: Je ein Ausgangssignal wird auf den Korrelationsgradmesser geschaltet. Nachdem die beiden CD-Player als Signalquellen für einen 1000Hz Sinuston gestartet werden, wandern die Anzeigen hin und her. Je nach Phasenlage der beiden nicht synchronisierten Sinuswellen ergeben sich alle Werte der Anzeigen. Selbstverständlich können auch zwei Funktionsgeneratoren eingesetzt werden - wenn diese auch zur Verfügung stehen. Wichtig ist dabei, dass die Oszillatoren keine Verbindung haben und frei schwingend arbeiten.

Ein Experiment

Sobald die Anzeige im grünen Bereich verweilt, haben die beiden Sinuskurven zum Messpunkt „x“ den gleichen Nulldurchgang. Langsam wandern die beiden Kurven auseinander und es ergibt sich der Versatz.

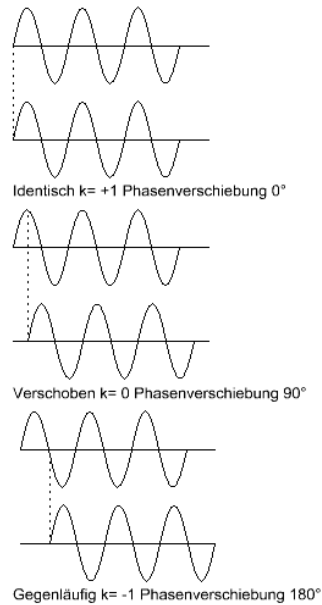


Bild: Die unterschiedlichen Phasenbezüge ergeben den Korrelationsgrad. Da in der Praxis allerdings komplexe Größen gemessen werden, gibt es hier selten definierte Sinuskurven. In diesen Fällen ist die Menge der zu analysierenden Durchgänge so groß, dass nur ein zeitlich definierter Mittelwert eine stehende Anzeige ermöglicht.

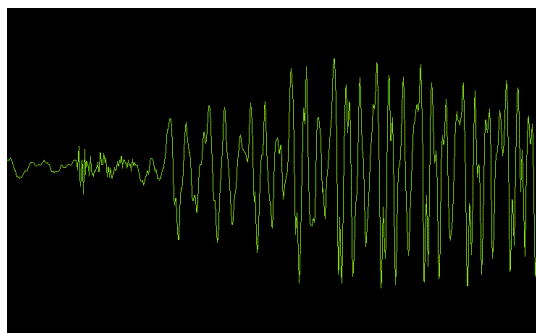


Bild: Die praktische Darstellung zeigt schnell, das es keine richtigen Sinuskurven - sondern komplexe Signalgemische sind, die bei einem Vergleich zu analysieren gilt.

Internetradio und der Korrelationsgradmesser

Bei einem Internetradiosender benötigen sie keinen Korrelationsgradmesser...sei denn, Sie produzieren eigenständige Hörspiel um Comedy und möchten diese auf einem Monostream senden.

Spätestens dann machen sich Phasenverschiebungen zwischen den beiden Kanälen bemerkbar und führen zu ungewollten Auslöschungen. Diese Effekte passieren dann, wenn die beiden Stereokanäle zur Sendung gemischt werden müssen. Die einfache Methode ist die hardwaremäßige Summenbildung am Mischpult mit einem verfügbaren Monoschalter, was allerdings nicht sehr sinnvoll ist.

Besser ist es, die Sendungen in kompletter Qualität auf den Rechner zu archivieren und dann per Software als Monostream zu senden. Aber auch hier führen Phasenverschiebungen zu gewollten Auslöschung - und dies gilt es zu vermeiden.

Die Folge sind fehlende Sprecher und sich auslöschende Geräuscheinblendungen. Einzelne Passagen können beim Einsatz von Halleffekten vollkommen anders klingen, als bei der Aufnahme eigentlich angedacht.

Schaltplan Vorschau

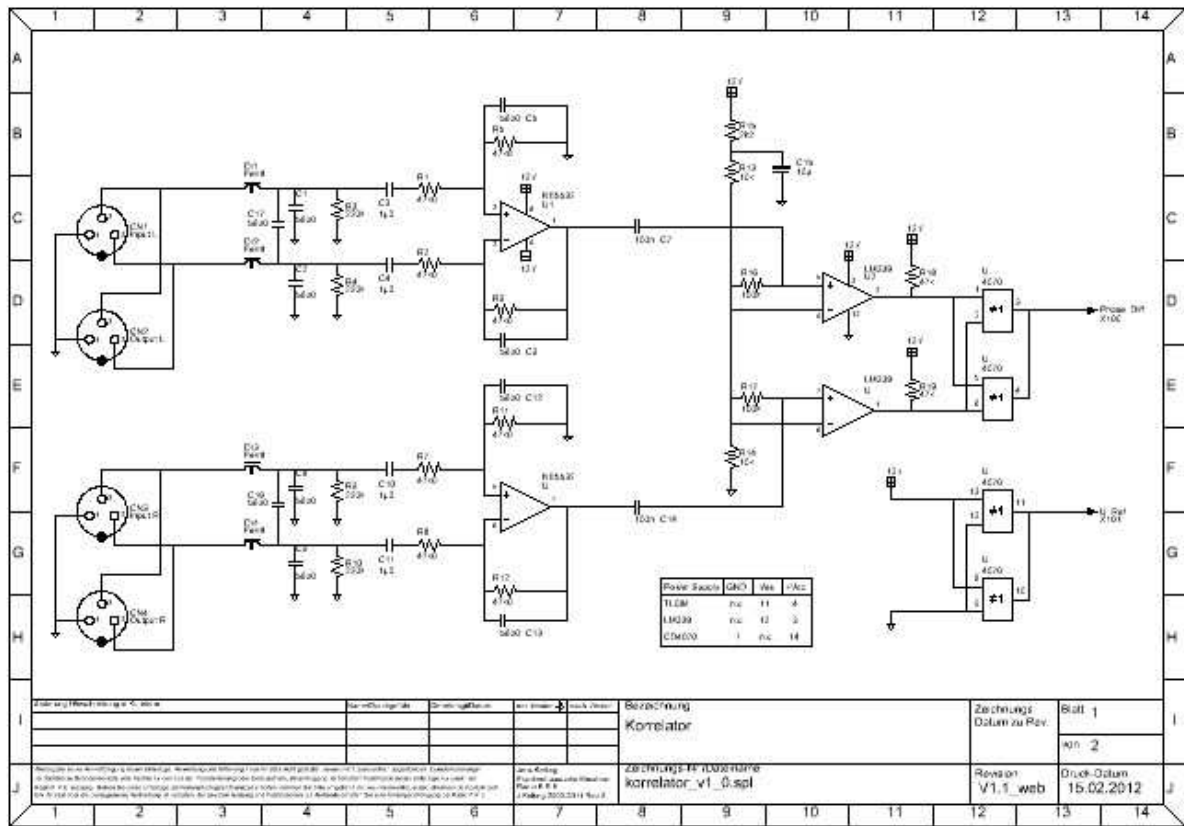


Bild: Darstellung der Eingangsstufen sowie nachfolgenden Auswertung

Schaltplan Vorschau

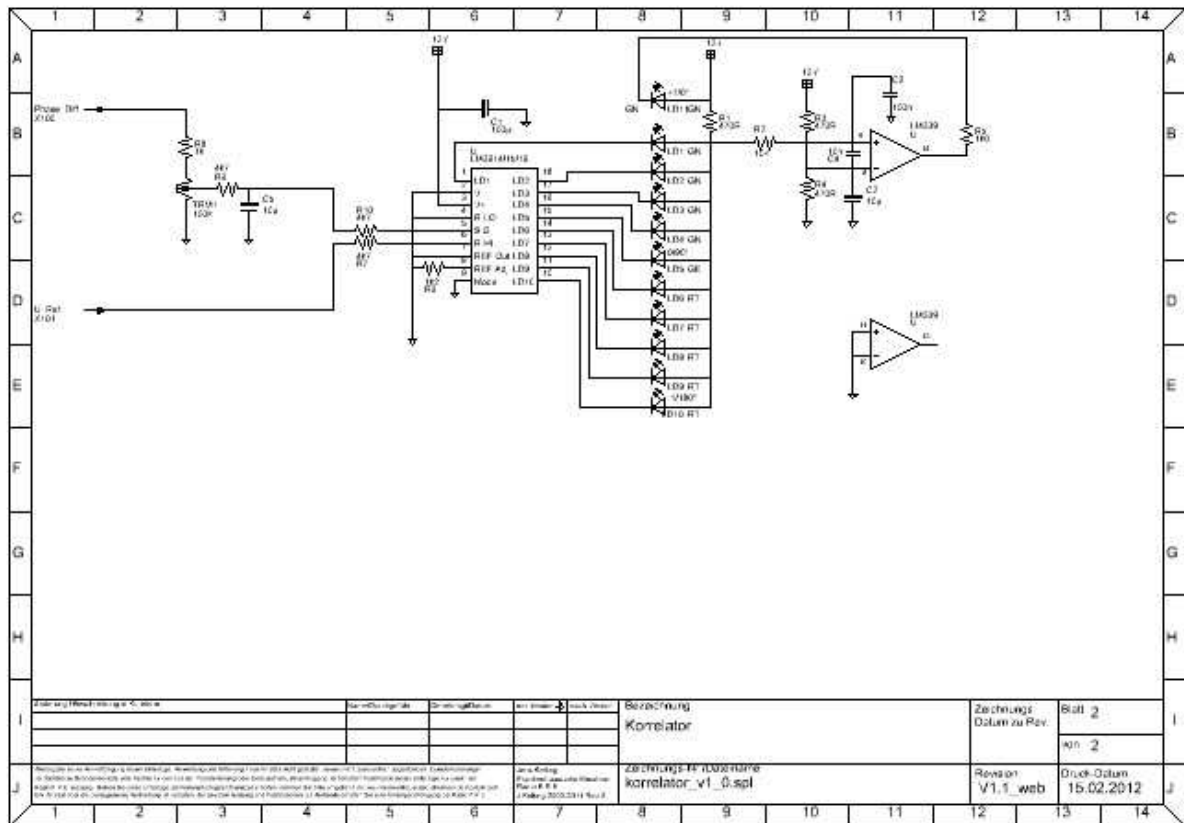


Bild: Darstellung der Auswertung und Anzeigestufe

Wichtiger Hinweis: Dies hier dargestellten Unterlagen beinhalten KEINE Gewährleistung auf korrekte Abbildung!

Da es immer wieder Anwender und Interessenten gibt, die versuchen unsere kostenlosen Unterlagen kommerziell zu nutzen, fordern Sie bitte die lesbaren Originalunterlagen kostenlos per e-Mail bei uns an.

Sehr gern übersenden wir Ihnen dann Unterlagen in entsprechender Auflösung.

V1.1 vom 07.06.2005

V1.2 vom 15.02.2012

V2.0 vom 23.02.2012

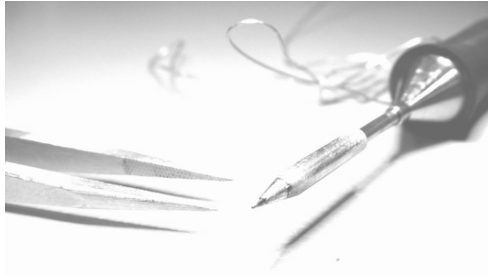
Der Autor...

Jens Kelting ist seit über 15 Jahren ehrenamtlich für das Krankenhausradio Elmshorn tätig. Aus Moderation und technischer Betreuung der Studioeinrichtungen hat sich ein vielfältiges Interessengebiet entwickelt. Schon in den Anfängen der analogen Studioteknik arbeitet er zusammen mit den Radiokollegen an der ständigen Verbesserung der Studioeinrichtungen. Eigene Entwicklungen ersparten dem Krankenhausradio-Elmshorn die Anschaffung teurer Geräte.

Das erste analoge Telefonhybrid als Eigenbau setzte den Grundstein zur Idee, fortan über die Webseite vom Krankenhausradio-Elmshorn eigene Entwicklungen anzubieten. Der Einsatz von Entwürfen und ausgeklügelten Schaltungslösungen ermöglichte den Technikern Gleichgesinnter Einrichtungen den Lizenzfreien Nachbau effektiver und Nützlicher Komponenten im Studioalltag.



Selbstbau und LötKolben sind seine Antwort auf den virtuellen Wahnsinn am Computer...



Als „DVS® Solder Spezialist in Electronic Production“ kennt er Anforderungen an Gerät und Verarbeitung.

Aus der fixen Idee „einfach“

Tipps auf die Webseite zustellen, wurde ein umfangreiches Instrumentarium verschiedener Schaltungsvorschläge und Bauanleitungen für jedermann, die „Praktisch“ auch umsetzbar sind.

Alle kochen mit Wasser ist die Quintessenz der Versuche und Studien, bei denen Jens Kelting hochgelobten Studiogeräten gnadenlos unter den Deckel schaute – und sich Auge um Auge vielen bekannten Bauteilen gegenüber sah. So zerplatze die letzte große Blase elektronischer Ehrfurcht vor weltbekannten Gerätégöttern, die „Exciter & Co“ mit dem Hauch akustischem Okkultismus überzogen... Das ist die Welt analoger Prozessoren, die sich nicht mit dem PC kopieren lassen.

In der Erkenntnis, das den meisten Elektronikern und Bastlern die Labortüren der Hersteller sprichwörtlich vor der Nase „zugeschlagen werden“, setzt Jens Kelting gezielt auf den Frontalangriff. Er bringt jene „Geheimnisse“ durch Recherche zu Tage, die einige Hersteller gern behütet wissen. Den

NICHT Kommerziellen Aspekt im Auge – sind auch alle Schaltungsvorschläge für private und ehrenamtliche Einrichtungen generell immer kostenlos und stammen immer aus der eigenen Feder – oder Konstrukteuren und Entwicklern, die keine Lizenzgebühren verlangen.



So werden wir auch in Zukunft

Informationen auf der Webseite www.krankenhausradio-elmshorn zum Thema Studioteknik veröffentlichen. Ideen, Vorschläge und Anregungen gern unter den bekannten Kontakten oder Webseite. Viel Erfolg bei den Bauvorschlägen und Ideen!