

# Laser-Scanning-Interface LSI 7000 Teil 2

## Laserstrahl-Ablenkung in Perfektion

Im zweiten Teil dieses Artikels stellen wir Ihnen die komplexe Schaltung dieses anspruchsvollen Laserstrahl-Steuergerätes vor, mit dessen Hilfe in Verbindung mit einem Laser und der Präzisions-Ablenkeinheit LA 90 eine Vielzahl interessanter Graphikmuster erzeugt werden können.

### Zur Schaltung

Bevor wir mit der detaillierten Schaltungsbeschreibung des Laser-Scanning-Interface LSI 7000 beginnen, wollen wir die grundsätzliche Struktur der logisch zugeordneten Bauteilbezeichnungen (Bauteilnummern) erläutern. Abbildung 2 zeigt das Hauptschaltbild des LSI 7000 für beide Kanäle. Alle Bauteilnummern

sind hier maximal 2stellig, d. h. kleiner 100. Für die Bezeichnungen der weiteren Teilschaltbilder wurden alle Bauelemente, die im linken Übertragungskanal arbeiten, im Bereich ab 101 numeriert, entsprechend gilt für Bauelemente, die im rechten Übertragungskanal arbeiten, die Numerierung ab 201. Darüber hinaus sind Bauelemente, die nicht einem Kanal allein zugeordnet werden können (z. B. der Pegelregler für den Mono-Mikrofonkanal), mit

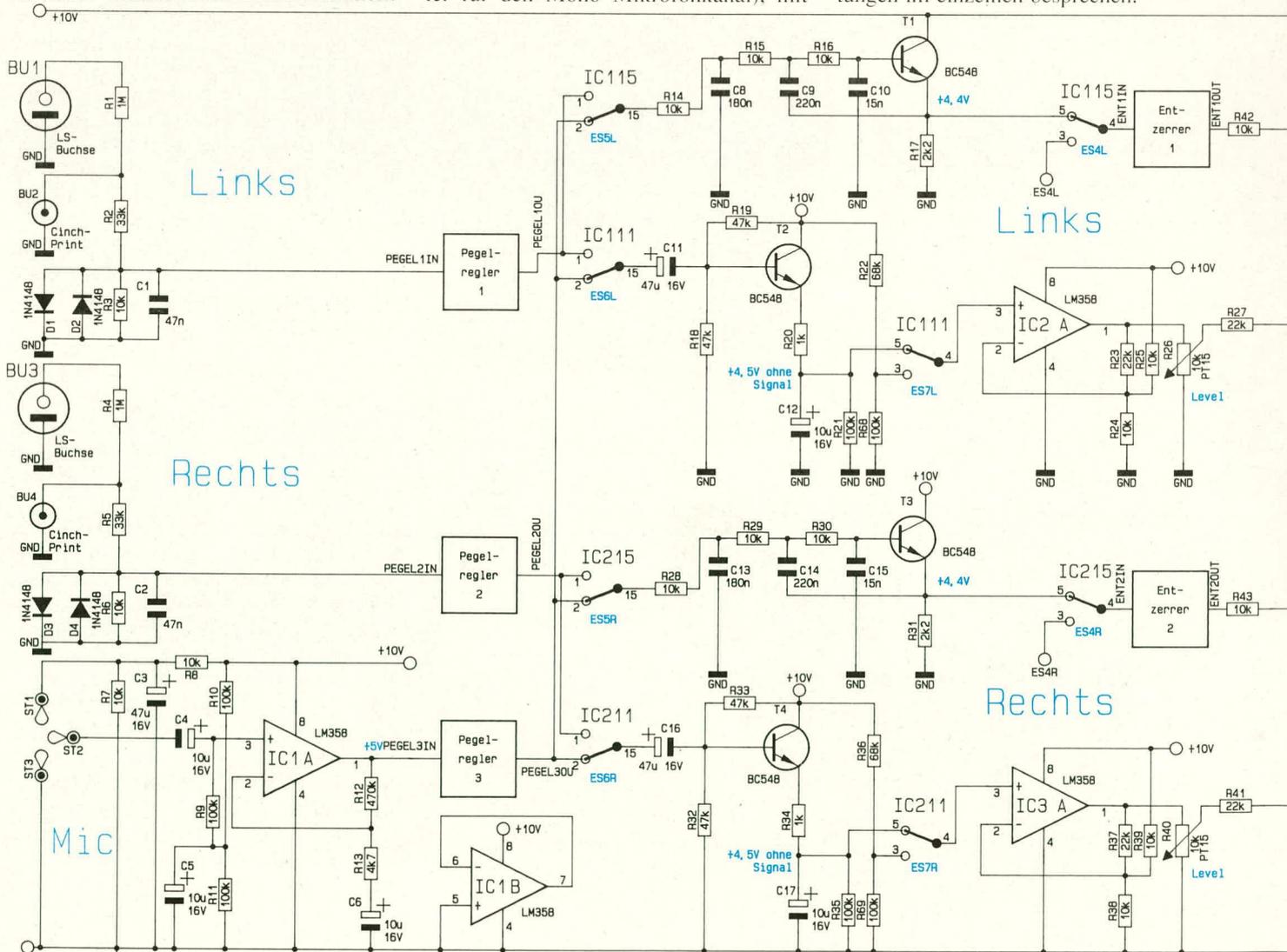
Zahlen ab 301 versehen.

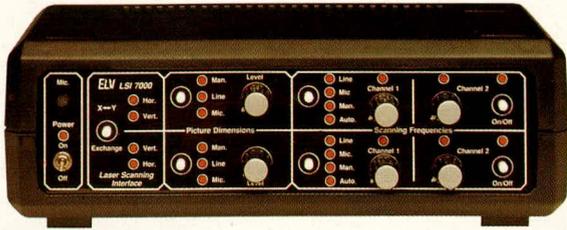
Gemäß den vorstehenden Ausführungen stellt Abbildung 3 den Generatorteil für den linken Kanal dar. Will man die Bauteilnummern für den identisch aufgebauten rechten Kanal erhalten, so ist lediglich die Zahl 100 hinzuaddieren, d. h. R 137 des linken Kanals entspricht R 237 des rechten Kanals usw.

Abbildung 4 zeigt den Pegelregler 1 (für den linken Kanal), während der Pegelregler für den rechten Kanal mit Bauteilbezeichnungen im 200er-Bereich und für den Mikrofonkanal mit Bauteilbezeichnungen im 300er-Bereich versehen ist.

Das Entzerrerschaltbild für den linken Kanal ist in Abbildung 5 dargestellt, wobei auch hier 100 hinzuaddieren ist, will man zu den Bauteilnummern für den rechten Kanal kommen. Abbildung 6 schließlich zeigt die Teilschaltbilder für die Tastensteuerung und die Spannungsstabilisierung, wobei hier Teile gemeinsam für beide Kanäle und andere Teile getrennt arbeiten, so daß sich eine Gesamtdarstellung anbietet - allerdings unter Beibehaltung der zuvor festgelegten Numerierungsweise.

Nachfolgend wollen wir nun die Schaltungen im einzelnen besprechen.





**Frontansicht des Fertiggerätes des Laser-Scanning-Interface LSI 7000**

### Das Hauptschaltbild

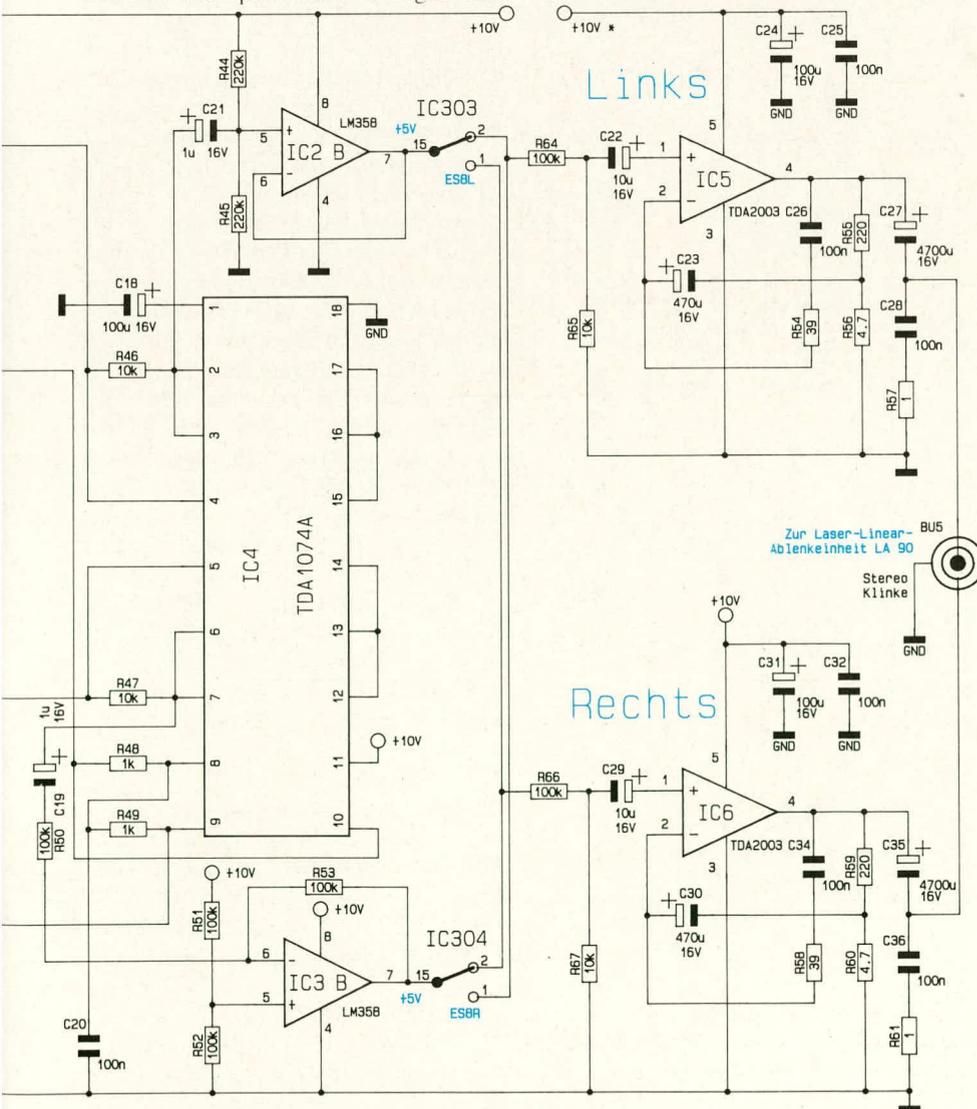
Abbildung 2 zeigt das Hauptschaltbild des LSI 7000. Ganz links befinden sich die Lautsprecherbuchse BU 1 und die Cinch-Buchse BU 2 für den linken Kanal sowie analog dazu für den rechten Kanal die Lautsprecherbuchse BU 3 und die Cinch-Buchse BU 4. Darunter sehen wir den Mikrofonanschluß (ST 1, ST 2, ST 3) mit dem sich daran anschließenden Mikrofon-Vorverstärker IC 1 A mit Zusatzbeschaltung.

Für jeden dieser 3 Kanäle ist ein separater Pegelregler zur automatischen Lautstärkeanpassung und Aussteuerung vorgesehen. Hierauf gehen wir im weiteren Verlauf der Beschreibung noch separat ein. Am Ausgang dieser Pegelregler steht ein normiertes, für die weitere Verarbeitung im LSI 7000 optimiertes NF-Signal an.

Es folgen die elektronischen Schalter ES5L,R und ES6L,R. Über ES5L,R gelangt in der eingezeichneten Schalterstellung das Mikrofonsignal auf je einen Tiefpaßfilter, aufgebaut mit T 1 bzw. T 3, der die Übertragungsfrequenzen auf einen für die eigentlichen Ablenkeinheiten günstigen Bereich begrenzt.

In der entgegengesetzten Schalterstellung

**Bild 2: Hauptschaltbild des Laser-Scanning-Interface LSI 7000. Es sind alle Komponenten gezeigt, die im linken und rechten Stereokanal sowie im Mikrofonkanal arbeiten.**



von ES5L,R werden anstelle der Mikrofonssignale nun die Stereo-Informationen von Lautsprecher- oder Cinch-Buchsen den Tiefpässen zugeführt.

Über den Schalter ES6L,R gelangt in der eingezeichneten Schalterstellung das Mikrofonsignal auf den Schaltungsteil der Hüllkurvengewinnung, aufgebaut mit T 2 (bzw. T 4) und Zusatzbeschaltung. In der entgegengesetzten Schalterstellung wird auch hier auf die Stereo-Informationen der Lautsprecher- oder Cinch-Buchsen zugegriffen.

Das an der Basis von T 2 anstehende NF-Signal wird gleichgerichtet, wobei die Aufladezeitkonstante  $R 20/C 12$  sowie die Entladezeit  $C 12/R 21$  so gewählt wurden, daß die über C 12 abfallende Spannung der Hüllkurve des NF-Signals folgen kann.

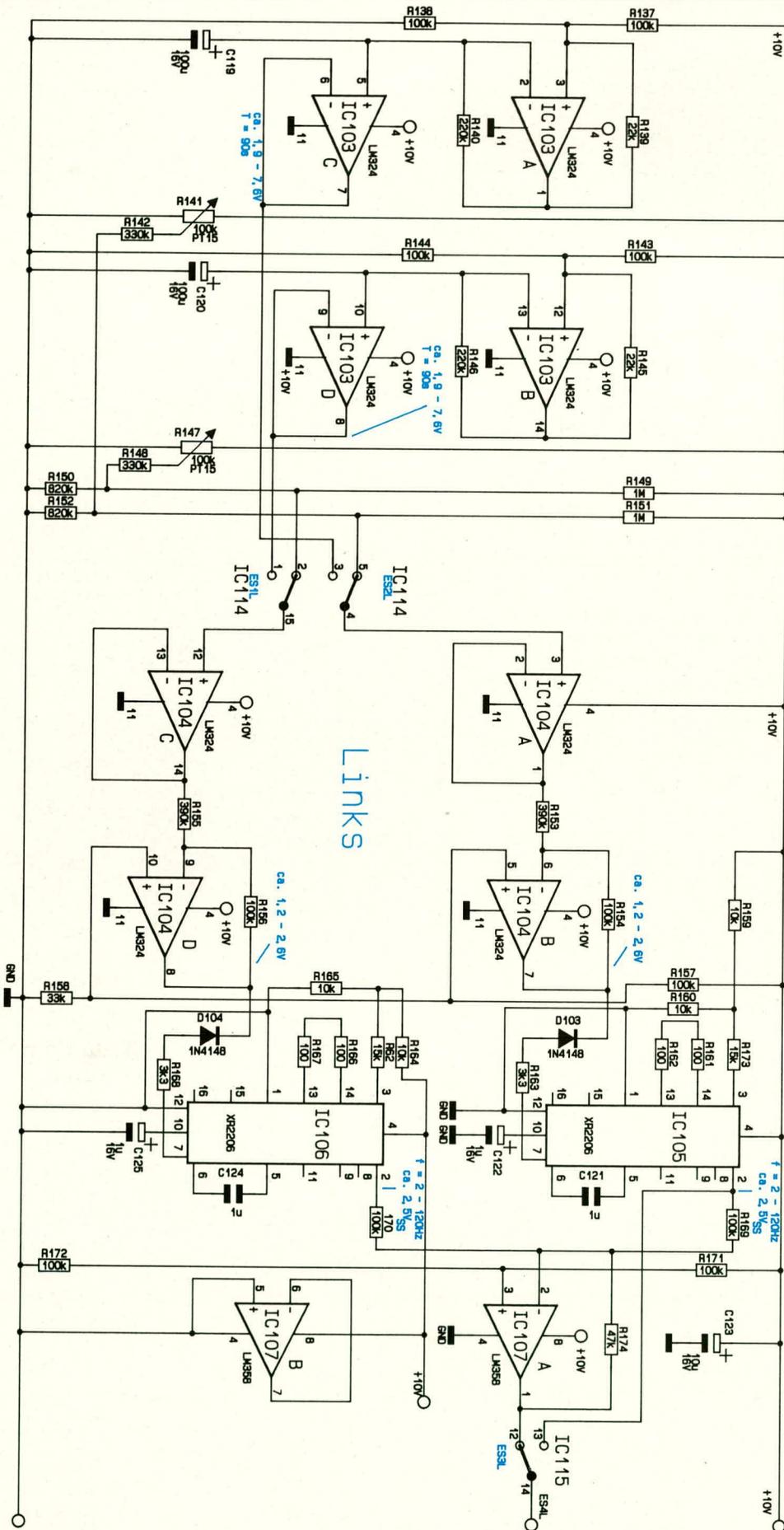
In der eingezeichneten Stellung des elektronischen Schalters ES7L,R gelangt das so erzeugte Hüllkurvensignal auf die mit dem IC 2 A aufgebaute Verstärkerstufe, die gleichzeitig in Verbindung mit R 25 eine Gleichspannungsverschiebung vornimmt, so daß am Ausgang (Pin 1 des IC 2 A) ein günstiger Spannungsbereich von ca. 2 bis +8,5 V zur Ansteuerung des nachfolgenden, als Multiplizierer geschalteten IC 4 vorliegt. Mit dem Poti R 26 kann die Verstärkung, d.h. in unserem Fall der Einfluß der Hüllkurven, eingestellt werden.

In der entgegengesetzten Schalterstellung von ES7L,R wird ein fester Spannungsspiegel auf den Eingang der Verstärkerstufe IC 2 A gegeben, und mit dem Poti R 26 ist nun ein fester Multiplikationsfaktor des nachfolgenden IC 4 einstellbar.

In gleicher Weise, wie sich die Funktion der Bauelemente für den linken Kanal darstellt, arbeitet der rechte Kanal, so daß wir darauf nicht gesondert eingehen.

IC 4 des Typs TDA 1074 A stellt den Vorverstärker/Multiplizierer dar. Die dem IC 4 über R 27 an Pin 10 zugeführte Steuerspannung beeinflusst die Verstärkung des zweiten, über R 42 an Pin 4 angelegten NF-Signals, das in entsprechend beeinflusster Form am Ausgang Pin 2 über C 21 ausgekoppelt und dem Pufferverstärker IC 2 B zugeführt wird. Auf diese Weise erfolgt eine Verknüpfung des über T 1 tiefpaßgefilterten NF-Signals mit einem aus der Hüllkurve gewonnenen Signal, wobei über den Schalter ES7L,R auch eine konstante Einstellung mit R 26 erzielt werden kann.

Da das IC 4 auch den zweiten Stereokanal unabhängig vom ersten Kanal bearbeiten kann, wird dessen Steuerspannung über R 41 dem Pin 9 des IC 4 zugeführt und das in der Verstärkung zu beeinflussende NF-Signal an Pin 5 eingespeist. Die Auskoppung des aufbereiteten NF-Signals erfolgt an Pin 7 über C 19, R 50 auf den als invertierender Verstärker geschalteten Baustein IC 3 B. Dieses IC nimmt eine



**Bild 3:** Generatorschaltbild des LSI 7000. Gezeigt sind nur die Bauelemente für den linken Stereokanal. Der rechte Kanal ist identisch aufgebaut. Die entsprechenden Bezeichnungen sind um 100 höher und liegen somit im 200er-Bereich.

Phasendrehung um 180 Grad bei gleichzeitiger Pufferung vor.

Mit Hilfe der elektronischen Schalter ES8L,R kann eine Vertauschung der Signale von linkem und rechtem Kanal vorgenommen werden, bevor sie über C 22 bzw. C 29 auf die beiden mit IC 5, 6 aufgebauten Leistungsendstufen gegeben werden. Die verstärkten und gepufferten Signale gelangen von den Ausgängen (Pin 4) über C 27 bzw. C 35 auf die Stereo-Ausgangs-Klinkenbuchse BU 5 und von dort auf die Präzisions-Ablenkeinheiten für den linken und rechten Kanal. Die Endstufen sind hierbei so ausgelegt, daß ihre Leistung auf ca. 1 W beim Anschluß der vorgesehenen Ablenkeinheiten begrenzt ist, wodurch diese zuverlässig vor Beschädigungen geschützt werden.

Die bis hierher beschriebene Schaltung des LSI 7000 verarbeitet die verschiedenen NF-Signale in sehr variabler Weise, woraus sich vielfältige Ansteuermöglichkeiten der Ablenkeinheiten ergeben. Daneben besteht außerdem noch die Möglichkeit, durch Umschalten des elektronischen Schalters ES4L,R die zur Ablenkung vorgesehenen NF-Frequenzen durch intern im LSI 7000 erzeugte Ansteuerkurven zu ersetzen. Hierzu dienen die in Abbildung 3 gezeigten Generatoren, die wir nachfolgend näher beschreiben wollen.

Wichtig ist zunächst die Tatsache, daß die Ablenkeinheiten zur Erzielung einer optisch gleichmäßigen Kurvenform der Laserfiguren mit möglichst sinusförmigen Ablenkspannungen beaufschlagt werden sollten. Hierzu stehen im LSI 7000 vier elektronische Präzisions-Sinusgeneratoren zur Verfügung (2 für jeden Kanal), die in ihrer Frequenz in weiten Bereichen elektronisch einstellbar sind. Bei der folgenden Beschreibung konzentrieren wir uns auch hier auf die Erläuterung des Teilschaltbildes für den linken Kanal, da der rechte Kanal identisch aufgebaut ist (Bauteile sind mit 200er-Nummern bezeichnet).

Für die Sinussignal-Erzeugung stehen dem linken Kanal 2 identisch aufgebaute Generatoren mit ebenfalls weitgehend gleicher Frequenzansteuerung zur Verfügung. Wir beschreiben daher nur den ersten der beiden Generatoren, gebildet von IC 105 des Typs XR 2206 und Zusatzbeschaltung.

IC 105, dessen Sinus-Ausgangsspannung an Pin 2 zur Verfügung steht, wird in seiner Frequenz über Pin 7 gesteuert. Die Generierung der Steuerspannung geschieht wie folgt:

Mit dem IC 103 A ist in Verbindung mit der Zusatzbeschaltung (R 137 bis R 140 sowie C 119) ein Generator aufgebaut. Die dreieckförmige, an C 119 anstehende Spannung wird über IC 103 C gepuffert und auf den elektronischen Schalter ES2L ge-



ungefähr der doppelte Wert der Signal-Spitzenspannung an, gemindert um die Durchflußspannungen von D 101, 102.

Diese negative, an C 104 anstehende Spannung dient zur Ansteuerung des Gate von T 101 über den Vorwiderstand R 105. Letzterer bewirkt in Verbindung mit R 104 und C 103 eine Linearisierung der Übertragungskennlinie von T 101. Die Funktionsweise eines Regelzyklus sieht wie folgt aus:

Wir nehmen an, daß sich die Schaltung des Pegelreglers in einem stabilen Gleichgewicht befindet. Steigt nun die Eingangsspannung und damit die Ausgangsspannung (an Pin 1) etwas an, wird dies vom IC 101 D registriert, d.h. auch die Amplitude an Pin 14 wird größer. Nach Durchlaufen der Gleichrichtung/Umsetzung erhöht sich auch die negative Steuerspannung am Gate von T 101, woraufhin die Drain-Source-Strecke dieses Transistors hochohmiger wird. Gemäß vorstehender Erläuterung reduziert sich dadurch die Ver-

Funktionseinheit dient zur Anpassung der Steuerspannungen an die Übertragungskennlinie der Präzisions-Ablenkeinheiten. Die betreffende Kurve ist im ELV journal 2/90 im Rahmen des Artikels „Laser-Linear-Ablenkeinheit LA 90“ auf der Seite 65 abgebildet. Wie sich daraus erkennen läßt, besitzen die Ablenksysteme bei einer Ansteuerfrequenz von ca. 50 Hz ihre größte Empfindlichkeit, während sie in Richtung höherer Frequenzen stark abnimmt. Ebenfalls ist eine Empfindlichkeitsabnahme bis hin zu ca. 15 Hz zu verzeichnen, während sie bei noch geringeren Ansteuerfrequenzen wieder etwas ansteigt.

Der Entzerrer besitzt nun die Aufgabe, zu der eben beschriebenen Kennlinie durch ein inverses Übertragungsverhalten eine Linearisierung zu bewirken. In der Praxis bedeutet dies eine geringe Verstärkung bei extrem niedrigen Frequenzen, die bis zu 15 Hz leicht ansteigt und im weiteren Verlauf bis zu 50 Hz wieder abnimmt. Bei Frequenzen ab 50 Hz muß anschließend die

stiken noch hinzu, daß die Steilheit des Kurvenverlaufes selbstverständlich den Anforderungen der Ablenkeinheit direkt entsprechen muß. Die Funktionsweise sieht wie folgt aus:

Das Eingangssignal wird dem ersten, als Pufferstufe geschalteten Operationsverstärker über C 107 an Pin 3 zugeführt. Der Gleichspannungsarbeitspunkt dieser Stufe wird über R 114 bis 116 vorgegeben.

Am Ausgang (Pin 1 des IC 102) wird das Signal abgenommen und über C 111, R 124 dem invertierenden Verstärker IC 102 B zugeführt. Mit R 127, C 113 wird für Frequenzen ab 200 Hz die Verstärkung reduziert. Der nachfolgende Hochpaß (R 130, R 131, R 133, R 134, R 135, C 116, C 117, C 118, T 102) bewirkt den gewünschten Verstärkungsanstieg ab ca. 50 Hz. Nach Durchlaufen dieses Filters wird das soweit aufbereitete NF-Signal über R 132 auf den Summationspunkt (Pin 13) des invertierenden Verstärkers IC 102 D geführt. Auf diesen Punkt wird zusätzlich das Signal vom Ausgang (Pin 7) des IC 102 B unter Zwischenschaltung des Tiefpaß-Filters R 128, C 114 gegeben, wobei zur angepaßten Gewichtung der Vorwiderstand R 129 in Reihe geschaltet ist. Der erwähnte Tiefpaß sorgt für eine Optimierung der Übertragungskennlinie bei Frequenzen unterhalb von 15 Hz.

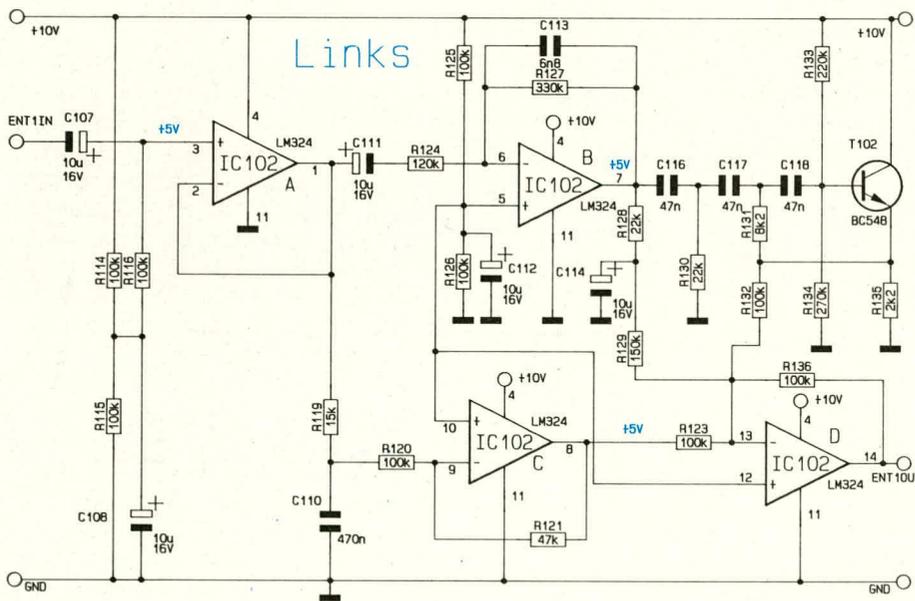
Für den Ausgleich des Empfindlichkeitsabfalls im Bereich unter 15 Hz sorgt darüber hinaus die mit IC 102 aufgebaute Verstärkerstufe in Verbindung mit dem Tiefpaß R 119, C 110. Das Ergebnis dieses Schaltungsteiles wird mit der angemessenen Gewichtung über R 123 dem Summationspunkt (Pin 13) des IC 102 zugeführt.

Am Ausgang (Pin 14) steht dann als Ergebnis dieser Entzerrerschaltung die linearisierte Übertragungskennlinie für die Laser-Linear-Ablenkeinheit LA 90 zur Verfügung.

Wenden wir uns zum Abschluß der Schaltungsbeschreibung den in Abbildung 6 dargestellten Teilschaltungen zu. Links in der oberen Bildhälfte ist die Spannungsversorgung zu sehen. Die beiden Festspannungsregler IC 305 und IC 306 nehmen eine Stabilisierung auf +10 V vor. Es wurden 2 getrennte Regler eingesetzt, von denen der eine für die Speisung der Endstufen und der zweite für die Versorgung der gesamten übrigen Elektronik dient.

Die Speisung erfolgt durch ein unstabiles 12 V/1000 mA-Gleichspannungs-Steckernetzteil.

Ganz oben links im Bild sehen wird die Umschaltung für die Vertauschung von Horizontal- und Vertikal-Ansteuersignalen, d.h. die Lasergraphik wird hierbei um 90 Grad gedreht. Bei jeder Betätigung der Taste TA 301 wechselt der Inverter IC 302 A in Verbindung mit der externen Beschal-



**Bild 5:**  
Schaltung des Entzerrers zur Linearisierung der Übertragungskennlinie der Präzisions-Ablenkeinheiten (für den rechten Kanal ist zu den Bauteilbezeichnungen 100 hinzuzuaddieren).

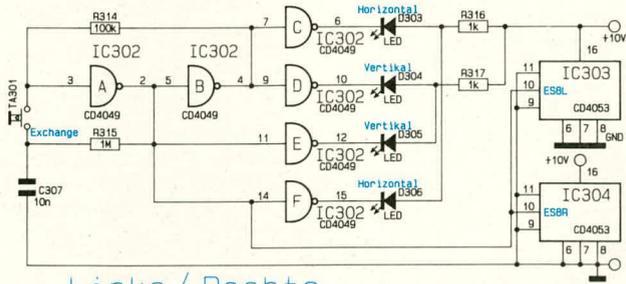
stärkung der mit IC 101 A aufgebauten Stufe, d.h. die Ausgangsspannung des Pegelreglers sinkt wieder, und zwar ziemlich genau auf den ursprünglichen Wert, obwohl die Eingangsspannung jetzt höher ist.

Aus dem vorstehend beschriebenen Regelkreisablauf sind die Stabilisierungseigenschaften des Pegelreglers gut ersichtlich, wobei zu bemerken ist, daß der praktisch erzielbare Dynamikbereich mit guten Nachregel-eigenschaften bei ca. 30 dB liegt, jedoch auch bei Verstärkungsfaktoren größer 40 dB noch eine nennenswerte Stabilisierung erreicht wird.

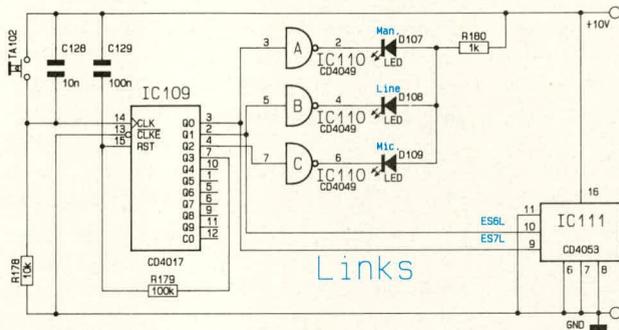
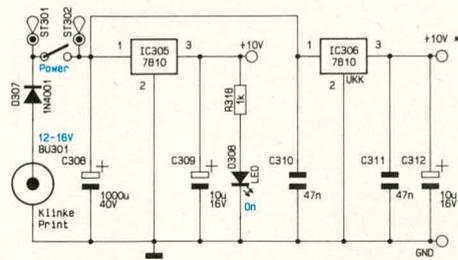
Wenden wir uns als nächstes dem in Abbildung 5 dargestellten Entzerrer zu. Diese im Hauptschaltbild 2-fach eingezeichnete

Übertragungscharakteristik des Entzerrers wieder kontinuierlich ansteigen, da die Empfindlichkeit der Ablenkeinheiten analog dazu in gleichem Maße abnimmt.

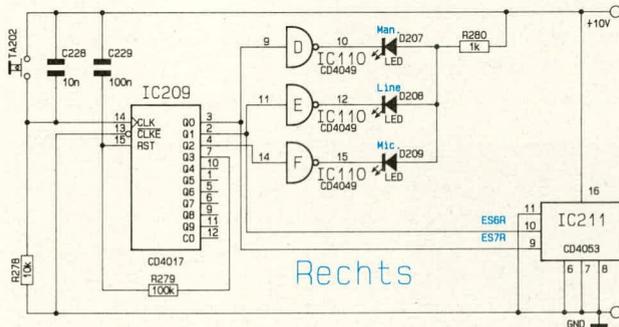
Eine Schaltung, welche diese recht komplizierten Anforderungen mit vertretbarem Aufwand gut erfüllt, ist in Abbildung 5 gezeigt. Erschwerend kommt im Hinblick auf die Übertragungscharakteri-



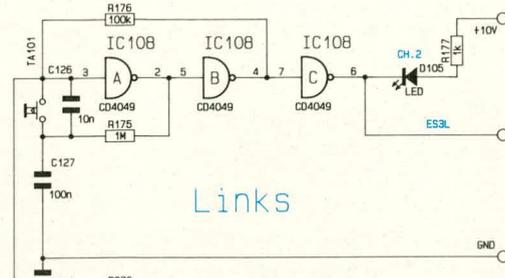
Links/Rechts



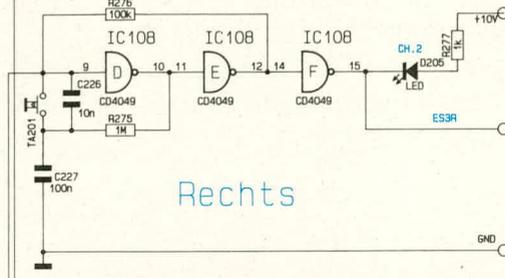
Links



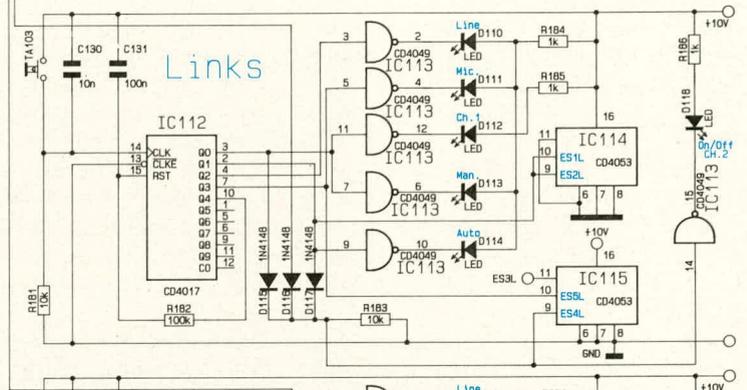
Rechts



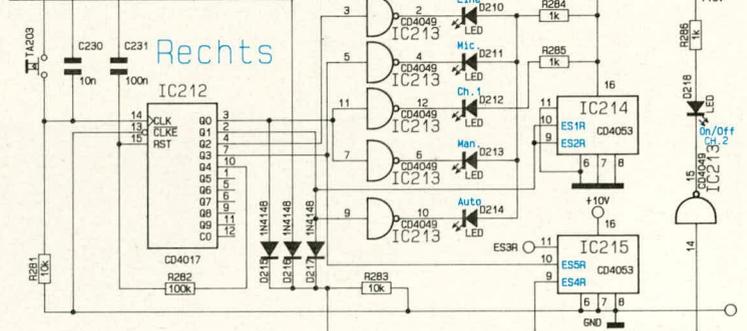
Links



Rechts



Links



Rechts

Bild 6: Schaltbilder der Spannungsversorgung und Tastensteuerung für die elektronischen Umschalter. Es sind sowohl die für den rechten als auch die für den linken Stereokanal zuständigen Bauteile eingezeichnet.

tung seinen Zustand. Über den Ausgang Pin 2 erfolgt die Ansteuerung der zugehörigen elektronischen Schalter ES8L,R, während die Inverter IC 302 C, D, E, F, die LED-Ansteuerung zur Signalisierung der betreffenden Betriebsart vornehmen. Anzumerken ist noch, daß dieser Schaltungsteil insgesamt nur einmal vorhanden ist, da er, wie bereits erwähnt, die Signalvertauschung beider Kanäle vornimmt.

In der unteren Bildhälfte sehen wird links die Dreifachumschaltung in Verbindung mit TA 102 (linker Kanal) sowie TA 202 (rechter Kanal). Durch jede Tastenbetätigung wird der Zähler IC 109 um eine Position weitergeschaltet. Hierdurch können 3 Schaltpositionen elektronisch durchgetastet werden. Die Anzeige erfolgt über die 3 LEDs D 107, D 108, D 109 und die Umschaltung

selbst in Verbindung mit IC 111. Darunter ist der identisch aufgebaute Schaltungsteil für den rechten Kanal abgebildet.

In der rechten Bildhälfte ist oben die Ein/Aus-Schaltung des jeweils zweiten Oszillators eines jeden Kanals zu sehen mit TA 101 für den linken Stereokanal und TA 201 für den rechten Stereokanal. Insgesamt ist für diese Umschaltung nur ein IC des Typs CD 4049 erforderlich, das insgesamt 6 Inverter enthält, von denen pro Umschalter 3 benötigt werden.

Die beiden eben erwähnten Taster können die betreffenden Oszillatoren jedoch nur dann aktivieren, wenn über D 116 oder D 216 eine Freigabe erfolgt, d.h. nur in Stellung **Man** bzw. **Auto**.

Die Umschaltung zwischen **Line**, **Mic**, **Man** sowie **Auto** erfolgt für den linken

Kanal über TA 103 in Verbindung mit dem Zähler IC 112 des Typs CD 4017. Dieser Baustein ist in der Art eines 4-stufigen Schieberegisters geschaltet, d.h. der High-Pegel wird beginnend mit dem Ausgang Q 0 (Pin 3) bei jeder Tastenbetätigung um eine Stufe weitergeschaltet und beginnt nach der vierten Stufe wieder bei der ersten. Angesteuert werden hierdurch die LEDs D 110 bis D 114 sowie die elektronischen Schalter ES1L, ES2L, ES4L sowie ES5L. Der Schaltungsteil für den rechten Stereokanal ist in der unteren Bildhälfte gezeigt.

Nachdem wir uns ausführlich mit der Schaltungstechnik des LSI 7000 befaßt haben, folgt in der kommenden Ausgabe des ELV journal die Vorstellung und Beschreibung von Nachbau und Inbetriebnahme.