

Eine Lichtmusikanlage für den Heimgebrauch

P. SALOMON

(rescript funkamateur 1974, H11, S537-539)

Die von der Industrie für kommerzielle Zwecke hergestellten Geräte [1] eignen sich kaum für den Nachbau. Bei diesen meist universell einsetzbaren Anlagen wird oft ein sehr hoher Aufwand getrieben, der sich dann auch im Preis (bis zu mehreren Tausend Mark) niederschlägt. Außerdem ist ein Anschlußwert von einigen kW für den Heimgebrauch indiskutabel. Es mußte deshalb eine technische Lösung gefunden werden, die mit geringem Aufwand und leicht erhältlichen Bauelementen prinzipiell den gleichen Zweck erfüllt.

1. Wirkungsweise der Lichtmusikanlage

Eine Lichtmusikanlage hat die Aufgabe, den klanglichen Inhalt des NF-Signals möglichst gut optisch wiederzugeben. Wie Bild 1 zeigt, wird dazu das elektrische Abbild des NF-Signals in drei oder mehr Frequenzbereiche aufgeteilt.

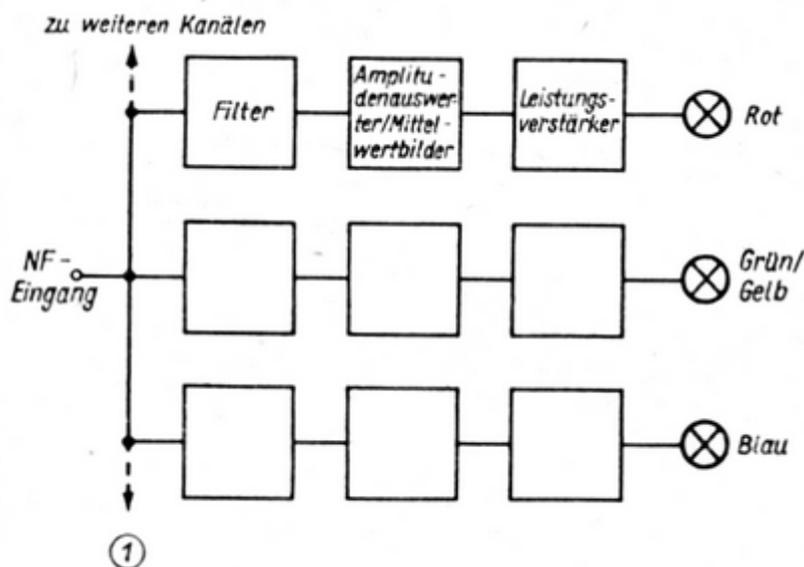


Bild 1: Prinzipieller Aufbau einer Lichtmusikanlage

Durch Auswertung der Amplitudenmittelwerte der einzelnen Kanäle wird dann die Helligkeit jeweils verschiedenfarbiger Lampen gesteuert. Gerade diese Schaltung ist das Problem bei der Lichtmusikanlage. Bei den leistungsstarken kommerziellen Geräten werden zu diesem Zweck meist teure Thyristoren eingesetzt, da hier mit 220-V-Lampen gearbeitet wird. Es sind aber auch Schaltungen bekannt geworden, wo Relais diese Funktion übernehmen [2]. Von einer

kontinuierlichen Steuerung kann man jedoch bei letzterer Variante nicht sprechen. Unangenehm flackerndes Licht ist oft die Folge. Wenn man nun statt Lampen für Netzspannung solche für Niederspannung verwendet, kann man einfach einen Leistungstransistor als regelbaren Widerstand einsetzen. Jedoch ist infolge der hohen auftretenden Verlustleistung die zu regelnde Nutzleistung sehr begrenzt [3].

Einen wesentlich, besseren Wirkungsgrad würde man erreichen, wenn der Leistungstransistor im Schaltbereich arbeitet. Dazu muß der Transistor so schnell ein- und ausgeschaltet werden, daß durch die Wärmeträgheit der Lampen im quasi-stationären Zustand gearbeitet wird. Es sind aber auch die Eigenschaften des menschlichen Auges, die bewirken, daß ein Flackern nicht mehr wahrnehmbar ist. Je nach dem, wie lange die Lampen ein- oder ausgeschaltet sind, ergibt sich ein bestimmter mittlerer Lampenstrom und eine damit verbundene Helligkeit. Das Tastverhältnis muß demnach vom mittleren Amplitudenwert der in den einzelnen Kanälen anliegenden NF-Spannung gesteuert werden. Das ist aber nichts anderes, als eine normale Pulsdauermodulation.

Damit wäre im wesentlichen das elektrische Prinzip festgelegt.

Das Prinzipschaltbild zeigt Bild 2.

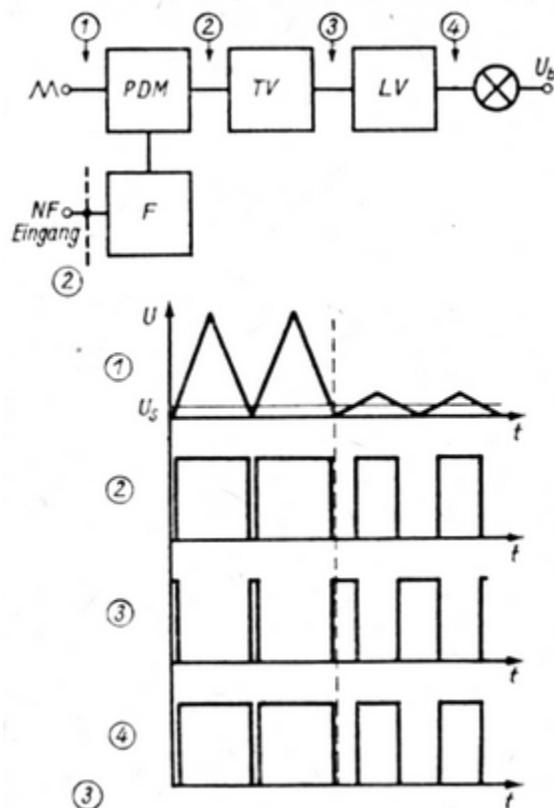


Bild 2: Prinzipschaltung eines Kanals der hier vorgeschlagenen Variante

Bild 3: Impulsdiagramm zu Bild 2

Nachdem das NF-Signal durch die eingangsseitig parallel geschalteten Filter (F) in die einzelnen Frequenzbereiche aufgeteilt ist, gelangt es zu den Pulsdauermodulatoren (PDM). Am anderen Eingang des PDM liegt die für dessen Funktion notwendige Dreiecksspannung. Bild 3 zeigt das Impulsdiagramm mit den Veränderungen nach jeder Stufe nach Bild 2. Es sind zwei verschiedene Aussteuerungszustände dargestellt. Die Ausgangsimpulse des PDM sind jedoch zum Ansteuern des Leistungsverstärkers ungeeignet. Erstens sind sie zu schwach und zweitens liegen sie invertiert vor, das heißt, bei direktem Anschluß des Leistungsverstärkers an den PDM würden die Lampen bereits ohne NF-Ansteuerung voll leuchten. Deshalb wird zwischen PDM und Leistungsverstärker (LV) eine invertierende Treiberstufe (TV) geschaltet. Jetzt bleiben die Lampen, wenn keine NF-Spannung anliegt, bis auf ein geringes Glimmen dunkel. Das Glimmen kommt daher, daß man das Tastverhältnis nicht beliebig groß und damit den Laststrom nicht extrem klein machen kann. Dieses Glimmen hat sich in der Praxis aber als nicht störend herausgestellt.

Als Transistor des Leistungsverstärkers muß ein solcher Typ gewählt werden, der den maximalen Strom der Lampen ohne Schaden verträgt. Die Spannungsfestigkeit ist dabei mit der Betriebsspannung identisch. Die Verlustleistung des Leistungstransistors beträgt infolge des Schaltbetriebs nicht mehr als etwa 10% der zu schaltenden Leistung.

Die maximale Lampenleistung wird nach oben hin weniger durch den Leistungstransistor als durch den Aufwand im Netzteil begrenzt. Sieht man z. B. für jeden- Kanal einen maximalen Laststrom von 1 A vor, so sind das für drei Kanäle (Minimum!) 3 A Spitzenstrom und bei einer Betriebsspannung von 24 V bereits 72 W Netzteil-mäßig abzugebende Leistung. Dafür ist dann schon ein Netztrafo von M 102a nötig.

Nun könnte man einwenden, daß ja höchst selten alle Kanäle mit voller Leistung arbeiten. Dem muß man jedoch entgegenhalten, daß im Interesse einer relativ konstanten Betriebsspannung das Netzteil so niederohmig wie möglich gemacht werden muß. Man könnte natürlich auch ein elektronisch stabilisiertes Netzteil vorsehen, was jedoch mit einem erhöhten Aufwand verbunden ist.

Damit wären die prinzipielle Wirkungsweise der Lichtmusikanlage und deren spezielle Probleme erläutert.

2. Praktische Realisierung der Lichtmusikanlage

Bild 1 zeigt das komplette Schaltbild eines Kanals der oben erläuterten Variante einer Lichtmusikanlage.

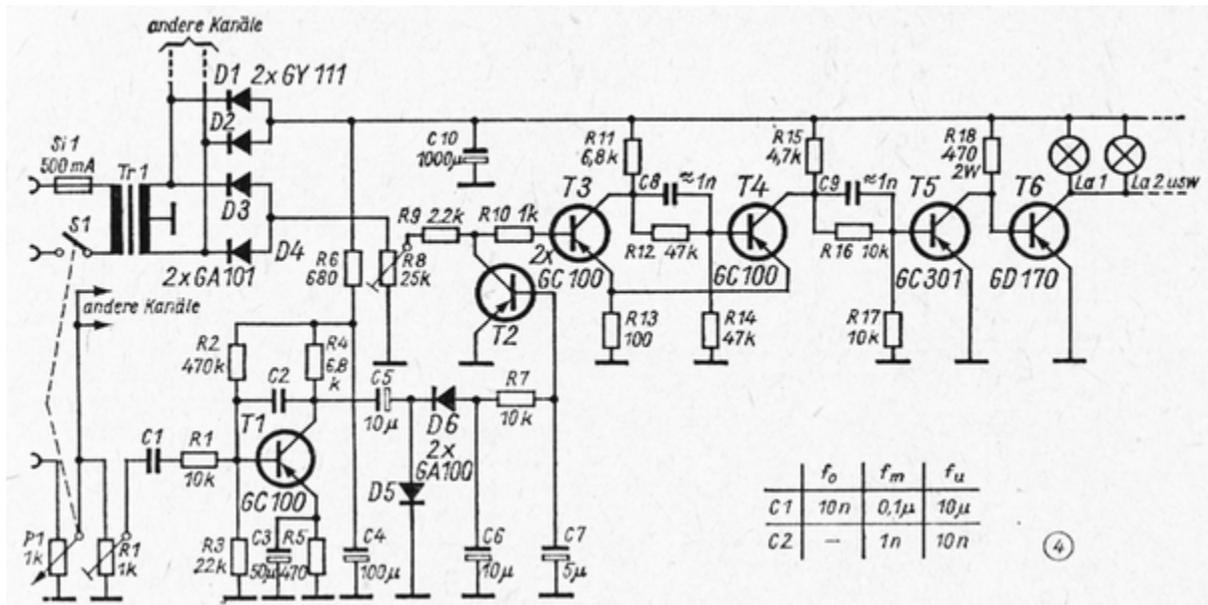


Bild 1: Vollständiger Stromlaufplan eines Kanals

Vom niederohmigen Lautsprecherausgang eines normalen Verstärkers gelangt das NF-Signal an den Eingang der Lichtmusikanlage. Mit dem Pegelregler P1, der gleichzeitig mit dem Netzschalter S1 verbunden ist, wird die Ansprechempfindlichkeit der Lichtmusikanlage der eingestellten Lautstärke des Verstärkers angepaßt. Nach Aufteilung des NF-Signals auf die einzelnen Kanäle kann mit dem Regler R1 die Ansprechempfindlichkeit jedes einzelnen Kanals eingestellt werden. Die nachfolgende Transistorstufe stellt ein einfaches elektronisches Filter dar [4], das entsprechend der Beschaltung mit den Kondensatoren C1 und C2 den Frequenzbereich des jeweiligen Kanals bestimmt. Eine exakte Dimensionierung von C1 und C2 ist nur schwer möglich, da hier sehr stark die exemplarbedingten Streuungen der Transistorparameter eingehen. Empirische Ermittlungen führen hier schneller zum Ziel.

Anhaltswerte sind der Schaltung (Bild 4) zu entnehmen.

Vom Kollektor von T1 wird das NF-Signal über C5 einer Gleichrichterschaltung mit D5/D6 zugeleitet. Durch die Spannungsverdopplerschaltung erhält man am Ladekondensator C6 eine relativ hohe Gleichspannung (etwa 15 V bei voll ausgesteuertem T1). Das nachfolgende Siebglied mit R7/C7 beseitigt die Restwelligkeit der .Steuergleichspannung. Bei der Dimensionierung muß ein Kompromiss zwischen guter Siebwirkung und geringer Einschwingzeit eingegangen werden. Dabei ist zu beachten, daß R7 einen "Spannungs-Strom-Wandler" für den Basisstrom von T2 darstellt. Um eine einigermaßen lineare Steuerung zu erreichen, muß die Basisstromquelle einen hohen Innenwiderstand haben (Stromsteuerung).

Von Tr1 gelangen über die als Zweiweg-Gleichrichter geschalteten Dioden D3/D4 negative Sinushalbwellen mit einer Folgefrequenz von 100 Hz, die hier der Einfachheit halber als angenäherte Dreiecksspannung verwendet werden, an R8. Damit läßt sich die Grundhelligkeit jedes Kanals einstellen. T2, T3 und T4 mit den dazugehörigen Schaltelementen bilden den Pulsdauermodulator. Die Kollektor-/Emitter-Strecke von T2 wirkt im Zusammenhang mit R9 als steuerbarer Spannungsteiler. Am Eingang des aus T3/T4 gebildeten Schmitt-Triggers liegt dann die in ihrer Amplitude veränderliche "Dreiecksspannung". Instabiles Verhalten des Schmitt-Triggers verhindert R10. Die Wirkungsweise des Schmitt-Triggers wird als bekannt vorausgesetzt [5]. Vom Kollektor von T4 gelangen die in ihrer Dauer steuerbaren 100-Hz-Impulse über R16/C9 an die Basis der durch T5 gebildeten Treiber- bzw. Inverterstufe. Da das Kollektorpotential im 0-Zustand wegen der Triggerschwelle noch relativ groß ist und T5 trotzdem sicher sperren soll, wurde R17 vorgesehen. Der Kollektorwiderstand von T5 muß höher belastbar sein, als die anderen Widerstände, da der Kollektor- bzw. Basisstrom (etwa 50 mA), eine Verlustleistung von reichlich 1 W erzeugt. Vom Treiber T5 wird unmittelbar der Leistungsschalter T6 angesteuert. Dieser Transistor befindet sich auf einem Kühlblech, das mittels Distanzstücken direkt über der gleich großen Leiterplatte (100 mm x 50 mm) angeordnet ist.

Obwohl der GD 170 größere Leistungen schalten kann, wurde die Schaltung aus den oben genannten Gründen für maximal drei Lampen 14 V/5 W ausgelegt. Diese Lampen sind in farbiger Ausführung als so genannte „Illuminationslampen“ im Fachhandel erhältlich. Die Gleichrichter der Stromversorgung (D1/D2) müssen wegen des hohen möglichen Spitzenstromes (bis 1,5 A) gut gekühlt werden. Die Verwendung nur eines Ladekondensators als Siebmittel erwies sich als ausreichend. Weitere RC-Siebglieder sind wegen des sich erhöhenden Netzteil-Innenwiderstandes nicht zweckmäßig. Lediglich zur Entkopplung der Filterstufe war ein zusätzliches Siebglied (R6/C4) notwendig. Der Netztrafo Tr1 ist ein umgewickelter N85U (Standardtrafo von Neumann).

3. Hinweise zur Gestaltung und Inbetriebnahme

Zum Schluß noch etwas zur Gestaltung des lichttechnischen Teils und zur Einstellung der Lichtmusikanlage. Bei professionellen Lichtmusikanlagen werden große Scheinwerfer bzw. große Boxen oder andere spezielle Anordnungen als Lichtquellen benutzt.

Dieser Aufwand ist natürlich für den Heimgebrauch schon wegen des Platzbedarfs indiskutabel. Es muß also nach Möglichkeiten gesucht werden, den lichttechnischen Teil der Lichtmusikanlage harmonisch in den Wohnraum zu integrieren. Da moderne Verstärker-

anlagen der Heimelektronik ohnehin große Lautsprecherboxen haben, liegt es nahe, diese für die Lichtmusikanlage mit zu verwenden. Meistens kann man sogar infolge des großen Volumens der Boxen die Steuerelektronik dort unterbringen. Dadurch kann man mehradrige Verbindungskabel vom Steuergerät zur Box einsparen. Die klanglichen Eigenschaften der Box werden durch den zusätzlichen Einbau der Lichtmusikanlage kaum oder nur unwesentlich verändert. Bild 5 zeigt eine mögliche Version der Lampenanordnung für drei Kanäle in einer Lautsprecherbox.

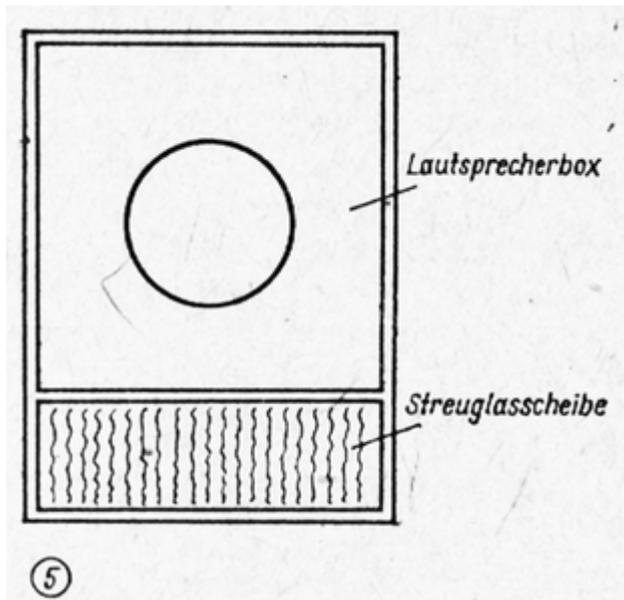


Bild 5: Konstruktionsvorschlag für den Einbau des lichttechnischen Teils in eine Lautsprecherbox

Zweckmäßigerweise ordnet man entsprechend der optischen Wellenlänge die Farbe Rot den tiefen, Gelb oder Grün den mittleren und Blau den hohen Frequenzen zu. Die einzelnen Lampen können dann gruppenweise zusammengefaßt werden, oder auch - je nach persönlichem Empfinden - verteilt angeordnet werden. Es ergeben sich dann sehr interessante Mischfarben. Zur Erhöhung der Leuchtwirkung wird hinter die Lampenfassungen ein diffuser Reflektor in Form zerknitterter Alufolie angebracht. Durch eine Riffel- oder Milchglasscheibe vor den Lampen wird ebenfalls eine diffuse Abstrahlung des Lichtes erreicht. Einen recht guten optischen Eindruck erhält man auch, wenn eine normale Glasscheibe mit Transparentpapier hinterlegt wird.

Die einzelnen Teile der Lichtmusikanlage müssen in der Box gut befestigt werden, damit es beim Betrieb durch die Schallwellen nicht zu unerwünschten Resonanzen kommt. Das trifft besonders für die Glasscheibe zu. Hier empfiehlt es sich, diese in Gummi zu fassen und

vorsichtig anzuschrauben. Günstiger ist es auch, wenn man den Raum für die Lichtmusikanlage akustisch von der übrigen Box durch schalldämmende Wände trennt.

Beim Betrieb der Lichtmusikanlage entsteht durch die Lampen eine erhebliche Wärmeentwicklung, es ist deshalb für eine gute Luftzirkulation zu sorgen. Der Eingangsregler wird am besten noch hinter oder seitlich herausgeführt aus der Box verlegt. Nachdem die einzelnen Kanäle entsprechend des gewünschten Frequenzganges eingestellt sind und die restliche Verdrahtung vorgenommen wurde, kann die Lichtmusikanlage erstmalig in Betrieb genommen werden.

Das Einstellen der Empfindlichkeit der einzelnen Kanäle (R1) wird am günstigsten mit angeschlossener NF-Spannungsquelle auf besten optischen Eindruck vorgenommen.

Die hier vorgestellte Variante hat sich bereits in mehreren Exemplaren sehr gut bewährt.

Literatur

[1] Kinne, E.: Elektronisch gesteuerte Lichteffektanlagen. Funktechnik 27 (1972), H. 3, S. 89 ff.

[2] Ing. Theilig, H.-J.: 3-Kanal-Lichtorgel, FUNKAMATEUR 22 (1973), H. 1, S. 18 ff.

(3) Berkenkamp, F.: Lichtmusik für die Diskothek, FUNKAMATEUR 20 (1971), H. 12, S. 588 ff.

[4] Tietze, Schenk: Aktive Filter, ELEKTRONIK 1970, H. 10, S. 253; H. 11, S. 379; H. 12, S. 421

(5) Vack, G.-U.: Der Transistor-Schmitt-Trigger und seine Anwendung, FUNKAMATEUR 19 (1970), H.9, S.447; H. 10, S.505

© Copyright Peter Salomon, Berlin – rescript aus funkamateure 1974/H11, bearbeitet 2014

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, Irrtum und Änderungen vorbehalten. Eine auch auszugsweise Vervielfältigung bedarf in jedem Fall der Genehmigung des Herausgebers.

Die hier wiedergegebenen Informationen, Dokumente, Schaltungen, Verfahren und Programmmaterialien wurden sorgfältig erarbeitet, sind jedoch ohne Rücksicht auf die Patentlage zu sehen, sowie mit keinerlei Verpflichtungen, noch juristischer Verantwortung oder Garantie in irgendeiner Art verbunden. Folglich ist jegliche Haftung ausgeschlossen, die in irgendeiner Art aus der Benutzung dieses Materials oder Teilen davon entstehen könnte.

Für Mitteilung eventueller Fehler ist der Autor jederzeit dankbar.

Es wird darauf hingewiesen, dass die erwähnten Firmen- und Markennamen, sowie Produktbezeichnungen in der Regel gesetzlichem Schutz unterliegen.