

Laser-Signal-Übertragung

Sende- und Empfangsschaltungen für den ELV-Laser

Nachdem wir in der letzten Ausgabe die Modulationsschaltung vorgestellt haben, sollen nun die zugehörigen Ansteuer- und Empfangsbausteine für den ELV-Laser besprochen werden.

Teil 4

1. Grundsätzliches

Auch die gute alte Bundespost kann nicht verbieten, mittels eines Lichtstrahls Signale wie etwa Sprache, Musik oder Computercode beliebig weit zu übertragen. Voraussetzung ist allerdings, daß hierdurch niemand gefährdet oder gestört wird. Auf die mit Laserlicht verbundenen Risiken wurde bereits eindringlich hingewiesen (ELV journal Nr. 55). Bei allen Laseranwendungen muß unbedingt sichergestellt sein, daß niemand,

auch nicht ein Wellensittich oder Hamster, direkt in den Strahlengang geraten und dabei in Richtung Laser blicken kann. Gewisse Ausnahmen gelten erst ab einem Bündeldurchmesser von 25 cm (beim ELV-Laser) oder entsprechender Abschwächung. Die Grundphänomene der Laser-Signal-Übertragung durch den Luftraum über größere Entfernungen wurden in der genannten ELV-Ausgabe eingehend erörtert. Wer der-

artige also plant, mache sich damit vertraut. Im übrigen muß jedem stets klar sein, daß der Laser, so großartig man damit auch „spielen“ kann, nun wirklich kein Spielzeug ist. Sondern ein Hi-Tech-Gerät, von dem nur bei steter Aufmerksamkeit keine Risiken ausgehen können.

Beim Experimentieren ist stets darauf zu achten, ob das Gerät in Betrieb ist oder nicht und in welche Richtung es zeigt.

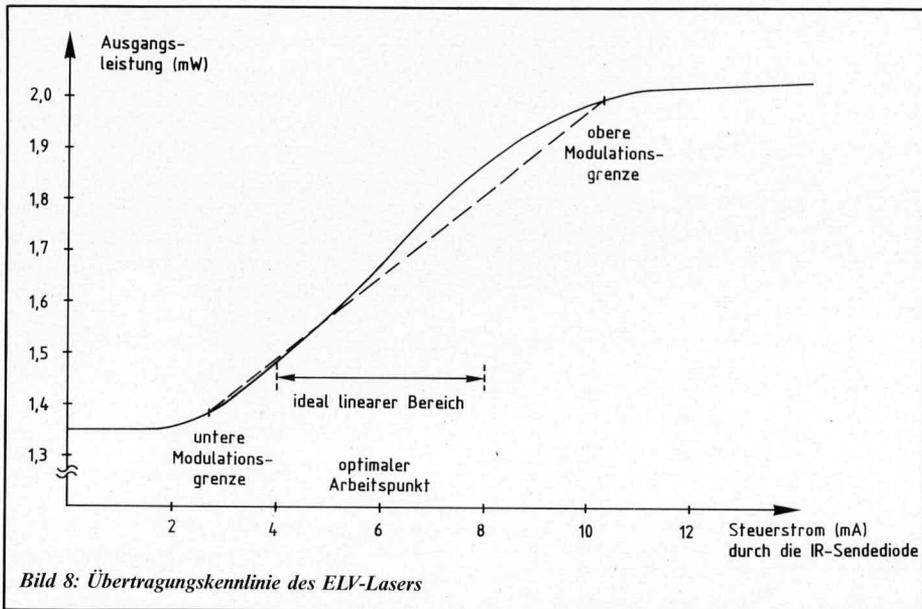


Bild 8: Übertragungskennlinie des ELV-Lasers

2. Die Sendeschaltung

Wie in der vorangegangenen Ausgabe dargestellt, ist die Einkopplung der Signale, mit denen der Laser helligkeitsmoduliert werden soll, über einen diskret aufgebauten Optokoppler realisiert. Hierdurch wird das von den hohen im Laser verwendeten Spannungen ausgehende Risiko ausgeschaltet, und man kann gefahrlos und potentialfrei jedes gewünschte Gerät anschließen.

Die zur Ansteuerung vorgeschlagene IR-Leuchtdiode (Typ SFH 409) ist für Ströme von 0 bis 100 mA ausgelegt, wobei der auftretende Spannungsabfall beinahe konstant 1,1 Volt beträgt. Es ist daher unbedingt ein Vorwiderstand erforderlich, wodurch die gewünschte Strommodulation aus einer Spannungsmodulation abgeleitet wird.

Der zum vollen Durchsteuern des Lasers erforderliche LED-Strom beträgt i. a. nur einen Bruchteil von 100 mA und hängt von der Länge der Isolationsstrecke sowie dem durch die Steuerwiderstände auf der Laserplatte eingestellten Mindest-Röhrenstrom ab. Meist reichen etwa 15 mA zur vollen Durchsteuerung aus. Durch entsprechendes Berechnen des LED-Vorwiderstandes kann man damit erreichen, daß dieser Strom gerade bei einer vorher festzulegenden maximalen Modulationsspannung auftritt:

$$R = \frac{U_{\max} - 1,1 \text{ V}}{I_{\max}}$$

Bild 7 zeigt eine kleine Ansteuerschaltung für einen Maximal-Diodenstrom von 12 mA bei 5 V_{eff}. Ein einfacher Überlastschutz mittels zweier Z-Dioden ist integriert.

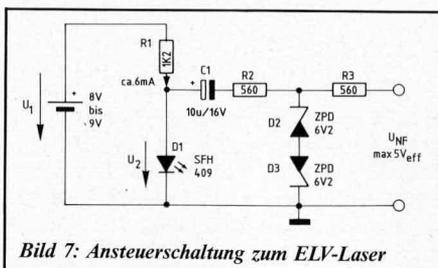


Bild 7: Ansteuerschaltung zum ELV-Laser

R 1 erzeugt in Verbindung mit der Vorspannung U 1 (z. B. 9 V Blockakku) einen Vorstrom von ca. 6 mA. In der gegebenen Kon-

struktion (Ansteuer-LED D 1 wird über ein Plexiglasröhrchen an den ELV-Laser angekopplert) wird hierdurch der Laser ungefähr in die Mitte des idealen Modulationsbereiches gebracht (Laserstrom = 4 mA). Evtl. muß R 1 geringfügig angepaßt werden.

Nun kann der Laser ohne weiteres und hochelegant mit Wechselspannung, z. B. NF-Tonfrequenz, moduliert werden. Damit hier kein „Clipping“ auftritt, darf deren Spitzenamplitude folglich (U_{max}-1,1 V)/2 nicht überschreiten. Der zulässige Effektivwert reiner Sinussignale liegt bei ca. (U_{max}-1,1 V)/3.

Bild 8 zeigt die Übertragungskennlinie, die aufgrund der im Bild 9 dargestellten Testschaltung ermittelt wurde. Der Laser war hierbei über seine Steuerwiderstände (R 103 = 2,2 kΩ und R 104 = 3,9 kΩ – „ELV journal“ Nr. 56, Seite 17) auf einen Mindeststrom von ca. 3,5 mA und einen Maximalstrom von ca. 5,1 mA eingestellt. Man erkennt leicht, daß man die Übertragungslinienart nahezu beliebig steigern kann, indem man sich auf ein möglichst enges Spannungsgebiet beschränkt und später entsprechend nachverstärkt. So kann mit der Schaltung eine erstaunlich naturgetreue Wiedergabe etwa von Tonsignalen erreicht werden.

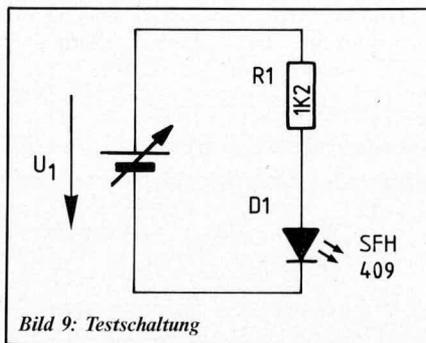


Bild 9: Testschaltung

3. Der Empfänger

Zur Vervollständigung der Übertragungsanlage muß auch noch ein passender Empfänger her. Diesen Baustein hat das ELV-Labor schon vor einiger Zeit entwickelt. Seine Vorzüge liegen in geringer Baugröße, geringem Leistungsbedarf bei universeller Spannungs-

versorgung (z. B. 9 V-Blockbatterie reicht völlig aus), der Möglichkeit, direkt einen hochohmigen Lautsprecher (etwa Kopfhörer) anzuschließen sowie der unschlagbar nützlichen Eigenschaft, daß er seine Empfindlichkeit automatisch nach der einfallenden Lichtmenge richtet. Er kann daher sowohl in unmittelbarer Nähe des Lasers als auch in Bereichen verwendet werden, wo nurmehr winzigste Bruchteile seiner Ausgangsleistung verwertbar sind (vorausgesetzt, das Störlicht wird dann gut ferngehalten. Hinweise hierzu gibt der Grundlagenartikel in ELV journal Nr. 55).

Bild 10 zeigt das Schaltbild, das wir uns genauer ansehen wollen.

Empfangelement ist der Fototransistor SFH 309 (T 1), den wir schon von der Modulationsschaltung auf der Laserplatte her kennen. Über OP 4, T 2 nebst Zusatzbeschaltung wird der Emitter von T 1, unabhängig von der einfallenden Lichtmenge, immer ungefähr auf halber Betriebsspannung gehalten. Hierdurch reagiert T 1 auch immer gleich auf relative Änderungen der Signalstärke, wodurch eine ideale Anpassung an unterschiedlichste Empfangsumstände erfolgt. Diese Schaltung darf natürlich nicht zu flink arbeiten, weil sonst auch die Signalmodulation „wegeregelt“ würde. Mit der angegebenen Dimensionierung besteht dieses Problem jedoch nicht. Tabelle 2 stellt den Zusammenhang zwischen unterer Grenzfrequenz und Dimensionierung von C 3 dar. Bei einer unteren Grenzfrequenz von kleiner 1 kHz beginnt die Schaltung auf das Licht von Leuchtstoffröhren anzusprechen. Dies macht sich durch Brummen im Lautsprecher bemerkbar. Für eine passable Tonsignalübertragung müssen jedoch auch recht niedrige Frequenzen übertragen werden. Daher empfiehlt es sich für C 3 einen Wert von min. 1 µF einzusetzen und dafür auf das Licht von Leuchtstofflampen zu verzichten. Alternativ ist der Empfänger entsprechend abzuschirmen, was i. a. leicht auszuführen ist. Die obere Grenzfrequenz liegt bei ca. 10 kHz.

C 3	untere Grenzfrequenz
47 nF	4 kHz
100 nF	2 kHz
220 nF	1 kHz
470 nF	500 Hz
1 µF	250 Hz
10 µF	25 Hz

OP 1, als Spannungsfolger geschaltet, dient lediglich zur hochohmigen Einkopplung. Die eigentliche Verstärkungsarbeit leisten OP 2, OP 3 sowie natürlich, ganz entscheidend, bereits T 1 (Faktor 50–100). Die Kombination R 9/C 5 wirkt gleichzeitig als Tiefpaß und fängt Schaltungs- und Eingangsrauschen ab. Je nach zu übertragender Frequenz darf also R 9 nicht zu hochohmig sein. Mit R 10/11 wird der Gleichspannungsarbeitspunkt der nachfolgenden Verstärkerstufen festgelegt. In Verbindung mit C 6 dienen diese Widerstände zusätzlich zur Festlegung der unteren Grenzfrequenz dieses Verstärkerteils. OP 2 verstärkt um den Faktor 11, OP 3, einstellbar, nochmals ma-

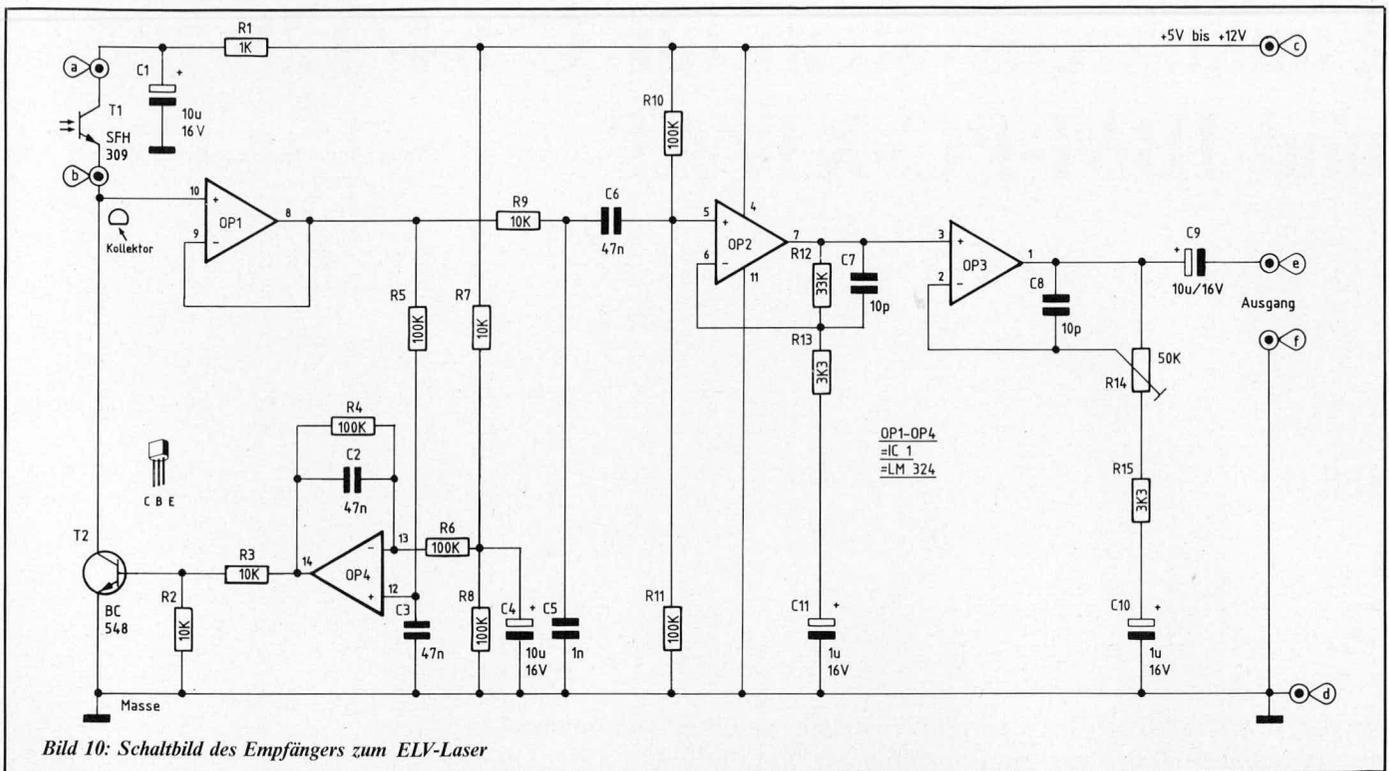


Bild 10: Schaltbild des Empfängers zum ELV-Laser

**Stückliste:
Laser-Empfänger**

Widerstände

1 kΩ	.....	R 1
3,3 kΩ	.....	R 13, R 15
10 kΩ	.....	R 2, R 3, R 7, R 9
33 kΩ	.....	R 12
100 kΩ	.....	R 4-R 6, R 8, R 10, R 11
50 kΩ, Trimmer, liegend	.....	R 14

Kondensatoren

10 pF	.....	C 7, C 8
1 nF	.....	C 5
47 nF	.....	C 2, C 3, C 6
1 µF/16 V	.....	C 10, C 11
10 µF/16 V	.....	C 1, C 4, C 9

Halbleiter

LM324	.....	IC 1
BC548	.....	T 2
SFH309	.....	T 1

Sonstiges

6 Lötstifte

IR-Sender*

Widerstände

560 Ω	.....	R 2, R 3
1,2 kΩ	.....	R 1

Kondensatoren

10 µF/16 V	C 1
------------	-------	-----

Halbleiter

ZPD 6,2 V	.....	D 2, D 3
SFH 409	.....	D 1

Sonstiges

1 9 V-Batterieclip
* ohne Platinenlayout

ximal 16fach. Hiermit erfolgt also der Abgleich auf die gewünschte Ausgangssignalarstärke.

Die zugehörige Platine besitzt bestückt nur etwa Streichholzschachtelgröße, so daß die Schaltung sehr raumsparend eingebaut werden kann. Abbildung 11 zeigt das Platinenlayout. Sie finden es auch auf den Platinenfolien in der Heftmitte.

Abschließend noch einmal zur Frage der Reichweite.

Reichweite

Ein 2-mW-Laser spuckt bei 632,8 nm pro Sekunde ziemlich genau $6,37 \times 10^{15}$ Lichtteilchen (sog. „Lichtquanten“ oder Photonen) in die Welt — so viele Sandkörner hat eine etwa 90 m hohe, kegelförmige Düne. Ohne irgendwelche Bündelungsmaßnahmen kämen davon auf dem Mond immer noch gut zwei Teilchen pro Sekunde auf jeden Quadratzentimeter — eine Lichtmenge, die heutzutage fotoelektrisch ohne weiteres ausgewertet werden kann. Über eine große Sammellinse und bei vollständiger Störlichtunterdrückung wäre selbst unser Empfänger dort oben noch zu gewissen „schwachen Zuckungen“ bereit (die Verstärkung von OP2 und OP3 müßte allerdings erheblich größer sein). Von einer Frequenzübertra-

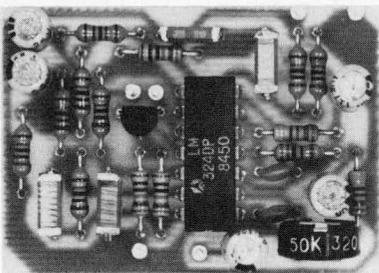
gung wäre aber natürlich nicht mehr zu reden. Dennoch: Nach und nach würden sich die „Bits“ schon ansammeln. Selbst Fotos entferntester Galaxien macht man noch nach dieser „Kleckermethode“.

Dieses Beispiel möge die völlige Subjektivität des Begriffes „Reichweite“ eindringlich veranschaulichen. Erst nach Festsetzung etwa einer Mindestdaten- oder Photonennrate wäre eine Angabe von Entfernungen sinnvoll. Denn im Prinzip fliegt ja jedes Photon so weit, wie man es „läßt“. Und das kann, siehe die kosmische Hintergrundstrahlung vom guten, alten Urknall, durchaus schon mal ein paar Milliarden (Licht-) Jahre dauern.

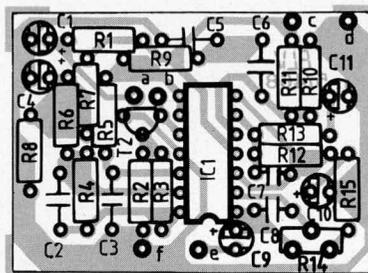
Wer seinen Computer mit dem seines Freundes verkoppeln möchte, der richte eine Laser-Richt „funk“ strecke ein. Vom Dachgeschloß zu Dachgeschloß o. ä.

Wichtig ist, daß niemand belästigt oder gefährdet wird. Ein bißchen Bastelearbeit und schon ist die Datenleitung fertig. Wenn auch nicht bei jedem Wetter. Aber immerhin ist es ein echter Fortschritt und ein großes Erfolgserlebnis.

Die gesetzlichen und postalischen sowie die geltenden Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind zu beachten.



Ansicht der fertig bestückten Platine des Empfängers zum ELV-Laser



Bestückungsplan des Empfängers zum ELV-Laser

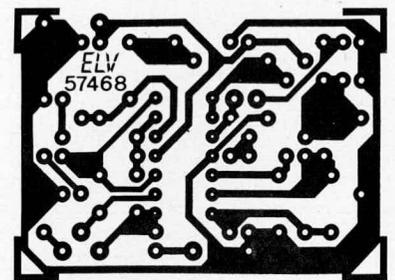


Bild 11: Leiterbahnseite der Platine des Empfängers zum ELV-Laser