

CLUB APOLLO 13 AUFGABE 5

Hören und Sehen mit optischer Elektronik

Die von Elektroingenieuren konstruierten elektronischen Schaltungen befinden sich heute in fast allen modernen Geräten, wie z. B. Fernsehgeräte, CD-Player, MP3-Player oder Handys, aber man findet sie in vielfältiger Weise auch in Autos, Flugzeugen oder Industrierobotern.

Viele Hinweise zur Elektrotechnik und zum Studium der Elektrotechnik finden Sie auf dem



Schülerportal <http://www.tet.uni-hannover.de/sp/>



Elektronische Schaltungen dienen u. a. der Verarbeitung und Übertragung von Signalen, die häufig erst in eine elektrische Form – zumeist in Ströme oder Spannungen – umwandelt werden müssen. Die Signalübertragung hochfrequenter elektrischer Signale kann in drahtgebundener oder drahtloser Weise erfolgen. Nach der Umwandlung eines elektrischen Signals in Licht – eigentlich handelt es sich um ein elektrisches Signal extrem hoher Frequenz – kann die Datenübertragung auch mit optischen Hilfsmitteln erfolgen; Fernbedienungen für Fernsehgeräte oder Bluetooth-Verbindungen sind bekannte Beispiele dafür. Neuerdings wird sogar untersucht, ob man solche Konzepte benutzen kann, um die Sehfähigkeit eines Menschen mit Hilfe elektronischer Schaltungen wieder herzustellen. Dazu muss der übertragende Signalinhalt mit einem Modulationsverfahren einer elektrischen Größe aufgeprägt werden. Im Rahmen dieser Aufgabe soll die **Amplitudenmodulation** näher betrachtet werden. Anhand grundlegender Überlegungen und einfacher elektronischer Schaltungen werden Möglichkeiten zur optischen Übertragung von elektrischen Signalen untersucht.

a) Grundlagen der optischen Übertragung (9 Punkte)

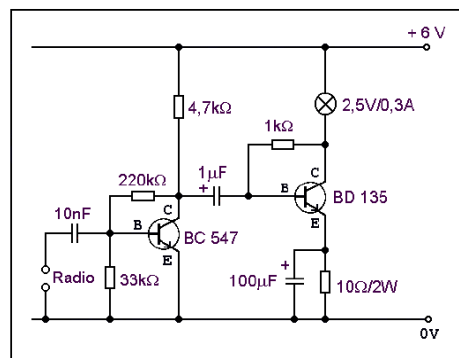
1. Informieren Sie sich mit Hilfe von Literatur und Internet über die verschiedenen Modulationsverfahren und stellen Sie drei solcher Verfahren dar. Erklären Sie diese auf der Grundlage von Signalen, die sinusförmig von der Zeit abhängen (siehe Internet), und erklären Sie den Vorgang der Amplitudenmodulation im Zeitbereich. Dazu soll die Amplitude einer Sinusfunktion mit der Frequenz 1 (z. B. 10 Schwingungen auf einem DIN A4-Blatt) durch eine Sinusschwingung mit der Frequenz 1/10 (z. B. 1 Schwingung auf einem DIN A4-Blatt) und der Amplitude $\frac{1}{4}$ beeinflusst werden.
2. Wir setzen voraus, dass ein Lichtstrahl durch eine zeitabhängige sinusförmige Schwingung $x(t) = a \cdot \sin(\omega t)$ mit einer bestimmten Frequenz ω repräsentiert wird, was eigentlich nur für einen Laserstrahl zutrifft. Ein zeitabhängiges Signal soll ebenfalls mit Hilfe einer sinusförmigen Schwingung dargestellt werden, d. h. es gilt $s(t) = b \cdot \cos(\Omega t)$ mit einer anderen Frequenz Ω und einer Amplitude b . Die Amplitude des Lichtstrahls soll sich nun im Takt des Signals $s(t)$ verändern. Dazu soll die Amplitude des Signals $s(t)$ additiv zur Amplitude des Lichtstrahls hinzugefügt werden: $y(t) = (a + s(t)) \cdot \sin(\omega t)$. Dies wird üblicherweise als **Lichtmodulation** bezeichnet. Erklären Sie auf der Grundlage der Frequenzdarstellung von periodischen Signalen den Vorgang der Amplitudenmodulation im Frequenzbereich. Untersuchen Sie mit einfachen mathematischen Hilfsmitteln (Hinweis: Additionstheoreme), welche Frequenzen in dem modulierten Signal enthalten sind. Weiterhin soll der modulierte Lichtstrahl für den Fall

$a = 1, b = 0.2$ und $\omega = 10 \cdot \Omega$ für $(\Omega = 1)$ grafisch dargestellt werden. Können Sie anhand dieser Grafik feststellen, in welcher Weise das Signal $s(t)$ in dem modulierten Lichtstrahl enthalten ist? Überlegen Sie sich mit Hilfe der Grafik, wie man das Signal aus dem modulierten Lichtsignal zurückgewinnen kann.

b) Optische Elektronik in der Praxis (9 Punkte)

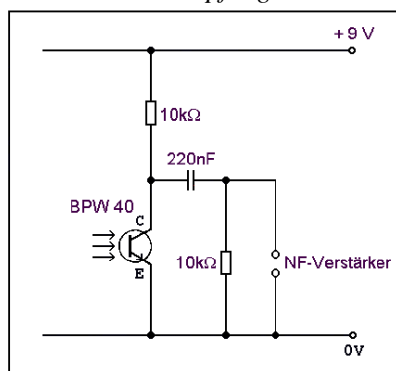
- Um die Modulation eines Lichtstrahls auszuführen, soll die folgende Schaltung aufgebaut werden. Die Bauteile können in jedem Fachgeschäft für Elektronikartikel (z. B. die Firma Conrad oder www.reichelt.de) käuflich erworben werden (siehe auch Hinweis). Dokumentieren Sie die Schaltung mit einem Foto. Als Signal soll das Ausgangssignal für den Ohrhörer eines CD-Players, Computers oder eines ähnlichen Gerätes verwendet werden. Erläutern Sie qualitativ, wie diese elektronische Schaltung funktioniert. Was bewirken die Widerstände und Kondensatoren? Dazu können Sie entsprechende Literatur oder das Internet zur Unterstützung verwenden.

Lichtmodulator



- Der von dem Lichtmodulator erzeugte modulierte Lichtstrahl soll nun von einem Lichtempfänger aufgenommen werden. Einen Vorschlag für eine elektronische Schaltung findet man in der folgenden Abbildung. Auch diese Schaltung kann mit handelsüblichen Bauelementen aufgebaut werden. Machen Sie ein Foto Ihrer Schaltung. Erklären Sie die Funktion der Schaltung auf der Basis von Aufgabenteil a).

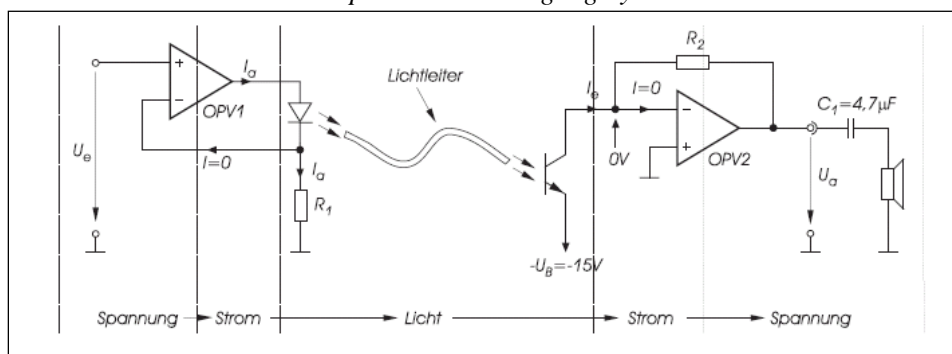
Lichtempfänger



c) Weiterführende Aspekte der optischen Elektronik (7 Punkte)

5. Die optische Übertragung mit dem in Aufgabenteil 3 dargestellten Lichtmodulator und dem in Aufgabenteil 4 gezeigten Lichtempfänger kann zwar zur Demonstration verwendet werden, aber die Qualität ist nicht optimal und die Reichweite der Übertragungsstrecke ist begrenzt. Wie verringert sich die flächenbezogene Lichtstärke in Abhängigkeit vom Abstand der Lampe, die man sich als Punktlichtquelle vorstellen kann?
6. Zur Verbesserung der Übertragungsqualität und zur Vergrößerung der Reichweite können **Lichtwellenleiter** eingesetzt werden. Erläutern Sie deren physikalische Funktionsweise anhand einfacher Vorstellungen aus der Optik. Geben Sie einige Anwendungen für Lichtwellenleiter an. Welche Entfernungen können mit Lichtwellenleitern überbrückt werden, wenn am Ausgang des Lichtwellenleiters noch etwa die Hälfte des Signals ankommen soll.
7. Erklären Sie die Funktionsweise des unten gezeigten optischen Übertragungssystems. Bauen Sie einen ähnlichen Versuch mit dem zur Verfügung gestellten Bausatz auf. Als Empfänger benutzen Sie die Schaltung aus 4. und als Sender die im Anhang aufgeführte Schaltung.
8. In bestimmten Fällen ist die sogenannte Retina des Auges nicht mehr funktionsfähig, so dass das Gehirn keine elektrischen Signale von der Retina mehr empfangen kann. Diese elektrischen Signale enthalten die Bildinformation, die das Auge aufnimmt und an das Gehirn weiterleitet. Überlegen Sie sich, wie man mit der in den Aufgabenteilen 1. – 4. behandelten optischen Elektronik die Funktion der Retina wenigstens teilweise ersetzen kann.

Ein optisches Übertragungssystem



Viel Erfolg bei der letzten Aufgabe!

Falls Sie Fragen zu den Aufgaben haben oder eine Hilfestellung benötigen, so schauen Sie doch einfach mal in unser Forum: <http://www.unikik.uni-hannover.de/forum/>

Einsendeschluss: Sonntag, der 27. Januar 2008, 23:59.

Senden Sie Ihre Lösungen per E-Mail an: leydecker@unikik.uni-hannover.de.

Die E-Mail sollte nicht größer als 3 MB sein (Die Dateien können gezippt sein)! Bitte geben Sie auch Ihren Teamnamen, die Namen der Gruppenmitglieder sowie deren Schulen an. Bitte schreiben Sie in der Betreffzeile der E-Mail Ihren Gruppennamen und benennen Sie Ihre angehängten Dateien danach.

Sie können/sollten Ihre Lösung auch dann abgeben, wenn Sie die letzte Teilaufgabe (die Profiaufgabe) nicht gelöst haben! Die Teilnahmebedingungen und weitere Informationen finden Sie unter <http://www.unikik.uni-hannover.de/apollo13/>

Bauteileliste für die Versuche

Versuch 1

Widerstände (jeweils 1x): 4,7 kOhm, 220 kOhm, 1 kOhm, 33 kOhm, 10 Ohm (2 Watt)

Kondensatoren (jeweils 1x): 10 nF, 1 μ F (Elko), 10 μ F (Elko),

Sonstige Bauteile (jeweils 1x): Transistor BC 547, Transistor BD 135, 1 Glühlampe 2 V/0.3 A, 1 Lochrasterplatine 160x100 mm, Batteriefach für 4x1,5 V = 6 V

Versuch 2

Widerstände (2x): 10 kOhm

Kondensatoren (1x): 220 nF

Sonstige Bauteile (1x): Photo-Transistor BPW 40, Batteriezuleitungskabel für 9V-Batterie

(Hinweis: In Hannover bei z. B. Firma Conrad erhältlich)

Die Benutzung der Bausätze erfolgt auf eigene Verantwortung! Die Leibniz Universität Hannover übernimmt keinerlei Haftung für nicht fachgerecht angeschlossene Geräte!

Beachten Sie auch die Hinweise unter

<http://www.tet.uni-hannover.de/sp/schule/apollo13.htm>

