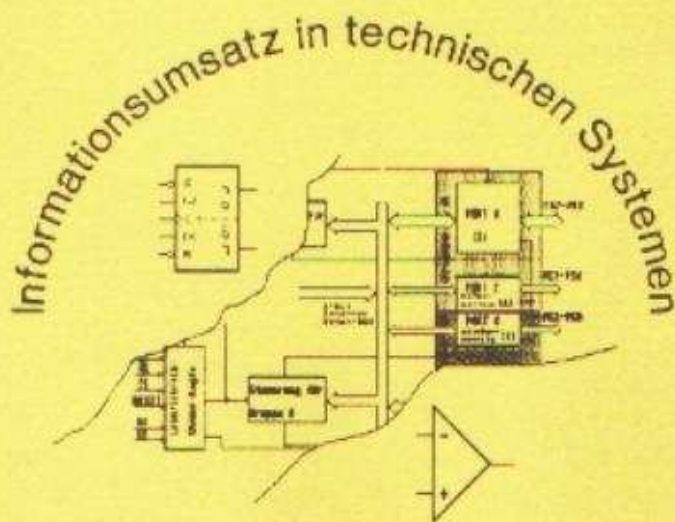


TECHNIK



Messen, Steuern, Regeln
Laderegler

Peter Grimm

Gesamtschule Castrop-Rauxel

1/93

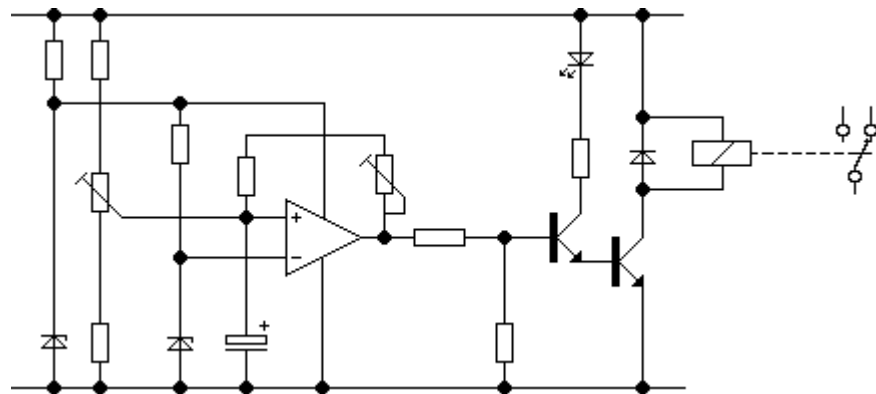
Herausgeber:

Technik-Unterricht: Forum e.V. (TUF)
Memelstraße 75 4100 Duisburg 1

TECHNIK

Messen, Steuern, Regeln

LADEREGLER



Vorwort

Die Nutzung von elektrischem Strom ist heute eine solche Selbstverständlichkeit, daß sich wohl die meisten von uns ein Leben ohne diese "saubere Energie" aus der Steckdose kaum vorstellen können. Der Strom wird momentan hauptsächlich durch Wärmekraftwerke gewonnen, die unterschiedliche Brennstoffe einsetzen. Grundsätzlich ist es durchaus möglich und auch realisierbar, in einiger Zukunft unseren Strombedarf weitgehend durch Direktumwandlung der Sonnenenergie mit Hilfe von Solarzellen zu decken. Da die Stromabnahme und Lieferung (höchste Sonneneinstrahlung) meist zeitlich versetzt erfolgt, ist es unumgänglich, die nichtgenutzte Energie zu speichern, dies erfolgt in wiederaufladbaren Batterien (Akkumulatoren, kurz Akkus genannt). Bei Akkumulatoren läßt sich die chemische Reaktion, die an den Elektroden beim Entladen abläuft, durch Zufuhr von elektrischem Strom rückgängig machen.

In der vorliegenden Schrift wird ein Teilproblem der solaren Stromversorgung, hier der Laderegler, vorgestellt. Die nachfolgend besprochene Reglerplatine wurde gegenüber einer reinen IC Lösung bevorzugt, da sie exemplarisch erlaubt, das Zusammenwirken erprobter Teillösungen zu untersuchen. Die vorliegende Reglerplatine soll durch Handhabung (Einstellarbeiten) und Messen von Spannungen an herausgeführten Meßpunkten analysiert werden. Die Platine erfüllt zwei Funktionen. Zum einen bietet sie die Möglichkeit, an einer Platine das Zusammenwirken elektronischer Schaltungen zu erlernen, zum anderen bietet die Platine die Möglichkeit, eine funktionierende Solarstromversorgung mit automatischer Überwachung der Energiespeicher aufzubauen. In dieser Schrift werden nur die wesentlichen Daten bzw. Schaltungen angesprochen, damit dieses interessante Gebiet unterrichtlich in angemessener Zeit umgesetzt werden kann. Natürlich steht es jedem Kollegen frei, andere Wege zu beschreiten, bzw.

Teilprobleme des Ladereglers unterrichtlich stärker zu berücksichtigen (z.B. Sammlungsbedingt). Sollte die Möglichkeit der Rechnernutzung bestehen, dann kann zur Motivation bzw. zum besseren Verständnis der Gesamtzusammenhänge das Programm Photovoltaik (siehe weiter unten) eingesetzt werden.

Ich hoffe, daß die vorliegenden Aufzeichnungen eine Anregung und Hilfe darstellen. Über eine Rückmeldung würde ich mich freuen.

Für die Durchsicht des Manuskripts, dem Nachvollziehen der Versuche und der konstruktiven Hinweise zur Verbesserung der Arbeitsanweisungen möchte ich mich recht herzlich bei Richard Volkmer, Gesamtschule Lütgendortmund bedanken.

Quellenverzeichnis:

Die Ausführungen in dieser Schrift beziehen sich in erster Linie auf das Buch von

Heinz Ladener, Solare Stromversorgung
ökobuch Verlag, Freiburg
ISBN 3-922964-28-1, 4. Auflage 1990.

Das Programm Photovoltaik und die dazugehörige Begleitschrift ist beim

Energie-Verlag GmbH, Postfach 102140
6900 Heidelberg 1

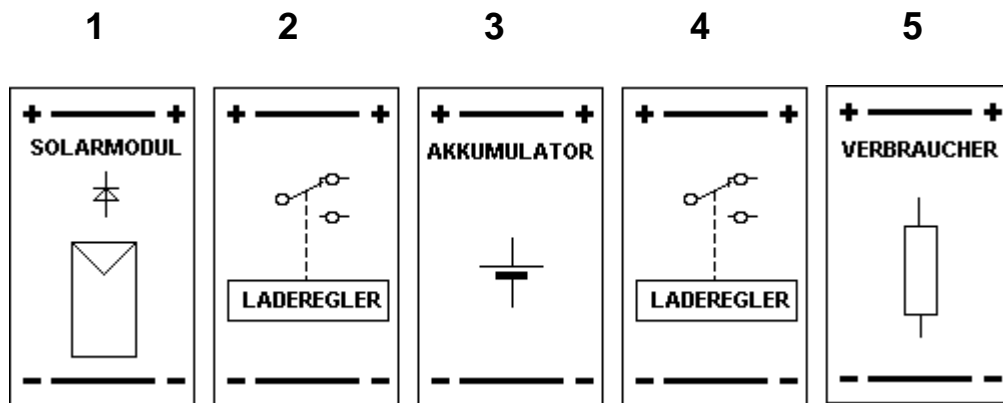
ISBN 3-87200-682-9 zu beziehen.

Warum überhaupt ein Laderegler

Wie alle technischen Geräte, haben auch Akkus nur eine begrenzte Lebensdauer. Ein Ziel der

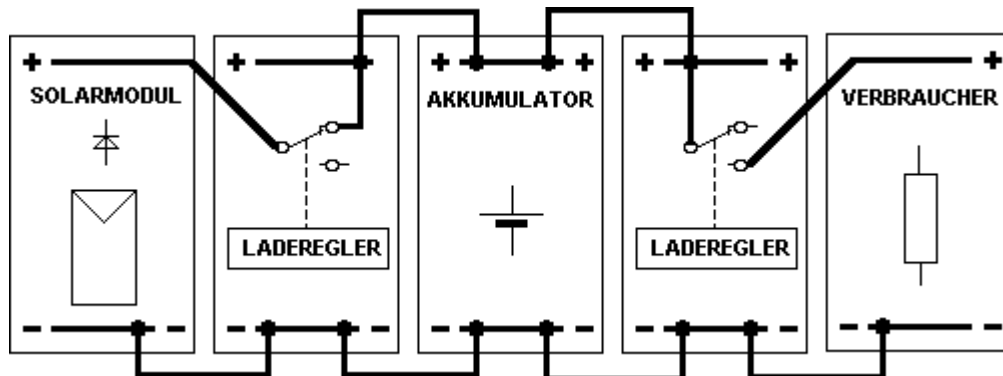
Blockschaltbild einer Solarstromversorgung

Das Blockschaltbild zeigt alle Komponenten einer Solarstromversorgung



- Modul/Platine 1 Solarmodul mit Rückstromdiode
 - Modul/Platine 2 Überwachung der Ladeschlussspannung
 - Modul/Platine 3 Speichereinheit
 - Modul/Platine 4 Überwachung der Entladeschlussspannung
 - Modul/Platine 5 Summe der Verbraucher
- Meßgeräte zur Strom-, Spannungsüberwachung, hier nicht eingezeichnet

Die folgende Schaltung zeigt die Verdrahtung der einzelnen Module.



Die Stromversorgung für die beiden Laderegler wird permanent dem Speicher (Akku) entnommen. Bei Verwendung eines NiCd-Akkus (12V Nennspannung) soll folgendes Reglerverhalten eingehalten werden. Steigt die Akkuspannung über Werte von 14,8V, dann soll der Laderegler (Modul-2) die Solarmodule abschalten. Die Solarmodule werden erst ab einer Spannung von 13,5V wieder zugeschaltet. Die Last wird durch den Regler (Modul-4) bei unterschreiten von 9,5V abgeschaltet und erst bei 11,5 wieder zugeschaltet (Vorgabe).

Optimierung des Systems Energieversorgung mit Solarstrom ist daher unter dem Gesichtspunkt zu sehen, die Lebensdauer des Akkus zu erhöhen, dies ist sicherlich auch unter dem Gesichtspunkt der besseren Ausnutzung von Rohstoffressourcen und des Umweltschutzes (Vermeidung von Abfall) zu betrachten. Um dieses Ziel zu verwirklichen, soll ein automatischer Laderegler eingesetzt werden.

Technische Informationen zur Solarstromversorgungsanlage

Daten zur Blei-Akku-Zelle:

Entladeschlußspannung: 1,7 - 1,8V

die Akku-Zelle gilt als entladen

Nennspannung: 2V

hängt vom Betriebszustand ab

Ladeschlußspannung: 2,2 - 2,4V

beim Laden muß eine etwas höhere Spannung angelegt werden, um den Strom in den Akku "hineinzudrücken". Die Spannung steigt mit zunehmender Ladung im Akku an. Je nach Bauart setzt zwischen 2,3 und 2,7V an den Elektroden eine Gasentwicklung ein, die natürlich zu vermeiden ist.

Technische Daten zur NiCd-Zelle:

Entladeschlußspannung: 0,9 - 1,1V

der Zelle gilt als entladen

Nennspannung: 1,2V

ist im überwiegenden Teil des Betriebszustandes gleichbleibend

Ladeschlußspannung: 1,48 - 1,5V

beim Laden muß eine etwas höhere Spannung angelegt werden, um den Strom in die Zelle "hineinzudrücken".

Die Kapazität

Die Kapazität, gemessen in Ah (Amperestunden), gibt an, wieviel Strom dem geladenen Akku

entnommen werden kann, bis er "leer", d.h. entladen ist. Die Hersteller geben die Nennkapazität immer zusammen mit einem Nennentladestrom an. Typisch ist ein Nennentladestrom **I-10**, d.h. der Nennstrom entlädt den Akku in 10 Stunden bis zur Entladeschlußspannung.

Beispiel: Ein 12V Akku mit 20 Ah Nennkapazität und I-10 bedeutet, der Akku kann 10h lang mit 2A entladen werden. Bei einem höheren Entladestrom sinkt die Kapazität, bei einem kleineren Entladestrom erhöht sie sich.

Ladevorgang:

Mit Hilfe des Reglers soll die Ladespannung (Ladeschlußspannung) ab 14,8V (NiCd-Akku) abgeschaltet und ab 13,5V wieder zugeschaltet werden.

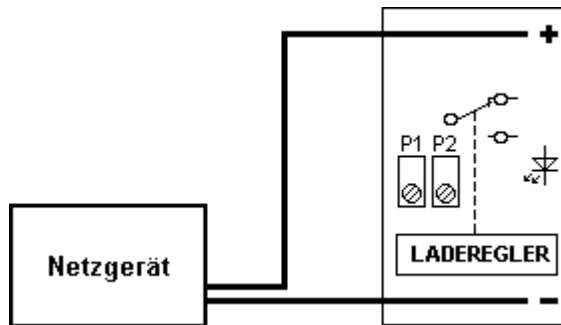
Um ein Tiefentladen zu verhindern, soll die Last ab 9,5V abgeschaltet und bei 11,5V wieder zugeschaltet werden.

Rückstromdiode:

Sie verhindert, daß ein Strom vom Akku durch den Solargenerator fließen kann (U-Akku größer als U-Solar) und den Akku entlädt.

Bauen Sie die Schaltung gemäß Schaltskizze auf! Mit Hilfe der Platine soll eine Batterie vor Über-, Entladung geschützt werden. Stellvertretend für

die Batterie wird hier ein regelbares Netzteil verwendet, da hiermit sehr schnell die Zustände Überladung (Spannung steigt an) und Entladung (Spannung sinkt) demonstriert werden können.



Achtung: Wichtiger Hinweis für die Durchführung der Versuche. Die Potentiometer haben keinen spürbaren Endanschlag. Zwischen linkem und rechtem Endwert liegen 10 Umdrehungen.

Aufgabe 1

Variieren Sie die Spannung am Netzgerät in den Bereichen 8-17V (Gleichspannung), beobachten Sie dabei die Reaktion der Leuchtdiode des Ladereglers. Stellen Sie nun die Spannung am Netzgerät auf 13V ein. Überprüfen Sie den eingestellten Wert mit einem Meßgerät. Mit Hilfe der Potis P1 und P2 soll der Regler dann so eingestellt werden, daß das Relais bei 13V (kann z.B. der Ladeschlußspannung entsprechen) aktiviert wird. Die Aktivierung kann auch durch die Leuchtdiode beobachtet werden. Sinkt die Spannung wieder, dann soll der Regler bei 12V deaktiviert werden, die Leuchtdiode erlischt. Notieren Sie sich die Vorgehensweise bei den Einstellarbeiten.

Tip: Drehen Sie P2 (PB) einmal ganz nach links (max. 10 Umdrehungen) und verändern Sie anschließend P1 (PA) sehr langsam. In einem 2. Durchgang drehen Sie P2 ganz nach rechts und variieren anschließend wiederum nur P1.

Aufgabe 2

Worin besteht der Funktionsunterschied bei den Potentiometern P1 und P2?

Aufgabe 3

Schließen Sie einen Verbraucher (z.B. Lampe) an die Platine (Batterie, Netzgerät - siehe Schaltplan Seite 2) an. Ergänzen Sie den obigen Schaltplan entsprechend. Die Last kann die gesamte Versuchszeit angeschlossen bleiben, Warum?

Aufgabe 4

Bei der Benutzung technischer Geräte fällt immer wieder auf bzw. wird bemängelt, daß die technischen Beschreibungen nicht lesbar seien und oftmals keine große Hilfe für die Handhabung des Gerätes darstellen.

Fertigen Sie eine Funktionsbeschreibung und Einstellungsanweisung an, die Benutzerfreundlich und eindeutig geschrieben ist! Benutzen Sie bei der Darstellung, wenn möglich, Formen der modernen Textdarstellung (z.B. Schreibmaschine, Computer). Die Form der Darstellung soll auch Beurteilungsgrundlage sein.

Aufgabe 5

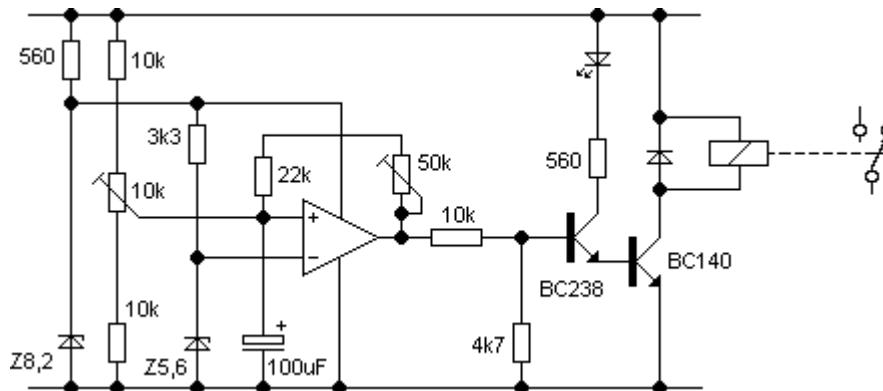
Benutzen Sie die Beschreibung einer anderen Gruppe und versuchen Sie mit Hilfe der Potis 1 und 2 die Schaltschwelle diesmal auf 10V, Abhängen der Last, Schutz vor Tiefentladung, einzustellen. Die Last soll erst dann wieder zugeschaltet werden, wenn die Batterie (Netzteil) eine Ladespannung von 11V aufweist.

Denken Sie sich Kriterien aus, mit deren Hilfe die Beschreibung beurteilt werden kann. Versuchen Sie anschließend eine Beurteilung für alle Beschreibungen abzugeben. Hierzu werden die Beschreibungen reihum ausgetauscht.

Schaltplan der Reglerplatine

Auf der Platine befinden sich vier Meßpunkte (Lötnägel), mit deren Hilfe Informationen über die Spannungszustände gewonnen werden können. Damit die nachfolgenden Aufgaben durch-

geführt werden können, müssen die Span- **Aufgabe 2.2**



nungsmesspunkte 1..4 erst durch Analyse der Platine gefunden werden. Auf dem Bestückungsplan der Platine (*siehe **Platinenservice im Anhang***) befinden sich die vier Spannungsmesspunkte 1..4, die im Schaltplan nicht eingezeichnet sind.

Aufgabe 1

Versuche mit Hilfe des Platinenlayouts (Rückseite der Platine), des Schaltplans die Position der Meßpunkte herauszufinden und trage diese in den obigen Schaltplan ein.

Für die nachfolgenden Aufgaben wird die Schaltung gemäß der Schaltskizze Blatt 4 aufgebaut und die Spannung entsprechend der Aufgabenstellung variiert. Die eingestellten Werte werden mit zwei Meßgeräten (Netzgerät- und Meßpunktspannung) überprüft.

Aufgabe 2

Messe die Spannung am Meßpunkt 1. Die Spannung wird in den Bereichen 0-15V variiert. Halte Deine Beobachtungen schriftlich fest.

Aufgabe 2.1

Welche Eigenschaften muß Deiner Meinung nach das Bauteil Z8,2 haben und welche Bedeutung hat der Widerstand $R=560\Omega$.

Erläutere die Eigenschaften des Bauteils Z8,2 mit Hilfe des beigefügten Textes (Pütz Einführung in die electronic Seite 144 Taschenbuch).

Aufgabe 2.3

Welche Folgen hätte ein Austausch des 560Ω Widerstandes durch einen Widerstand von 5,6kΩ bzw. 56Ω?

Aufgabe 3

Die Spannung am Netzgerät wird auf 10V eingestellt. Messe die Spannung am Meßpunkt 2. Stelle die Meßspannung mit P1 so ein, daß sich am Meßpunkt eine Spannung von 5V ergibt. Versuche erst durch Überlegen herauszufinden, welche Spannung sich am Meßpunkt ergibt, wenn die Netzgerätespannung steigt oder sinkt? Überprüfe Deine Überlegungen durch das Experiment.

Aufgabe 3.1

Anstelle des 10kΩ Spannungsteilers sollen 1kΩ bzw. 100kΩ eingesetzt werden. Welche Widerstandswerte würdest Du einsetzen? Begründe Deine Wahl!

Aufgabe 4

Messe die Spannung am Meßpunkt 3. Die Spannung wird in den Bereichen 0-15V variiert. Halte Deine Beobachtungen schriftlich fest.

Aufgabe 4.1

Wodurch unterscheiden sich die Spannungsteiler aus Aufgabe 2 und 4?

Aufgabe 5

Wodurch ändert sich die Eingangsspannung am + Eingang des Operationsverstärkers (OPs) und wodurch am - Eingang?

Aufgabe 6

Welche Bedeutung für die Funktion hat der Kondensator.

Aufgabe 7

Messe die Spannungen an den Meßpunkten 2 und 4. Variiere die Spannung wieder so, daß die Schaltvorgänge des Relais (Leuchtdiode leuchtet) ausgelöst werden. Beobachte dabei die Spannungen an den Meßpunkten (Protokoll). Variiere die Eingangsspannung (+) des OPs durch P1 und beobachte das Verhalten der Spannungen an den Meßpunkten.

Hinweis: Führe die Spannungsveränderungen langsam durch! Warum?

Aufgabe 8

Welche Eigenschaften muß deiner Meinung nach der OP (berücksichtige hierbei auch die Eigenschaft des -Eingangs) besitzen.

Aufgabe 9

Warum werden überhaupt 2 Transistoren eingesetzt, reicht einer nicht aus? Wäre die Schaltung auch mit einem Transistor funktionsfähig?

Aufgabe 10

Warum wird parallel zum Relais eine Diode eingefügt und dann auch noch verkehrt herum?

Aufgabe 11

Bestimme die Leistungsaufnahme der Platine bei 10V im deaktivierten und bei 15V Netzgerä-

tespannung im aktivierten Zustand!

Aufgabe 12

Welchen Strom (bei ausreichender Spannung) müßte das Solarmodul mindestens liefern, damit die gesamte Regelelektronik nicht von der Batterie unterstützt werden muß.

Lösungen zu dem Bereich Handhabung**Aufgabe 1**

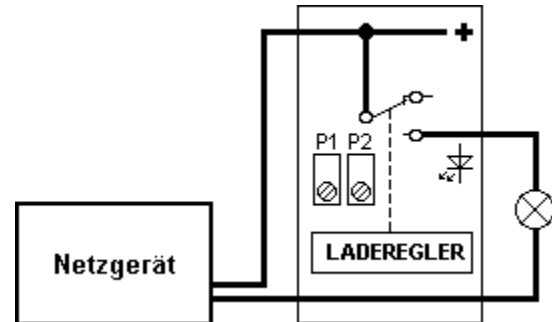
Sollte die Leuchtdiode bei Anlegen der 13V leuchten, dann muß mit P1 nach links gedreht werden (Spannung an Meßpunkt 1 +Eingang OP wird gesenkt), leuchtet sie bei Anlegen der Spannung nicht, dann P1 nach rechts drehen (Spannung am +Eingang OP anheben). Die Einstellarbeiten sind, bedingt durch die Verzögerung des Kondensators sehr langsam durchzuführen. Wenn die Stromversorgung zwischendurch abgeklemmt wird, kann der Kondensator sich entleeren, die Einstellung vereinfacht sich.

Mit P2 wird die Bandbreite des Schaltverhaltens (Hysterese) eingestellt, hier 1V, d.h. die Differenz zwischen 12 und 13V.

Aufgabe 2

Mit P1 wird die Schaltschwelle eingestellt, mit P2 die Verstärkung (Hysterese).

P2 voll nach links = 0Ω und P2 voll nach rechts = $50k\Omega$, d.h. größte Verstärkung. Achtung, die kleinste Verstärkung bedeutet aber größte Hysterese, da am Eingang des OPs eine große Spannungsdifferenz erforderlich ist, um die Transistoren durchzuschalten. Bei hoher Verstärkung reichen kleinste Differenzspannungen am Eingang schon aus, um die Transistoren durchzuschalten. Die Differenzspannungen kommen von den Spannungsschwankungen der Batterie.

Aufgabe 3

Es handelt sich um eine einfache Parallelschaltung, die Last und die Versorgung der Platine wird von der Stromquelle übernommen. Die Last ist im "Normalfall" zugeschaltet, bei unterschreiten der eingestellten Spannung schaltet die Last ab.

Aufgabe 4

Hier lassen wir uns von den Schülerbeschreibungen überraschen.

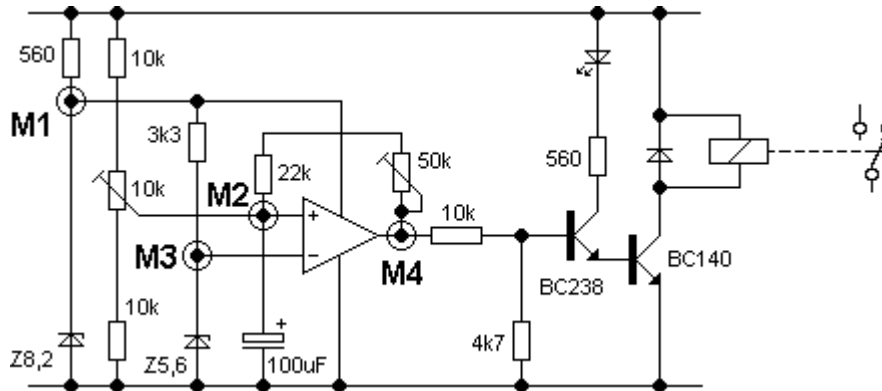
Aufgabe 5

Kriterien könnten sein:

- Formale Gestaltung
z.B. Absätze, Blocksatz, Überschriften, Schrifttypen, Verwendung von Skizzen
- Läßt sich mit der Beschreibung das gewünschte Ziel, hier Einstellung bestimmter Vorgabewerte, in angemessener Zeit erreichen. Wird unterschieden zwischen einer Grob- und Feineinstellung.

Lösungen zu dem Bereich Analyse der Reglerplatine

Aufgabe 1



Aufgabe 2

Die Spannung steigt stetig bis zu einem Wert von 8,2V, dann bleibt die Spannung konstant.

Aufgabe 2.1

Das Bauteil (Zenerdiode) muß scheinbar dafür sorgen, daß an diesem Bauteil nur eine Spannung von 8,2V fest abfällt. An dem Widerstand fällt die restliche Spannung je nach Höhe ab.

Aufgabe 2.2

Siehe Pütz

Aufgabe 2.3

Die Spannungsverhältnisse würden sich nicht ändern, aber die Ströme. Da über diesen Spannungsteiler die Stromversorgung des OP erfolgt ist es sicherlich sinnvoll, wenn der Widerstand möglichst klein ist. Ein zu kleiner Widerstand würde aber die Stromquelle zu sehr belasten, d.h. ein größerer Widerstand wäre sinnvoll. Der vorgegebene Widerstand von 560Ω stellt scheinbar einen vernünftigen Kompromiß dar.

Aufgabe 3

Es handelt sich um einen aus zwei Widerständen gebildeten Spannungsteiler, wenn die Spannung

mit Hilfe des Potis auf 5V eingestellt wird (Spannungshalbierung), dann ändern sich die Verhältnisse auch nach Anheben der Spannung nicht. Theoretisch stellen sich immer wieder die halbierten Spannungen ein.

Da es sich aber in der Praxis um einen belasteten Spannungsteiler handelt, weichen die Meßwerte von der theoretischen Hälftigkeit ab.

Aufgabe 3.1

Die Überlegungen sind ähnlich wie bei Aufgabe 2.3

Aufgabe 4

Ergebnisse ähnlich Aufgabe 2.

Aufgabe 4.1

Hier ändern sich die Werte des Spannungsteilers im Betriebszustand (Batteriespannungen im Bereich von 9-15V) nicht mehr, es liegen konstant 8,2V an. Am Meßpunkt 3 konstant 5,6V.

Aufgabe 5

Am +Eingang variiert die Spannung mit der Batteriespannung (hier halbe Spannung, je nach Einstellung). Am -Eingang bleibt die Spannung konstant (5,6V).

Aufgabe 6

Der Kondensator ist ein Stromspeicher, er puffert die Auf-, Entladeströme und verzögert somit das Umschaltverhalten.

Aufgabe 7

Bei einer positiven Spannungsdifferenz an den Eingängen des OPs schaltet der OP und damit die Transistoren durch. Sinkt die Spannung an der Batterie, damit an Meßpunkt 2 (+Eingang OP) gegenüber Meßpunkt 3 (-Eingang OP) dann schalteten die Transistoren nicht. Die Veränderungen müssen langsam durchgeführt werden, weil die Spannung an Meßpunkt 2, bedingt durch den Kondensator, träge folgt.

Aufgabe 8

Der Operationsverstärker ist ein Differenzspannungsverstärker.

Aufgabe 9

Darlingtonschaltung, Multiplikation der Verstärkungsfaktoren. Trennung zwischen Leuchtdioden Einschaltung und Schaltung des Relais. Prinzipiell könnte die Schaltung auch mit einem Transistor mit genügend hohem Verstärkungsfaktor aufgebaut werden.

Aufgabe 10

Um die während des Ausschaltvorgangs auftretenden Spannungsspitzen abzufangen.

Aufgabe 11

Bei 10V Netzgerätespannung fließt ein Strom von ca. 5 mA, dies ergibt gemäß $P=U \cdot I$ ca. 50mW. Wird das Relais bei 15V aktiviert, fließt bei der Ausführung mit Lowpower LED ein Strom von 64mA (960mW) und bei der Ausführung mit Normal LED ein Strom von 83mA (1245mW).