

Abschlußbericht

## Projekt Sunfinder

Ghassan Awad	Theodor Borsche	Yasemin Cankatan
Stephan Ey	Christian R. G. Gallrapp	Daniel Gebhardt
Martin Hening	Daniel Jänicke	Michael Krüger
Monica T. Mönster	Stefan Rauhut	Matthias Weiland
	Ruben Wesche	

Oktober 2004

Betreut durch Kay Rethmeier

Ein Herzlicher Dank geht an die Mitarbeiter des FB  
Hochspannungstechnik, die uns immer gerne helfend zur Seite  
standen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Einleitung</b>	<b>8</b>
<b>II. Bedienungsanleitung</b>	<b>11</b>
<b>III. Die drei Gruppen</b>	<b>14</b>
<b>1. Sensorik</b>	<b>15</b>
1.1. Aufgabenstellung . . . . .	15
1.2. Sensoren . . . . .	15
1.2.1. Aufgabe . . . . .	15
1.2.2. Ideen/Entscheidung . . . . .	16
1.2.3. Entwicklung . . . . .	18
1.2.4. Ergebnis . . . . .	19
1.3. Richtungssensorik . . . . .	19
1.3.1. Aufgabe . . . . .	19
1.3.2. Ideen & Entscheidung . . . . .	19
1.3.3. Entwicklung . . . . .	20
1.3.4. Ergebnisse . . . . .	21
1.4. Tag/Nacht Sensor / Schwellwertschalter . . . . .	21
1.4.1. Aufgabe . . . . .	21
1.4.2. Ideen/Entscheidung . . . . .	21
1.4.3. Entwicklung . . . . .	22
1.4.4. Schaltungsbeschreibung . . . . .	22
1.5. Tag/Nacht-Abschaltung . . . . .	23
1.5.1. Aufgabe . . . . .	23
1.5.2. Ideen/Entscheidung . . . . .	23

1.5.3.	Entwicklung . . . . .	24
1.5.4.	Ergebnis . . . . .	25
1.6.	Probleme . . . . .	25
1.6.1.	Vias . . . . .	25
1.6.2.	Ätzen . . . . .	26
1.6.3.	Spannungen . . . . .	26
1.6.4.	Design-Entscheidungen . . . . .	27
1.6.5.	LED-Anzeigen . . . . .	27
1.7.	Bauteile & Schaltplan . . . . .	28
1.8.	Fazit der Gruppenarbeit . . . . .	30
<b>2.</b>	<b>Motor/Steuerung</b>	<b>33</b>
2.1.	Einleitung . . . . .	33
2.2.	Ideen . . . . .	33
2.3.	Die H-Brücke . . . . .	36
2.4.	Vom Schaltbrett zur fertigen Platine . . . . .	37
2.5.	Theorie der endgültigen Schaltung . . . . .	40
<b>3.</b>	<b>Energie</b>	<b>43</b>
3.1.	Aufgabenbeschreibung . . . . .	43
3.2.	Reflektion der Gruppenarbeit . . . . .	43
3.3.	Entwicklungsarbeit . . . . .	44
3.4.	Beschreibung der Teilschaltungen . . . . .	45
3.4.1.	Spannungsregler zum Laden der Akkus . . . . .	45
3.4.2.	Spannungsregler 18V . . . . .	46
3.4.3.	Symmetrische Aufteilung einer erdfreien Spannung . . . . .	47
3.5.	Ladekontrollanzeigen . . . . .	47
3.6.	Ladestandsanzeiger . . . . .	50
<b>4.</b>	<b>Mechanik</b>	<b>53</b>
<b>IV.</b>	<b>Fazit</b>	<b>54</b>
<b>V.</b>	<b>Anhang</b>	<b>57</b>

<b>A. Protokolle</b>	<b>58</b>
A.1. Montag 06.09.2004 . . . . .	59
A.2. Dienstag 07.09.2004 . . . . .	61
A.3. Mittwoch 08.09.2004 . . . . .	63
A.4. Donnerstag 09.09.2004 . . . . .	68
A.5. Freitag 10.09.2004 . . . . .	72
A.6. Montag 13.09.2004 . . . . .	77
A.7. Dienstag 14.09.2004 . . . . .	80
A.8. Mittwoch 15.09.2004 . . . . .	82
A.9. Donnerstag 16.09.2004 . . . . .	85
A.10.Freitag 17.09.2004 . . . . .	87
A.11.Montag 21.09.2004 . . . . .	89
A.12.Dienstag 22.09.2004 . . . . .	90

# Abbildungsverzeichnis

0.1. Gruppenfoto mit dem fertigem Sonnenfinder . . . . .	9
0.2. Blockschaltbild des Grobkonzeptes des Projektes . . . . .	10
0.3. Ansicht der Sensorikplatine, mit markierten Einstellpunkten . . . . .	12
1.1. Blockschaltbild des Grobkonzeptes der Sensorik . . . . .	16
1.2. Prinzipielles Schaltungslayout der Richtungslogik . . . . .	20
1.3. Prinzipieller Aufbau des Tag/Nacht-Schwellwertschalters . . . . .	23
1.4. Gesamtschaltplan der Sensorikschaltung . . . . .	31
2.1. Schaltplan der Logik zur Motoransteuerung . . . . .	34
2.2. Schaltplan Gegentakt-B betriebene Verstärkerschaltung . . . . .	35
2.3. Schaltplan der Motoransteuerung . . . . .	36
2.4. Schaltplan H-Brückenschaltung inkl. Signalvorverarbeitung . . . . .	41
3.1. Schaltplan Ladespannungsregelung . . . . .	46
3.2. Schaltplan 18V Spannungsregler . . . . .	47
3.3. Schaltplan Symmetrische Aufteilung einer erdfreien Spannung . . . . .	48
3.4. Schaltplan Ladezustandsanzeiger . . . . .	49
3.5. Schaltplan Ladestandanzeiger . . . . .	51

# Tabellenverzeichnis

1.1. Übersicht über Art und Menge der verwendeten Bauteile . . . . .	29
1.2. Steckerbelegung D-SUB – Sensoreingang . . . . .	30
2.1. Wahrheitstabelle für Ansteuerung der Solarzellenmotoren . . . . .	34
2.2. Steckerbelegung D-SUB – Motoransteuerung . . . . .	40

Teil I.

# Einführung zum Projekt



Abbildung 0.1.: Gruppenfoto mit dem fertigem Sonnenfinder

Seit dem Wintersemester 1989/90 findet jedes Semester ein Projektlabor statt, bei dem Studenten und Studentinnen der Elektrotechnik in einer Gruppe ein selbstgewähltes Projekt erarbeiten. In einem Pilotversuch fand dieses Semester, zum dritten Mal eine dreiwöchige Kompaktversion diese Projektlabores statt.

Unsere 13-köpfige Gruppe entschied sich in dem schon historischen Auswahlverfahren zwischen den Projektvorschlägen:

- Garsensor (externer Projektvorschlag)
- Füllstandsmesser
- Synthesizer
- Röhrenverstärker
- Master-Slave Steckdose
- Frequenzzähler
- Jalousiesteuerung

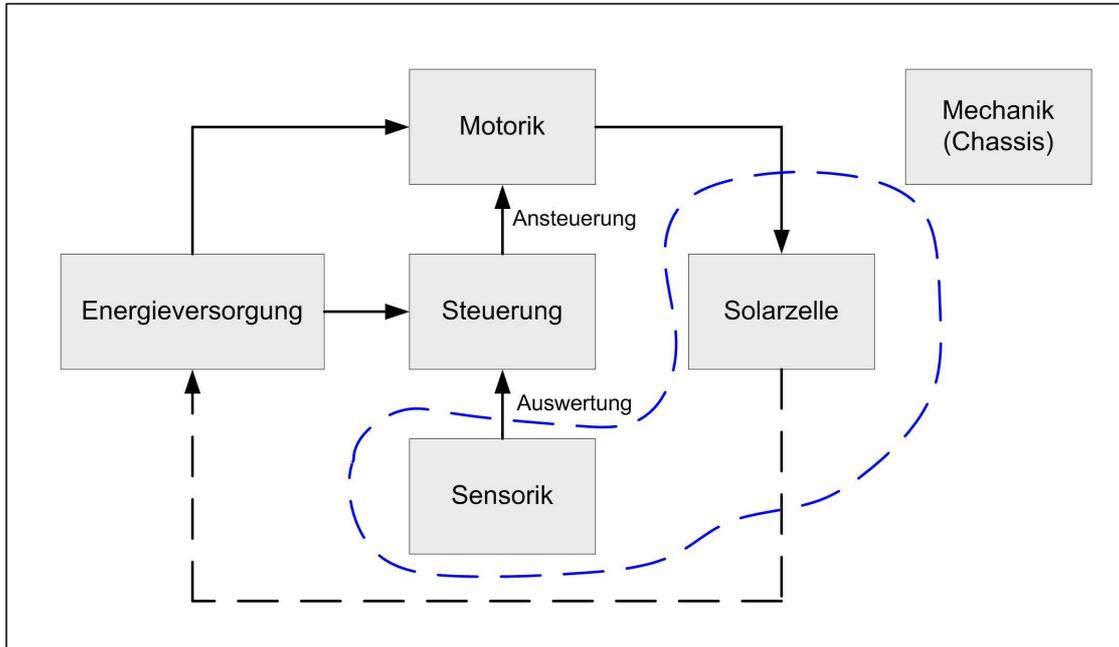


Abbildung 0.2.: Blockschaltbild des Grobkonzeptes des Projektes

- Fortführung des Roboterprojekts aus dem WS2003/04
- Solarzellennachführung

Am Ende entschieden wir uns knapp zwischen Jalousiesteuerung und Solarzellennachführung für letzteres und gaben dem Projekt gleich den Arbeitstitel „Sonnenfinder“, der sich bis zum Schluss gehalten hat.

Der Sonnenfinder richtet sich nach der Sonne aus. Er kann vertikale sowie horizontale Bewegungen ausführen und zwischen Tag und Nacht unterscheiden.

Dieses Projekte haben wir in drei separaten Gruppen realisiert: Sensorik, Steuerung und Motoren und Energieversorgung. Nach einem kurzen gemeinsamen Brainstorming zu den Anforderungen und Aufgaben des Projektes haben sich ziemlich schnell die obigen Teilgebiete herauskristallisiert zu der sich dann auch spontan die drei Gruppen zusammenfanden.

Der folgende Abschlussbericht beschreibt nun die Entwicklung der drei Teilgebiete im Rahmen des Projektlabors, die dabei aufgetretenen Herausforderungen, Probleme und auch Erkenntnisse.

Teil II.

## Bedienungsanleitung

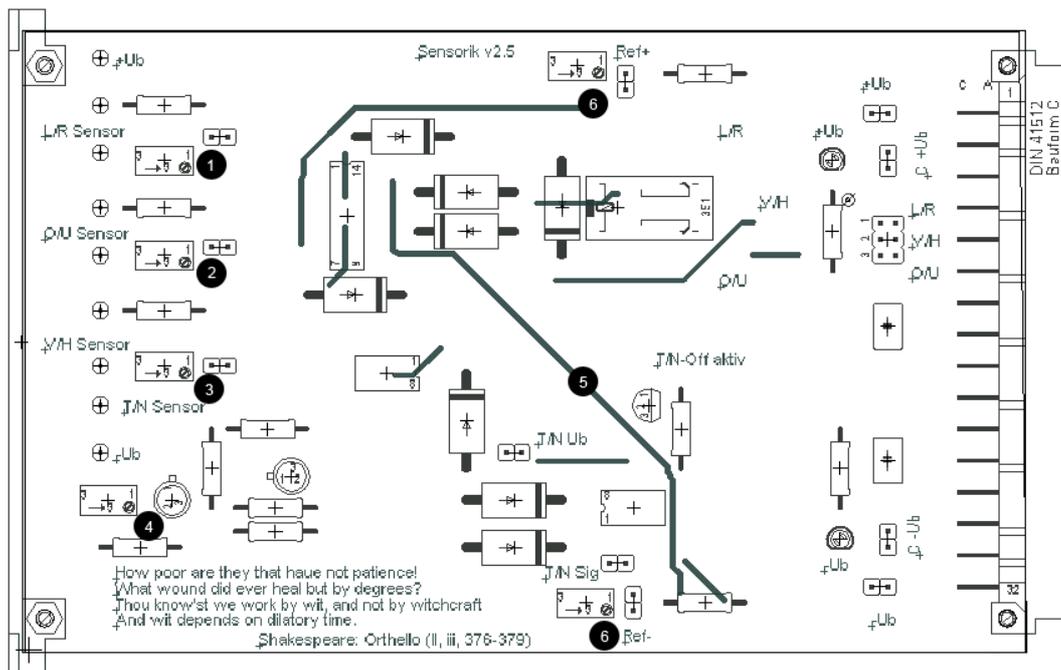


Abbildung 0.3.: Ansicht der Sensorikplatine, mit markierten Einstellpunkten

### In Betriebnahme

- das Gerät auf grosse gerade Ebene stellen (Wendekreis des Gerätes beachten)
- Anschalten
- Ladestandsanzeiger optional zuschalten (Stromverbrauch)

### Energieversorgung

Die zwei Schalter auf der Frontplatte sind zum Einschalten des gesamten Sonnenfinders und zur optionalen Zuschaltung der Ladestandsanzeige. Über die beiden Buchsen an denen die Solarzellen angeschlossen sind, können bei abgeschaltetem Hauptschalter und unter anlegen einer Gleichspannung von 24V bis 40V die Akkus geladen werden (Ladeströme bis 4 Ampere möglich).

### Sensorik

Die Sensorplatte bietet die Möglichkeit das Gerät zu kalibrieren. Dafür gibt es jeweils einen Trimmer zum Einstellen des Spannungsteilers der Sensoren (Richtungssensor Oben/Unten (Bild 0.3 – 2) und Links/Rechts (Bild 0.3 – 1) sowie Vorne/Hinten-Sensor (Bild 0.3 – 3)). Ist das Panel wie gewünscht zu einer Lichtquelle ausgerichtet, kann man

hier nach Abziehen des entsprechenden Jumpers, den Spannungsteiler so einstellen, dass der Potentialunterschied zu Masse Null ist.

Die Genauigkeit der Ausrichtung lässt sich auch noch durch das Einstellen der Schwellwert-Spannungsteiler beeinflussen. (Bild 0.3 – 6)

Zusätzlich gibt es einen weiteren Trimmer (Bild 0.3 – 4), zum Einstellen des Schwellwertes der Tag/Nacht-Abschaltung. Die Abschaltung kann komplett ausser Betrieb genommen werden wenn man statt des Jumpers die daneben „geparkte“ LED aufsteckt (Bild 0.3 – 5).

Teil III.

Details der einzelnen Gruppen

# 1. Gruppe Sensorik

Theodor Borsche, Daniel  
Gebhardt, Michael Krüger,  
Matthias Weiland, Ruben  
Wesche

## 1.1. Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung der Gruppe Sensorik wurde im wesentlichen bei der Gruppeneinteilung festgelegt. Wir sollten den Teil des Sonnenfinders realisieren, der sozusagen den Input darstellt. Sprich: in irgendeiner Weise realisieren, wo die stärkste Lichteinstrahlung herkommt und entsprechende Signale an die Steuerung übermitteln.

Beim Grobkonzept unseres Projektes kamen wir zu dem Schluss, dass der Gruppe Steuerung/Motor mindestens Signale für rechts-links und hoch-runter übermittelt werden müssen. Zusätzlich war klar, dass noch irgendetwas gegen das Problem getan werden muss, dass der Lichteinfall im Rücken des Sonnenfinders ist (vgl. Sonnenuntergang am Abend im Westen, Sonnenaufgang am Morgen im Osten).

## 1.2. Sensoren

### 1.2.1. Aufgabe

In diesem Abschnitt beschäftige ich mich mit dem Aufbau der Sensoren. Die Sensoren sollen Daten sammeln und als weiterverarbeitbare, elektrische Signale ausgeben. Für unser Projekt brauchen wir Auskunft darüber, in welcher Richtung die größte Helligkeit liegt. Das heißt, die Sensoren müssen feststellen können, ob sich das Solarpanel

- nach oben oder unten drehen soll
- nach links oder rechts drehen soll

Hierfür sind auch die Information, ob die größte Helligkeit eventuell direkt hinter dem Panel liegt, und Informationen über die allgemeine Helligkeit von Interesse.

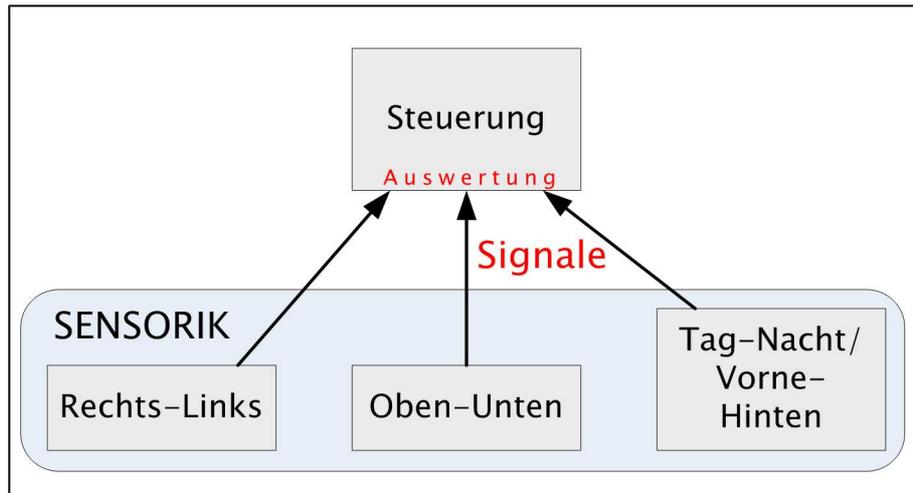


Abbildung 1.1.: Blockschaltbild des Grobkonzeptes der Sensorik

### 1.2.2. Ideen/Entscheidung

Am ersten Tag des Projekts hatten wir in großer Runde allgemein über die Sensoren diskutiert. Zum einen wurde ein Vorne-Hinten-Sensor als essentiell von allen befürwortet. Zum anderen wurden zwei Konzepte für die Sensoren entwickelt.

#### Sensorfeld

Der erste Vorschlag war, ein Feld von (mindestens 3x3) photosensitiven Bauteilen aufzubauen. Über diesem sollte eine Linse stehen, mit dem Focus direkt auf der Sensorfläche. Je nachdem, welcher Sensor nun beleuchtet wird, kann ausgewertet werden, in welcher Richtung die Sonne steht. Um Einflüsse von der Seite zu vermeiden, sollte die ganze Apparatur in eine Röhre gebaut oder zumindest abgedeckt werden. Es wurde auch vorgeschlagen, höher auflösende Felder zu nehmen, oder eine Halbschale mit Sensoren auszulegen.

#### flacher Vergleichsensor

Der zweite Vorschlag ging in eine komplett andere Richtung. In eine Metallplatte sollten schräg entgegengesetzt Löcher gebohrt werden, mit lichtempfindlichen Widerständen (LDR) oder Photodioden (PD) unter den Bohrungen. Nur wenn das Licht direkt von oben kommt, so die Argumentation, sind die Widerstände gleichohmig. Über eine einfache Komparatorschaltung könnte man diese Werte also miteinander vergleichen.

Auch kam die Überlegung einer Grob- und Feineinstellung auf. Hier wurden hauptsächlich Fragen nach dem maximalen Einfallswinkel der Sensorik gestellt.

Der zweite Vorschlag wurde allgemein befürwortet. Der erste erschien uns schwerer zu realisieren und möglicherweise im maximalen Einfallswinkel zu beschränkt. Über die endgültige Ausführung sollte die Sensorikgruppe weiterentscheiden.

### **Die Pyramide**

Daraufhin wurde der zweite Vorschlag in kleinem Kreis weiterdiskutiert. In den Überlegungen über Realisation und Zuverlässigkeit kam eine neue, ähnliche Idee auf: Es sollten nun nicht mehr schräge Bohrungen für den Unterschied im Lichteinfall zwischen zwei Sensoren dienen, sondern die Sensoren selbst sollten schräg entgegengesetzt aufgebaut werden. Dafür sollte eine kleine Pyramide mit einem LDR je Seite gebaut werden. Nur wenn das Licht direkt von oben scheint, sind alle LDRs gleichhöhmig. Kommt das Licht schräg, so ist eine Seite höherhöhmig.

Je zwei gegenüberliegende LDRs sollten nun als Spannungsteiler fungieren. An diesem liegen  $+U_b$  und  $-U_b$  an, abgegriffen wurde er in der Mitte. Wenn einer der beiden Sensoren heller beleuchtet wird, ändert sich der Spannungsteiler. Bei gleicher Beleuchtung sollte der Spannungsteiler auf Massepotenzial sein.

### **Photodiode, Photowiderstand oder Phototransistor**

Es stand auch noch die Frage, ob LDRs, Photodioden oder Phototransistoren verwendet werden sollten. LDRs ändern ihren Widerstand und damit die Spannung die in an ihnen abfällt abhängig von der Beleuchtung. Photodioden und -transistoren ändern den Strom abhängig von der Helligkeit. Da wir trotz ausgedehnter Internet-Recherchen keine wirklichen Vor- und Nachteile der drei Sensortypen für unseren Verwendungszweck finden konnten, entschlossen wir uns dazu bei Segor verschiedene photoempfindliche Bauelemente zu kaufen und Vergleichsmessungen durchzuführen.

Bei diesen Vergleichsmessungen stellte sich heraus, dass sowohl Photodioden als auch -transistoren einen viel zu hohen Richtcharakteristik aufwiesen. Dieser von uns anfangs als positiv erachtete Punkt war gerade bei einer Anordnung auf den Seiten einer Pyramide von Nachteil, da bei einem Halbwertswinkel der Empfindlichkeit von nur  $20^\circ$  unserer Meinung nach keine ausreichende Genauigkeit in der Mittelstellung vorhanden gewesen wäre. Photowiderstände hingegen haben einen Halbwertswinkel von  $60^\circ$ . Die Richtcharakteristik und die Möglichkeit die Stärke der Bestrahlung über einen Spannungsteiler zu ermitteln war ausschlaggebend für die Entscheidung, Photowiderstände zu verwenden.

Des Weiteren wurde, ohne genaue Überlegung der Ausführung, eine vergleichbare Vorne-Hinten Sensorik für die grobe Richtungseinstellung so wie eine Center-Sensorik, die Angaben darüber machen soll, ob wir im Ziel sind oder nicht, gefordert.

Das Konzept der Pyramide schien uns allen am einfachsten und kostengünstigsten zu

realisieren, dazu sehr zuverlässig und praktikabel. Desweiteren hat die Pyramide den größten Einstrahlwinkel. Wir waren uns sicher, problemlos mehr als  $180^\circ$  erreichen zu können, was eine Grobsensorik jenseits der Vorne-Hintensensorik überflüssig machte. Somit setzte diese Idee sich gegen die beiden vorherigen Konzepte sehr schnell durch.

### 1.2.3. Entwicklung

An der Grundlegenden Idee der Pyramide hat sich bis zum Ende des Projekts nichts mehr geändert. Lediglich aus Fertigungstechnischen Gründen wurde aus der Pyramide ein Kegel.

Die Vorne-Hinten-Sensorik (VHS) wurde unspektakulär direkt am Panel befestigt, der prinzipielle Aufbau ist der gleiche wie bei der Pyramide.

Wir haben uns für die Sensoren für Photowiderstände entschieden. Sie waren einfacher zu handhaben und nach der aktuellen Marktlage kostengünstiger als Photodioden.

In ersten Versuchen im Labor und unter realen Bedingungen ergab sich, daß die LDRs weniger streuen als befürchtet, aber dennoch mehr als für unsere Zwecke ausreichend. Deshalb wurden die Spannungsteiler sowohl der VHS wie auch der Richtungssensorik (RS) mit je zwei Potentiometern bestückt. Diese lassen sich so einstellen, das Bauteiltoleranzen größtenteils wieder ausgeglichen werden können.

Das zweite Ergebnis unserer Versuche war, daß die LDRs bei relativer Dunkelheit sehr hochohmig werden, und die Unterschiede zwischen zwei LDRs bei Dunkelheit im Mega-Ohm Bereich liegen. Ein Ausgleich war daher nicht mehr möglich. Es kam die Überlegung auf, eine Tag-Nacht Sensorik einzubauen - im Prinzip ein Schwellwertschalter - die uns sagt, ab wann es zu dunkel für eine sinnvolle Messung ist. Dieser Sensor hatte noch eine zweite Bedeutung: wenn er aktiv wird, so ist es auch zu dunkel für einen effektiven Betrieb des Solarpanels.

Im Zuge dieser Entwicklung wurde die Center-Diode, die unter anderem das Problem der Dunkelheit bekämpfen sollte, endgültig obsolet. Die Entwicklung dort war soweit gegangen ein Bauteil mit hoher Richtcharakteristik zu nehmen und über ein zweites Bauteil Informationen über die momentane allgemeine Helligkeit zu sammeln. Somit sollte die Centerdiode auch bei verschiedenen Lichtverhältnissen zuverlässige Daten ausgeben. Vorher waren schon Zweifel aufgekommen, da sie keine Daten in diesem Sinne sammelt: Wenn sie anzeigt, das die Apparatur nicht ausgerichtet ist, kann sie nicht sagen wo der Fehler ist. Schlimmer noch: wenn die RS sagen, die Sonne steht anderswo, so wäre es vermutlich ein Fehler einer falsch kalibrierten Centerdiode.

#### 1.2.4. Ergebnis

Wir haben am Ende die Pyramide als Kegel realisiert, mit einem Schwellwertschalter als Tag-Nacht-Sensor obenauf. Die VHS wurde ebenfalls verbaut. Alle Sensoren lassen sich über Potis einstellen. Die Resultate sind hochbefriedigend. In einem Versuch mit abgeschalteter Tag/Nacht Sensorik konnte sich der Sonnenfinder auf ein kleines helles Fenster über einer Tür in einem ansonsten dunklen Raum ausrichten. Für unsere Bedürfnisse ist dies mehr als befriedigend.

### 1.3. Richtungssensorik

#### 1.3.1. Aufgabe

Die Richtungssensorik hat bei unserem Projekt die Aufgabe festzustellen wie sich das Panel relativ zur Sonne befindet, so dass wir davon ausgehend Steuersignal an die Motorikgruppe weitergeben können, um das Panel auszurichten. Ich werde hauptsächlich nur auf die Richtungssensorik eingehen da der Vorne-Hinten-Sensor nur einen Spezialfall der Richtungssensoren darstellt.

#### 1.3.2. Ideen & Entscheidung

Nach der Wahl der Bauelemente und deren Anordnung war klar, dass wir die Bestrahlung der zwei für eine Richtung zuständigen Sensoren über einen Spannungsteiler „auslesen“ und dann vergleichen wollten.

Die erste Schaltungsidee sah vor, die Spannungen von zwei Spannungsteilern (jeweils ein Photowiderstand und ein Widerstand) direkt über einen als Komparator beschalteten Operationsverstärker zu vergleichen. Diese Idee wurde jedoch sehr schnell verworfen, da es mit ihr nicht möglich gewesen wäre, ein 'Nullsignal' auszugeben wenn die jeweilige Richtung ausgerichtet, das heißt, die Einstrahlung auf beide Sensoren genau gleich, ist.

Es wurde die Idee entwickelt die beiden eingehenden Spannungen zu addieren und das daraus gewonnene Signal zu diskretisieren. Nach mehreren theoretischen Überlegungen und Simulationen mit Transistoren als Schaltern wurde schlussendlich die Idee geboren, zwei Operationsverstärker als Komparator zu nutzen, die das Ausgangssignal des Addierers mit einer Referenzspannung vergleichen und dann entweder  $+U_b$  oder  $-U_b$  ausgeben. Diese beiden Ausgangssignale sollten über Dioden so zusammengeschaltet werden das ein Signal mit drei diskreten Zuständen am Ausgang anliegt.

Die Grundlegenden Entscheidungen für das Entwickeln der Richtungssensorik waren somit gefallen.

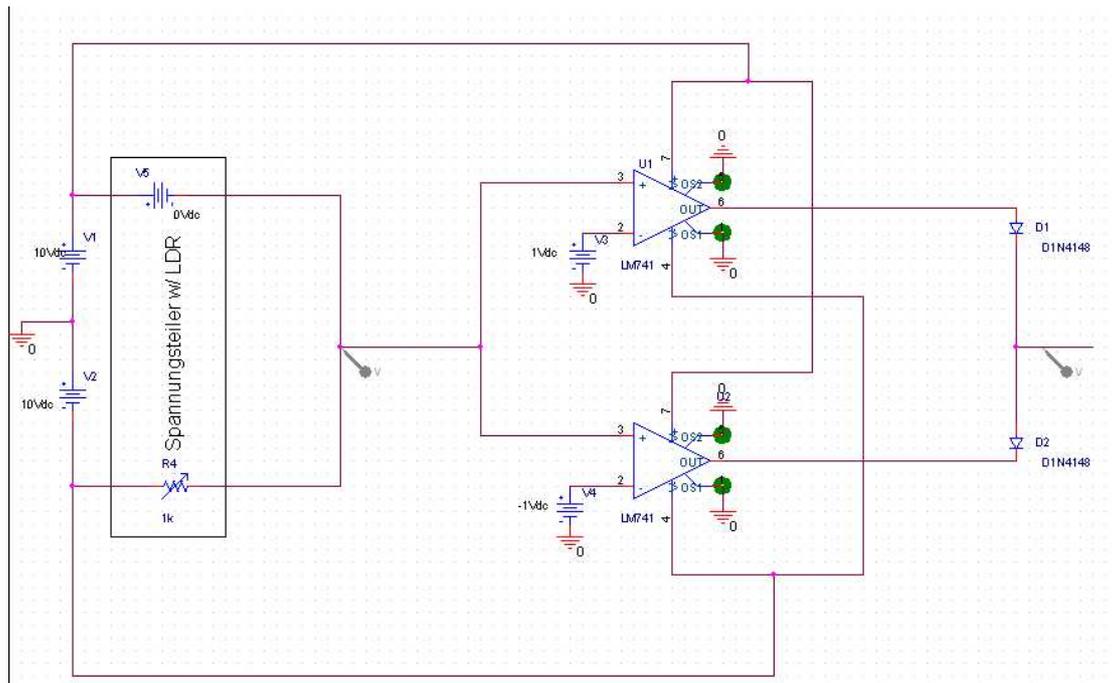


Abbildung 1.2.: Prinzipielles Schaltungslayout der Richtungslogik

### 1.3.3. Entwicklung

Die Schaltung für die wir uns entschieden hatten haben wir als erstes in PSpice simuliert und waren mit den Ergebnissen durchaus zufrieden, alles wie gedacht. Wir haben noch bevor wir die Schaltung das erste Mal aufgebaut haben, erste Optimierungen gemacht und den Addierer, der in unserer Schaltung zum Spannungsfolger verkommen war rausgeworfen. Die so entstandene Schaltung wurde nun aufgebaut.

Der erste Test war überzeugend, nachdem wir die Schaltung auf einer Lochrasterplatte aufgebaut hatten lieferte sie direkt die gewünschten Ergebnisse, auch ein erster Versuch auf dem Dach, zeigte das die Theorie stimmte.

Auch das Zusammenschalten der Schaltungen auf der entgültigen Platine lieferte keine schaltungstechnischen Probleme.

Aber die Optimierung brachte diese mit sich, so wurde auf der zweiten Platinenversion die vier Operationsverstärker der Richtungssensoren durch einen vierfach Operationsverstärker ersetzt, welcher sich jedoch (obwohl als vierfach LM741 beschrieben, der Operationsverstärker den wir benutzen) im Bereich der Eingangsspannung nahe  $+U_b$  völlig untypisch verhielt. Abhilfe schafte hier, nach einigem Überlegen, das Beschalten

der Eingänge über einen  $1\text{ M}\Omega$  Widerstand.

Die Vorne-Hinten-Sensorik war von vorneherein als eine halbe Richtungssensorik geplant, so das Schaltungstechnisch keine Probleme auftraten. Bei den ersten Testläufen des fertigen Sonnenfinders zeigte sich jedoch das wir einen Totpunkt im Hintensensor hatten, welcher daraus resultierte, dass der Schatten des Trägers auf den Sensor fiel und dieser somit die gleiche Beleuchtung hatte wie der Vorne-Sensor.

Diesen haben wir dadurch umgangen das sowohl vorne als auch hinten jeweils vier Sensoren angebracht werden, so das mindestesn drei davon die wirklichen Lichtverhältnisse haben.

#### **1.3.4. Ergebnisse**

Das Ergebnis der Entwicklung der Richtungssensorik ist eine Schaltung die je Richtung einmal existiert und die die über einen Spannungsteiler erhaltene Information über die Beleuchtungsintensität der beiden Sensoren relativ zueinander in drei diskrete Signale umwandelt. Bei dem Spezialfall des Vorne-Hinten-Sensors wird nur ausgegeben ob sich auf der Panelrückseite mehr Licht befindet als vorne, das Panel also falschherum steht, daher ist hier nur die halbe Schaltung erforderlich (zwei statt drei diskrete Signale)

### **1.4. Tag/Nacht Sensor / Schwellwertschalter**

#### **1.4.1. Aufgabe**

Da unser Gerät in der Nacht nicht unnötig Energie verbrauchen sollte, indem es ständig Ruhestrome über die Spannungsteiler fließen lässt oder womöglich auf vorbeifahrende Autos etc. reagiert, mussten wir uns Gedanken über eine sinnvolle Nachtabschaltung machen.

Diese sollte so beschaffen sein, dass bei einer einstellbaren Helligkeit die Signale vollständig von der Ausgabe getrennt sind, so dass die Motorgruppe keine Ansteuerungssignale in der Nacht erhalten kann.

#### **1.4.2. Ideen/Entscheidung**

Zuerst kam uns die Idee, einfach die Richtungssensorikschaltung zu beschneiden und den Komparator mit einer einstellbaren Spannung vergleichen zu lassen um somit eine sinnvolle Abschaltung zu erhalten.

Auf der Suche nach einer Schaltung, die wie ein Schwellwertschalter funktioniert und Transistoren im diskreten Schalterbetrieb enthält, sind wir auf eine Art Schwellwertschal-

ter gestoßen, der nur noch für unsere Bedürfnisse angepasst werden musste. Anpassungen wurden zum Beispiel an den Vorwiderständen durchgeführt, die so dimensioniert werden mussten, dass im Schalterbetrieb nie die Versorgungsspannung gegen Masse geschaltet wird, denn das würde einen Kurzschluss bedeuten, mit dem die Energieversorgung nicht klarkommen würde.

Im Nachhinein stellten wir fest, dass diese Schaltung im Grunde ein klassischer Schmitt-Trigger ist.

### 1.4.3. Entwicklung

Nach mehreren Simulationsdurchläufen und vielen Verbesserungen war eine Schaltung entwickelt worden, die alle geforderten Eigenschaften besaß.

Der Aufbau am nächsten Tag war ein teilweiser Erfolg, denn die Schaltung funktionierte von Anfang an. Das einzige Problem, was noch bestand, war der Pegel, der geschaltet wurde, denn die aufgebaute Schaltung hatte bei unterschiedlicher Beleuchtung nur ca. 2 V Differenz.

Erneuter Aufbau mit den Transistoren, die in der Simulation verwendet wurden, erwies sich als bessere Alternative. Nun war der Schaltpegel groß genug um zur weiteren Verarbeitung zu dienen.

### 1.4.4. Schaltungsbeschreibung

Transistor T1 wird über den Spannungsteiler aus dem Widerstand R1 und dem Fotowiderstand LDR gesteuert. Bei Dunkelheit vergrößert sich der Spannungsabfall über dem LDR und öffnet T1. Die Schaltung kippt um. Der Basisstrom an T2 geht gegen Null und sperrt den Transistor. Vom Kollektor des zweiten Transistors T2 wird die Spannung abgegriffen und stellt damit die Ausgangsspannung bereit. Wenn T2 gesperrt ist, steigt die Spannung schlagartig an.

Bei Helligkeit sperrt T1 wieder und macht T2 leitend. Das Gros der Betriebsspannung fällt über R5 ab, so dass am Anfang die Spannung wieder gegen den Wert Null springt. Hell und Dunkel werden signifikant durch Spannungspegel unterschieden und stehen so der nachfolgenden Auswertung bereit.

Zum Abgleich der Schaltung wird der Spannungsteiler aus R1 und LDR variabel gemacht indem R1 durch ein Potentiometer ersetzt wird. So kann der Schaltpunkt, also die gewünschte Helligkeit den Wünschen entsprechend justiert werden.

In der Simulation haben die Widerstände einen Wert von 9 k $\Omega$ .

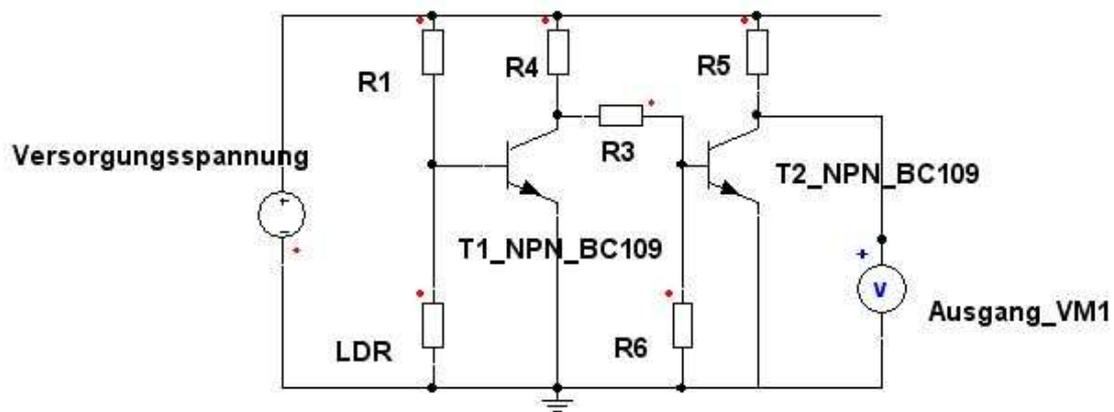


Abbildung 1.3.: Prinzipieller Aufbau des Tag/Nacht-Schwellwertschalters

## 1.5. Tag/Nacht-Abschaltung

### 1.5.1. Aufgabe

Bei zu geringem Licht werden unsere Richtungssensoren unzuverlässig, und das Solarpanel erzeugt kaum mehr Energie. Um Strom zu sparen und effizient zu arbeiten, soll die Tag/Nacht-Abschaltungslogik daher die Sonnennachführung abschalten sobald es zu dunkel ist. Dafür stehen ihr die Daten der Vorne/Hinten-Sensorik und des Tag/Nacht-Sensors zur Verfügung.

### 1.5.2. Ideen/Entscheidung

Als die Idee der Abschaltung aufkam, war es zuerst geplant, nur den Tag/Nacht-Sensor für die Abschaltung zu nehmen. Allerdings kamen bedenken auf, was passiert, wenn Die Sonne von „hinten“ auf das Panel scheint, und der Tag/Nacht-Sensor somit im Schatten liegt.

Deshalb sollte die Abschaltung nur aktiv werden, wenn der Vorne/Hinten-Sensor anzeigt, dass das Panel bereits in die hellste Richtung ausgerichtet ist, und somit der vorne angebrachte Tag/Nacht-Sensor richtige Werte liefert.

Es stand auch zur Diskussion, entweder die Signalleitungen zu unterbrechen oder die Eingänge der Komparatorschaltungen auf Masse zu ziehen. Für die Abschaltung selbst wollten wir Bipolar-Transistoren nehmen.

Wir haben uns zuerst dafür entschieden, die Eingänge der Richtungssensorik und den Ausgang der Vorne/Hinten-Sensorik auf Masse zu ziehen. Bei der Vorne/Hinten-Sensorik

haben wir uns gegen das Abschalten des Eingangs entschieden, da wir dieses Ausgangssignal in der Tag/Nacht-Logik ständig benötigen.

### 1.5.3. Entwicklung

Die Logik ist relativ simpel: Wenn der Vorne/Hinten-Sensor anzeigt, dass wir vorne sind und es trotzdem zu dunkel ist, dann wird abgeschaltet. Beide Sensoren haben Masse auf der Signalleitung, wenn die Bedingung erfüllt ist. Es ist also eine NAND-Operation.

Die beiden Signale haben wir direkt zusammengeschaltet und die Signalleitungen mit Dioden geschützt. Wenn wenigstens eine der beiden Signalleitungen ein +-Signal hat, wird eine Diode leitfähig und auf dem Ausgang liegt + an. Somit mussten wir eine Abschaltung realisieren wenn der Ausgang der Logik auf Masse liegt.

Unser erster Plan war, mit dem Ausgang einen Transistor anzusteuern. Dessen Emitter sollte auf Masse liegen. Die Spannung über C-E wäre dann +Ub wenn der Transistor sperrt (also Ausgang der Logik auf Masse) und Masse wenn der Transistor leitet. Dieses Signal sollte drei weitere Transistoren ansteuern, einen der die Vorne/Hinten-Sensorik Ausgangsleitung abschaltet und zwei die die Richtungssensorik-Komparatoreingänge auf Masse schaltet.

Hierbei gab es zwei Probleme: zum einen hätten wir +Ub ohne Widerstand auf Masse gezogen und so einen Kurzschluß verursacht.

Zweitens: Die Eingänge der Richtungssensoren werden sowohl mit positiven als auch negativen Spannungen gespeist, je nachdem wie sich der Spannungsteiler gerade verhält. Eine Abschaltung mit einem Transistor funktioniert aber NUR in eine Richtung. Mit einem positiven Steuersignal lassen sich positive Spannungen schalten (npn-Transistor) und umgekehrt mit einem negativen Signal negative Spannungen (pnp-transistor). Wir hätten also zwei Transistoren pro Eingang gebraucht und eine sowohl positive als auch negative Steuerspannung.

Die nächste Überlegung war, anstelle der Transistoren ein FET zu benutzen, aber auch hier gab es Probleme: Unsere Signalleitungen laufen auf +Ub/-Ub (9V). Um einen FET zu steuern, muss aber die Steuerspannung positiver als die Positivste oder negativer als die Negativste Drain-Source Spannung sein. Wir hatten keine entsprechenden Spannungen zur Verfügung.

Deswegen kamen wir zu dem Entschluss, ein Relais zu verwenden. Diese Notlösung sieht auf den ersten Blick sehr einfach, zuverlässig und problemlos aus. Allerdings hat ein Relais nur einen geringen Innenwiderstand und einen, für unsere Verhältnisse, großen Strom. Das heißt, unsere Abschaltung verbraucht eine Menge Strom, wenn sie aktiv ist. Dieses Problem ließ sich beim besten Willen nicht lösen, ohne Signalspannungen die deutlich

unterhalb der Versorgungsspannung liegen einzuführen. Dafür war es dann aber, 2 Tage vor Projektende, zu spät.

Immerhin haben wir es geschafft noch eine Menge Strom zu sparen, indem wir den ersten Transistor durch einen FET ersetzt haben. Wir haben das Ausgangssignal von der Steuerlogik invertiert und damit einen FET angesteuert, dessen Source +Ub und Drain das Relais ist. Somit konnten wir immerhin den Strom minimieren, der bei eingeschaltetem Gerät fließt.

#### **1.5.4. Ergebnis**

Die Tag/Nacht-Abschaltung funktioniert einwandfrei. Sollte man aber jemals die Chance haben das Projekt in einer Revision neu zu entwickeln, sollte darauf geachtet werden das die Signalspannungen deutlich unter der Betriebsspannung liegen, um eine Steuerung über FETs möglich zu machen.

### **1.6. Probleme**

Natürlich hat so ein Projekt auch seine Probleme, doch wie man sehen kann an unserem funktionierenden Objekt, alle Probleme konnten hier behoben werden. Im Folgenden gehe ich auf unsere Probleme etwas genauer ein.

#### **1.6.1. Vias**

Dieses Problem ist uns erst nach dem Ätzen und aufbauen unserer ersten Platine aufgefallen, als nämlich nichts funktionierte!

Also Messgerät in die Hand und Schaltung durchmessen, hierbei viel uns auf, das wir an einigen Operationsverstärkern eine negative Betriebsspannung hatten - die wir auch benötigten - und an anderen wiederum nicht. So schauten wir uns die Leitungen etwas genauer an und stellten fest, dass es nur an den Durchkontaktierungen, also den Vias liegen kann. Diese löteten wir nach und siehe da, es tat sich mehr in unserer Schaltung.

Das Problem liegt daran, das die Durchkontaktierungen nicht richtigen Kontakt auf beiden Seiten hatten, hier hilft dann die Vermeidung von Vias so gut es geht und eine Durchkontaktierung mit einem Silberdraht, der ebenfalls auf beiden Seiten der Platine ordentlich angelötet werden sollte und nicht nur ein wenig "geklebt" wird.

### 1.6.2. Ätzen

Das Ätzen fiel uns bei der ersten Platine ziemlich leicht. Doch bei der zweiten und dritten Platine gab es dann so seine Probleme. Nachdem wir die Platine belichtet und entwickelt hatten und ins Ätzbad schoben, fing der Ätzprozess auch gut an, doch nach ein paar Minuten stellten wir fest, dass sich bei beiden Platinen so braunes Zeug löste und das Becken verunreinigte.

Des Weiteren wurde die untere Seite, also die Seite die unten im Becken hing und bei der anderen Platine die obere Seite nicht richtig weggeätzt. Die beiden Platinen konnten wir also nicht gebrauchen. Bei der Fehlersuche kamen wir dann auch später auf unseren Fehler, wir hatten nicht den Lötack nach dem belichten der Platte unter dem laufenden Wasser vorsichtig abgewischt, sondern ihn auf der Platine belassen. Dieser löste sich dann im Ätzbad und schwamm als braunes Zeug durch das Bad ohne sich aufzulösen.

Auch ein Fehler kann schon beim Ausdrucken der Folie passieren, mit der man die Platine dann belichtet. Hier sollte man genauestens nach dem Ausdrucken schauen, ob das Layoutprogramm auch alles und nicht zuviel oder zuwenig ausgedruckt hat, denn sonst hat man schnell eine Platine geätzt, die z.B. keine Masseflächen oder Massepotential hat und daher unbrauchbar ist.

### 1.6.3. Spannungen

Nach Aufbau unserer ersten Testschaltung und Test auf dem Dach in der Sonne (bei dem wir beinahe vom Securitydienst abgeführt worden wären) stellten wir fest, dass wir ganz dringend eine symmetrische Eingangsspannung benötigen, sobald hier eine kleine Verschiebung da ist, wird das richtige Funktionieren unserer Schaltung eher ein Lotteriespiel. Doch die Energieversorgungsgruppe sagte uns zu eine symmetrische Ausgangsspannung zu liefern.

Für eventuelle kurze Schwankungen bauten wir noch große Elektrolytkondensatoren ein, mit der man dann die Spannungen etwas glätten kann.

Ein weiteres Spannungsproblem war unsere Ansteuerung des vierfachen Operationsverstärkers, wir hatten es so ausgelegt, dass er als eine Referenzspannung auch  $\pm UB$  erhalten kann. Doch leider reagierte dieser vierfach OP anders als sein Testvorgänger der LM741, bekam dieser vierfach OP die gleiche Eingangsspannung wie die Betriebsspannung, so schaltete dieser in ein nicht definierbaren Zustand. Lösung: ein hochohmiger Spannungsteiler.

#### **1.6.4. Design-Entscheidungen**

Hier geht es darum, einige Dinge im Layout zu vermeiden oder einfach besser und anders zu machen.

Bei unserer ersten Platine hat man diese Dinge natürlich noch nicht richtig machen können. Eine schöne und sinnvolle Anordnung der Bauteile sollte gegeneinander abgewogen werden, denn nicht immer ist eine schöne Anordnung auch gleich eine sinnvolle. Schön ist, wenn man alle Widerstände zusammen, alle Elkos zusammen, etc. Doch führt dies häufig zu einer Verdrahtung die eher kompliziert wird und bei einer Fehlersuche ein Finden des Fehlers erschwert. Also sollte man versuchen die Platine sinnvoll aufzubauen, dabei aber das Auge nicht ganz außen vor lassen. Sinnvoll ist es meist, bestimmte Schaltungsteile in dem einen Bereich der Platine aufzubauen und so eine Teilung der einzelnen Stufen der Schaltung zu ermöglichen.

Die Durchkontaktierung ist auch so ein Problem. Man sollte versuchen auf einen Via an Bauteilfüßen zu verhindern, da sich nicht alle Bauteile gut auf beiden Seiten löten lassen, z.B. Elkos. Auch ist es beim auslöten von Bauteilen viel einfacher nur auf einer Seite löten zu müssen.

#### **1.6.5. LED-Anzeigen**

Auf einem unserer Termine in versammelter Mannschaft, stellte sich heraus, das es sinnvoll wäre bestimmte Signale oder Spannungen mit einer LED an zu zeigen, da so bei eventuellen Fehlern eine Fehlersuche auf den Platinen eingeschränkt werden könnte. So entwickelten wir unsere Schaltung mit LED-Anzeigen für die Betriebsspannungen und für die bestimmten Signalzustände. Dieses tat auch die Motorik-Gruppe. Beide Gruppen nahmen die Leistung direkt von der Signalleitung ab. Beim Stöpseltermin stellten wir dann fest, dass die Spannung, die dann bei der Motorikgruppe ankommt, soweit zusammenbricht, dass eine Steuerung der Motoren nicht mehr möglich war. So entschieden wir uns dafür, dass es reicht wenn eine Gruppe die Signale anzeigt und änderten unsere Schaltung in eine, die nur die Betriebsspannung direkt auf der Platine anzeigt. Damit war dieses Problem auch gelöst.

## 1.7. Bauteile & Schaltplan

BEZEICHNUNG	BAUTEIL	GESAMTANZAHL
<b>Jumper, Steckverbinder</b>		
JP1 - BUS Connector	Harting 32Pin Connector - in EAGLE 19inch->VG32->VG32P	1
JP_RS1_VHS_RS2	3-fach Jumper	1
JP_UB+, JP_C_UB+, JP_UB-, JP_C_UB-, JP_REF+, JP_REF-, JP_RS1_REF, JP_RS2_REF, JP_VHS_REF, JP_NOFF_C, JP_NOFF_B, JP_NOFF_LED	Jumper	12
Frontplattenbuchse	SUB-D, 9pin	1
<b>Widerstände</b>		
R_REF+, R_REF-	470k $\Omega$	2
R_REF+_POTI, R_REF-_POTI	100k $\Omega$	2
R_RS1_POTI, R_RS2_POTI, R_VHS_POTI	1k $\Omega$	3
Fortsetzung auf der nächsten Seite		

Tabelle 1.1 – Fortsetzung von der vorherigen Seite

BEZEICHNUNG	BAUTEIL	GESAMTANZAHL
R_FET_NOFF	1M $\Omega$	1
R_LED_UB+, R_LED_UB-	3900	2
R_TN_1, R_TN_2, R_TN_3, R_TN_4, R_TN_5	1k $\Omega$	5
R_TN_POTI	5k $\Omega$	1
Sensor-LDR	LDR - CDS Fotowiderstand	13
<b>IC</b>		
IC1A IC1B IC1C IC1D IC1_POWER	4fach LM741 - RC 4136N	1
OP_VHS, OP_VHS1	LM741	2
<b>Andere</b>		
C_UB+, C_UB-	Kondensator, 2200 $\mu$ F	2
LED_UB+, LED_UB-	LED, 5mm, rot	2
D_RS1_+, D_RS1_-, D_RS2_+, D_RS2_-, D_VHS, D_VHS_NOFF, D2, D_TN_NOFF	Diode, 1N4007	8
T_TN_1, T_TN_2	Transistor, BC109C	2
T1	JFET, BF-245C	1
K1	Relais, OMRON G5V-2-H	1

Tabelle 1.1.: Übersicht über Art und Menge der verwendeten Bauteile

PIN	SIGNAL
-----	--------

1	$U_b+$
2	RS1_Oben
3	RS2_Oben
4	VHS_Oben
5	$U_b-$
6	RS1_Unten
7	RS2_Unten
8	VHS_Unten
9	T/N-Sensor

Tabelle 1.2.: Steckerbelegung D-SUB – Sensoreingang

## 1.8. Fazit der Gruppenarbeit

### Matthias

- gut
- natürlich nicht immer gute Aufgabenverteilung, hierfür fehlte wahrscheinlich die Praxis in Projektarbeit, freie Ressourcen hätten hier vielleicht schon in die Dokumentation gesteckt werden können
- gefiel mir sehr gut, als in der letzten Woche relativ viele unabhängige Aufgaben in der Gruppe verteilt werden konnten

### Micha

- befriedigend
- gute Zusammenarbeit, jedoch nicht immer was zu tun für alle aus der Gruppe
- bessere Arbeitsteilung erforderlich (wie z.B. in der dritten Woche)
- teilweise schlechtes Klima innerhalb der Gruppe

### Theo

- Die Gruppe war zu groß, meistens haben nur 2 oder 3 Leute wirklich gearbeitet.

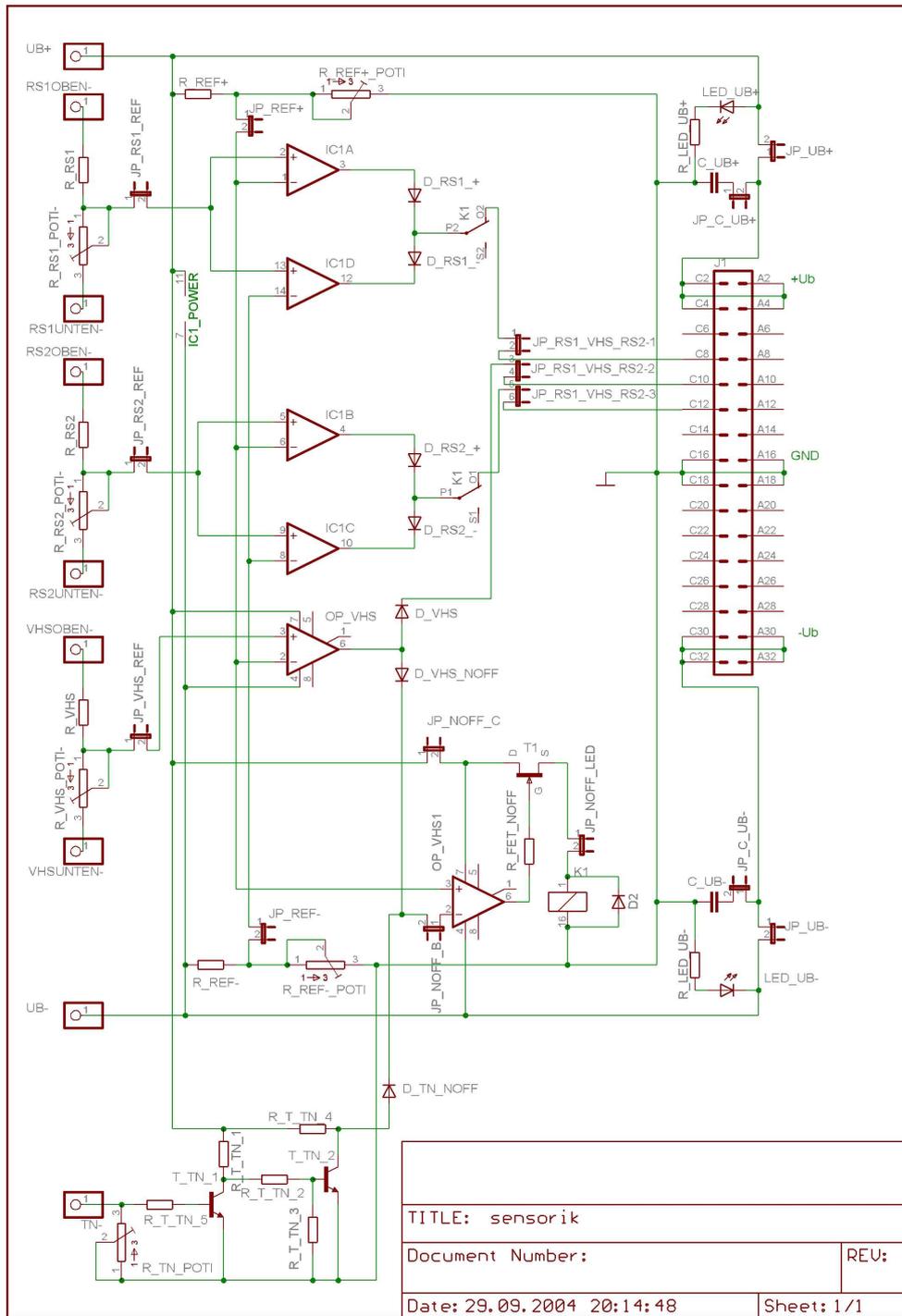


Abbildung 1.4.: Gesamtschaltplan der Sensorikschaltung

- Der Zusammenhalt war gut, nur als nach drei Wochen kurz vor der Deadline noch nicht alles richtig lief, lagen die Nerven bei allen blank was zu Stress geführt hat

### **Ruben**

- im Großen und Ganzen gut
- die Arbeitsteilung war manchmal ungünstig, da häufig zu viele Leute für zu wenig Arbeit anwesend waren
- kleine Stresssituationen gab es, doch dauerten sie immer nur kurz an
- Funktion der Schaltung zeigt ein erfolgreiches Projekt

### **Daniel**

- prinzipiell gut
- die Zusammenarbeit war bis auf Ausnahmen ziemlich gut, diese Ausnahmen waren eigentlich immer übermüdete Studenten. . .
- die Gruppe war für die von ihr bearbeitete Aufgabe manchmal einfach zu groß, so das es vorkam, daß nicht jeder etwas zu tun hatte
- manchmal schlechtes Gruppenklima, auch das wurde fast nur durch unzureichenden Schlaf bedingt, und die dadurch entstehende Einsichtslosigkeit

## 2. Gruppe Motor/Steuerung

Ghassan Awad, Yasemin  
Cankatan, Martin Henning,  
Daniel Jänike, Monica T.  
Münster

### 2.1. Einleitung

Zunächst haben wir als Gruppe unsere Aufgabe definiert. Wir kamen auf folgende Ideen:

Die Mechanik sollte sowohl horizontale wie auch vertikale Bewegungen ausführen können. Die horizontale Achse sollte sich um 360 Grad drehen können und die vertikale Achse um 90 Grad kippen lassen. Daraus ergab sich, dass wir 2 Motoren brauchen würden. Als Konzeptvorlage nahmen wir uns eine Flak (näheres dazu im Mechanikteil).

In Absprache mit der Sensorik-Gruppe setzen wir folgende Eigenschaften fest.

- Wir bekommen von der Sensorik-Gruppe diskrete Signale.
- Für die horizontale Achse ein positives ein negatives und ein Nullsignal. Das gleiche gilt für die vertikale Achse.
- Damit der Sonnenfinder die Sonne auch findet, falls seine Rückseite beschienen wird, brauchten wir ein Vorne/Hinten-Signal (welches später Tag/Nacht-Signal genannt wird).

### 2.2. Ideen

Als nächstes sollte eine logische Schaltung konzipiert werden. Diese Schaltung steuert die Drehbewegungen der jeweiligen Motoren. Dabei hängen die Bewegungen von den vom Sensor empfangenen Signalen ab. Um eine digitale Schaltung zu entwerfen, haben wir zunächst eine Wahrheitstabelle erstellt. Daraus folgerten wir die folgende Schaltung Bild 2.1.

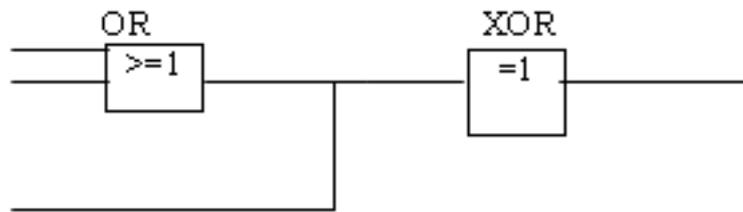


Abbildung 2.1.: Schaltplan der Logik zur Motoransteuerung

<b>TAG(0)</b> <b>NACHT(1)</b>	<b>DREHACHSE</b>	<b>KIPPACHSE</b>	<b>LINKS(-)</b> <b>RECHTS(+)</b>	<b>OBEN(-)</b> <b>UNTEN(+)</b>
0	links drehen		-	1
0	rechts drehen		+	1
0		oben kippen	1	-
0		unten kippen	1	+
1	drehen bis Tag/Nacht=0		1	1

Tabelle 2.1.: Wahrheitstabelle für Ansteuerung der Solarzellenmotoren

Anmerkung: Da die beiden Achsen getrennt von einander angesteuert werden, müssen die Kombinationsmöglichkeiten der beiden Achsen miteinander nicht berücksichtigt werden.

Wir haben angenommen, dass ein Sensor beim Empfang von Sonnenstrahlen bzw. -energie kein Signal gibt. Das bedeutet an unserem Schaltungseingang 0. Umgekehrt bei Nichtempfang erhalten wir das Signal 1.

1 bedeutet: Der Motor soll sich drehen.

0 bedeutet: Der Motor soll sich nicht drehen.

In der ersten Verknüpfung wird festgestellt, ob es Tag(0) oder Nacht(1) ist. Das erste Gatter bestimmt die horizontale Drehung der Platte bzw. die Bewegung des ersten Motors. Das andere Gatter hingegen entscheidet über die vertikale Drehung - die Bewegung des 2. Motors. Es klappte bis auf den Fall : 1 1 | 0 (XOR-Gatter) Wir kamen auf die Idee die Motoren mittels Gegentakt-Verstärkung anzusteuern

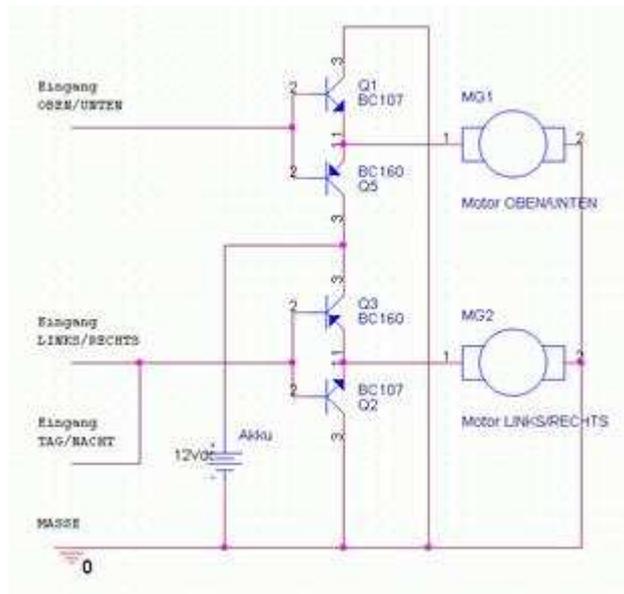


Abbildung 2.2.: Schaltplan Gegentakt-B betriebene Verstärkerschaltung

Diese sollte nun mit PSpice simuliert werden. Da die Schaltung vierteilig ist, gab es Komplikationen: Bei Eingang des Signals 1 war der Ausgangstrom 12 V, beim Signal 0 lag die Spannung auf 5 V statt 0V. Mittels des Simulationsprogramms haben wir nach geeigneten Transistoren sowie Transistorschaltungen gesucht. Einfache Schaltungen mit einem Transistor ließen sich simulieren.

### Der nächste Versuch

Wir nahmen eine Gegentakt B-Schaltung aus dem ET1a-Skript als Vorlage und bauten mittels PSpice eine Gegentaktschaltung. Wir erwarteten von der Gegentaktschaltung, dass diese sowohl das negative als auch das positive Sensoriksignal verstärken würde. Nun simulierten wir diese und es trat leider nicht der von uns erwartete Effekt ein. Das positive Signal wurde so gut wie eins zu eins weitergeleitet, das negative wurde ignoriert und ergab beim Ausgang keine Spannung, also 0. Nach weiterem Probieren und leichten Veränderungen änderte sich nichts, ausser dass das positive Signal mal ein bißchen mehr, mal weniger verstärkt wurde.

Der entscheidene Durchbruch kam, als wir auf die Idee kamen den Transistor nicht als Analogverstärker zu benutzen sondern rein als Schalter.

Davon ausgehend den Transistor als Schalter zu benutzen, entwarfen wir einen neuen Schaltkreis mit dem wir unseren Motor trotz einer Gleichspannungsquelle mit konstant

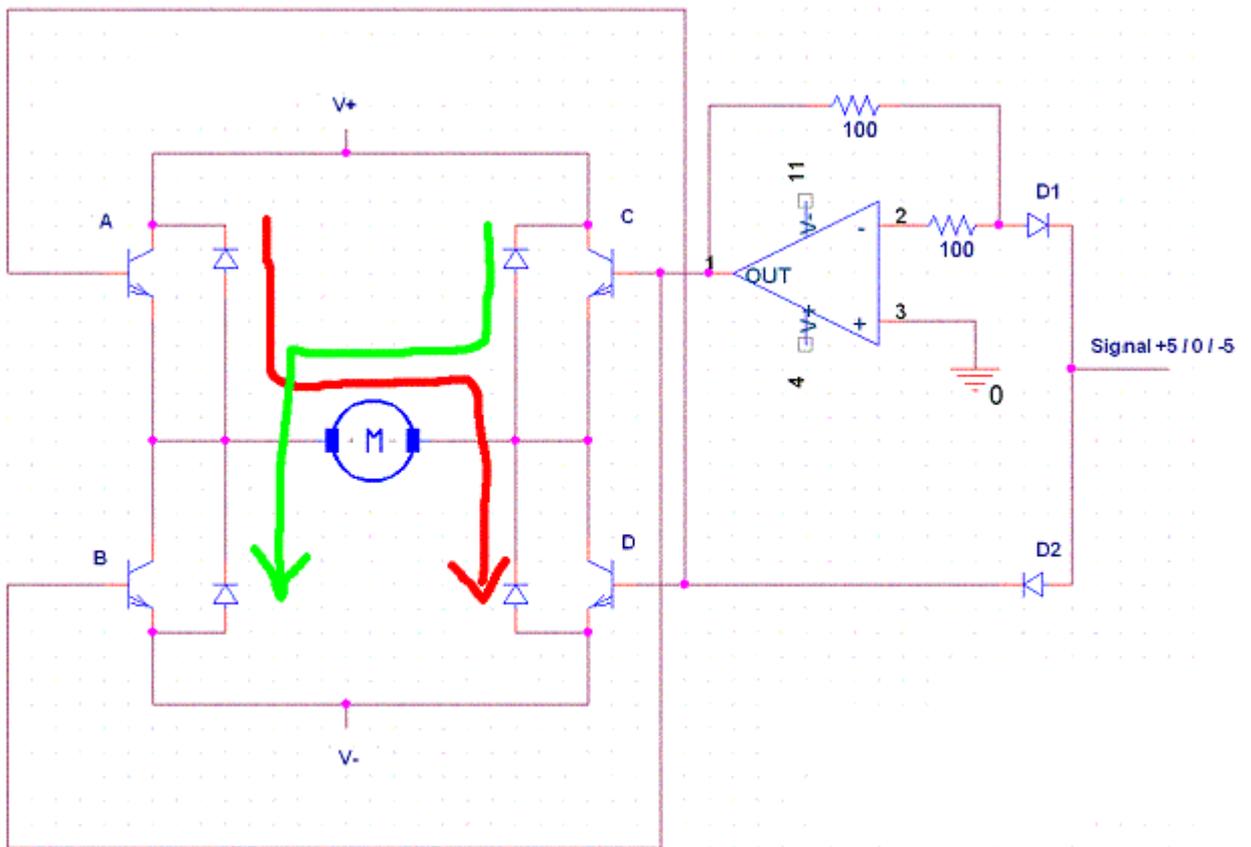


Abbildung 2.3.: Schaltplan der Motoransteuerung

positiver Spannung in zwei Richtungen drehen konnten. Mittels Internetrecherche stießen wir auf eine H-Brückenmotoransteuerung, die so ziemlich das war, was wir uns ausgedacht hatten.

## 2.3. Die H-Brücke

Bei dieser Schaltung sind entweder die Transistoren A und D mit Basisstrom versorgt und leiten die Versorgungsspannung durch den Motor (Fall rot), oder die Transistoren B und C werden mit Basisstrom leitend gemacht (Fall grün).

Die 4 Dioden dienen als Schutz, damit die beim Ausschalten entstehende Spannung freilaufen kann. Um auch beim Fall grün die Transistoren ansteuern zu können, mussten wir das Signal invertieren. Dazu splitten die Dioden D1 und D2 das Signal auf und geben

das positive Signal ungefiltert weiter, hingegen invertiert die OP Schaltung das negative Signal in ein positives Signal.

Wir zogen auch die Möglichkeit in Betracht die H-Brücke mit 2 verschiedenen Transistortypen zu betreiben um somit die OP-Schaltung wegzulassen. Jedoch ist es sehr schwer zwei komplementäre Transistoren zu finden, die gleiche oder fast gleiche Spannungs- und Stromverhältnisse in der Schaltung erzeugen wie es bei 4 Transistoren gleicher Bauart der Fall wäre. Somit wurde diese Idee wieder verworfen

## 2.4. Vom Schaltbrett zur fertigen Platine

Nach dem wir mit der H-Brückenmotoransteuerung eine theoretische Lösung gefunden hatten, galt es nun die ersten praktischen Erfahrungen mit der H-Brücke zu machen.

Als nächstes wurden 2 Motoren gekauft, jeweils 12V DC Motor mit Planetengetriebe. Der eine schafft 10U/min (für das Solarmodul) der andere 60U/min. Erste Tests ergaben, dass die Motoren auch unter Vollbelastung nicht mehr als 400mA ziehen, außerdem laufen sie mit weniger als 12V Versorgungsspannung (nur etwas langsamer). Da wir die Motoren jeweils mit einer H-Brücke ansteuern, beschränkten wir uns darauf erstmal nur eine lauffähige H-Brücke zu konstruieren im speziellen mittels Kabeln zusammenzulöten. Hierzu gab es wie bereits erwähnt verschiedene Lösungsansätze, u.a. entweder mit 4 npn-Transistoren und einen OP oder mit 2 npn und 2 pnp-Transistoren.

Nachdem die ersten beiden aufgebauten Schaltungen nicht die gewünschten Ergebnisse zeigten, wurde versucht die Schaltung modular aufzubauen und alle Module einzeln zu testen. Die einzelnen Transistoren schalteten bei einer Basisstromeinprägung mit 40mA (realisiert durch 500 $\Omega$  Vorwiderstände). Trotzdem ließ sich die Gesamtschaltung mit 2 npn- und 2 pnp- Transistoren nicht funktionsfähig aufbauen.

Auf anraten eines Tutors versuchten wir nun einen Teilstrang der H-Brücke auf einem Steckbrett zu konstruieren, d.h. ohne dem Verlöten von Kabeln. Der Versuch gelang. Schrittweise wurde nun eine H-Brücke mit 4 npn-Transistoren realisiert (ohne OPV als Invertierer, d.h. wir haben die Basis der Transistoren direkt mit einem positivem Signal angesteuert) . Es wurden zwar des öfteren durch falsche Basisstromberechnungen Transistoren zerstört, jedoch waren diese in Sekundenschnelle ausgewechselt. Somit zeigte sich deutlich der Vorteil des Steckbretts gegenüber dem Löten:

schneller Bauteilwechsel (bei Zerstörung des Bauteils), weniger fehleranfällig da keine kalten Lötstellen auftreten können und letztendlich ist ein Steckbrett auch weitaus übersichtlicher als zusammengelötete Kabel und Bauteile. Als nächstes musste wir uns mit dem Operationsverstärker befassen, der das negative Signal der Sensorik-Gruppe

invertiert, also positiv "macht". Ein OPV kann verwendet werden, um eine Eingangsspannung exakt zu invertieren. Der nichtinvertierende Eingang des OPV wird dazu an Masse gelegt. Die Spannung am invertierenden Eingang stellt sich ebenfalls auf Null ein. Verwendet man zwei gleiche Widerstände im Gegenkoppelzweig, dann stellt sich bei einer Eingangsspannung von  $-9V$  (dies ist die Signalspannung die uns betragsmässig von der Sensorik-Gruppe zu gesagt wurde) eine Ausgangsspannung von  $+9V$  ein, so dass die Spannung am invertierenden Eingang gerade Null ist. Ein Operationsverstärker (OP) Typ AD/820 und zwei Dioden, die das positive und negative Signal trennen, komplettierte unsere Schaltung. Der Motor dreht sich nun je nach Signal in eine Richtung. Allerdings stellten wir fest, dass erstens die Drehzahl viel zu niedrig ist und zweitens genau die Transistoren heiß wurden, die an Masse lagen, weil gemessen wurde, dass der ganze Strom über diese floss.

Dies lag wiederum daran, dass an den beiden Transistoren, die an der Betriebsspannung lagen nicht genug Basis-Emitter-Spannung ( $U_{be}$ ) herrschte. Was auch der Grund war, dass der Strom nur über die Transistoren floss, die an Masse liegen bzw. bei denen die Spannung  $U_{be}$  hoch genug ist, um Strom durchfließen zu lassen. Lösungsansätze zum Ausgleich der  $U_{be}$  Spannung von den 4 Transistoren: Basisvorwiderstände neudimensionieren und eventuelle eine Vorverstärkerstufe vor die beiden Transistoren deren  $U_{be}$  Spannung nicht ausreichend war.

Sowohl die Vorverstärkerstufe(Leistungsstufe) als auch die Neudimensionierung der Basisvorwiderstände, brachten den gewünschten Effekt. Der Motor drehte sich nun nahezu gleichschnell in beide Richtungen und keiner der Transistoren wurde heiß. Als letztes musste das Tag/Nacht-Signal der Sensorik-Gruppe sinnvoll in unsere Schaltung eingebaut werden. Das T/N-Signal soll uns zeigen, welche Seite unserer Solarzelle beschienen wird. Wenn von der Sensorik-Gruppe auf der T/N-Leitung ein positives Signal kommt, bedeutet dies für uns (Steuerung-Gruppe) ,dass sich die Solarzelle mit dem Rücken zur Sonne befindet und die Zelle sich horizontal drehen soll, bis das positive Signal zum Nullsignal wird.

Der erste Versuch mit Operationsverstärker (geschaltet als Nicht-Invertierender Verstärker): Vorbemerkung: da wir uns bei positiven Signal horizontal drehen wollen, war klar, dass wir mit dem T/N-Signal den Links/Rechts-Motor ansteuern mussten. Dies bedeutete; das L/R- Signal mit dem T/N -Signal zu koppeln. Da wir von der Sensorik-Gruppe die Vorgabe bekamen dem T/N-Signal Priorität zuzuordnen, kamen wir auf die Idee mittels eines FET-Transistors das L/R-Signal über einen Lastwiderstand auf Masse zu ziehen, falls auf der T/N-Leitung ein positives Signal anliegt. Wenn auf der T/N-Leitung kein Signal liegt, also Nullsignal, bleibt der FET-Transistor offen und ein OPV

- geschaltet als Nicht-Invertierender Verstärker - leitet das Signal an unsere H-Brücke weiter. Dies war die Theorie, da jedoch nach stundenlangen Tests keine erfolgreiche Weiterleitung des Signals über den OPV erreicht wurde und die Zeit drängte, entschieden wir uns statt der OPV-Schaltung ein Relais zu benutzen. Das Relais schaltet bei Nullsignal auf der T/N-Leitung das L/R-Signal frei und überlässt die horizontale Motorsteuerung dem L/R-Signal. Bei positivem T/N-Signal wird das L/R-Signal ignoriert und positive Betriebsspannung als Signal an die horizontale Motorsteuerung gegeben, welches eine einseitige horizontale Drehung bewirkt. Sobald das positive Signal verschwindet, also Nullsignal auf der T/N-Leitung anliegt, wird die horizontale Motorsteuerung dem L/R-Signal übertragen.

Nachdem nun eine komplette Motoransteuerungsschaltung funktionsfähig war, wurde eine Gesamtschaltung, d.h. mit zwei H-Brücken, also für beide Motoren, mittels Eagle auf Papier gedruckt und mit dieser Vorlage unsere erste Platine geätzt. Zu nächst wurden alle Bauteile einer H-Brücke aufgelötet und versucht diese zum Laufen zu bringen. Dies schlug fehl. Nun wurden alle Bauteile eingelötet, um eventuell übersehene Vias anzuschliessen. Prompt funktionierte eine der beiden H-Brücken, jedoch die andere nicht. Mittels stundenlangen Messen wurde zu nächst festgestellt, dass ein paar der verwendeten Transistoren nicht funktionstüchtig waren. Um zu vermeiden, dass ein kaputter Transistor die Schaltung lahm legt, wurden alle Transistoren ausgelötet und für jeden Transistor eine Fassung eingelötet so dass, die Transistoren nur noch eingesteckt werden musste und schnell ausgewechselt werden konnten. Das gleiche Prinzip wurde auch für die OPVs verwendet.

Jedoch funktionierte die eine H-Brücke immernoch nicht. Nach weiterem Messen wurde festgestellt, dass sich auf einer Leiterbahn ein Potentialunterschied von knapp 8V einstellte, dies bedeute also, dass die Leiterbahn kaputt war, z.B. einen Riss oder ähnliches hatte, auf alle Fälle war der Stromkreis hier unterbrochen. Mittels eines Kabels wurde dies Stelle überbrückt. Ergebnis: Die gesamte Schaltung funktionierte.

Am Stöpseltermin wurden alle drei Teilschaltung der jeweiligen Gruppe zusammengesteckt und getestet. Es stellt sich heraus, dass die Sensorik-Gruppe nicht die von ihnen zugesagten +9V,-9V Signalspannung erbrachte sondern weitaus weniger (so um die 4- 5 V) was nicht ausreichte um unsere H-Brücken anzusteuern. Da wir zu diesem Zeitpunkt eine zweite etwas übersichtlichere funktionierende Platine erstellt hatten, wurde die ältere der Sensorikgruppe zum Testen überlassen. Die zweite Platine sollte nun vollständig betriebsbereit gemacht werden. Es fehlte noch die Frontplatte und die Kabelverbindungen zu den Motoren und Endanschlügen.

Die Idee Endanschlüge in unsere Schaltung einzubauen, ergab sich aufgrund der Vor-

aussetzung, dass sich der vertikale Motor (also der für die Kippbewegung) nur um 90 Grad drehen dürfe, um eine Umkehrung der Links/Rechts-Achse zu verhindern. . Zu letzt wurde ein Layout für unsere Frontplatine erstellt. Sie beinhaltet zwei LED-Kreuze für Signal- und Motorrichtung und eine Anschlags-LED in der Mitte. Nun mussten die Kabel zu den Motoren und den Endanschlägen gelegt werden. Nach kurzer Diskussion wurde ein 9-poliger Sub-D Stecker zur besten Lösung deklariert und das Layout der Frontplatte noch einmal kurzfristig um einen Sub-D Anschluß ergänzt.

PIN	SIGNAL
1	Drehmotor
2	Drehmotor
3	Kippmotor
4	Kippmotor
5	OUT-Signal Anschlag links
6	IN-Signal Anschlag links
7	Masse für Endanschläge
8	IN-Signal Anschlag rechts
9	OUT-Signal Anschlag rechts

Tabelle 2.2.: Steckerbelegung D-SUB – Motoransteuerung

Die Frontplatte wurde mit Bohrlöchern versehen und die Belegung des Steckers gelötet. Endlich konnte dann das Endergebnis bestaunt werden: Eine vollfunktionsfähige Motorsteuerungsplatine mit LED Anzeige und Peripherieanschluß an der Frontplatte.

## 2.5. Theorie der endgültigen Schaltung

Wie bereits in der Dokumentation erwähnt bekommen wir von der Sensorik quasi-digitale Signale. Es soll nun am Beispiel einer H-Brücke unserer System der Motoransteuerung erklärt werden.

Folgende Signale werden uns von der Sensorikgruppe geliefert: ca +8V, 0,-8V . Die Signalleitung auf den diese drei Singal ankommen wird in zwei parallele Leitungen aufgeteilt mit komplementären Dioden. Dies soll das positive 8V Signal vom negativen -8V signal trennen. Das negative Signal wird nun an den invertierenden Eingang eines OPVs gelegt und durch 2 Widerstände wird das negative Signal in ein positives invertiert.

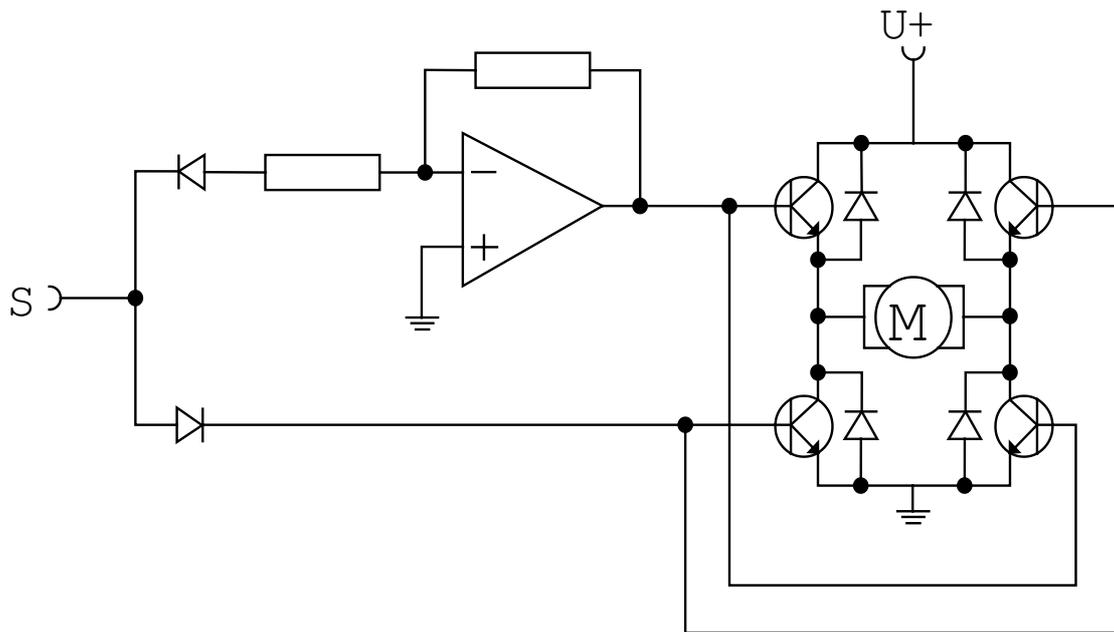


Abbildung 2.4.: Schaltplan H-Brückenschaltung inkl. Signalvorverarbeitung

Man nennt diese Art der Beschaltung auch invertierender Verstärker. Mit folgender Formel lässt sich  $-R_2/R_1 \cdot U_e$  der Verstärkungsfaktor festlegen. Da wir als Ausgangssignal die maximale Betriebsspannung haben wollen, wurde ein Widerstandsverhältnis von  $\gg 1$  gewählt. Wobei der Widerstand  $R_1$  auch als Basisvorwiderstand für den folgenden Transistor dient. Dieser Transistor soll garantieren das wir zur Ansteuerung der H-Brückentransistoren fast volle Betriebsspannungen benutzen können (ca 8.3V). Nach dem nun das negative Signal vom positiven getrennt wurde, invertiert wurde und mittels einer Leistungsstufe auf fast volle Betriebsspannung gebracht wurde, steuert es nun über Basisvorwiderstände 2 der 4 npn- Transistoren in der H-Brücke an, und zwar einen der oberen beiden Transistoren und der ihm gegenüberliegende untere Transistor. Das heisst für jede Drehrichtung des Motors sind 2 Transistoren in der H-Brücke zuständig.

Da man mit einem positiven Signal Transistoren durchschalten kann, brauchten wir hier keinen OPV der das Signal invertiert. Jedoch wird auch das positive Signal bevor es zum Ansteuern von 2 H-Brückentransistoren genutzt wird, über einen weiteren Transistor auf fast volle Betriebsspannung gebracht. Nach dieser Leistungsstufe wird das positive Signal über Basisvorwiderstände an die übrigen 2 H-Brückentransistoren angelegt.

Die Basisvorwiderstände regeln den Basisstrom der Transistoren. Da sich die Spannungsverhältnisse der unteren Transistoren (spezielle  $U_{ce}$  und  $U_{be}$ ) bei durchgeschalte-

ten oberen Transistoren stark zum negativem verändern, also absinken, mussten wir bei den Basisvorwiderständen darauf achten das die oberen Transistoren nicht zu viel Basisstrom bekamen und somit nicht voll ständig durchschalteten so das die Uce- Spannungen der unteren Transistoren ausreichten um diese zum Schalten zu bringen. Letztendlich führte dies dazu, dass die Basisvorwiderstände der oberen Tranistoren etwa doppelt so gross waren wie die unteren Basisvorwiderstände, jedoch beide Basisströme aufgrund der unterschiedliche Spannungsverhältnisse etwa gleich groß waren.

## 3. Gruppe Energieversorgung

Stephan Ey, Christian R. G.  
Gallrapp, Stefan Rauhut

### 3.1. Aufgabenbeschreibung

Die Energieversorgungsgruppe hatte zwei primäre Aufgaben. Eine dieser beiden war, eine Möglichkeit zu finden, die durch die Solarzellen erzeugte Energie zu speichern. Die zweite Aufgabe bestand darin, den beiden anderen Teilgruppen, die für sie erforderlichen Spannungen zum Betrieb ihrer Schaltungen zur Verfügung zu stellen.

Bei der Entwicklungsarbeit kamen wir zu der Überzeugung, dass es sinnvoll wäre, einige visuelle Kontrollmöglichkeiten zu haben. Deshalb entschieden wir uns dafür, die Schaltung zu erweitern um einen Ladezustandsanzeiger, der mit Hilfe von zwei LEDs anzeigt, ob die Akkus geladen werden und zwei Ladestandsanzeigen die den aktuellen Ladestand der Akkus anzeigen.

### 3.2. Reflektion der Gruppenarbeit

Die Arbeit innerhalb der Gruppe war sehr harmonisch. Bei den gemeinsamen, morgendlichen Frühstücken wurden die Aufgaben und Teilprojekte besprochen und verteilt. Mit der Zeit lernte sich die Gruppenmitglieder besser kennen und die Stärken und Schwächen der Einzelnen kristallisierten sich nach und nach immer mehr heraus. Dies eröffnete uns die Möglichkeit besser auf Probleme der anderen einzugehen, wodurch der Lernfaktor enorm gesteigert werden konnte. Bei gelegentlichen Feierabendbieren konnten die Beziehungen auch auf den privaten Raum ausgedehnt werden, was das Arbeiten auch sehr angenehm machte.

Rivalitäten zwischen den einzelnen Teilgruppen traten nicht auf, stattdessen fand ein stetiger Informationsaustausch zwischen den verschiedenen Gruppen statt, durch den die zwischenmenschlichen Beziehungen zwischen den Gruppenmitgliedern ebenfalls verbessert werden konnten. Außerdem war jede Gruppe immer genau darüber informiert, wie der aktuellen Stand in den anderen Gruppen ist, oder ob es möglicherweise Änderungen im Aufbau einer Teilgruppe gibt, die ebenfalls Änderungen der anderen Gruppen

verlangt.

### 3.3. Entwicklungsarbeit

Bei der Entwicklungsarbeit standen wir zuerst vor dem Problem, für welche Solarzellen und Akkumulatoren wir uns entscheiden sollten. Da wir über die Akkus des letzten Projektlabors verfügen konnten, entschieden wir uns für diese zwei 12V Akkus mit je 2,2Ah. Nach dem Studium verschiedener Elektronikataloge entschieden wir uns für 10 Solarzellen mit einer angegebenen Spannung von 3V und 80mA.

Zu Beginn hatten wir den Plan die Akkus in Reihe zu betreiben, da wir davon ausgingen, dass die anderen Gruppen mit einer Versorgungsspannung von 12V auskommen würden. Dazu wollten wir jeweils 5 Solarzellen in Reihe parallel schalten, um eine Ausgangsspannung von 15V und einen Strom von 160mA zum Laden der Akkus zu erhalten. Da wir zuerst dachten, dass um die Akkus zu laden eine Ladespannung von 12V benötigt wird, beschlossen wir einen Spannungsregler von 12V aufzubauen, mit dem wir die Akkus laden wollten.

Da wir beim Schnittstellentermin von unserem Betreuer darauf aufmerksam gemacht wurden, dass die Ladespannung der Akkus nicht bei 12V, sondern bei 13,6V liege, mussten wir unseren Spannungsregler neu dimensionieren. Bei besagtem Schnittstellentermin einigten wir uns mit den anderen Gruppen auf eine Betriebsspannung von +10V, 0V und -10V. Deshalb beschlossen wir zwei Spannungsregler mit 13,6V und zwei mit 10V aufzubauen und jeweils 5 Solarzellen zum Betreiben eines der 13,6V Spannungsreglers und somit zum Laden eines Akkus zu benutzen. Anschließend sollte die Spannung der Akkus mit Hilfe des 10V Spannungsreglers transformiert werden und durch die Reihenschaltung des Spannungsreglers virtuelle 0V erzeugt werden, zu welcher der positive Ausgang des einen Spannungsreglers die +10V und der negative Ausgang des anderen Spannungsreglers die -10V Betriebsspannung ausgibt. Nachdem wir eine Versuchsschaltung aufgebaut hatten, erfuhren wir von der Sensorikgruppe, dass diese eine symmetrische Spannung benötigt, da diese einen Spannungsteiler betreiben, der auf die Betriebsspannung abgeglichen sein muss, damit es nicht zu falschen Signalen kommt. Da die von uns geplante Schaltung zwar anfangs auf eine symmetrische Spannung eingestellt werden kann, können wir jedoch nicht garantieren, dass diese auch bei längerem Betrieb konstant bleibt. Eine Mögliche Fehlerursache könnte sein, dass eine oder mehrere Solarzellen durch ein Blatt abgedeckt werden könnten, was verhindern würde, dass beide Akkus gleich geladen werden und so bei einer Unterschreitung von 10V eines der Akkus die Symmetrie der Betriebsspannung nicht mehr gewährleistet ist.

Aus diesem Grund und um unnötigen Platz und Leistungsverluste entgegenzuwirken, versuchten wir eine Schaltung zu entwerfen, die besser für unsere Bedürfnisse geeignet ist. Dabei hatten wir die Idee, die 10 Solarzellen in Reihe zu schalten, um eine Spannung von 30 V zu erreichen, welche wir anschließend mit einem 27,6 V Spannungsregler transformieren wollten, um die ebenfalls in Reihe geschalteten Akkus gleichmäßig zu laden.

Von dort wollten wir anstelle der zwei 10 V Spannungsregler mit einem 18V Spannungsregler die Grundversorgungsspannung realisieren, welche wir anschließend mit einer Schaltung für die symmetrischen Aufteilung einer erdfreien Spannung versahen, um die gewünschte Betriebsspannung zu gewährleisten. Dazu definierten wir die 0V innerhalb der Energieversorgung als die -9V, die +18V innerhalb als die +9V am Ausgang und die durch den Spannungsteiler erzeugten dritten Ausgang, welche intern +9V ist als 0V.

## 3.4. Beschreibung der Teilschaltungen

### 3.4.1. Spannungsregler zum Laden der Akkus

Da wir uns für die Parallelschaltung der Akkus entschieden haben, mussten wir auch eine Schaltung zur Regelung der Ladespannung entwerfen. Bei den Akkus handelt es sich um zwei 12V Akkus, deren Ladespannung zwischen 13,6V und 13,8V liegt. Durch die Reihenschaltung addierten sich diese Spannungen zu 27,2V und 27,6V. Wir haben uns deshalb auf eine Ladespannung von 27,4V geeinigt. Um diese Spannung zu realisieren, haben wir uns für einen einstellbaren Spannungsregler entschieden.

Bei dieser Schaltung ist ein einstellbarer Spannungsregler LM317 verwendet worden, dessen Ausgangsspannung durch die beiden Widerstände R1 und R2 eingestellt werden kann. Dies passiert über die Spannungsteilerschaltung von R1 mit  $240\Omega$  und um das  $10k\Omega$  Potentiometer R2. Durch den Einbau des Potentiometers hat man bei eventuell auftretenden Änderungen noch die Möglichkeit eine Feinabstimmung vorzunehmen. Die Aufgabe des Kondensators C1 besteht darin, mögliche Spannungsspitzen am Eingang des Spannungsreglers herauszufiltern und eine mögliche Zerstörung zu verhindern. Der Elektrolytkondensator C2 ist zur Spannungsglättung der Ausgangsspannung, da es unter Umständen vorkommen kann, dass ein Spannungsbrummen am Ausgang des Spannungsreglers auftritt, welches durch den Kondensator geglättet wird. Die Diode am Ausgang der Schaltung ist aus Sicherheitsgründen eingebaut, um zu verhindern, dass eine falsch Beschaltung zur Zerstörung der Schaltung oder anderer Betriebsmittel führt. Da an der Diode jedoch 0,7V Spannung abfallen, ist darauf zu achten, dass der Spannungsregler nicht wie vorhin angegeben auf eine Ausgangsspannung von 27,4 sondern statt dessen auf 28,1V eingestellt wird, um die geforderte Ladespannung von 27,4V zu erreichen.

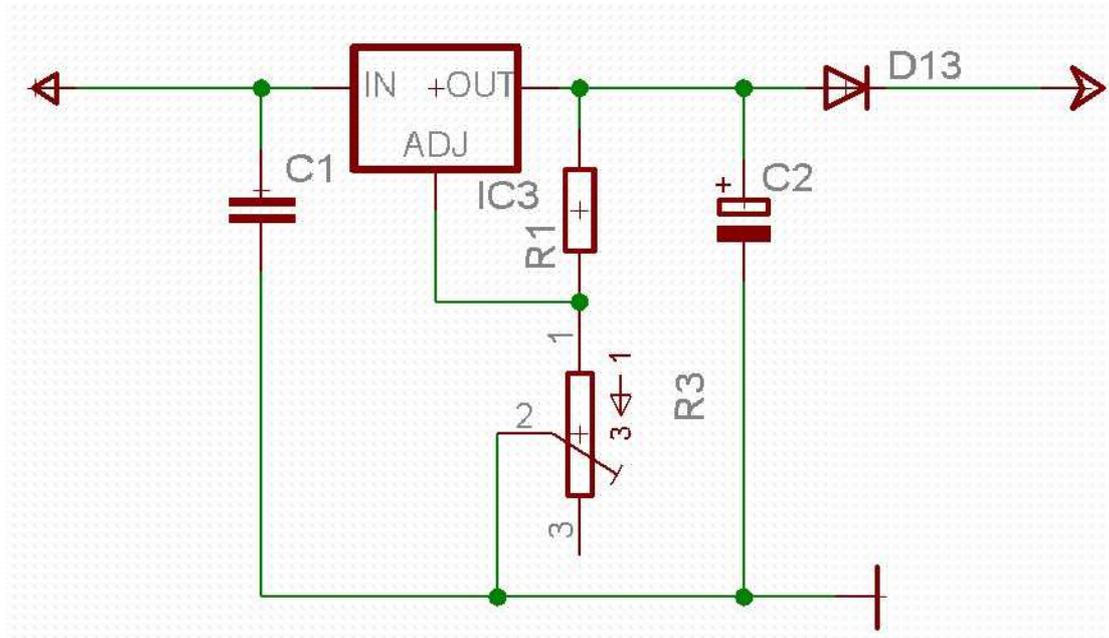


Abbildung 3.1.: Schaltplan Ladespannungsregelung

### 3.4.2. Spannungsregler 18V

Wie oben bereits angesprochen haben wir um die +9V und -9V zu erreichen für eine 18V Spannungsstabilisierung und anschließend für eine Spannungsteilerschaltung entschieden. Bei der Spannungsstabilisierung handelt es sich um einen Spannungsregler, der die Ausgangsspannung der Akkus, die etwa zwischen 22V und 27,4V liegt, auf eine Spannung von 18V zu stabilisieren. Da es bereits Festspannungsregler für 18V gibt, haben wir uns für diese entschieden und nicht wie bei der Ladespannungsregelung für einen Einstellbarenspannungsregler, da die Beschaltung eines Festspannungsreglers weniger aufwändig ist. Um die 18V zu erhalten, haben wir einen LM7818 benutzt.

Der Kondensator C3 am Eingang der Spannungsregelung hat die Aufgabe, Spannungsspitzen am Eingang des Spannungsreglers herauszufiltern und eine mögliche Zerstörung zu verhindern. Der Elektrolytkondensator C4 ist zur Spannungsglättung der Ausgangsspannung, da es unter Umständen vorkommen kann, dass ein Spannungsbrummen am Ausgang des Spannungsreglers auftritt, welches durch den Kondensator geglättet wird.

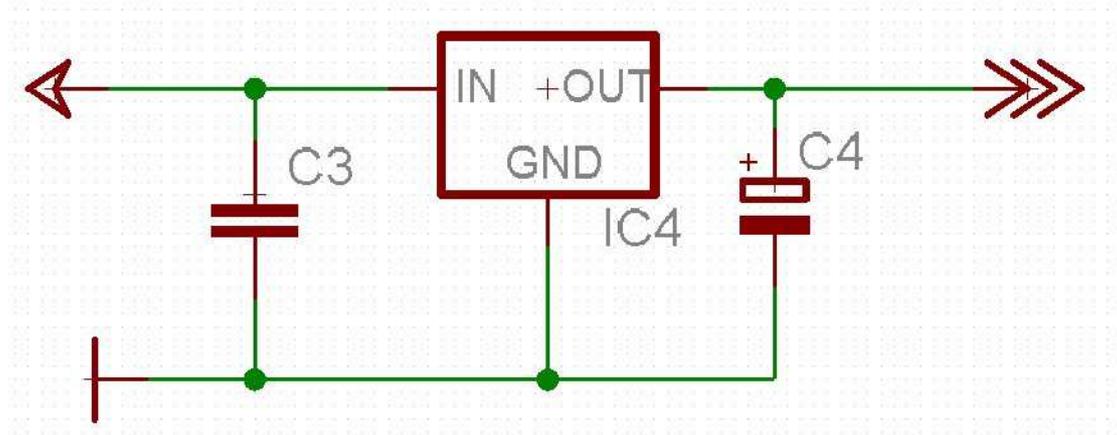


Abbildung 3.2.: Schaltplan 18V Spannungsregler

### 3.4.3. Symmetrische Aufteilung einer erdfreien Spannung

Um die 18V Ausgangsspannung symmetrisch aufzuteilen, haben wir eine Spannungsteilerschaltung entworfen, die die 18V in drei Potentiale +18V, +9V und 0V aufteilt. Da wir Ausgangspotentiale von +9V, 0V und -9V liefern sollten, haben wir unsere internen Ausgangsspannungen extern nur anders bezeichnet. Um mögliche Verwirrungen zu vermeiden, beziehen sich die folgenden genannten Spannungen immer auf die externen Spannungsbezeichnungen.

Die Schaltung wurde mit Hilfe zweier Widerstände mit je 1kOhm einem Komparator LM741 und zwei Transistoren BD140 und BD139 realisiert.

Mit Hilfe der beiden Widerstände wird eine Spannungsteilung aufgebaut, die das Verhältnis der Spannungsteilung am Ausgang vorgibt. Da die beiden Widerstände die gleiche Größe haben, ist das Teilungsverhältnis symmetrisch. Der Komparator hat die Aufgabe, das vorgegebene Spannungsverhältnis mit dem ausgangsseitigen Spannungsverhältnis zu vergleichen. Abhängig davon, welcher der beiden Ausgänge mehr belastet wird, macht der Komparator durch sein Ausgangssignal den Transistor am unbelasteten Ausgang leitend um die Symmetrie der Ausgangsspannungen aufrecht zu erhalten.

## 3.5. Ladekontrollanzeigen

Unsere ersten Überlegungen nahmen relativ viel Zeit in Anspruch, da wir uns erst einmal darüber im Klaren werden mussten, wie der Aufbau aussehen und was passieren sollte. Das Ergebnis war folgendes: Wenn die Spannung der Solarzellen höher ist, als die des

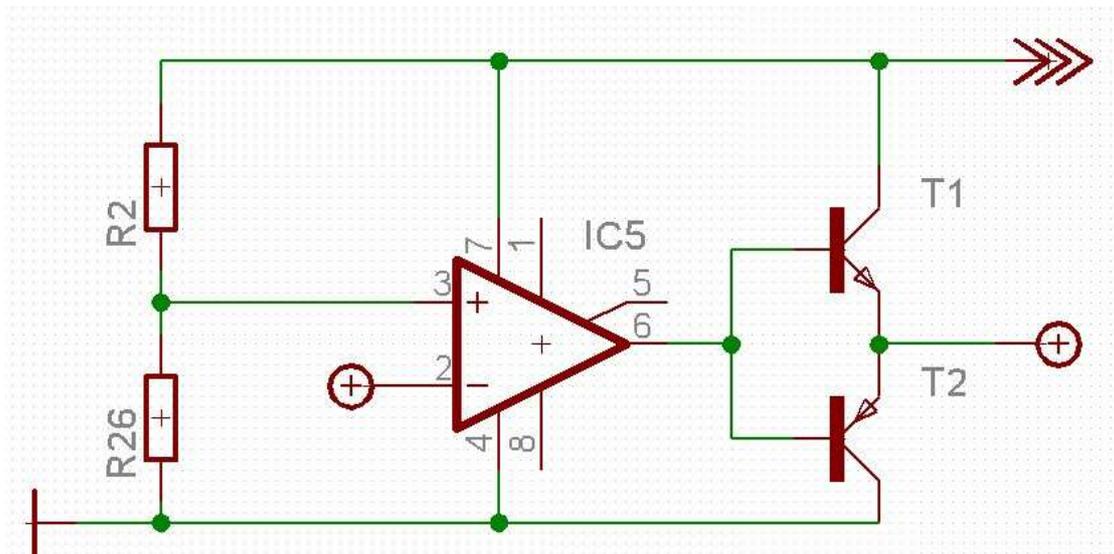


Abbildung 3.3.: Schaltplan Symmetrische Aufteilung einer erdfreien Spannung

Akkus wird geladen, wenn sie geringer ist erfolgt keine Ladung.

Um nach außen hin sichtbar zu machen, ob gerade geladen wird oder nicht wurden 2 LEDs eingebaut. Der Ladevorgang wird durch grünes Licht angezeigt, wird nicht geladen ist dies durch rotes Licht sichtbar. Mit Hilfe eines Komparatos sollte die Idee umgesetzt werden. Durch den Einsatz eines Komparators ist es möglich zwei Spannungen miteinander zu vergleichen. 2 Komparatoren wurden eingebaut. Wir legten je eine der beiden Spannungen an den Plus und Minus Eingang des einen Komparators an. In umgekehrter Reihenfolge wurden die Spannungen an den zweiten Komparator angelegt. Beim Aufbau dieses Schaltkreises entstanden einige Probleme.

Daraufhin probierten wir einen anderen IC. Der allerdings keine Verbesserung brachte. Nach weiteren Überlegungen brachte Kay die entscheidende Idee. Wodurch der letztendliche Aufbau denkbar einfach wurde. Wir benötigten nur noch einen Komparator. Die Akkuspannung wurde am Plus und die Solarspannung am Minus Eingang des Komparators angelegt. Ist die Akkuspannung höher stehen am Ausgang des Komparators 0V an. Das bedeutet, dass das Potential zwischen +24V und dem Ausgang des Komparators 24V beträgt. Wenn dies der Fall ist leuchtet die rote LED. Wird die Spannung höher stehen am Komparatorausgang 24V an. Das Potential zwischen 24V und dem Ausgang beträgt 24V und dann leuchtet die grüne LED.

Als wir mit diesem Aufbau experimentierten stellten wir fest, dass die Spannung zu hoch war und deswegen immer beide LEDs leuchteten. Um dies zu verhindern bauten

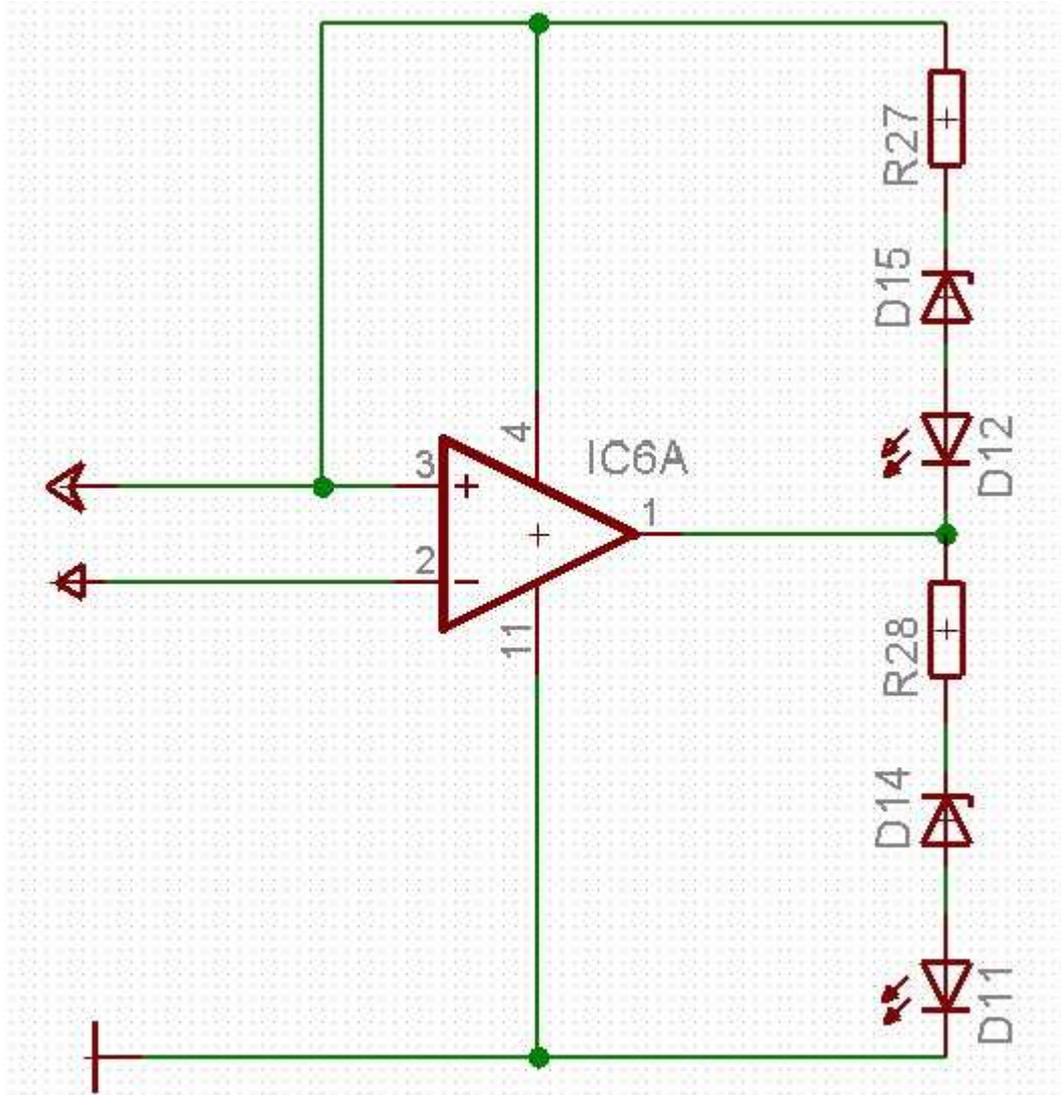


Abbildung 3.4.: Schaltplan Ladezustandsanzeiger

wir zusätzlich eine Z-Diode und einen Widerstand ein. Dadurch wird die Spannung an der LED herabgesetzt und es leuchtet nur noch eine LED.

### 3.6. Ladestandsanzeiger

Ich hatte mir überlegt, eine Ladestandsanzeige für unseren Sonnenfinder zu entwerfen.

Die erste fixe Idee war, die Akkuspannung an eine Kaskade von Zenerdioden anzulegen, und zwischen den einzelnen Z-Dioden die Spannungsabgriffe für die LED's zu realisieren. Dieses Vorhaben erwies sich dann beim herumexperimentieren doch als relativ kompliziert, da sich in regelmäßigen Abständen die Zenerdioden in mächtig stinkenden Rauch auflösten.

Also beschloß ich eine andere Lösung zu suchen. Durch Kay inspiriert, fing ich also an mich mit Komparatorschaltungen auseinander zu setzen. Nach intensiven Recherchen im Internet, fand ich nachfolgendes (hier Schaltungsentwurf mit EAGLE) Grundkonzept zur Ladestandsanzeige. Grundidee des Ganzen ist, dass die an den Abgriffen anstehenden Spannungen miteinander verglichen werden, um dann entweder bei positiver Ausgangsspannung die angeschlossene LED leuchten zu lassen, oder eben bei negativem Ausgang nicht leuchten zu lassen.

Da diese Schaltung noch auf meine Bedürfnisse umdimensioniert werden musste, wand ich mich aus zwei Gründen an Daniel von der Sensorikgruppe. Erstens wäre unser Rechner im Labor mit PSpice völlig überfordert gewesen, und zweitens hatte Daniel die notwendigen Vorkenntnisse um auftretende Fragen bezüglich der Bedienung von PSpice zu beantworten. Die Simulation dieser Schaltung war ausserdem sehr lehrreich, weil ich damit anhand verschiedener Auswertungen den Sinn dieses Schaltplans noch besser verstehen konnte.

Dann begann ich auf einer Lochrasterplatine mit dem Aufbau der Ladestandsanzeige, welche dann auch sehr gut funktionierte.

Lediglich der Aufbau auf der fertig geätzten Platine blieb lange Zeit nicht funktionsfähig, da EAGLE scheinbar eine andere Vorstellung des von mir verwendeten IC's LM 324 hatte. Nach der stupiden Nachverfolgung der einzelnen Kontakte, stellte sich heraus, dass nicht nur die Komparatoreingänge vertauscht waren, sondern das der gesamte IC wegen einer nicht vorhanden Leiterbahn keine Betriebsspannung erhielt. Als dann die Platine neu designed und geätzt wurde, funktionierte die fertig bestückte Platine endlich einwandfrei. Wir entschieden dann je eine Anzeige für jeden Akku zu machen, um bei eventuellem Fehlverhalten des Gerätes direkt Rückschlüsse auf die Funktion der einzelnen Akkus zu erlauben.

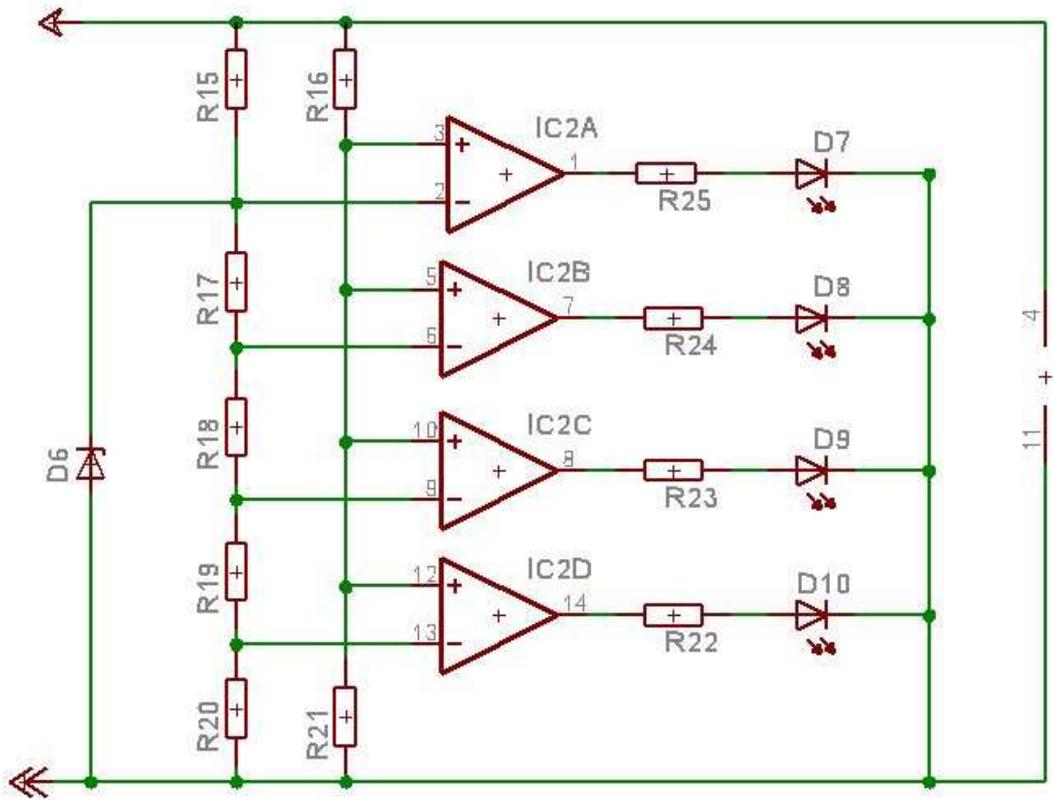


Abbildung 3.5.: Schaltplan Ladestandanzeiger

Schließlich entschieden wir uns noch für den Einbau eines Schalters, da meine Schaltung etwa 136 mA verbraucht, Was nebenbei gesagt fast so viel Strom ist, wie die anlaufenden Motoren der Motorikgruppe auch benötigen.

## 4. Die Mechanik

Da wir uns in einem elektrotechnischen Projektlabor befanden konnten wir nicht, wie sonst wahrscheinlich üblich eine eigene Gruppe bilden die sich ausschließlich um den mechanischen Aufbau kümmert. Wir haben statt dessen auch die Aufgaben die den Aufbau betreffen auf die drei bekannten Gruppen verteilt.

### **Zwei-Achsen Ausrichtung**

Die Idee für den mechanischen Aufbau der Ausrichtung des Sonnenfinders kam uns als wir uns das Bild eines Flugabwehrgeschützes ansahen. Konkret am System der Achsenaufteilung waren wir interessiert.

Wir haben uns für eine um 360 Grad drehbare vertikale Achse und eine um 90 Grad kippbare horizontale Achse entschieden. Auf der vertikalen Achse ist der gesamte Sonnenfinder untergebracht, so dass wir völlig auf Schleifkontakte oder ähnliches verzichten konnten.

Die ursprüngliche Idee die horizontale Achse für 180 Grad auszulegen mussten wir beim ersten Stöpseltermin wieder verwerfen. Der Grund hierfür war, dass die Steuerung weiterhin nach Rechts drehen würde wenn der die Sensorik ein „rechts Signal“ ausgibt. Dieses auf den ersten Blick nicht ganz logische Problem resultierte aus der Verwendung zweier unterschiedlicher Bezugssysteme, während die Sensorik sich immer auf das Panel bezog, ging die Motoransteuerung von der Basisplatte als Bezugssystem aus.

Dieses Problem lies sich auf die schnelle nur durch eine Einschränkung des Kippwinkels des Panels beheben. Aber auch durch diese Einschränkung mussten wir unser oberstes Ziel nicht vernachlässigen. Der Sonnenfinder kann auf jeden Punkt einer über ihm gedachten Hemisphere ausgerichtet werden.

Somit ist garantiert das wir bei Tage sicher die Sonne anvisieren können und es keine Position der Sonne gibt auf die sich der Sonnenfinder nicht ausrichten kann.

## Teil IV.

# Zu Guter Letzt - Ein Fazit

Das Kompaktlabor war ideal, da man sich drei Wochen auf ein Projekt konzentrieren und somit wesentlich effizienter arbeiten konnte.

Im folgenden haben wir unsere Fazits zu verschiedenen Punkten zusammengetragen. Die Auflistung ist bei weitem nicht vollständig zeigt aber sehr schön, dass das Kompaktlabor allen sehr viel Spass gemacht hat.

### **Das Projekt**

Das Projekt war interessant, allerdings wahrscheinlich in manchen Aspekten einfacher zu lösen als es von uns gemacht wurde. Die Modularisierung war teilweise übertrieben. Aber hierdurch hatten wir auch bei einem *kleinen* Projekt die Möglichkeit, etwas über Schnittstellenabsprachen zu erfahren.

### **Wissen**

Und es ist nicht nur ein Mythos . . . Wie uns von allen beteiligten schon vorher immer wieder versichert wurde reichte unser (Fach-)Wissen und unsere Methoden der Wissensbeschaffung völlig aus, um eine Grundlage für die Projektarbeit zu bilden.

- auf sehr praktische Weise Fachwissen erlernt, in gewisser Weise auf eigene Faust oder durch Referate
- Referate fachlich nicht sehr gut, aber ausreichend
- praktischer Umgang mit Bauelementen - man konnte Dinge einfach mal in Ruhe ausprobieren, was z.B. im Grundlagen I Labor auf Grund der begrenzten Zeit nicht immer so möglich war
- Ich habe wesentlich mehr gelernt als in der gleichen Zeit in anderen Veranstaltungen
- Es war sehr motivierend endlich praktisch und selbstständig arbeiten zu können und nicht wie im normalen Labor vorgefertigte Schaltungen zu berechnen

### **Organisation & Zeit(en)**

Wir mussten die Organisation zwar, bis auf den äußeren Rahmen völlig selbst in die Hand nehmen doch auch das verlief erstaunlich gut:

- Wozu brauchen wir einen Projektmanager? – dadurch das von vorneherein ein guter Zeitplan aufgestellt wurde, verlief alles in ganz gutem Rahmen
- Gruppen intern – gut bis auf einige Unpünktlichkeiten . . .
- Gruppen extern – gut Organisiert durch Kay
- Aufteilung in Anwesenheitspflicht und „freiwilliges“ länger bleiben war sehr gut, und wurde nicht ausgenutzt

- Der Zeitliche Rahmen war eigentlich Perfekt, dies sollte auf alle Fälle ein sehr wichtiges Thema bei der Projektauswahl sein (vgl. komplexes Projekt „Roboter“)

### **Betreuung**

- sehr gut, wirklich nur kleine Akzente durch Kay, nette Mitarbeiter im Institut
- Kerstin und Kay (und sogar Mitarbeiter im Oberen Stockwerk) haben uns gut betreut und (fast) immer mit Rat und Tat bereitgestanden!
- für umfangreichere Projekte könnte ich mir schon vorstellen, dass Impulse fachlicher Art hier und dort ganz nützlich sein können
- schlechte Betreuung „mechanischer Art“ durch die Werkstatt
- Micha in der Werkstatt hatte auch gute Ideen

### **Ausstattung**

- an sich ganz gut, es müsste nur mal gründlich aufgeräumt werden!!!
- auch hier mal ein schöner Einblick in die Praxis, auch eigentlich ganz gute Technik hat hier und dort ihre kleinen Macken
- leider teilweise defekte Geräte, die aber sofort getauscht wurden
- für ein Labor, was von Studenten völlig unbeaufsichtigt genutzt wird, in Ordnung
- viele Bastelsachen!

Nach einem schönen Projektlabor bei dem, soweit man das beurteilen kann, alle aktiv mitgearbeitet und nicht im Schatten der Gruppe gefaulenzt haben, bleibt leider trotzdem ein bitterer Nachgeschmack. Nach unserer internen Präsentation waren wohl einige Teilnehmer der Meinung, das Projektlabor sei vorbei.

Es dauerte mehrere Wochen die nötigen Texte für den Abschlussbericht zusammen zu bekommen. Die Leute die sich auf Kosten der Gruppe auf die faule Haut gelegt haben fühlen sich hoffentlich angesprochen.

Trotz dieses Vorkommnisses bleibt festzuhalten, es war eine schöne Zeit, jeder der die Chance hat am Projektlabor teilzunehmen sollte es tun.

Teil V.  
Anhang

## A. Protokolle

In diesem Anhang befinden sich, zur Vervollständigung der Dokumentation unsere Projektarbeit die gesamten Protokolle die wären des Projektes geschrieben wurden.

## A.1. Montag 06.09.2004

Kompaktlabor 2004 – Solarzellennachführung

Protokoll  
Datum: 06.09.2004  
Termin: 1  
Protokoll: Matthias Weiland

06.09.2004

### Erstes Grobkonzept für das Projekt

Es entstand ein Blockdiagramm (Abb. 1), in dem wir die erste Erfassung der nötigen Teilprobleme des Projektes festhielten.

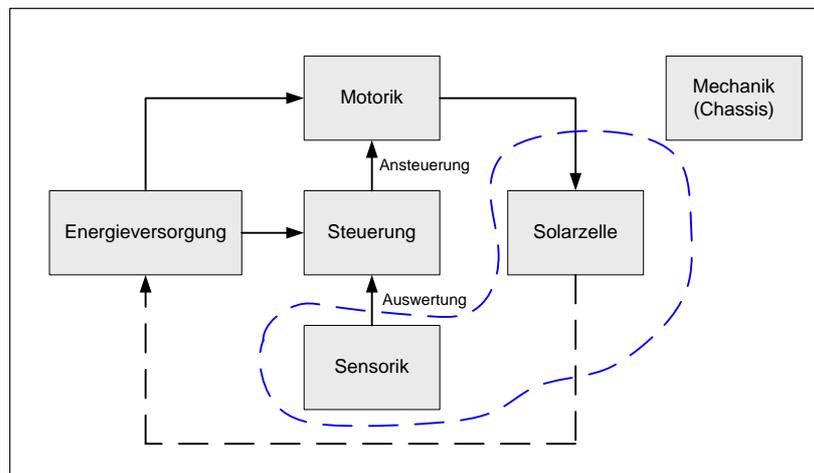


Abb. 1

### Energieversorgung

- soll entweder per Akku oder Batterie erfolgen
- Einsatz eines Akkus bringt die Idee des gleichzeitigen Aufladens durch die Solarzelle mit sich, dann eventuell zusätzliche Pufferbatterie

### Sensorik

- zwei Ideen, wobei eine Designstudie ist und die andere eher durch praktischen Nutzen und Einfachheit glänzt
- zwei Photodioden als Lichtwaage – Spannungsgleichgewicht an beiden Sensoren signalisiert senkrechten Lichteinfall (könnte auch mit Poti kalibrierbar sein)
- um 3D zu erzielen wird diese Anordnung noch mal um 90° versetzt aufgebaut
- zusätzlich zu dieser Feinsensorik mindestens zwei zusätzliche Dioden als Grobpeilung, direkt oberhalb der Feinsensorik und auf der Rückseite – im Prinzip

auch wieder Spannungsgleichgewicht (Anwendungsfall: Gerät bleibt am Abend stehen und muss Morgens den Sonnenaufgang realisieren)

- Sensorik macht weiter keine Auswertung – gibt nur Signale an die Steuerung

### Steuerung

- empfängt Signale von der Sensorik und wertet diese aus, um dann die Motoren anzusteuern
- zusätzlich Fehlerauswertung, z.B. durch Filtern
- sollte gewisse Trägheit haben, um nicht bei jeder Wolke anzufangen das ganze Auszusteuern, jedoch auch bei Bewegung – Beispielsweise Boot im Hafenbecken, der Sonnenbewegung folgen (also auch vor und zurück)

### Solarzelle

- erstmal außen vor gelassen, da dies nicht die einzige „Anwendung“ sein soll
- Idee der universellen Halterung für andere Anwendungszwecke

### Motorik

- 2 Motoren, passend zu den zwei Sensorgruppen, einmal hoch/runter (90°) und dann rechts/links 360°

### Mechanik

- zu diesem Thema wurde noch nichts gesagt

### Teilnehmerliste

Name	Vorname	Festnetz	Handy	Mail
Awad	Ghassan	_24537293	_01776822389	spastination@icqmail.com
Borsche	Theodor	_030 868709191	_0175 4487904	tborsche@gmx.net
Cankatan	Yasemin	_030/ 76769424	_01797274443	Cyasemin@gmx.de
Ey	Stephan	_3050016185	_01736765867	stephey@cs.tu-berlin.de
Gallrapp	Christian Ralph Georg	_03032304880	_01608444560	CRGGallrapp@web.de
Gebhardt	Daniel	_030/25326419		gebhardt@cs.tu-berlin.de
Henning	Martin	_030 330 27 600	_0173 600 17 87	martin@easy2design.de
Jänicke	Daniel	_030/96611632		daniel.jaenicke@tu-berlin.de
Krüger	Michael	_03045020972	_01605806554	mikr@cs.tu-berlin.de
Moenster	Monica Teresa	_61076250		monica.t.moenster@tu-berlin.de
Rauhut	Stefan	_03026329780	_1762212170	stefan@fritzfan.de
Weiland	Matthias	_030-253 24 24 7		weiland@nclmail.de
Wesche	Ruben	030/21912196		ruben.wesche@tu-berlin.de

## A.2. Dienstag 07.09.2004

Kompaktlabor 2004 - Solarzellennachführung

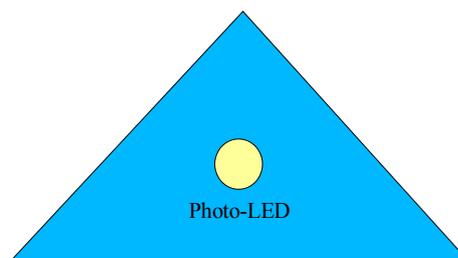
Protokoll  
Datum: 07.09.2004  
Termin: 2  
Protokoll: Michael Krüger

### Tagesablauf:

- Kurztest
- Referat Projektmanagement
- Referat Operationsverstärker
- Vorstellungsrunde
- Referat PSpice
- Pause
- Referat Solarzelle
- Referat Elektromotor
- Mittagspause
- Gruppeneinteilung (1. Sensorik, 2. Steuerung, 3. Motor u. Akku)

### Gruppe 1 (Sensorik):

- Besprechung möglicher Schaltung
- Realisierungsüberlegung der Photozellanordnung
  - Ausschluss der Variante mit zwei Bohrungen in Blech
  - Pyramidische Anordnung (eventuell Feinjustier-LED an Spitze)
- Datenblattsuche verschiedener Photodioden



vierseitige Pyramide zur Beleuchtungsrichtungsmessung

## Kompaktlabor 2004 - Solarzellennachführung

Protokoll

Datum: 07.09.2004

Termin: 2

Protokoll: Stefan Rauhut, Stephan Ey, Christian R. G. Gallrapp;

### **Ablauf:**

Test zum allgemeinen Wissenstand

Referat Projektmanagement

Referat Operationsverstärker

Vorstellungsrunde

Referat PSpice

Referat Solarzellen

Referat Elektromotoren

Gruppenaufteilung

**Protokoll:** Energieversorgungsgruppe

Abstecken des Arbeitsbereichs

Vorschlagsrunde zu möglichen Realisierungen der Energieversorgung

    Schutzdioden, Festspannungsregler, Ladespannungsanzeige

Recherche nach möglichen Schaltungen.

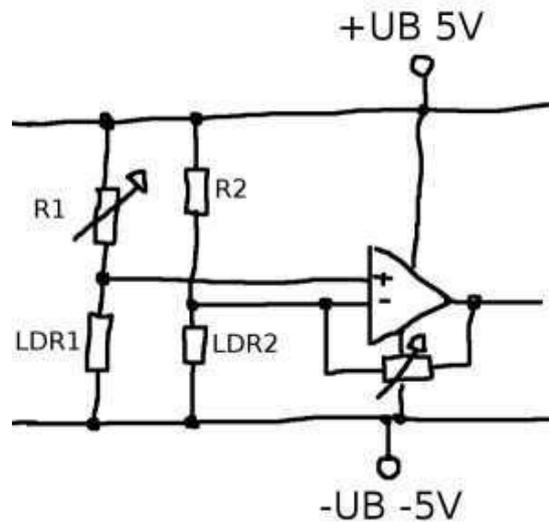
## A.3. Mittwoch 08.09.2004

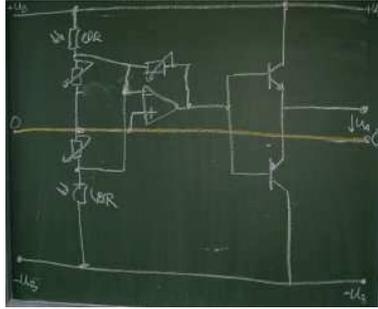
Kompaktlabor 2004 – Solarzellen-Nachführung

Protokoll  
Datum: 08.09.2004  
Termin: 3  
Protokoll: Daniel Gebhardt

### Tagesablauf:

- Referat ist abgesagt => weiter in den Gruppen
- Besprechung möglicher Sensortypen: Photowiderstand (LDR), Phototransistor, Photodiode
- Gemeinsamer Einkauf bei Segor, aller drei Bauarten für Tests
- Tests ergeben: Die Richtcharakteristik von Phototransistor und -diode ist zu groß -> Entscheidung für Photowiderstände an den Seiten der Pyramide
- Ideenaustausch zu Schaltungsmöglichkeiten
  - Problem: Wie geben wir "Null" aus, wenn die Achse ausgerichtet ist
- Schaltplanideen:
- 





- Versuchsaufbau der letzten Idee ==> Fehler ;) ...
- Fazit: Simulation in PSpice und ab nach Hause

## Kompaktlabor 2004 - Solarzellennachführung

Protokoll

Datum: 08.09.2004

Termin: 3

Protokoll: Energieversorgung

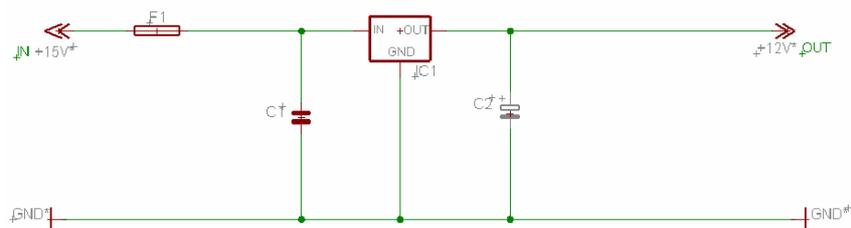
morgendliche Absprache zum Tag

### Zielsetzung:

- Aufbau des Spannungsreglers; Recherche Solarzellen;

### Gleichspannungsregler:

- Suche im Internet nach Möglichkeiten Akkumulatoren aufzuladen
- Schaltpläne für Gleichspannungsregler
- Bauteile besorgt, Testaufbau eines Spannungsreglers
- Anfangs leichte Rückschläge: zerstörte Bauteile (Sicherung, Z-Diode)
- Fehler behoben
- Spannungsregler gibt konstant 12,06V (bei 15V Eingang)
- Kein Stromfluss messbar da der Akku bereits geladen war
  - Akku über Widerstand entladen



### Solarzellen:

Expedition Segor und Conrad

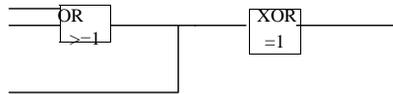
Protokoll 3  
 Datum: 08. 09. 2004  
 Protokoll: Gruppe 2: Steuerung und Motorik  
 Protokollantin: Yasemin

Heute sollte eine logische Schaltung konzipiert werden. Diese Schaltung steuert die Drehbewegungen der jeweiligen Motoren. Dabei hängen die Bewegungen von den vom Sensor empfangenen Signalen ab. Um eine digitale Schaltung zu entwerfen, haben wir zunächst eine Wahrheitstabelle erstellt:

Wahrheitstabelle für Ansteuerung der Solarzellenmotoren:				
Tag(0)/Nacht(1)	Drehachse	Kippachse	Links(-)/rechts(+)	Oben(-)/unten(+)
0	links drehen		-	1
0	rechts drehen		+	1
0		oben kippen	1	-
0		unten kippen	1	+
1	drehe bis Tag/Nacht=0		1	1

**Anmerkung:** Da die beiden Achsen getrennt von einander angesteuert werden, müssen die Kombinationsmöglichkeiten der beiden Achsen miteinander nicht berücksichtigt werden.

Daraus folgerten wir die folgende Schaltung:



Wir haben angenommen, dass ein Sensor beim Empfang von Sonnenstrahlen bzw. –energie kein Signal gibt. Das bedeutet in unserem Schaltungseingang **0**. Umgekehrt bei Nichtempfang erhalten wir das Signal **1**.

**1** bedeutet: Der Motor soll sich drehen.  
**0** bedeutet: Der Motor soll sich nicht drehen.

In der ersten Verknüpfung wird festgestellt, ob es Tag ( 0 ) oder Nacht ( 1 ) ist. Der erste Gatter bestimmt die horizontale Drehung der Platte bzw. die Bewegung des ersten Motors. Der andere Gatter hingegen entscheidet über die vertikale Drehung- die Bewegung des 2. Motors.

Es klappte bis auf den Fall : 1 1 | 0 (XOR-Gatter)

Um uns einen Überblick zu verschaffen, versuchten wir diesmal die Verknüpfungsschaltung als Programm mit Hilfe der if- Anweisung darzustellen:

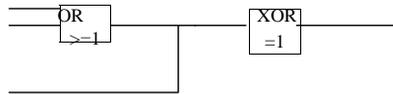
Protokoll 3  
 Datum: 08. 09. 2004  
 Protokoll: Gruppe 2: Steuerung und Motorik  
 Protokollantin: Yasemin

Heute sollte eine logische Schaltung konzipiert werden. Diese Schaltung steuert die Drehbewegungen der jeweiligen Motoren. Dabei hängen die Bewegungen von den vom Sensor empfangenen Signalen ab. Um eine digitale Schaltung zu entwerfen, haben wir zunächst eine Wahrheitstabelle erstellt:

Wahrheitstabelle für Ansteuerung der Solarzellenmotoren:				
Tag(0)/Nacht(1)	Drehachse	Kippachse	Links(-)/rechts(+)	Oben(-)/unten(+)
0	links drehen		-	1
0	rechts drehen		+	1
0		oben kippen	1	-
0		unten kippen	1	+
1	drehe bis Tag/Nacht=0		1	1

**Anmerkung:** Da die beiden Achsen getrennt von einander angesteuert werden, müssen die Kombinationsmöglichkeiten der beiden Achsen miteinander nicht berücksichtigt werden.

Daraus folgerten wir die folgende Schaltung:



Wir haben angenommen, dass ein Sensor beim Empfang von Sonnenstrahlen bzw. –energie kein Signal gibt. Das bedeutet in unserem Schaltungseingang **0**. Umgekehrt bei Nichtempfang erhalten wir das Signal **1**.

**1** bedeutet: Der Motor soll sich drehen.  
**0** bedeutet: Der Motor soll sich nicht drehen.

In der ersten Verknüpfung wird festgestellt, ob es Tag ( 0 ) oder Nacht ( 1 ) ist. Der erste Gatter bestimmt die horizontale Drehung der Platte bzw. die Bewegung des ersten Motors. Der andere Gatter hingegen entscheidet über die vertikale Drehung- die Bewegung des 2. Motors.

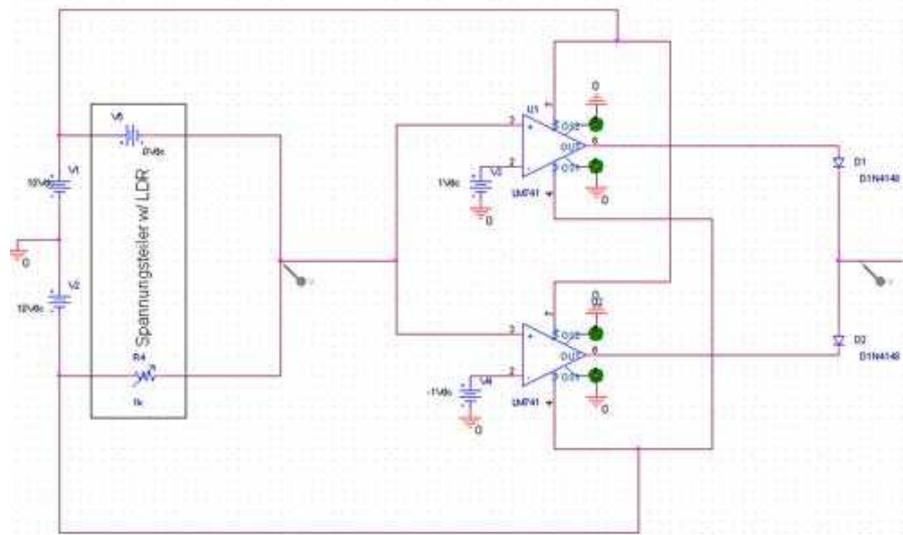
Es klappte bis auf den Fall : 1 1 | 0 (XOR-Gatter)

Um uns einen Überblick zu verschaffen, versuchten wir diesmal die Verknüpfungsschaltung als Programm mit Hilfe der if- Anweisung darzustellen:

## A.4. Donnerstag 09.09.2004

### Protokoll – Sensorik – 09/09/2004 Theodor Borsche

- Ausmessen der Photowiderstände unter realen Bedingungen (auf dem Dach/Sonne).  
Resultat: Bauteilstreuung geringer als befürchtet
- Schaltungsentwicklung. Problem: diskretes Signal mit drei Ausgängen +Ub, -Ub, Masse
- erster Teil der Schaltung: LDR Spannung über Addierer soll kontinuierliches Signal entsprechend der Differenz zwischen den LDR's ausgeben. Überlegung: Addierer ist überflüssig, einfacher mit Spannungsteiler der LDR's. Die LDR's können mit Potis als Vorwiderstand abgeglichen werden.
- Zweiter Teil der Schaltung: wenn  $U_e$  größer als  $U_{ref}$  ist, soll  $U_a$  auf +Ub verstärkt werden. Wenn  $U_e$  kleiner - $U_{ref}$  ist, soll  $U_a$  auf -Ub gesetzt werden. Wenn  $|U_e| < |U_{ref}|$ , dann soll der Ausgang Masse sein. Lösung: zwei Komparatoren, Betrieb: +Ub/-Ub; Eingang:  $U_e$  an +,  $U_{ref}$  [- $U_{ref}$ ] an -. Dahinter je zwei Dioden, die als Gleichrichter fungieren.



- erste Überlegungen zum SST
- Überlegung für die Schaltung einer Mitteldiode, die anschlägt wenn wir im Ziel sind. Eventuell mit Phototransistor, der über Photowiderstand entsprechend der Lichtstärke vorgespannt wird. Die Schaltung hat sich als schwierig erwiesen, eventuell einfache Photodiode mit geringem Einstrahlungswinkel.
- Testaufbau der LDR-Schaltung verlief positiv.
- Fazit: der erfolgreiche Aufbau der Testschaltung bringt uns ein großes Stück vorwärts. Wir haben unser Tagesziel (reine Schaltungsentwicklung) damit deutlich übertroffen.

## Kompaktlabor 2004 - Solarzellennachführung

Protokoll

Datum: 09.09.2004

Termin: 3

Protokoll: Stefan Rauhut, Stephan Ey, Christian R. G. Gallrapp;

### Zielsetzung:

Solarzellen – Experimente, Schutzdioden, Schaltungsentwurf für Energieversorgung;

### Protokoll:

- Verschaltung der gestern gekauften 10 Solar Panels, 5 in Reihe parallel zu 5 in Reihe;

Spannungen addieren sich zu 15V Ströme addieren sich zu 180mA

=> Solarzellen verhalten sich wie Spannungs- und Stromquellen

- Messen von Kurzschlussstrom und Leerlaufspannung eines Panels;

Lux	400	1000	1300	1500	2000	3000	5000	8000	10000	109000
Leerlaufspannung / V	2,6	3,28	3,5	3,55	3,69	3,91	4,17	4,31	4,34	4,6
Kurzschlussstrom / mA	0,7	2	2,8	3,5	7	13,5	25	41	43	73

- Ladestandsanzeiger für Akkumulator

Anzeige des Ladestands anhand von 5 LED

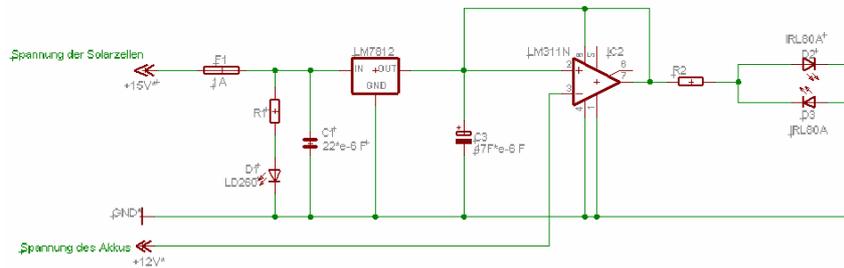
Zu aufwendige Konstruktion => Daher Verworfen

- Überlegungen 12V, 0V und -12V zu realisieren

Entscheidung unabhängige Ladung der zwei Akkus

Begründung: einfach und kostengünstig zu realisieren

- Komparatorschaltung zum Test der Ladeaktivität



Der Komparator vergleicht die Ausgangsspannung des Spannungsreglers mit der Spannung des Akkus. In Abhängigkeit dieser beiden Spannungen gibt er entweder die positive oder negative Versorgungsspannung aus.

Bei Fehlerbeseitigung traten unüberwindbare Schwierigkeiten bezüglich der Spannungsversorgung auf.

=> Verschiebung auf morgen

- Vorbereitung auf den morgigen Schnittstellentermin

## Protokoll vom 4.Tag der Gruppe Steuerung und Motor

9.9.04

Protokollant: Ghassan Awad

Der Tag begann damit, dass wir unser Wissen über Transistorschaltungen austauschten. Mit dem gesammelten Wissen versuchten wir die drei Hauptschaltungsarten vom Transistor (Emitter-, Kollektor-, Basisschaltung) mit PSpice zu bauen und simulieren zu lassen. Dies gelang mit allen Schaltungsarten bis auf die Emitterschaltung. Daher probierten wir verschiedene Variationen, aber da der von uns erwartete Effekt einer Emitterschaltung nicht eintrat, riefen wir unseren Laborbetreuer zu Hilfe. Dieser schaute sich die von uns mit PSpice gebaute Schaltung an und simulierte sie. Nun zeigte er uns wo unserer Fehler war, nämlich in dem von uns erwarteten Effekt. Wir erwarteten, dass eine Emitterschaltung ein ausreichend starkes Eingangssignal strom- und spannungsverstärkt und bei fehlendem Eingangssignal auch keine Ausgangsspannung an liegt. Jedoch war diese Annahme genau das Gegenteil von dem was bei einer Emitterschaltung passiert. Eine Emitterschaltung funktioniert so, dass ein ausreichend starkes Eingangssignal den Transistor so gut wie kurzschliesst und damit Strom und Spannung von der Ausgangsspannung nimmt. Das heisst, es wird eine negative Spannungsverstärkung erzielt und keine wie von uns erwartet positive Verstärkung. Nach dem dieser Fehler behoben war, wurde darüber diskutiert wie wir nun konkret Transistoren in unserer Schaltung verwenden wollen. Wir wissen, dass wir von der Sensorik ein Signal, was einmal positiv, einmal negativ oder 0 (also kein Signal) sein kann, bekommen. Es wurde unsere gestern entworfene Idee weiterverfolgt, das Signal der Sensorik mittels einer Gegentaktschaltung zu verstärken und so unsere Motoren anzusteuern. Wir nahmen eine Gegentakt b-Schaltung aus dem ET1a-Skript als Vorlage und bauten mittels PSpice eine Gegentaktschaltung. Wir erwarteten von der Gegentaktschaltung, dass diese sowohl das negative als auch das positive Sensoriksignal verstärken würde. Nun simulierten wir diese und es trat leider wieder nicht der von uns erwartete Effekt ein. Das positive Signal wurde so gut wie eins zu eins weitergeleitet, das negative wurde ignoriert und ergab beim Ausgang keine Spannung, also 0. Nach weiterem Probieren und leichten Veränderungen änderte sich nichts, ausser dass das positive Signal mal ein bißchen mehr, mal weniger verstärkt wurde. Wir baten wieder unseren Laborbetreuer um Hilfe. Doch diesmal fand auch er keine Lösung fürs Problem.

Dafür brachte er uns den entscheidenden Denkanstoss des heutigen Tages, nämlich den Transistor nicht als Verstärker wie im Audiobereich zu benutzen, sondern als Schalter. Davon ausgehend den Transistor als Schalter zu benutzen, entwarfen wir einen neuen Schaltkreis mit dem wir unseren Motor trotz einer Gleichspannungsquelle mit konstant positiver Spannung in zwei Richtung drehen konnten. ((Idee 1) Dateianhang idee1)) Nun wussten wir, wie unsere Schaltung aufgebaut sein musste und wie die einzelnen Bauelemente bei entsprechendem Signal schalten mussten um den gewünschten Effekt

zu erzeugen (links drehen oder rechts drehen des Motors). Allerdings kannten wir noch nicht die einzelnen Bauteile.

Wir teilten unsere Aufmerksamkeit auf zwei Themen. Zwei von uns sollten das Internet durchsuchen und nach ähnlichen Schaltungen suchen, die restlichen Drei sollten auf eigene Faust probieren die passenden Bauteile zu finden, die unsere Schaltung so schalten lassen würden, wie es nötig wäre. Zu dritt wurde dann Idee 2 entworfen (siehe Anhang).

Unsere Internetrecherche stieß auf eine H-Brückenmotoransteuerung(siehe Anhang), die so ziemlich das war, was wir uns ausgedacht hatten (Idee1), nur schon mit den entsprechend richtigen Bauteilen. Nun befasste sich einer von uns genauer mit der H-Brückenschaltung um die Funktionsweise dann allen, die noch mit an einem eigenen Lösungsentwurf (Idee 2) gearbeitet hatten genauestens zu erklären. Wir verglichen unsere beiden Lösungen und entschieden uns für die H-Brückenschaltung, da Folgendes für sie sprach: erstens, dass sie bereits verwendet und auf ihre Funktionsweise ausreichend getestet wurde und zweitens da Idee2 zwar sehr der H-Brückenschaltung ähnelt, jedoch mehrfach mit komplementären Transistortypen arbeitet, also 2 npn und 2 pnp-Transistoren, und es sehr schwer wäre zwei komplementäre Transistoren zu finden, die gleiche oder fast gleiche Spannungs und Stromverhältnisse in der Schaltung erzeugen wie es bei 4 Transistoren gleicher Bauart der Fall wäre. Nach dem wir nun konkrete Vorstellung hatten wie wir unsere beiden Motoren ansteuern ( also mit zwei H-Brückenschaltungen), entwarfen wir noch eine Motorbremse. Es war uns bekannt, dass ein Gleichstrommotor nach dem Abschalten noch ein Stück weiterdreht und auch nicht fixiert wird, sondern durch Wind oder ähnliches aus der Position gebracht werden kann. Daher mussten wir uns eine Motorbremse einfallen lassen, die den Motor nach dem abschalten bremst und danach fixiert (Skizze Anhang Motorbremse). Unsere entworfene Motorbremse funktioniert nach dem Prinzip, dass ein Relais den Motor nach dem Anschalten/Nichtansteuern kurzschliesst und somit den Motor bremst und fixiert. Das Relais ist mit der Motoransteuerung verbunden und schliesst den Motor kurz, sobald kein Strom mehr fließt. Als letztes an diesem Tag besorgten wir uns die entsprechenden Bauteile (im Anhang H-Brückenschaltung zu sehen) und löteteten unsere H-Brückensteuerung für einen Motor zusammen (noch ohne Motor).

## A.5. Freitag 10.09.2004

### Schnittstellendiskussion

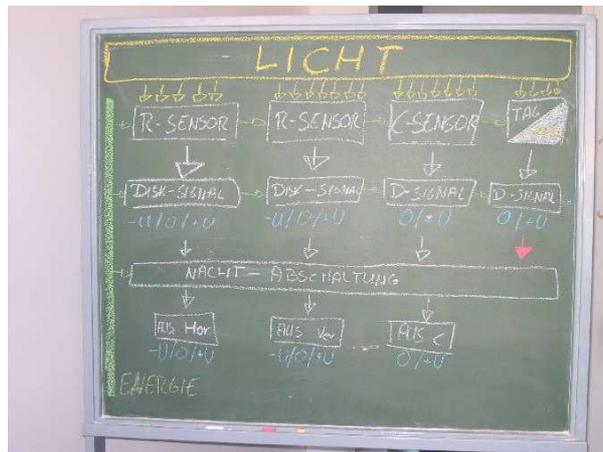
- Energieversorgung:
  - 3 Leitungen
  - Leistungsaufnahme des Motor bis zu **3A**
  - $+U_B = 12V$
  - $-U_B = -12V$
  - GND = 0V
- Schnittstelle Sensorik – Steuerung:
  - 3 Leitungen
  - 2x 5V / 0V / -5V
  - 1x:
    - 5V Hinten und Tag
    - 0V Vorne
  - Gar Keine Signale bei Nacht / Ausrichtung
- Platzbedarf:
  - Sensorik: 1x Eurokarte, 5cm Front
  - Energie: 1x Eurokarte, 5cm Front
  - Motor: 1x Eurokarte, 5cm Front
  - Ca. ½ Eurogehäuse ( Breite, Tiefe )
- Aufbau Solarpanel
  - 10 Panels
  - 4 Nebeneinander, 3 Untereinander
  - 2 in der Mitte ausgelassen => Platz für Pyramide
  - => 285mm x 260mm minimal, Einigung auf **300mm x 300mm**
- Mechanik
  - Sensorik: Pyramide, Gehäuse
  - Energieversorgung: Drehstrom, Panel
  - Motor: Mechanische Bewegung
- Anmerkungen von Kay
  - Beim Platinenätzen auf Messmöglichkeiten achten z.B. Jumper für Strommessung
- Schnittstellenbeauftragter
  - Sensorik: Theo
  - Energieversorgung: Stefan
  - Motor: Martin
- Abschlussberichtbeauftragter
  - Sensorik: Micha
  - Energieversorgung: Stephan
  - Motor: Yasemin

## Kompaktlabor 2004 – Sonnenfinder

Protokoll  
Datum: 10. September 2004  
Termin: 5  
Beginn: 9:00 Uhr  
Ende: ca. 15:00 Uhr  
Protokollant: Ruben Wesche

### Tagesablauf:

- Vorbereitungen für Schnittstellentermin
  - Entwurf eines vereinfachten Blockschaltbildes
  - Funktionsweise der Schaltung durchgegangen
  - Ausarbeitung eines Kurzreferats
  - Kurze Gruppenpräsentation des Kurzreferats
  - Anfertigen des Blockschaltbildes



- Schnittstellentermin (SST)
  - Protokoll siehe extra Protokollbogen:  
<http://ihs.ee.tu-berlin.de/projektlabor/sonnenfinder/protokolle/schnittstellentermin.doc>

- Sonnentest auf Dach:
  - Praktische Schaltung funktioniert sehr gut
  - Symmetrische Betriebsspannung unbedingt erforderlich, daher sind Stützkondensatoren vonnöten



- Blockschaltbildänderung nach SST
  - VHS-Sensor (Vorne-Hinten-Sensor) gibt  $+U_B$ , wenn hinten Licht, 0V wenn vorne Licht
  - Tag/Nacht-Sensor gibt bei Licht  $+U_B$  und bei Nacht 0V
  - Wenn beide Sensoren 0V herausgeben, werden alle Sensoren ausgeschaltet (auch R-Sensoren)



## Kompaktlabor 2004 - Solarzellennachführung

Protokoll

Datum: 10.09.2004

Termin: 5

Protokoll: Stefan Rauhut, Stephan Ey, Christian R. G. Gallrapp;

### **Zielsetzung:**

Vorbereitung des Schnittstellenvortrags, Ermittlung der Kenndaten, Schnittstellentermin, Fixierung der Solarmodule, Absprache mit Sensorik- und Motorgruppe,

### **Protokoll:**

- Fehler in der Schaltung gefunden. Ladespannung ist zu niedrig. Spannungsreglerschaltung mit regelbarem Spannungsregler aufgebaut. Neue Ladespannung 13,6V - 13,8V.
- Suche nach Möglichkeiten eine möglichst symmetrische Ausgangsspannung von +12V und -12V zu realisieren. Vorschlag zwei Spannungsregler von 12V. (Problem: Verluste)
- Schaltungssuche im Internet für Ladestandsanzeige. Testaufbau war funktionsfähig, an der Dimensionierung muss noch gearbeitet werden
- Neuer Schaltplan für Ladezustandsanzeige gefunden. Aufgebaute Schaltung war nicht funktionsfähig

PROTOKOLL

Gruppe:Steuerung & Motor

Datum:10.09.04

Anwesend: Alle

protokoll:Monica Münster

- 9:00 Uhr Unsere Gruppe hat sich aufgeteilt:  
Eine Teil der Gruppe hat sich mit der Messung der Schaltung beschäftigt, das hat nicht geklappt. Es gibt irgendwo einen Fehler, die Suche geht weiter. Es handelt sich um die gleiche Schaltung von gestern.  
Der andere Teil der Gruppe beschäftigte sich mit der Vorbereitung auf den Schnittstelletermin (Präsentation von Folien)
- 11:00 Uhr Schnittstelletermin: alle Gruppen
- 13:00 Uhr Pause
- 14:00 Uhr Theoretische Erarbeitung ,der sich an der Schnittstelletermin ergebenden Änderungen

## A.6. Montag 13.09.2004

Kompaktlabor 2004 – Solarzellennachführung

Protokoll

Datum: 13.09.2004

Termin: 6

Beginn: 9:00 Uhr

Ende: ca. 16:00 Uhr

Protokoll: Matthias Weiland

13.09.2004

### **Tagesziele**

- Entwerfen der Gesamtschaltung mit Tag/Nacht-Abschaltung
- Ziel: Layout in Eagle

### **Tagesablauf**

- Diskussion über Schaltgeschwindigkeiten, OPs sind etwas träge, für  $t < 20\text{ms}$  Schalten sie nicht gleich rauf und runter, Fazit: so schnell werden wir das Ganze wohl nicht brauchen, es sei denn die Sonne dreht sich mit Lichtgeschwindigkeit
- Check der Dioden-Sperrspannung für die von uns erstmal aus dem dunklen gegriffenen Dioden: 380V bei 0,25W → sollte also für uns ok sein
- Diskussion über LED-Abgriffe und Jumperplatzierung (Energieversorgung und Ausgang)
- zum zusätzlichen Sicherstellen der synchronen Eingangsspannung wollen wir wahlweise noch eine Stützkondensator und einen Spannungsregler in die Schaltung einjumpern können
- Aufbau der Schaltung in Eagle – Eagle ist nicht wirklich ein windowstypisches Programm, auch wenn die Bedienung sehr auf die Maus fokussiert ist, gehen Standards nicht
- Entwerfen der Tag-Nacht-Abschaltung, wir werden eine Transitorschaltung verwenden um Tag und Nacht zu unterscheiden. Zusätzlich dazu hat der Vorne-Hinten-Sensor Einfluss auf die Abschaltung, welche, wenn aktiv, die Eingangssignalleitungen der Richtungssensoren gegen Masse zieht, und den Ausgang vom Vorne-Hinten-Sensor auch gegen Masse zieht
- hier sollten auch noch Jumper eingebracht werden, um das Verhalten manuell beeinflussen zu können
- erste Erfahrungen mit dem Autorouter von Eagle

- Vorschlag zur Busbelegung: 32-Pin

A	C	
2		+Ub
	2	+Ub
4		+Ub
	4	+Ub
6		
	6	
8		Links-Rechts -/GND/+
	8	
10		Hinten GND/+
	10	
2		Oben-Unten -/GND/+
	2	
4		
	4	
6		GND
	6	GND
8		GND
	8	GND
20		
	20	
2		
	2	
4		
	4	
6		
	6	
8		
	8	
0		-Ub
	0	-Ub
2		-Ub
	2	-Ub

- Vorschlag wurde so von den anderen Gruppen angenommen
- Änderung der Betriebsspannung auf 9V – dafür wirklich Synchron → Energiegruppe

### **Fazit**

- Tagesziele bis auf das eigentliche Layouten der Platine in Eagle geschafft → Hausaufgabe
- zu Hause und zum nächsten Termin sollten wir dann feststellen, das Projekte, die in der von uns benutzten Eagleversion gespeichert werden, nicht mehr geöffnet werden können → also alles umsonst
- hätte man vorher mal probieren sollen
- wir haben in der Gruppe immer noch keine effektive Aufgabenverteilung, wenn jemand z.B. am Computer das Layout baut, sitzt der Rest fast nur rum, Vorschlag: zwei Leute beschäftigen sich mit ausführlicherer Dokumentation

## Protokoll

Datum: 13.09.2004

Teilnehmer: G. Awad, Y. Cankatan, M. Hennig, D. Jänicke, M. Moenster

Protokollant: Daniel Jänicke

### **Zielsetzung:**

Aufbau der Schaltung (Motoransteuerung), bestimmen der Bauelemente

### **Protokoll:**

Zu diesem Termin wurden 2 Motoren gekauft, jeweils 12V DC Motor mit Planetengetriebe. Der eine schafft 10 U/min (für das Solarmodul) der andere 60 U/min. Erste Tests haben ergeben, dass die Motoren auch unter Vollbelastung nicht mehr als 400 mA ziehen, außerdem laufen sie mit weniger als 12 V Versorgungsspannung (nur etwas langsamer).

Es soll zunächst versucht werden nur eine Steuerungsschaltung zu bauen. Die Ansteuerung des Motors soll mittels einer H-Brücke realisiert werden. Hierzu gibt es trotzdem verschiedene Lösungsansätze, u.a. entweder mit 4 npn-Transistoren und einen OP oder mit 2 npn und 2 pnp-Transistoren.

Nachdem die ersten beiden aufgebauten Schaltungen nicht die gewünschten Ergebnisse zeigen, wird versucht die Schaltung modular aufzubauen und alle Module einzeln zu testen. Die einzelnen Transistoren schalteten bei einer Basisstromeinprägung mit 40 mA (realisiert durch 500 Ohm Vorwiderstände). Trotzdem ließ sich die Gesamtschaltung mit 2 npn- und 2 pnp- Transistoren nicht funktionsfähig aufbauen.

## A.7. Dienstag 14.09.2004

Kompaktlabor 2004 – Solarzellen-Nachführung

Protokoll  
Datum: 14.09.2004  
Termin: 7  
Gruppe: Sensorik  
Protokoll: Daniel Gebhardt

### **Tagesablauf:**

- Probleme, Probleme, Probleme
- Geeageltes Layout von gestern ist nicht mehr zu öffnen, wegen Problemen mit der neuen Egel Version
- Neu layouten mit einer älteren Egelversion
- Unterschiede zum Layout von gestern: Einfügen von Status-LEDs, mehr Jumper zum abschalten von Schaltungskomponenten (Tag-Nacht-Abschaltung, Stützkondensatoren, Ausgangssignale, Versorgungsspannung)

Protokoll  
=====

# Gruppe: Motoren/Steuerung  
# Protokollant: Martin Henning  
# Datum: 14.09.2004

gegen 10 Uhr:

- > Eintreffen aller Akteure, besprechen der weiteren Vorgehensweise angesichts beträchtlicher Rückschläge in den Tagen vorher.
- > Antwortmail von Sfevan Seifert beflügelt uns ihn zur Hilfe zu rufen

gegen 11 Uhr:

- > Laborplätze aufgeräumt für den Guru
- > Stefan trifft ein, baut mit wahnwitziger Eleganz einen Teilstrang der H-Brücke auf
- > erster Einsatz von Steckbrettern, Transistor sockeln etc.
- > ausgiebige Messungen am funktionierenden Teilstrang und Adaption auf unsere Anwendung

gegen 13 Uhr:

- > Mittagessen. Linsen sind alle :(

gegen 13.30 Uhr:

- > hardcopy des funktionierenden Teilstrangs zur Sicherheit (mit Stift und Papier)
- > weitere Steckbretter werden lokalisiert und in Umlauf gebracht
- > aufbau des zweiten Strangs sowie eine Inverterschaltung mit LM741
- > Ergebnis: Vollständige H-Brücke inkl. Freilaufdioden funktioniert perfekt, Inverterschaltung auch funktionstüchtig.
- > kurz vor dem Zusammenschalten: unerklärliche Stromflüsse in der H-Brücke, wilde Messaktionen

gegen 16 Uhr:

- > Stefan kommt noch ein mal kucken, Kerstin kuckt die ganze Zeit
- > wissenschaftliches Messen, Einführung in Digitaltischmultimeter

17 Uhr:

- > Fehler nicht gefunden, Stefan empfiehlt schrittweisen Neuaufbau, dieses Mal MIT löten
- > mangels Verbindungskabeln für die Steckbrücken läuft parallel die Steckbrückenproduktion auf Hochtouren
- > Monica und Kerstin versuchen seit Stunden die H-Brücke in PSpice zu simulieren - ohne Erfolg

17.30 Uhr

- > Kerstin und Monica haben die Nase voll und gehen
- > Daniel und Ghassan sind schon weg
- > Yasemin und Martin fahren die Steckbrückenproduktion zurück auf null und räumen auf

18 Uhr:

- > begleitet von freundlichen Mutmachsprüchen des Hochspannungsonkels verlassen wir das Haus

## A.8. Mittwoch 15.09.2004

Kompaktlabor SS 2004 – Der Sonnenfolger

Protokoll Sensorikgruppe

Datum: 15.09.2004

Termin: 7

Beginn: 9.00 Uhr

Ende: gegen 18.00 Uhr

Protokollant: Michael Krüger

### Tagesablauf:

- Erneutes routen mit EAGLE um eine möglichst einfache, einseitige Platine zu erhalten
- Probleme beim Erstellen von Masseflächen und Beschriftungen auf der Platine
- Nach mehreren Versuchen kam der Entschluss erstmal eine Platine zu Ätzen und dann zu testen
- Gruppe wurde geteilt (Matthias, Micha: ätzen, Daniel, Ruben und Theo versuchten weiter zu eageln)
- Nach erfolgreichem Belichten, Entwickeln und Ätzen (mit sehr guter Anleitung von Kerstin!) wurde die Platine bebohrt und bestückt
  
- Einschub Referate (ca. 14 Uhr):
- Martin: Elektrotechnik und Umwelt
- Stephan: die Verantwortung des Ingenieurs
  
- Bei dem Versuch der Motorgruppe eine Schaltung zu entwerfen wurde noch ein Fehler auf unserer Platine gefunden (die Tag-Nacht-Abschaltung funktioniert so nicht)
- Behebung in Revision 2.2
- Tipps für den Ätzvorgang: die Platine im Entwickler nicht mit der Zange wenden!
- zu einem ausführlichen Test sind wir nicht mehr gekommen

### Fazit:

- der Tag war auf jeden Fall erfolgreicher als der gestrige!

### Plan für den nächsten Tag:

- Schaltung ausführlich testen, verbessern und Fehler beheben
- Änderung der Tag-Nacht-Abschaltung
- noch liegen wir gut in unserem Zeitplan

© Michael Krüger

## **Gruppe 2: Steuerung und Motorik**

### **Protokoll 8**

**Datum: 15. 09. 2004**

**Protokollantin: Yasemin Cankatan**

Heute wollten wir die Ursache für die unerklärlichen Stromflüsse in unserer letztendlich doch funktionierenden Schaltung herausfinden.

Die H- Brücke hatte gestern mit dem Operationsverstärker (OP) Typ LM741 funktioniert, allerdings war die Last über diesen zu groß. Heute nahmen wir den OP Typ AD/820 . Der Motor hat sich in beide Richtungen gedreht. Allerdings stellten wir fest, dass erstens die Drehzahl viel zu niedrig ist und zweitens genau die Transistoren heiß wurden, die an Masse lagen, weil - wie wir gemessen haben- der ganze Strom über diese floss. Dies lag wiederum daran, dass an den beiden Transistoren, die an der Betriebsspannung lagen nicht genug Basis-Emitter-Spannung ( $U_{be}$ ) herrschte. Dies war auch der Grund, dass der Strom nur über die Transistoren floss, die an Masse liegen bzw. bei denen die  $U_{be}$  hoch genug ist, um Strom durchfließen zu lassen.

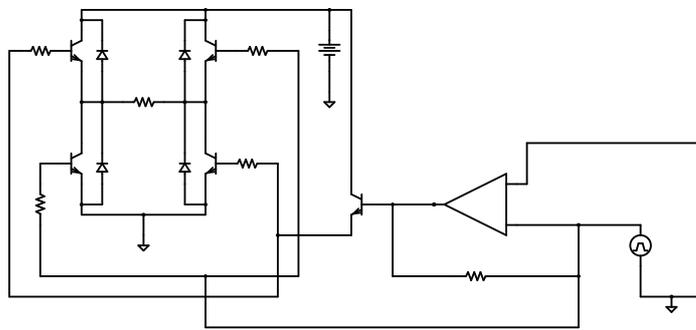
Sicherheitshalber haben wir die Ströme- der Strom der über den OP fließt, die Ströme, die sich in die jeweiligen Transistoren aufteilen und die vier einzelnen Basisströme ( $I_b$ ) - und Spannungen, die über dem OP, den Widerständen und über Kollektor-Emitter liegt gemessen, um Fehler wie Kurzschluss, falsche Dimensionierung einer der Widerstände sowie nicht richtig funktionierende Bauteile auszuschließen.

Außerdem sind wir in die Werkstatt gegangen, um nach der Drehplatte zu schauen, auf die nachher der Sensor mit dem zweiten Motor montiert wird.

Um 14:00 Uhr trafen sich alle Gruppen und es wurden nach dem Berichten der Standpunkte der Gruppen Referate gehalten.

Als wir wieder in unsere Räume gegangen sind, wurden Lösungsansätze zur Ausgleiche der  $U_{be}$  von den 4 Transistoren gemacht, Widerstände durch höhere sowie niedrige Widerstände ersetzt bzw. an der Schaltung herumexperimentiert. Währenddessen simulierten Kerstin und Monica die gleiche Schaltung, wie im Anhang aufgeführt. In P-Spice lief die Schaltung problemlos.

Wir werden uns am nächsten Tag pünktlich um 9 Uhr treffen, uns mit der Layouterstellung am EAGLE beschäftigen, nachdem auch die Tag/ Nacht Schaltung mit der H-Brücke verknüpft wird, um bald mit der Platinenerstellung beginnen zu können.



## A.9. Donnerstag 16.09.2004

Kompaktlabor SS 2004 - Der Sonnenfolger

Protokoll Sensorikgruppe

Datum: 16.09.2004

Termin: 8

Beginn: 9.00Uhr

Ende: spät

Protokollant: Theodor Borsche

Tagesablauf:

Weiter ätzen, bestücken und einlöten der Platine. Erste Tests am Abend.

Probleme beim ätzen mit wahrscheinlich überbelichteten Platinen.

Eine Platine wurde sehr gut, allerdings hatten wir vergessen in EAGLE die Masseflächen vor dem drucken neu zu verlegen. Die Platine war grundlos.

Die Transistoren der Tag-Nacht-Abschaltung wurden durch ein Relais ersetzt. Grund: die Transistoren funktionieren nur bei einem positiven Ausgangssignal, ein Relais kann alle Signale ein oder ausschalten. Überlegung, das Relais durch FETs zu ersetzen scheiterten zuerst an ungenügendem Wissen über FETs. Es stellte sich heraus, dass die FETs eine betragsmäßig größere Schaltspannung als Signalspannung benötigen. Da wir alle Signale auf +Ub/-Ub ist eine Realisation der Abschaltung mit einem FET nicht möglich.

Fazit: der Tag war nicht sonderlich erfolgreich, allerdings haben wir viel über das ätzen und Eageln gelernt, was uns später noch von Nutzen sein dürfte.

Protokoll 16.9.04  
Gruppe Steuerung/Motor  
Protokollant Ghassan Awad

Thema: Einbinden des Tag/Nacht-Signal (auch Vorne/Hinten-Signal genannt)

Wir probierten heute das Tag/Nacht-Signal der Sensorik- Gruppe sinnvoll in unsere Schaltung einzubauen. Das T/N-Signal soll uns zeigen, welche Seite unserer Solarzelle beschienen wird. Wenn von der Sensorik-Gruppe auf der T/N-Leitung ein positives Signal kommt, bedeutet dies für uns (Steuerung-Gruppe) ,dass sich die Solarzelle mit dem Rücken zur Sonne befindet und die Zelle sich horizontal drehen soll, bis das positive Signal zum Nullsignal wird. Erster Versuch mit Operationsverstärker (geschaltet als Nicht-Invertierender Verstärker): Vorbemerkung: da wir uns bei positiven Signal horizontal drehen wollen, war klar, dass wir mit dem T/N-Signal den Links/Rechts-Motor ansteuern mussten. Dies bedeutet; das L/R-Signal mit dem T/N -Signal koppeln. Da wir von der Sensorik-Gruppe die Vorgabe bekamen dem T/N-Signal Priorität zuzuordnen, kamen wir auf die Idee mittels eines FET-Transistors das L/R-Signal über einen Lastwiderstand auf Masse zu ziehen, falls auf der T/N-Leitung ein positives Signal anliegt .Wenn auf der T/N-Leitung kein Signal liegt, also Nullsignal, bleibt der FET-Transistor offen und ein OPV -geschaltet als Nicht-Invertierender Verstärker- leitet das Signal an unsere H-Brücke weiter. Dies war die Theorie, da jedoch nach stundenlangen Tests keine erfolgreiche Weiterleitung des Signals über den OPV erreicht wurde und zum Ende des heutigen Tages eine komplette in Eagle „gelayoutete“ Platine fertig sein musste, entschieden wir uns statt der OPV-Schaltung ein Relais zu benutzen. Das Relais schaltet bei Nullsignal auf der T/N-Leitung das L/R-Signal frei und überlässt die horizontale Motorsteuerung dem L/R-Signal. Bei positivem T/N-Signal wird das L/R-Signal ignoriert und positive Betriebsspannung als Signal an die horizontale Motorsteuerung gegeben, welches eine einseitige horizontale Drehung bewirkt. Sobald das positive Signal verschwindet, also Nullsignal auf der T/N-Leitung anliegt, wird die horizontale Motorsteuerung dem L/R-Signal übertragen.  
Eagle „layouden“ -fertig-

## A.10. Freitag 17.09.2004

### Kompaktlabor 2004 – Sonnenfinder

Protokoll  
Datum: 17. September 2004  
Termin: 9  
Beginn: 9:00 Uhr  
Ende:  
Protokollant: Ruben Wesche



#### **Tagesablauf:**

##### **Alle:**

- Referate: Transistoren, Studium Elektrotechnik und dann ... ?
- Organisatorisches für den Stöpseltermin am Montag

##### **Sensorikgruppe:**

- Frühstücken!!!
- Bestückung der Schaltung
- Ätzen der Busplatine und Bestückung
- Anschluss der Sensorikplatine und Fehlersuche

Nach dem Anschluss der Sensorikplatine funktionierte diese nicht. Die Fehlersuche begann.

1. Durchkontaktierungen waren zum Teil unterbrochen
2. -  $U_B$  lag nicht an allen Operationsverstärkern an (Durchkontaktierung)
3. Wackelkontakte auf der Platine -> kalte Lötstellen
4. Einstellen der Spannungsteiler



Theo, Michael und Matthias  
beim Aufbau der Platinen



Theo beim Aufbau und Michael bei der Fehlersuche

Protokoll  
=====

# Gruppe: Motoren/Steuerung  
# Protokollant: Martin Henning  
# Datum: 17.09.2004

gegen 10 Uhr:

> Treffen im Übungsraum, nachdem die vorhergehende Nacht ein fertiges eagle-layout hervorgebracht hat

11 - 13.50 Uhr:

> Platine ausgedruckt und belichtet/geätzt

gegen 13 Uhr:

> Mittagessen. Linsen sind alle :(

gegen 13.45 Uhr:

> Beginn mit dem Aufbau der Schaltung...  
> unerklärlicherweise sind ca. 30% der Transistoren in Kerstins Kiste kaputt, weshalb kurzerhand Jumperfassungen zu Transistorfassungen umfunktioniert werden.  
> alle Bauteile auf der Platine, nichts geht \*narf\*

gegen 16 Uhr:

> Fehlersuche läuft an  
> kaputte Transistoren werden ausgewechselt, nach Schaltüberprüfung werden sie fest eingelötet.  
> zur Erleichterung der Fehlersuche, werden an markanten Punkten zwei antiparallele Leuchtdioden eingebaut

18 Uhr:

> 60% der Gruppenmitglieder sind zu Hause, 25% der Schaltung funktionieren!

20 Uhr

> 50% der Schaltung funktionieren.  
> lange Beratung durch Kay hat nichts geholfen, am Ende war es doch eine nicht leitende Bahn/Lötstelle  
> Entschluss für Neuauflage der gesamten Platine nach Herstellung von 100% Funktion der jetzigen Probeplatine wird gefasst. Verbesserungen: Dickere Leiterbahnen, Löcher in Pads kleiner, keine Vias, IC's werden gesockelt)

22 Uhr:

> Stundenlanges Messen führt zum Erfolg. Eine schlecht bedruckte und deshalb verdrehte Leuchtdiode hatten einen kompletten Zweig der oberen H-Brücke totgelegt.  
> Treffen für Samstag wird mit Kay arrangiert, Familie und Jogging kommen am nächsten Morgen zu kurz.

## A.11. Montag 21.09.2004

### Protokoll

Datum: 21.09.2004

Teilnehmer: G. Awad, Y. Cankatan, M. Hennig, D. Jänicke, M. Moenster

Protokollant: Daniel Jänicke

#### **Zielsetzung:**

Motoren und Endanschlüsse mit der Platine verbinden, Platinenfrontplatte erstellen

#### **Protokoll:**

Da wir zu diesem Zeitpunkt schon zwei funktionierende Platinen mit nur kleinen Layoutänderungen hatten, wurde die ältere der Sensorikgruppe zum Testen überlassen. Die zweite Platine sollte nur vollständig betriebsbereit gemacht werden. Es fehlte noch die Frontplatte und die Kabelverbindungen zu den Motoren und Endanschlüssen.

Anfänglich wurde versucht sich mit der Sensorikgruppe auf ein einheitliches Layout der Frontplatte zu verständigen, da diese jedoch mit ihrer LED-Anzeige auf Kriegsfuß stand, entschieden wir uns für eine eigene und schönere Variante. Sie beinhaltet zwei LED-Kreuze für Signal- und Motorrichtung und eine Anschlag-LED in der Mitte.

Nun mussten die Kabel zu den Motoren und den Endanschlüssen gelegt werden. Nach kurzer Diskussion wurde ein 9-poliger D-Sub Stecker zur besten Lösung deklariert und das Layout der Frontplatte noch einmal kurzfristig um einen D-Sub Anschluß ergänzt.

Belegung des Steckers:

- 1 - Drehmotor
- 2 - Drehmotor
- 3 - Kippmotor
- 4 - Kippmotor
- 5 - OUT-Signal Anschlag links
- 6 - IN-Signal Anschlag links
- 7 - Masse für Endanschlüsse
- 8 - IN-Signal Anschlag rechts
- 9 - OUT-Signal Anschlag rechts

Die Frontplatte wurde mit Bohrlöchern versehen und die Belegung des Steckers gelötet. Gegen 16 Uhr konnte dann das Endergebnis bestaunt werden: Eine vollfunktionsfähige Motorsteuerungsplatine mit LED Anzeige und Peripherieanschluß an der Frontplatte.

## A.12. Dienstag 22.09.2004

Kompaktlabor 2004 – Solarzellennachführung

Protokoll  
Datum: 22.09.2004  
Termin: 12  
Protokoll: Matthias Weiland



22.09.2004

### ***Projektabschluss und interne Kurzpräsentation***

- Frühstück!!! – diesmal Kay und alle Teilnehmer zusammen in der Bibliothek
- Kurzpräsentation durch Yasemin, Theo, Martin und Christian
- Gäste u.a. Prof. Kalkner, Kerstin, Micha
- als erstes Präsentation des Gerätes, dann Präsentation des Projektes und der Teilgruppen
- Gerät funktionierte gut, auch wenn an der Feineinstellung und Mechanik (das Ganze war doch ein wenig Klebeband und Kabelbinder lastig) noch Verbesserungen stattfinden müssen
- Konfusion bei mehreren Lichtquellen in unterschiedlichen Richtungen
- **Fazit: Die Kiste – mittlerweile auch schon mal Roboter genannt (ein passender Name muss noch her) – funktioniert**

### ***letzte kleine Veränderungen an unserer Schaltung***

- ersetzen der temporären Überbrückung der Tag/Nacht-LED durch einen Jumper
- Tag/Nacht-Schaltung kann nun wahlweise in Betrieb sein, oder Funktion durch eingejumperte LED anzeigen
- Labor aufräumen
- Gruppenfotos
- Mechanikauftrag an die Werkstatt:
  - Abdeckung für die Oberseite des 19-Zoll Racks
  - Hinten Spacer (10mm) und dann Plexiglas, damit die wunderbare Busplatine noch zu sehen ist
  - Winkel zur Befestigung des Racks auf dem Motorarm und zur Befestigung des Panel-Us am Rack
  - Abdeckung unterhalb des Solarpanels – schraubbar, damit die Kabel verschwinden
  - Umsetzen des einen Motoranschlages
  - Winkel für Akkus innerhalb und ausserhalb des Racks
  - Verstärkung der unteren Motorhaltung, damit dieser nicht mehr durchhängt

Verabredung zum internen Abschlussberichtstermin: Morgen, 23.09. um 10 Uhr

Verabredung zum projekturnfassenden Abschlussstermin: Morgen, 23.09. um 12 Uhr