

Bericht der Gruppe 2.1  
PPS im 4. Semester

# **Erdmagnetfeldmessung (Elektronischer Kompass)**

Christian Eisenhut und Alain Brenzikofer alias Navineedles

SS 2001

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Theorie und Grundlagen</b>	<b>2</b>
2.1	Protel . . . . .	2
2.2	Sensor . . . . .	2
2.3	Funktionsprinzip des KMZ51 . . . . .	2
2.3.1	Anwendung . . . . .	2
2.4	Microcontroller . . . . .	3
2.4.1	Aufbau des 80C517A . . . . .	4
2.4.2	A/D Wandler . . . . .	5
2.5	Leistungselektronik . . . . .	7
2.5.1	Der Baustein BTS 780 . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Problemlösung</b>	<b>8</b>
3.1	Analogteil . . . . .	9
3.1.1	Sensorsignalpfad . . . . .	9
3.1.2	Spannungsversorgung . . . . .	9
3.1.3	Anschlussbelegung . . . . .	11
3.1.4	Korrekturen am Sensorboard . . . . .	11
3.2	Digitalteil . . . . .	11
3.2.1	Vorgehensweise . . . . .	11
3.2.2	Sourcecode . . . . .	11
3.2.3	Anzeige . . . . .	15
<b>4</b>	<b>Experimente, Tests und Messungen</b>	<b>15</b>
4.1	Verbesserungsvorschläge . . . . .	15
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>15</b>

# 1 Einleitung

Dies ist der Bericht der Gruppe Navineedles für das PPS Erdmagnetfeld-Messung (Elektronischer Kompass) am Departement für Elektrotechnik der ETH Zürich. PPS steht für Projekte, Praktika und Seminare. Die Aufgabe bestand darin, die Komponenten des Erdmagnetfeldvektors mittels zweier senkrecht angeordneten Sensorbausteine zu messen, mit einem Microcontroller zu verarbeiten und auf eine selbstgewählte Weise anzuzeigen.

## 2 Theorie und Grundlagen

### 2.1 Protel

Zur Schema- und Layouterstellung wurde das Programm Protel verwendet. Theorie oder Funktionenbeschreibung machen an dieser Stelle keinen Sinn. Als Übung erstellten wir eine Platine für eine simple Schaltung. In Abbildung 1 und 2 ist das Resultat zu sehen.

### 2.2 Sensor

Zur Erfassung des Magnetfeldes stehen uns zwei Magnetfeldsensoren KMZ51 von Philips zur Verfügung.

### 2.3 Funktionsprinzip des KMZ51

Der KMZ51 ist ein extrem empfindlicher Magnetfeldsensor. Er beruht auf dem Effekt, dass das verwendete Material den Widerstand aufgrund eines externen magnetischen Feldes ändert. Im Sensor wird das ferromagnetische Material Permalloy (19% Fe, 81% Ni) verwendet. Während der Produktion wird beim Auftragen des Materials ein starkes externes Magnetfeld parallel zur Achse des schmalen Streifens angelegt. Ohne externes Magnetfeld sind die Teilchen immer in Richtung der Achse ausgerichtet. Durch ein externes Feld (z.B. Erdmagnetfeld) ändert sich deren Richtung und der Widerstand:  $R = R_0 + \Delta R \cos^2 \alpha$ .  $\Delta R$  ist für Permalloy im Bereich von 2 bis 3% von  $R$ .

In der Abbildung 3 ist ersichtlich, dass der Sensor eine magnetempfindliche Wheatstone-Brücke und eine eingebaute Kompensations- und Setz-/Rücksetzpule enthält. Die interne Ausrichtung kann durch einen positiven oder negativen Strompuls auf die Setz-/Rücksetzpule  $Z1$  invertiert werden. Der Impuls sollte ungefähr  $3\mu s$  dauern und der Strom  $I_F$  ungefähr 1A betragen.

#### 2.3.1 Anwendung

Die Kompensationsspule wird in unserer Schaltung nicht verwendet. Nach jeder Messung wird aber ein Reset durchgeführt. Man kann das Offset des Sensors kompensieren, indem man die Magnetisierungsrichtung ändert und die beiden Werte voneinander abzählt:

$$V_N = -V_S$$

$$(V_N + \text{off}) - (V_S + \text{off}) = V_N - V_S = 2 \cdot V_N$$

Die Brücke wird mit einem konstanten Strom versorgt, da wir die Spannung zwischen  $-V_0$  und  $+V_0$  messen wollen ( $U = \text{const} \cdot R$ ).

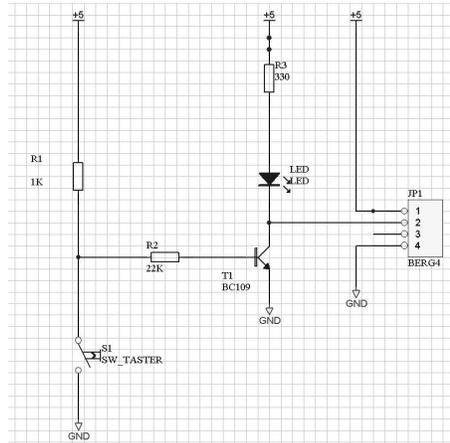


Abbildung 1: Schema der Testschaltung

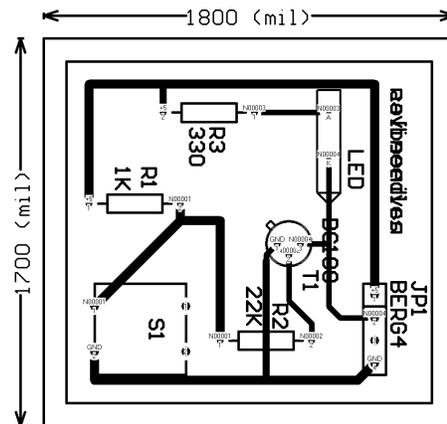


Abbildung 2: PCB Ansicht der Testschaltung

## 2.4 Microcontroller

Microcontroller sind die logische Fortführung des Miniaturisierungs- und Konzentrierungsbestrebens der Halbleiterindustrie im Verbund mit unschlagbarer Flexibilität. Wurden in den Anfängen der integrierten Schaltkreise zunächst nur einzelne logische Schaltkreise in ICs integriert, entstanden mit der fortschreitenden Miniaturisierung Spezialisten wie Prozessoren, Speicherbausteine, EEPROMs oder Controller. Alle diese ICs benötigen aber ein gewisses Mindestmass an Supportchips (Treiberbausteine, Generatoren, Controller,...). Einen entgegengesetzten Weg verfolgen Microcontroller: Sie integrieren soviel Funktionalität wie möglich in einem Gehäuse. Der daraus resultierende Vorteil ist offensichtlich: komplexeste logische Schaltungen lassen sich in einem Microcontroller realisieren und per Software kontrollieren.

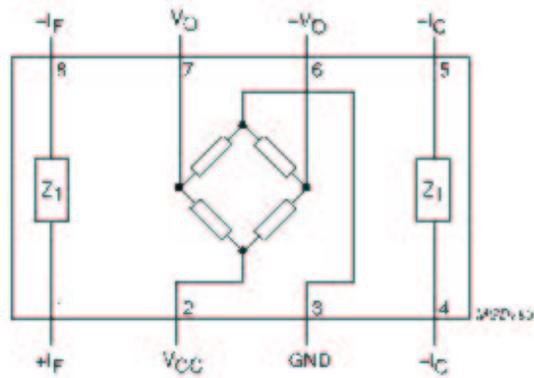


Abbildung 3: vereinfachtes Schaltbild des KMZ51

#### 2.4.1 Aufbau des 80C517A

Der 80C517A ist ein leistungsfähiger und vielseitiger Mikrocontroller aus der 8051-Familie. Die folgende Liste gibt einen groben Eindruck von den Eigenschaften dieses Bauelementes:

- 32 Kbyte On-Chip-Rom
- auch ROM-lose Varianten erhältlich
- Aufwärtskompatibel zum 80C515
- Über 2 Kbyte On-Chip-RAM
- Einzelbitverarbeitung
- Taktgeschwindigkeiten bis 18 MHz erhältlich
- Externe Erweiterbarkeit von Programm- und Datenspeicher (bis 64 Kbyte)
- On-Chip-A/D-Wandler, siehe A/D-Wandler
- Zwei 16-bit-Timer, voll kompatibel zum 80C51
- Universelle Compare/Capture-Einheit mit eigenen 16-bit-Timern; unterschiedlich konfigurierbare 16-bit-Compare- und Capture-Register für genaue zeitliche Auflösungen
- Arithmetik-Einheit für 16-bit-Arithmetik (Multiplikation, Division, Schiebeoperationen)
- Integrierte Systemüberwachung: Programmierbarer 16-bit-Watchdog-Timer, Oszillator-Watchdog
- Neun Eingabe-Ausgabe-Ports, unterschiedlich konfigurierbar
- Zwei unabhängige serielle Schnittstellen mit eigener Baudratenerzeugung
- Interrupt-System mit 17 Interrupt-Vektoren und 4 Prioritätsebenen

- Betriebsarten zur Reduzierung der Stromaufnahme: Slow-Down-Modus, Idle-Modus, Power-Down-Modus
- Gefertigt in CMOS-Technologie
- Unterschiedliche Gehäusevarianten erhältlich: PLCC 84, PQFP 100

#### 2.4.2 A/D Wandler

Der Microcontroller 80C517A besitzt einen A/D-Wandler mit den folgenden Eigenschaften:

- 12 analoge Eingangskanäle, die durch einen Multiplexer auf den Wandler geschaltet werden.
- Die analogen Eingänge (Port 7 und Port 8) sind auch als digitale Eingänge verwendbar.
- 10-bit-Ergebnis
- Wandlungsgeschwindigkeit einstellbar, dies erlaubt eine Anpassung an die benutzte Quarzfrequenz, um immer kürzestmögliche Wandlungszeiten (minimal 7  $\mu$ s) zu erreichen.
- Start der Wandlung durch Software oder durch externes Signal
- Interrupt-Request am Ende der Wandlung

Der Wandler arbeitet nach dem Prinzip der sukzessiven Approximation, d.h. für jedes der zehn Ergebnisbits muss ein Einstell- und Vergleichsschritt durchgeführt werden. Abbildung 4 zeigt das Funktionsschaltbild des A/D-Wandlers im 80C517A. ADCON0 (A/D Control 0) und ADCON1 (A/D Control 1) dienen der Steuerung und der Statusanzeige, das Ergebnis nach der Wandlung enthalten die Special-Function-Register ADDATH (A/D Data High) und ADDATL (A/D Data Low), wobei ADDATH die acht höherwertigen Bits des Ergebnisses aufnimmt. Im Register ADCON0 befinden sich zwei Betriebsarten-Bits: Das Bit ADM bestimmt die Wandlungsart (Einzel- oder Dauerwandlung), das Steuerbit ADEX wählt die Art des Wandlungsstarts. Die Programmierung der vier Bits MX0, MX1, MX2 und MX3 dient zur Auswahl der zwölf Eingangskanäle, das Bit ADCL erlaubt die Auswahl des Taktes für den A/D-Wandler und das Busy-Flag BSY zeigt eine gerade laufende Wandlung an. Am Ende der Wandlung kann der A/D-Wandler einen Interrupt über das Interrupt-Request-Flag IADC anfordern.

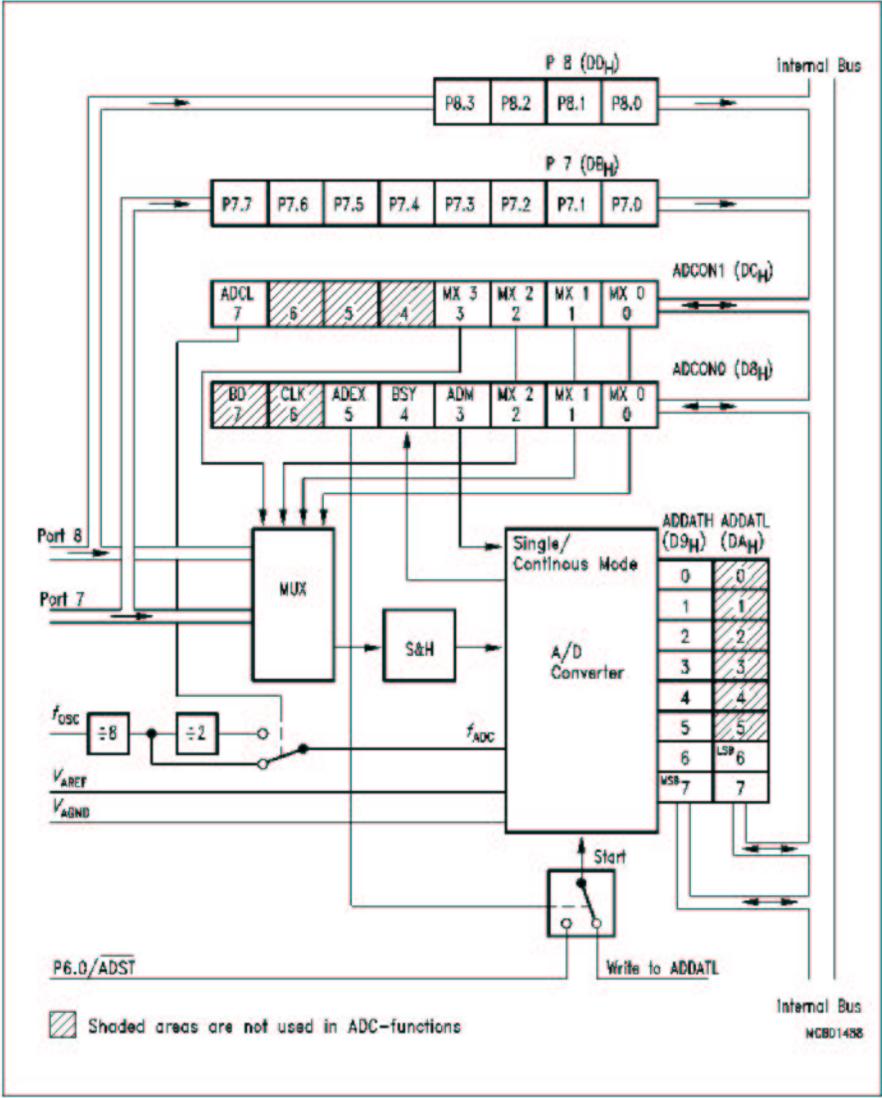


Abbildung 4: Die AD-Wandler Einheit des 80C517A [1]

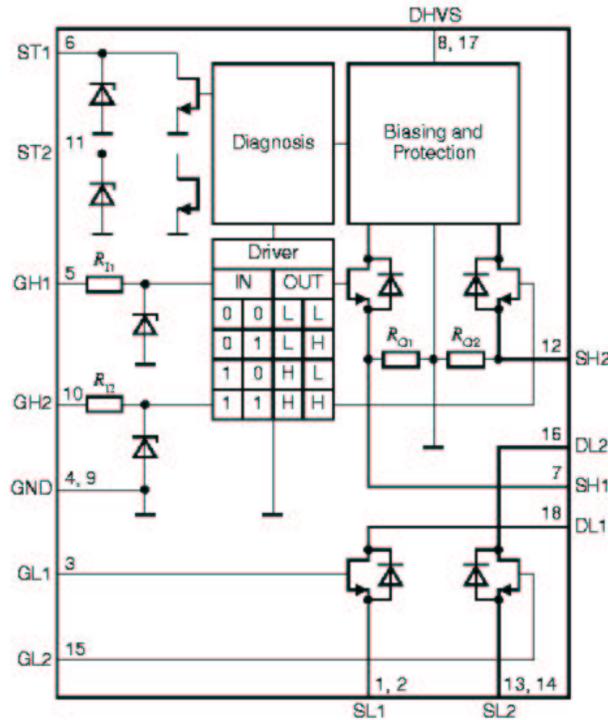


Abbildung 5: Blockschaltung BTS780

## 2.5 Leistungselektronik

Vor jeder Messung muss man den Sensor durch einen kurzen Stromstoss zurücksetzen. Um den hohen Strom der Set-/ Resetspulen zu steuern, benützen wir den uns zur Verfügung gestellten Treiber BTS 789 GP.

### 2.5.1 Der Baustein BTS 780

Der Quad-Switch-Driver BTS780 von Infineon kann hohe Ströme steuern.

Wie in Figur 6 gezeichnet, werden die Ausgänge SH1 und DL1 sowie SH2 und DL2 zusammenschaltet, so dass wir einen Umpolschalter haben.

Wenn man schnell grosse Ströme schaltet, sollte man bei der Ansteuerung des Bausteines darauf

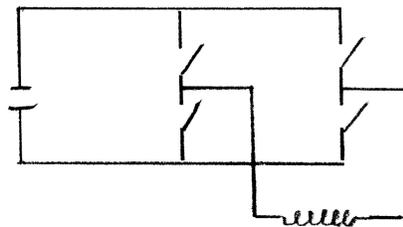


Abbildung 6: Schalter

zu achten, dass der Strom auf der Spulenseite infolge der Induktivität nicht springen kann. Ebenso kann die Spannung über dem Eingang nicht springen. SHx und SLx sollten nicht beide sperrend oder leitend sein, da sonst ein Kurzschluss respektive ein floating Ausgang auftritt. Wenn der Ausgang floating ist, wird der Stromkreis über der Spule unterbrochen. Der Strom über der Spule muss aber kontinuierlich sein. Es ist sinnvoll darauf zu achten, dass für ein Nullpotential über der Last jeweils abwechslungsweise über die beiden unteren und oberen Schalter kurzgeschlossen wird, so dass die Verlustwärme an beiden gleichmässig anfällt. Ein möglicher Ansteuervorgang sieht wie folgt aus:

SH1	SL1	SH2	SL2	Ausgang
1	0	0	1	High
1	0	1	0	Null
0	1	1	0	Low
0	1	0	1	Null

0 Schalter sperrend  
1 Schalter leitend

Zum Schutz der Transistoren sind im BTS 780 Dioden zu den Transistoren in Sperrrichtung parallelgeschaltet. Dadurch wird der Baustein auch bei falscher Ansteuerung nicht zerstört. Der Strom kann über die Dioden abfließen.

Für die Steuerung des Stromes  $I_F$  durch die Flip-Spule des Magnetfeldsensors ist der Wirkungsgrad nicht wichtig. Wir schalten relativ selten: Der Strom kann über die internen Schutzdioden abgeführt werden.

### 3 Problemlösung

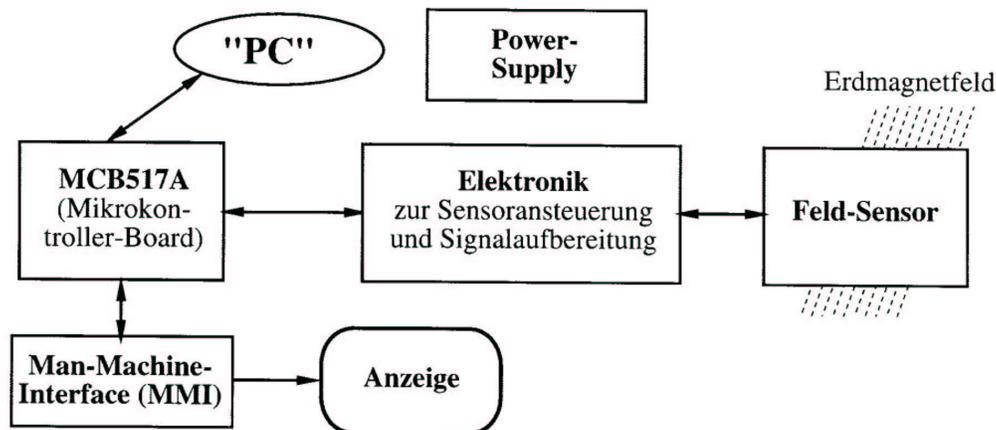


Abbildung 7: Blockdiagramm der Lösung

### 3.1 Analogteil

Der Analogteil der Problemlösung besteht aus der Elektronik zur Sensoransteuerung und Signalaufbereitung. Er bildet das Interface zwischen den Feldsensoren und dem Microcontroller. Die Genauigkeit des Sensorboards liegt weit über der, die wir benötigen, um 8 LED's anzusteuern. Beispielsweise sind die Sensoren nicht auf dem Board selbst, damit die Ströme das Ergebnis nicht beeinflussen. Um eine Nordrichtung zu bestimmen ist dies völlig übertrieben. Diese Schaltung wurde uns mit fertigem Layout zur Verfügung gestellt. Unsere Aufgabe war, uns mit dem Schema zu beschäftigen und dieses zu verstehen. Leider war das Layout alles andere als fehlerfrei. (Die Fehler sind im Kapitel 3.1.4 auf Seite 11 dokumentiert.)

#### 3.1.1 Sensorsignalpfad

Abbildung 8 zeigt die Schaltung, die die beiden analogen Sensorsignale liefert. Sie lässt sich grob in folgende drei Bereiche einteilen:

- Steuerung
- Sensoren
- Ausgang

Hinzu kommt für jedes Bauteil eine entsprechende Energieversorgung.

Die Steuerung übernimmt die Kontrolle über den Leistungsbaustein BTS780GT, der den Stromimpuls zur Rücksetzung der Sensoren liefert. Die beiden AND-Gatter stellen sicher, dass der Leistungsbaustein immer nur in einer Richtung öffnen kann oder geschlossen bleibt, also dass ein Kurzschluss ausgeschlossen werden kann. Folglich liefert er einen positiven, einen negativen oder gar keinen Strom, der im Pin 1 der Sensoren eingespeist wird.

Die Sensoren sind der Kern des Gerätes. Sie beziehen ihre Betriebsspannung aus den Spannungsreglern LM317. Davon gibt es zwei, damit sich die Sensoren nicht durch die Spannungsquelle gegenseitig beeinflussen. Zwischen den Pins 6 und 7 liegt der Messwert an, der dann in der Ausgangs-Stufe weiter verarbeitet wird.

Im Ausgang wird das Signal, also der Messwert, für den Microcontroller aufbereitet. Durch die Differentialverstärker INA114 wird die Spannungsdifferenz vom Signal verstärkt, entkoppelt und bezüglich GND festgelegt. Gleichzeitig wird eine Referenzspannung dazu addiert, die durch die Zenerdiode LM385 und den Widerständen R11-R13 festgelegt wird. Dadurch wird das Signal so verschoben, dass immer nur positive Spannungen beim Microcontroller ankommen (Pins 14 und 16). Da das Programm diese Referenzspannung wieder abziehen muss, muss sie auch gemessen werden (Pin 12).

Die aufbereiteten Sensor-Signale werden durch die Schutzdioden D1-D4 auch noch auf den Bereich 0 bis 5 V beschränkt, um die Eingänge des Microcontrollers zu schützen.

#### 3.1.2 Spannungsversorgung

Die verschiedenen Spannungspegel der Energieversorgung werden durch entsprechende ICs (IC8, IC9, IC10, IC11) und Zenerdiode (Z1) gewährleistet. Während die ICs die Spannung auf einen bestimmten Wert fixiert, steuert die Zenerdiode die Spannung nur nach unten, d.h. zu hohe Spannungen werden abgeschnitten.

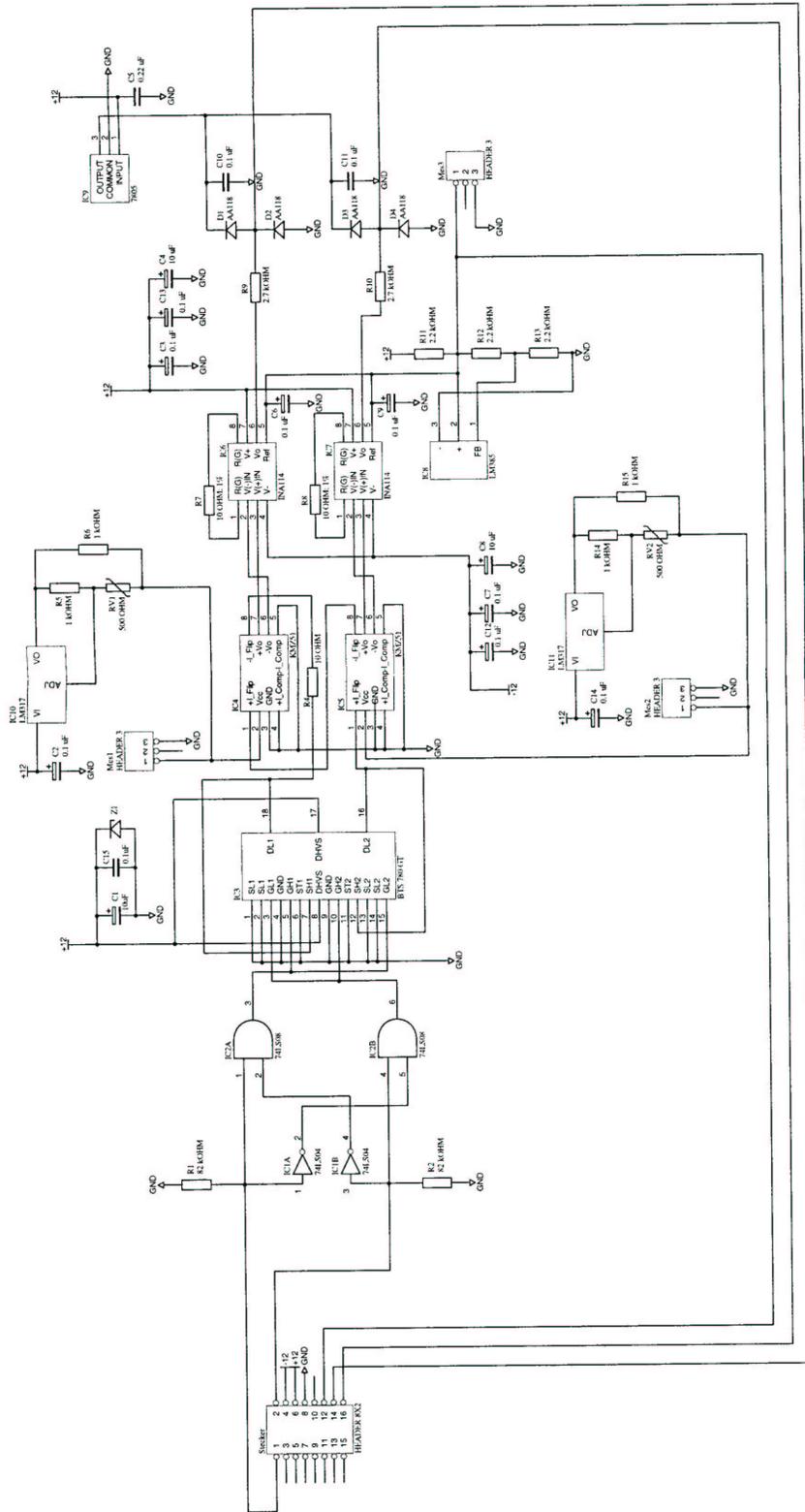


Abbildung 8: Schema des Sensorboards

Die vielen kleinen Kondensatoren (  $0.1 \mu\text{F}$ ) dienen zur Filterung und Stabilisierung bei den Rückkopplungen der Spannungsregler, und die grossen Kondensatoren (  $10 \mu\text{F}$ ) dienen als Buffer, um kurzfristige Verbrauchsspitzen zu kompensieren, so dass die Spannung nicht zusammenbricht, denn sie reagieren schneller als die Spannungsregler.

### 3.1.3 Anschlussbelegung

Der Stecker für die Verbindung zum  $\mu\text{C}$  ist wie folgt belegt:

- *Pin 12*: Referenzspannung
- *Pin 13 und 14*: Sensoren 1 und 2
- *Pin 1 und 2*: Reset

### 3.1.4 Korrekturen am Sensorboard

Folgende Fehler waren in der Schaltung, die angeblich schon mal funktioniert hat, zu finden:

- Die IC's *IC2A* und *IC2B* sind nicht mit Spannung versorgt.
- Das eine Potentiometer ist nicht mit dem Sensoranschluss verbunden.
- Der  $2.2\text{k}\Omega$  Widerstand *R11* muss durch  $18\text{k}\Omega$  ersetzt werden, damit die Referenzspannung bei  $2.5\text{V}$  und nicht bei etwa  $6\text{V}$  liegt.

## 3.2 Digitalteil

### 3.2.1 Vorgehensweise

Über Port 8 des Controllers werden die Analogsignale vom Sensorboard gewandelt. Die Referenzspannung und die Messwerte der beiden Sensoren liegen also jetzt als digitale 8-Bit Werte vor (theoretisch könnte der 80C517A sogar 10 Bit wandeln). Die Referenzspannung wird von den Messwerten abgezogen und es wird bestimmt, in welchem Anzeigequadrant die Richtung des Magnetfeldes liegt. Mittels einfacher Trigonometrie wird der Winkel des Feldes gerundet um zu entscheiden, welche der 3 in Frage kommenden LED's gezündet werden soll. Der Resetimpuls wird über Port 5 ausgelöst. Um den Offset des Sensors zu kompensieren müsste man eigentlich 2 Messungen durchführen, wobei der Resetstrom einmal in die eine, bei der 2.Messung in die andere Richtung fliesst. Da so auch die Messwerte ihr Vorzeichen wechseln, ergibt sich der Offset durch Mitteln der beiden Messungen. Aus Zeitgründen wurde dieses Detail aber nicht mehr implementiert.

### 3.2.2 Sourcecode

```
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;  
;;                                                                                   ;;  
;;          navineedle - elektronischer Kompass                                     ;;  
;;          -----                                                                    ;;  
;;          Alain Brenzikofer / Christian Eisenhut                                 ;;  
;;                                                                                   ;;  
;;          Code fuer 80C517A                                                       ;;  
;;          Einlesen der Sensorwerte und Reset der Sensoren,                       ;;  
;;                                                                                   ;;
```

```

;;      Berechnung der Nordrichtung und deren Anzeige      ;;
;;      auf 8 LED's                                         ;;
;;                                                         ;;
;;                                                         ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;      Portbelegung                                         ;;
;;      -----                                             ;;
;;      Referenzspannung          an 8.0  (0-5V)            ;;
;;      Sensor 1 (x-Achse - W-E ) an 8.1  (0-5V)            ;;
;;      Sensor 2 (N-S)           an 8.2  (0-5V)            ;;
;;      Reset 1                   an 5.0                    ;;
;;      Reset 2                   an 5.1                    ;;
;;      LED's fuer Nordanzeige (8) an 4.0 - 4.7            ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

```

```

P4      EQU      0E8H
P5      EQU      0F8h
P8      EQU      0EDH
Sen1    EQU      0D5h  ; Sensorbit1
Sen2    EQU      0D1h  ; Sensorbit2

ADCON1  EQU      0DCH
ADCON0  EQU      0D8H
ADDATL  EQU      0DAH
ADDATH  EQU      0D9H
TANTABLE EQU      080H  ;RAM

```

```

ORG 400H
START:  MOV SP, #0CFH

```

```

        ICALL Reset2
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
LoopStart:

;; A/D wandeln
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
        CLR ADCON0+3          ; ADM 0 setzen -> Einfachwandlung
        CLR ADCON0+5          ; ADEX 0 setzen -> Softwarestart
;Bit 0, Referenzspannung
        MOV ADCON1, #8H        ; Port 8.0 wird maskiert
        MOV ADDATL, #0H        ; start der Wandlung
WAITBUSY1:
        JB ADCON0+4, WAITBUSY1 ; ...
        MOV R1, ADDATH          ; Referenzspannung in R1
;Bit 1, Sensor 1
        MOV ADCON1, #9H
        MOV ADDATL, #0H
WAITBUSY2:
        JB ADCON0+4, WAITBUSY2
        MOV R2, ADDATH          ; Sensor 1 in R2 x-Achse
;Bit 2, Sensor 2
        MOV ADCON1, #0Ah
        MOV ADDATL, #0h
WAITBUSY3:
        JB ADCON0+4, WAITBUSY3
        MOV R3, ADDATH          ; Sensor 2 in R3 y-Achse

;; Vorzeichen bestimmen und Referenz abzaehlen
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;x-Achse
        mov      A, R1

```

```

        subb    A, R2
COMP:   jc      POSI          ;wenn carry => R2 > R1
;negativ
        mov    A, R1
        SUBB   A, R2
        mov    R2,A
        clr    Sen1          ;Sensor1 negativ
        ajmp   NEXT
POSI:   CLR     C
        mov    A,R2
        SUBB   A, R1          ;A= Sensor1 - Referenz
        mov    R2,A          ;Sensor1=A
        setb   Sen1          ;Sensor1 positiv
NEXT:
;y-Achse
        mov    A, R1
        subb   A, R3
COMPy:  jc      POSIy
;negativ
        mov    A, R1
        SUBB   A, R3
        mov    R3,A
        clr    Sen2
        ajmp   NEXTy
POSIy:  CLR     C
        mov    A,R3
        SUBB   A, R1          ;A= Sensor2 - Referenz
        mov    R3,A          ;Sensor2=A
        setb   Sen2
NEXTy:
;;Quotient
;;;;;;;;;;;;;
;Bereich 1? (relativ)
        mov    A, R3
        mov    B, #5
        div    AB            ;R4 = y/5
        mov    R4, A

        mov    A, R2
        mov    B, #2
        div    AB            ;A = x/2
        subb   A, R4
        jc     Bereich1      ;

;Bereich 3?
        mov    A, R3
        mov    B, #2
        div    AB
        mov    R4,A

        mov    A, R2
        mov    B, #5
        div    AB
        subb   A, R4
        jnc    Bereich3

; wenn weder 1 noch 3 => 2
        mov    A,#1
        jmp    QuotFertig

Bereich1:
        mov    A, #0
        jmp    QuotFertig

```

```

Bereich3:
    mov     A, #2
    jmp     QuotFertig

;; Quadrant bestimmen
;;;;;;;;;;;;;
QuotFertig:
    clr     C                ;carry loeschen
    jb     Sen1, QuadRechts

    ;wir sind links
    jb     Sen2, QuadObenLinks
;QuadUntenLinks:
    add     A, #4

    call   QuadTrans
    jmp    RichtungFinisch
QuadObenLinks:
    mov     R4,A
    mov     A, #8
    subb    A,R4

    call   QuadTrans
    jmp    RichtungFinisch
QuadRechts:
    jb     Sen2, QuadObenRechts
;QuadUntenRechts:
    mov     R4,A
    mov     A, #4
    subb    A,R4

    call   QuadTrans
    jmp    RichtungFinisch
QuadObenRechts:
                                ;keine Veraenderung noetig
    jmp     RichtungFinisch

QuadTrans:
    mov     R4, A
    clr     C
    mov     A, #00000001b
    jz     QTPass                ; wenn Nord
QTloop:
    RLC     A
    DJNZ    R4, QTloop
QTPass:

    ret

;; Auf LED's an Port 4 anzeigen
;;;;;;;;;;;;;
RichtungFinisch:
    jnz     Anzeige
    mov     A, #00000001b        ;Bereich zwischen Nordost und Nord
Anzeige:
    mov     P4, A                ;Anzeigen der Richtung

;;;;;;;;;;;;;
    LJMP    LoopStart

;;;;;;;;;;;;;
;; Functions
;;;;;;;;;;;;;

```

```

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
Reset1:
    MOV P5, #00000001b      ; Flanke los
    nop
    nop
    nop
    nop
    MOV P5, #0
    ret

Reset2:
    MOV P5, #00000010b     ; Flanke los
    nop
    nop
    nop
    nop
    MOV P5, #0
    ret

END

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

```

### 3.2.3 Anzeige

Das Problem der Anzeige wurde von unseren werten Kollegen gelöst. Die Nordrichtung wird auf 8 im Kreis angeordneten LED's, die über Port 4 angesteuert werden, angezeigt. Das Anzeigeboard enthält die dazu nötige Elektronik.

## 4 Experimente, Tests und Messungen

Für die geplanten Untersuchungen fehlte uns leider die Zeit. Was leicht zu beobachten ist, ist die Verzerrung der Anzeige. Bei gleichmässiger Rotation der Sensoren, springt die Anzeige nicht gleichmässig mit, sondern es sind Bereiche zu erkennen, in welchen Sie schneller springt als in anderen. Diese Bereich sind Symmetrisch bezüglich der x- und der y-Achse.

### 4.1 Verbesserungsvorschläge

Für die Ungleichmässig verteilte Anzeige haben wir keinen konkreten Verbesserungsvorschlag. Einerseits haben wir den Reset des Sensors nicht ganz korrekt implementiert, weshalb wir den Offset des Sensors als verfälschenden Einfluss nicht eliminiert haben. Andererseits könnte auch das  $\mu C$  Programm dafür verantwortlich sein. Die Berechnung des Quotienten der Sensorwerte verursacht Rundungsfehler, die sich bei einem Ganzzahlenbereich von 0 bis etwa 127 (je nach Referenzspannung) schnell auswirken können.

## 5 Zusammenfassung

Dieses PPS bot uns die Möglichkeit, Einblicke in die Programmierung und Handhabung von Microcontrollern, in die Gestaltung von Platinen mittels des Layoutprogramms Protel, in den

Umgang mit Leistungselektronikbausteinen, in das Einsetzen von Magnetfeldsensoren und nicht zuletzt auch in das Gestalten eines Berichtes zu erhalten. Alleine schon dank dieser Vielfalt konnten zahlreiche neue Erfahrungen gesammelt werden. Gingen wir zu Beginn des Projektes noch davon aus, im Sommer mit einem elektronischen Kompass in der Hand die Nordrichtung finden zu können, mussten wir im Laufe des Praktikums unsere Vorstellungen laufend etwas einschränken. So haben beispielsweise die Fehlersuche sowie die Korrektur des Sensorboards einige Zeit beansprucht, und auch die Anzeige liess sich nicht so einfach realisieren wie erhofft. Nach zahlreichen Versuchen und Korrekturen an der Hardware und Software waren wir deshalb überrascht, als die Schaltung plötzlich doch funktionierte. Das Resultat ist erstaunlich: Die Anzeige reagiert trotz zahlreicher störender Magnetfelder im Raum sehr gut auf das Erdmagnetfeld. Das Ziel, die Schaltung trotz mühsamer Fehlersuche doch noch zum Laufen zu bringen, wurde also erreicht.

## **Literatur**

- [1] R. Johannis / N. Papadopoulos. *MC-Tools 5*. Feger + CO. Hardware + Software Verlags OHG, Traunreut, 1990.