
Projekt Analoge Schaltungstechnik 2007/2008

Funkdatenkommunikation

Diese Dokumentation wurde im Verlauf der Projektarbeit im Wintersemester 07/08 von **Thomas Löpfe** und **Martin Züger** erstellt.



Dieses Dokument darf unter den Bedingungen der [Creative Commons Attribution-Noncommercial-Share Alike 2.5 Switzerland Lizenz](#) kopiert, verändert und weitergegeben werden.

Das heisst sie dürfen:

- das Werk vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen
- Bearbeitungen des Werkes anfertigen

Zu den folgenden Bedingungen:

- **Namensnennung.** Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen (wodurch aber nicht der Eindruck entstehen darf, Sie oder die Nutzung des Werkes durch Sie würden entlohnt).
- **Keine kommerzielle Nutzung.** Dieses Werk darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden.

Diese Dokumentation wurde im Februar 2008 von Dr. Andreas Heinzelmann mit einer 6.0 benotet.

Martin Züger
web@mzueger.ch



NTB
INTERSTAATLICHE HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK BUCHS

Funkdatenkommunikation

Technische Dokumentation

Februar 2008

Verfasser	Thomas Löpfe Martin Züger
Auftraggeber	Prof. Dr.-Ing. A. Heinzelmann Interstaatliche Hochschule für Technik NTB Buchs Labor für Elektronik Werdenbergstrasse 4 9471 Buchs / Schweiz

Zusammenfassung

Das Funkdatenkommunikationsmodul kann eine Funkverbindung zwischen zwei Computern herstellen. Weiter ist eine Temperatur- und Helligkeitsüberwachung vorhanden.

Der USB-Anschluss dient gleichzeitig als Datenschnittstelle zum Computer, wie auch zur Stromversorgung. Dabei werden die Daten über einen USB-RS232-Konverter in ein serielles Signal für den Mikrokontroller übersetzt. Dieser Konverter stellt zudem die benötigten 3.3 V zur Verfügung. Da das Gerät mit oder ohne Mikrokontroller eingesetzt werden kann, ist die 2.5 V-Versorgung redundant ausgelegt. Einerseits durch einen Spannungsteiler von Vcc aus, andererseits getrennt mit einem Widerstand durch den Mikrokontroller selber. Der Trennwiderstand dient zur Begrenzung des Ausgleichstromes bei leicht unterschiedlichen Potentialen.

Die Temperaturüberwachung ist mit einem NTC-Widerstand und einem invertierenden Schmitt-Trigger realisiert. Dabei wird über einen Spannungsteiler die Referenzspannung eingestellt und über einen zweiten Spannungsteiler mit dem NTC die Temperatur ermittelt. Dadurch wird ein Schaltverhalten mit einer Hysteresebreite von maximal 5°C erreicht. Eine Temperatur von über $22^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ wird durch eine LED angezeigt und auch an den Mikrokontroller weitergeleitet.

Die Helligkeitsüberwachung ist ebenfalls mit zwei Spannungsteilern realisiert. Hier kommt jedoch eine nicht-invertierende Schmitt-Triggerschaltung zum Einsatz. Die Lichtverhältnisse werden mit einem LDR ermittelt. Dunkelheit wird wie bei der Temperaturüberwachung mit einer LED angezeigt und an einen Eingang des Mikrokontrollers signalisiert.

Das Transceiver-Modul wurde vom Auftraggeber entwickelt. Es ermöglicht das Senden und Empfangen von Daten mittels 433 MHz Trägerfrequenz. Das empfangene Signal wird auf der Hauptplatine durch einen Bandpassfilter mit Mehrfachgegenkopplung und einem Präzisionsgleichrichter bereinigt. Anschliessend steht es an einem Analog-Eingang des Mikrokontrollers zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung.

Damit die im Mikrokontroller laufende Software verschiedene Hardware-Revisionen unterscheiden kann, wurde eine einfache Hardware-Versionserkennung eingebaut. Diese besteht aus einem doppelten Spannungsteiler und kann 40 verschiedene Versionen unterscheiden.

Die Bauteilkosten der Prototypen belaufen sich auf ca. CHF 84.-. Bei angestrebten 20'000 Stück pro Jahr betragen die Herstellkosten im ersten Jahr CHF 50.-, woraus sich ein Verkaufspreis von ca. CHF 252.- ergibt.

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines und Blockschaltbild	1
2	Stromversorgung und Datenschnittstelle	1
3	Transceiver	2
3.1	Senderschaltung	2
3.2	Empfängerschaltung	2
4	Bandpassfilter	2
4.1	Dimensionierung	2
4.2	Simulation	3
4.3	Messung	3
5	Präzisionsgleichrichter	4
5.1	Dimensionierung	4
5.2	Simulation	4
5.3	Messung	5
6	Temperaturüberwachung	5
6.1	Dimensionierung	5
6.2	Simulation	6
6.3	Messung	6
7	Helligkeitsüberwachung	6
7.1	Dimensionierung	6
7.2	Messung	7
8	Mikrokontroller	7
8.1	MSP430	7
8.2	Hardware-Versions-Erkennung	7
9	Kostenschätzung	8
10	Anhang	A
10.1	Schaltung von Thomas Löpfe.....	A
10.2	Bestückungsplan von Thomas Löpfe.....	C
10.3	Schaltung von Martin Züger	D
10.4	Bestückungsplan von Martin Züger	F
10.5	Mainboard Stückliste und Bauteilkosten	G
10.6	Schaltung Transceiver.....	H
10.7	Transceiver Stückliste und Bauteilkosten	I

1 Allgemeines und Blockschaltbild

Die entworfene und realisierte Schaltung besteht aus zwei Leiterplatten. Die Transceiver-Leiterplatte trägt den Sende- und Empfangspfad. Sie wurde vom Auftraggeber entwickelt. Auf dem Mainboard sind die restlichen Komponenten platziert. In Abbildung 1 ist das komplette Blockschaltbild ersichtlich. Die Komponenten der Transceiver-Leiterplatte sind grau hinterlegt.

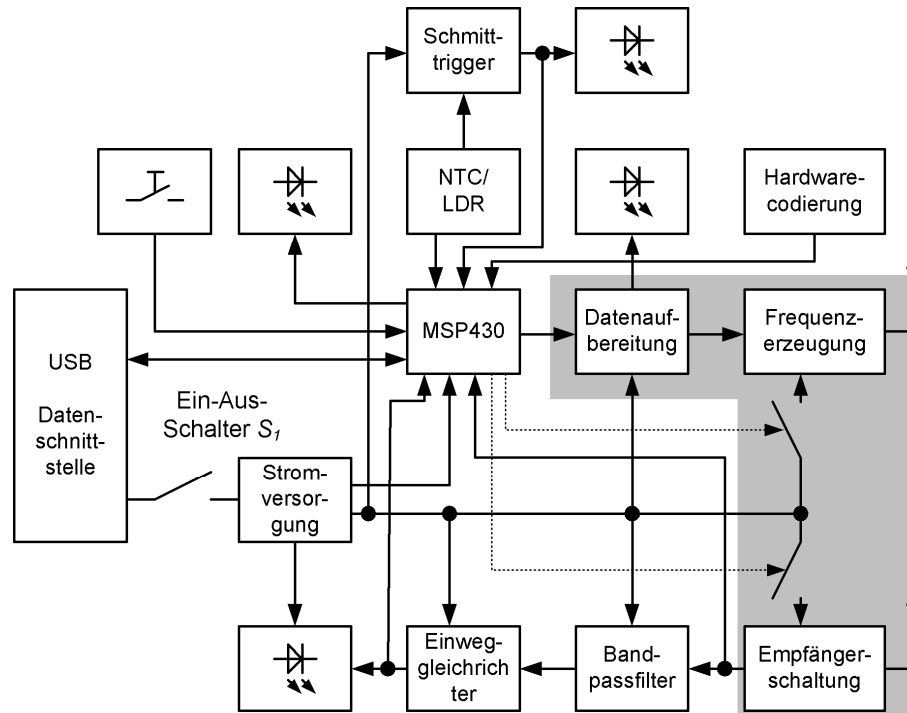


Abbildung 1: Blockschaltbild

2 Stromversorgung und Datenschnittstelle

Die USB-Schnittstelle dient als Stromversorgung und Datenschnittstelle zum PC. Die USB-B-Buchse gewährleistet einen mechanischen Verpolschutz. Deswegen wird auf einen elektrischen Verpolschutz verzichtet.

Der FT232 konvertiert das USB-Signal in ein EIA-232-Signal, das vom Mikrocontroller verarbeitet werden kann. Zudem stellt er die 3.3 V zu Verfügung. Die Beschaltung inklusive der Bauteilwerte sind dem Datenblatt¹ des FT232 entnommen.

Das Vorhandensein der 5 V und der 3.3 V Versorgungsspannungen wird durch zwei grüne LEDs signalisiert.

Die 2.5 V Versorgung ist redundant ausgelegt. Falls der Mikrocontroller nicht eingesteckt ist, werden die 2.5 V über einen Spannungsteiler (R_1 , R_2) aus der 5 V Versorgung erzeugt. Falls vorhanden, liefert der Mikrocontroller die 2.5 V. In diesem Fall begrenzt R_3 den Ausgleichstrom zwischen Mikrocontroller und Spannungsteiler.

Der Stromverbrauch ist ohne Mikrocontroller, mit aktiver Übertemperatur- und Dunkelheitsanzeige an der USB-Buchse gemessen.

	Löpfe	Züger
Leerlauf	10.7 mA	10.7 mA
Sendebetrieb	19.0 mA	20.3 mA
Empfangsbetrieb	11.4 mA	12.5 mA

Der vorgegebene Maximalwert von 100 mA Dauerstrom ist weit unterschritten.

¹ Elektronischer Anhang: Datenblaetter\USB\DS_FT232R.pdf, Seite 19

3 Transceiver

Die Transceiver-Leiterplatte wurde vom Auftraggeber entwickelt. Auf dieser Leiterplatte befinden sich Sende- und Empfangspfad. Jedoch ist nur eine Antenne vorhanden. Es wird ein 15 cm langer Draht als Monopol eingesetzt. Das RF-Signal wird mittels RF-Switch auf den jeweils benötigten Pfad geschaltet.

3.1 Senderschaltung

Bei der Inbetriebnahme der Senderschaltung ist die Sendeleistung mit dem Spectrum Analyzer gemessen worden. 7.5 m Abstand zwischen Sender und Empfänger.

	Löpfe	Züger
Empfangsleistung in dBm	-53 dBm	-60 dBm
Empfangsleistung	5 nW	1 nW
Frequenz	434.015 MHz	433.980 MHz

Diese Resultate zeigen, dass auch eine Verbindung über grössere Distanzen, als die geforderten 3 m, herstellbar sein wird.

3.2 Empfängerschaltung

Die Empfängerschaltungen sind mittels Abgleichkondensator C_8 auf die Trägerfrequenz abgestimmt. Beim Abgleich zeigte sich, dass die Empfangsqualität von der Antennenposition abhängt.

4 Bandpassfilter

4.1 Dimensionierung

Berechnung des Bandpassfilters mit Mehrfachgegenkopplung nach Tietze/Schenk².

1. Bandbreite

$$C = C_{14} = C_{18} \quad (1)$$

$$B = \frac{1}{\pi \cdot R_{40,41} \cdot C} < 300 \text{ Hz}$$

$$\rightarrow R_{40,41} > \frac{1}{\pi \cdot C \cdot B} = \begin{cases} 1.061 \text{ M}\Omega, C = 1 \text{ nF} \\ 321.5 \text{ k}\Omega, C = 3.3 \text{ nF} \\ 106.1 \text{ k}\Omega, C = 10 \text{ nF} \end{cases} \quad (2)$$

Je kleiner die Bandbreite gewählt wird, desto grösser wird $R_{40,41}$. Deshalb wählen wir $C = 10 \text{ nF}$. Für eine Bandbreite von 200 MHz ergibt sich somit $R_{40,41} = 159,2 \text{ k}\Omega$. Aus diesem Grund ist R_{40} nicht bestückt und $R_{41} = 160 \text{ k}\Omega$.

2. Verstärkung bei Mittelfrequenz

$$|A_r| = \frac{R_{40,41}}{2 \cdot R_{52,53}} = 1 \text{ (0dB)} \quad (3)$$

$$\rightarrow R_{52,53} = \frac{R_{40,41}}{2 \cdot |A_r|} = 79.58 \text{ k}\Omega$$

Da die Amplitude beim realen Operationsverstärker etwas kleiner ist, wählen wir $R_{52} = 82 \text{ k}\Omega$ und $R_{53} = 1 \text{ M}\Omega$.

² U. Tietze, Ch. Schenk. Halbleiter-Schaltungstechnik. 12. Aufl. Berlin: Springer-Verlag; 2002. S. 850

3. Mittelfrequenz

$$f_r = \frac{1}{2\pi \cdot C} \cdot \sqrt{\frac{R_{52,53} + R_{54,55}}{R_{41,42} \cdot R_{52,53} \cdot R_{54,55}}} \quad (4)$$

$$\rightarrow R_{54,55} = \frac{R_{52,53}}{(2\pi \cdot f_r \cdot C)^2 \cdot R_{52,53} \cdot R_{41,42} - 1} = 1624\Omega$$

Wir wählen $R_{54} = 1.6 \text{ k}\Omega$ und R_{55} bleibt unbestückt.

4.2 Simulation

Die Simulation der oben berechneten Widerstandswerte ergibt eine Mittenfrequenz von 1.000 kHz, eine unteren Grenzfrequenz von 902 Hz und eine obere Grenzfrequenz von 1.103 kHz. Die Bandbreite beträgt somit 201 Hz. Bei Mittenfrequenz ist die Verstärkung 1. Siehe Abbildung 2.

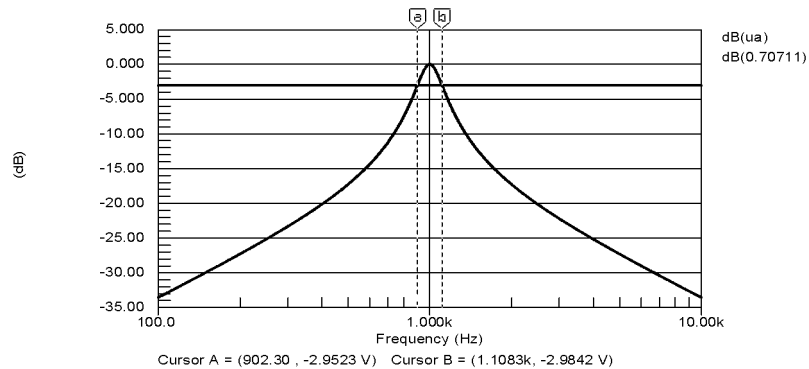


Abbildung 2: Simulierter Amplitudengang des Bandpasses

4.3 Messung

Eingangssignal bei ARX: Rechteck, 2 Vpp, Offset +2.5 V, Frequenz variabel

Ausgangssignal gemessen bei BandpassOut:

	Löpfe	Züger
Mittenfrequenz:	1001 Hz	1002 Hz
Obere Grenzfrequenz:	1092 Hz	1158 Hz
Untere Grenzfrequenz:	881 Hz	887 Hz
Bandbreite:	211 Hz	270 Hz

Beide Leiterplatten erfüllen die Vorgaben. Jedoch sind Unterschiede zur Simulation feststellbar. Zusätzlich unterscheiden sich die beiden Prototypen trotz identischer Bestückung.

5 Präzisionsgleichrichter

5.1 Dimensionierung

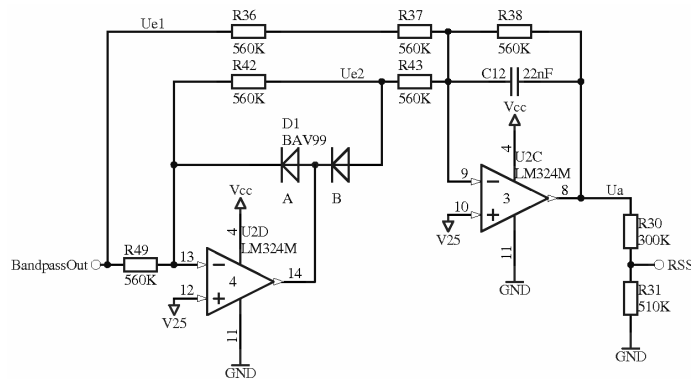


Abbildung 3: Präzisionsgleichrichter

Operationsverstärker U2D

1. BandpassOut > V25

In diesem Fall kann die Schaltung vereinfacht als invertierende Operationsverstärkerschaltung angesehen werden. Diode A sperrt. Damit die Verstärkung 1 beträgt, muss $R_{42} = R_{49}$ sein.

2. BandpassOut < V25

Der Operationsverstärker wirkt in diesem Fall als Spannungsfolger. Diode B sperrt. $U_{e2} = V25$

Operationsverstärker U2C

Diese Schaltung ist ein Addierer.

$$U_a = -R_{38} \cdot \left(\frac{U_{e1} - V25}{R_{36,37}} + \frac{U_{e2} - V25}{R_{43}} \right) + V25$$

$$\rightarrow R_{36,37} = \frac{R_{38}}{A} \tag{5}$$

$$\rightarrow R_{43} = \frac{R_{38}}{2 \cdot A}$$

Wird die Verstärkung $A = 0.5$ gewählt, so können alle Widerstände des Präzisionsgleichrichters gleich gross gewählt werden. Wir setzen 560 k Ω Widerstände ein.

5.2 Simulation

Die Simulation des Präzisionsgleichrichters ohne Kondensator C_{12} ergibt eine relativ hohe Welligkeit des Ausgangssignals. Aus diesem Grund wird ein Kondensator $C_{12} = 22$ nF eingesetzt um das Signal zu glätten. Siehe Abbildung 4 und Abbildung 5. Die Welligkeit ist mit Kondensator kleiner als die Auflösung des Mikrocontroller-A/D-Wandlers.

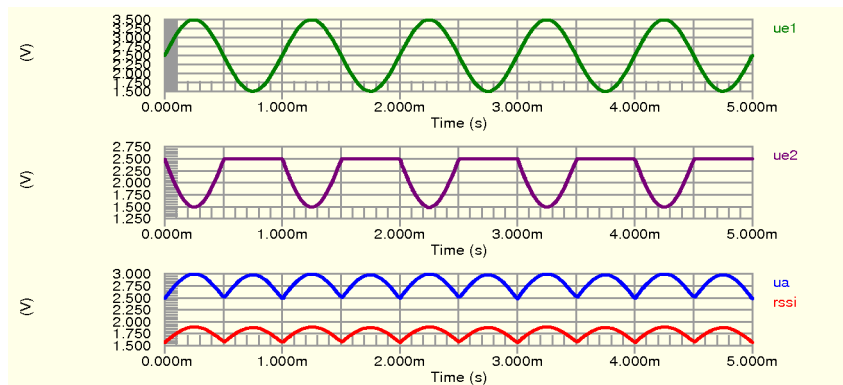


Abbildung 4: Präzisionsgleichrichter ohne C₁₂

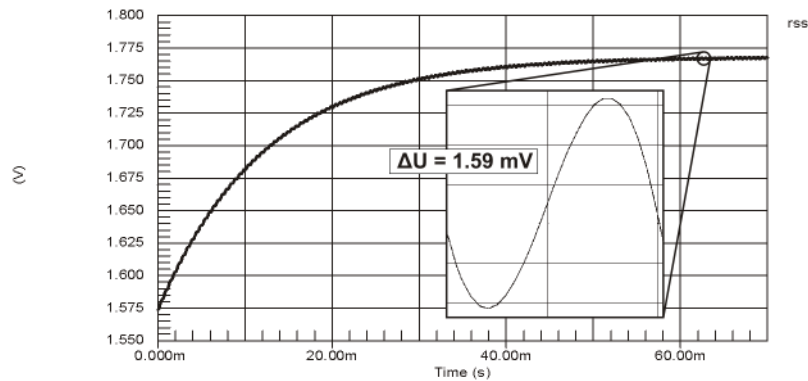


Abbildung 5: Präzisionsgleichrichter mit C₁₂

5.3 Messung

Auf dem KO (LeCroy WaveSurfer 24Xs) ist keine Welligkeit sichtbar. Die Welligkeit ist nicht mehr vernünftig messbar.

6 Temperaturüberwachung

6.1 Dimensionierung

Die Schaltung soll bei Übertemperatur die LED einschalten. Da der NTC-Widerstand bei Temperaturanstieg niederohmiger wird und die LED gegen Masse geschaltet ist, wird ein invertierender Schmitt-Trigger eingesetzt.

Da die Ausgangsspannung im ausgeschalteten Zustand Null betragen muss ist der OPV mit Single Supply betrieben (0..V_{cc} - 1 V).

$$R_{83}(\vartheta) = 330k\Omega \cdot e^{\frac{6022.726K}{\vartheta+273.15K} - \frac{203157K^2}{(\vartheta+273.15K)^2} - \frac{7183526K^3}{(\vartheta+273.15K)^3} - 17.6439}$$

$$R_{83}(18^\circ C) = 470.4k\Omega \rightarrow U_{R83}(18^\circ C) = 1.47V \tag{6}$$

$$R_{83}(22^\circ C) = 383.5k\Omega \rightarrow U_{R83}(22^\circ C) = 1.34V$$

$$U_{eein} = \frac{R_{84}}{R_{84} + R_{85}} \cdot \underbrace{U_{amin}}_{=0} = U_{R83}(22^\circ C) - U_{ref} \tag{7}$$

$$\rightarrow U_{ref} = U_{R83}(22^\circ C) = 1.34V$$

$$\frac{U_{ref}}{V25} = \frac{R_{81}}{R_{80} + R_{81}} = \frac{1.34V}{2.5V} = 0.54 \tag{8}$$

$$\rightarrow R_{80} = 0.85 \cdot R_{81}$$

$$U_{caus} = \frac{R_{84}}{R_{84} + R_{85}} \cdot U_{a \max} = U_{R83}(18^\circ C) - U_{ref} \quad (9)$$

$$\rightarrow R_{85} = 29.8 \cdot R_{84}$$

Die Widerstände R_{80} und R_{81} wählen wir um eine Zehnerpotenz kleiner, damit die Referenzspannung trotz belastetem Spannungsteiler stabil bleibt. Somit ist $R_{80} = 33 \text{ k}\Omega$ und $R_{81} = 39 \text{ k}\Omega$.

Da das Verhältnis von R_{85} zu R_{84} gross ist wählen wir $R_{85} = 1 \text{ M}\Omega$. Daraus ergibt sich $R_{84} = 33 \text{ k}\Omega$.

6.2 Simulation

Die Spannung am NTC-Widerstand wird durch eine Dreiecksspannung simuliert. Die Simulation zeigt auf, dass mit den oben berechneten Werten die gewünschte Hysteresebreite nicht erreicht wird. R_{84} wird aus diesem Grund auf $30 \text{ k}\Omega$ verkleinert. Somit ergeben sich die in Abbildung 6 ersichtlichen Schaltpunkte.

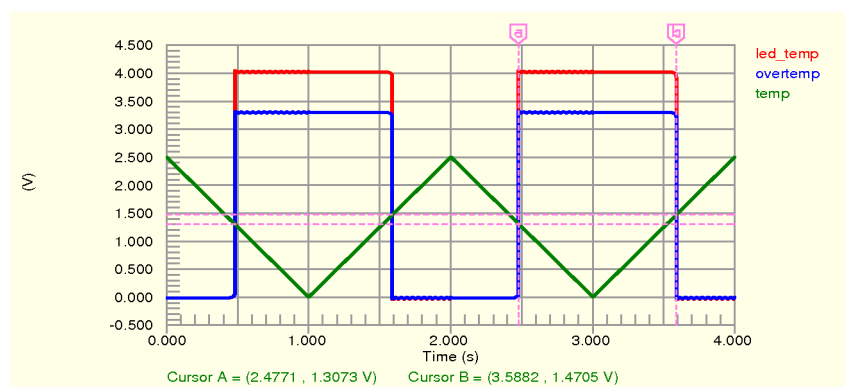


Abbildung 6: Simulationsergebnis Temperaturüberwachung

6.3 Messung

Gemessen wird die Spannung über den NTC-Widerstand (temp) und V25.

	Löpfe	Züger
Ein Spannung an temp	1.268 V	1.357 V
Ein V25	2.416 V	2.631 V
Aus Spannung an temp	1.402 V	1.464 V
Aus V25	2.413 V	2.631 V

Damit kann der Widerstandswert von R_{83} und die Temperatur berechnet werden.

	Löpfe	Züger
Ein R_{83}	364 k Ω	354 k Ω
Ein Temperatur	23.0 $^\circ\text{C}$	23.6 $^\circ\text{C}$
Aus R_{83}	457 k Ω	451 k Ω
Aus Temperatur	18.6 $^\circ\text{C}$	18.8 $^\circ\text{C}$
Hysterese	4.4 K	4.8 K

Die Schaltpunkte liegen in den geforderten Grenzen.

7 Helligkeitsüberwachung

7.1 Dimensionierung

Die Schaltung soll bei Dunkelheit die LED einschalten. Weil der LDR bei Dunkelheit hochohmig wird und die LED gegen Masse geschaltet ist, wird ein nicht-invertierender Schmitt-Trigger eingesetzt.

Da der Referenzspannungsteiler nahezu unbelastet ist, kann er hochohmiger ausgelegt werden als bei der Temperaturüberwachung.

$$\begin{aligned} R_{93\text{ein}} &\approx 33\text{k}\Omega \rightarrow U_{R93\text{ein}} \approx 1.25\text{V} \\ R_{93\text{aus}} &\approx 17\text{k}\Omega \rightarrow U_{R93\text{aus}} \approx 0.85\text{V} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} U_{\text{ein}} &= -\frac{R_{94}}{R_{95}} \cdot \underbrace{U_{a\text{min}}}_{=0} = U_{R93\text{ein}} - U_{\text{ref}} \\ \rightarrow U_{\text{ref}} &= U_{R93\text{ein}} \approx 1.25\text{V} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} U_{\text{aus}} &= -\frac{R_{94}}{R_{95}} \cdot U_{a\text{max}} = U_{R93\text{aus}} - U_{\text{ref}} \\ \rightarrow R_{94} &\approx 0.1 \cdot R_{95} \end{aligned} \quad (12)$$

Die Widerstände R_{90} und R_{91} wählen wir $330\text{ k}\Omega$. R_{95} wählen wir $100\text{ k}\Omega$. Daraus ergibt sich $R_{94} = 10\text{ k}\Omega$. Zu beachten ist, dass der LDR eine grosse Exemplarstreuung aufweist. Eine Anpassung der Widerstandswerte nach der Messung ist wahrscheinlich.

7.2 Messung

Mit den berechneten Widerstandswerten schaltet der Schmitt-Trigger erst bei sehr starker Dunkelheit ein. Aus diesem Grund setzen wir die Referenzspannung auf 1 V und somit ergibt sich für $R_{91} = 220\text{ k}\Omega$. Der Schmitt-Trigger schaltet dadurch bei vernünftigen Lichtverhältnissen.

8 Mikrokontroller

8.1 MSP430

Als Mikrokontroller ist der MSP430F149 vorgesehen. Dieser wird von Olimex auf einer fertig bestückten Leiterplatte geliefert.

Die Schaltung funktioniert auch ohne aufgesteckten Mikrokontroller. In diesem Fall stehen nur die Temperatur-, Helligkeitsüberwachung und deren Anzeigen zu Verfügung. Die Sende- und Empfangseinheit ist ausgeschaltet.

Mit vorhandenem Mikrokontroller stehen neben der Datenübertragungsmöglichkeit zusätzlich zwei Taster für Sende-/Empfangsumschaltung und Testbetrieb zur Verfügung. Zwei LEDs können durch den Mikrokontroller angesteuert werden.

8.2 Hardware-Versions-Erkennung

Damit unterschiedliche Hardware-Revisionen unterschieden werden können ist eine Versionserkennung vorhanden. Diese ist als doppelter Spannungsteiler konzipiert. Es ist möglich 40 Hardware-Revisionen zu kodieren. Zur Berechnung der benötigten Widerstände ist im elektronischer Anhang³ ein Algorithmus abgelegt.

Kodierte Versionen und Messungen

	Löpfe	Züger
Version	9	19
V25	2.448 V	2.531 V
HW-Version soll	550.8 mV	1.2022 V
HW-Version ist	551 mV	1.207 V

Die gemessenen Werte weichen vom Soll ab, können aber der Version zugeordnet werden.

³ Elektronischer Anhang: Hardwareversionserkennung

9 Kostenschätzung

Die Kostenschätzung basiert auf den Bauteilkosten einer Einzelanfertigung. Bei den angestrebten Stückzahlen von 20'000 pro Jahr ist mit einem Kostenanteil von 30% zu rechnen. Weiter wird angenommen, dass die Bauteilkosten jährlich um 4% sinken. Daraus ergibt sich folgende Kostenschätzung, siehe Tabelle 1. Die Stückliste mit Bauteilkosten ist im (elektronischen⁴) Anhang⁵ abgelegt.

Produktionsjahr	Prototyp	Serie				
		1.	2.	3.	4.	5.
Bauteilkosten Mainboard	65.98					
Bauteilkosten Transceiver	17.87					
Summe Bauteilkosten	83.85	25	24	23	22	21
Herstellkosten	167.70	50	48	46	45	43
Produktkosten	839	252	241	232	223	214

Tabelle 1: Kostenschätzung Februar 2008 in CHF

Die Herstellkosten beinhalten

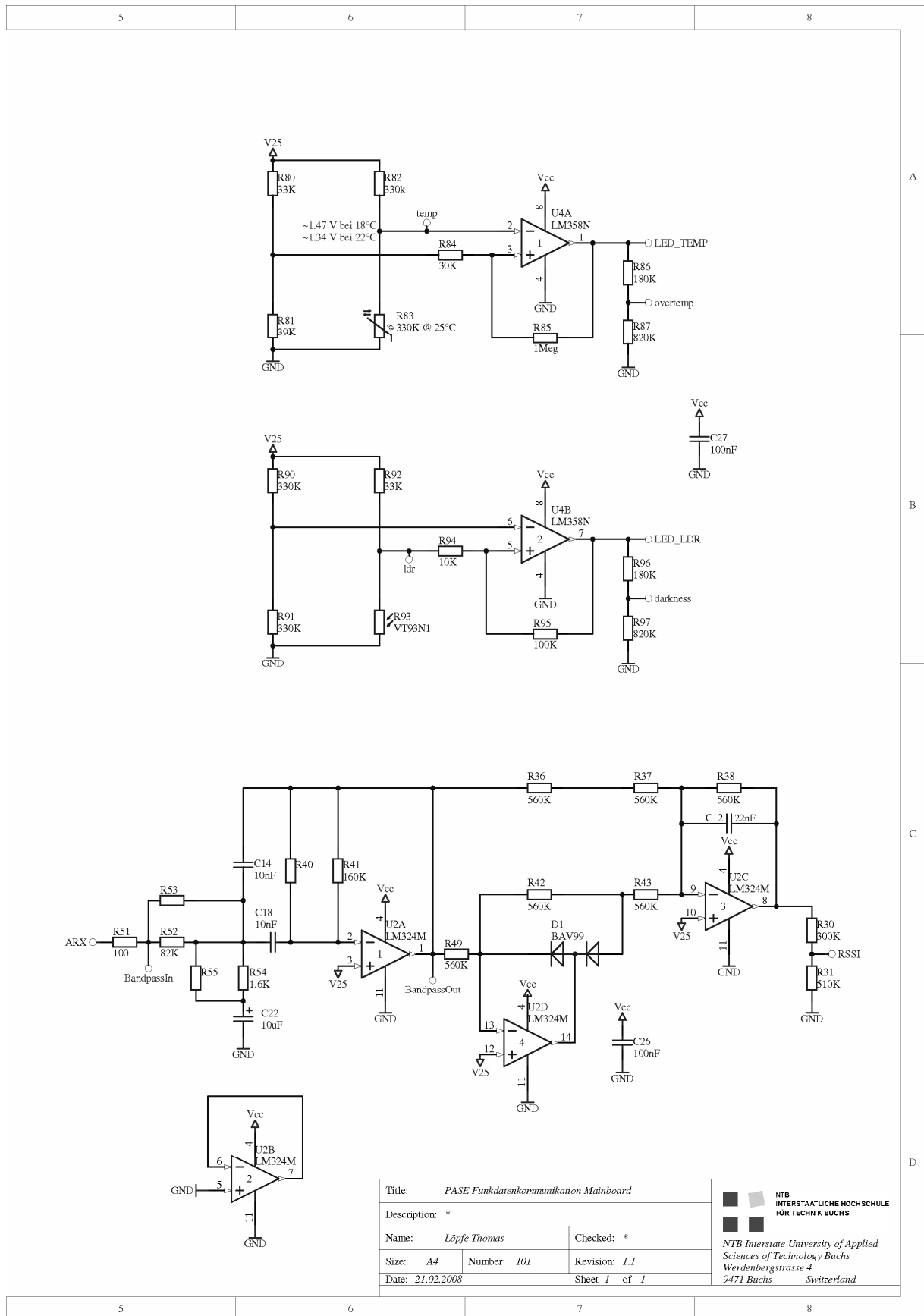
- Bauteilkosten
- Bestückungskosten
- Leiterplatte- und Gehäusekosten
- Garantie- und Kulanzkosten

Die Produktkosten enthalten zusätzlich

- Entwicklungskosten
- Vertrieb/Lagerkosten
- Gewinn

⁴ Elektronischer Anhang: Stueckliste\Stueckliste_Kosten-2008-Feb.xls

⁵ Kapitel 10.5 und Kapitel 10.7




Title: PASE Funkdatenkommunikation Mainboard		 NTB INTERSTAATLICHE HOCHSCHULE FÜR TECHNIK BUCHS
Description: *		
Name: Löpfe Thomas	Checked: *	NTB Interstate University of Applied Sciences of Technology Buchs Werdenbergstrasse 4 9471 Buchs Switzerland
Size: A4	Number: 101	
Date: 21.02.2008	Revision: 1.1	
		Sheet 1 of 1

Abbildung 8: Schaltung Thomas Löpfe Teil 2

10.3 Schaltung von Martin Züger

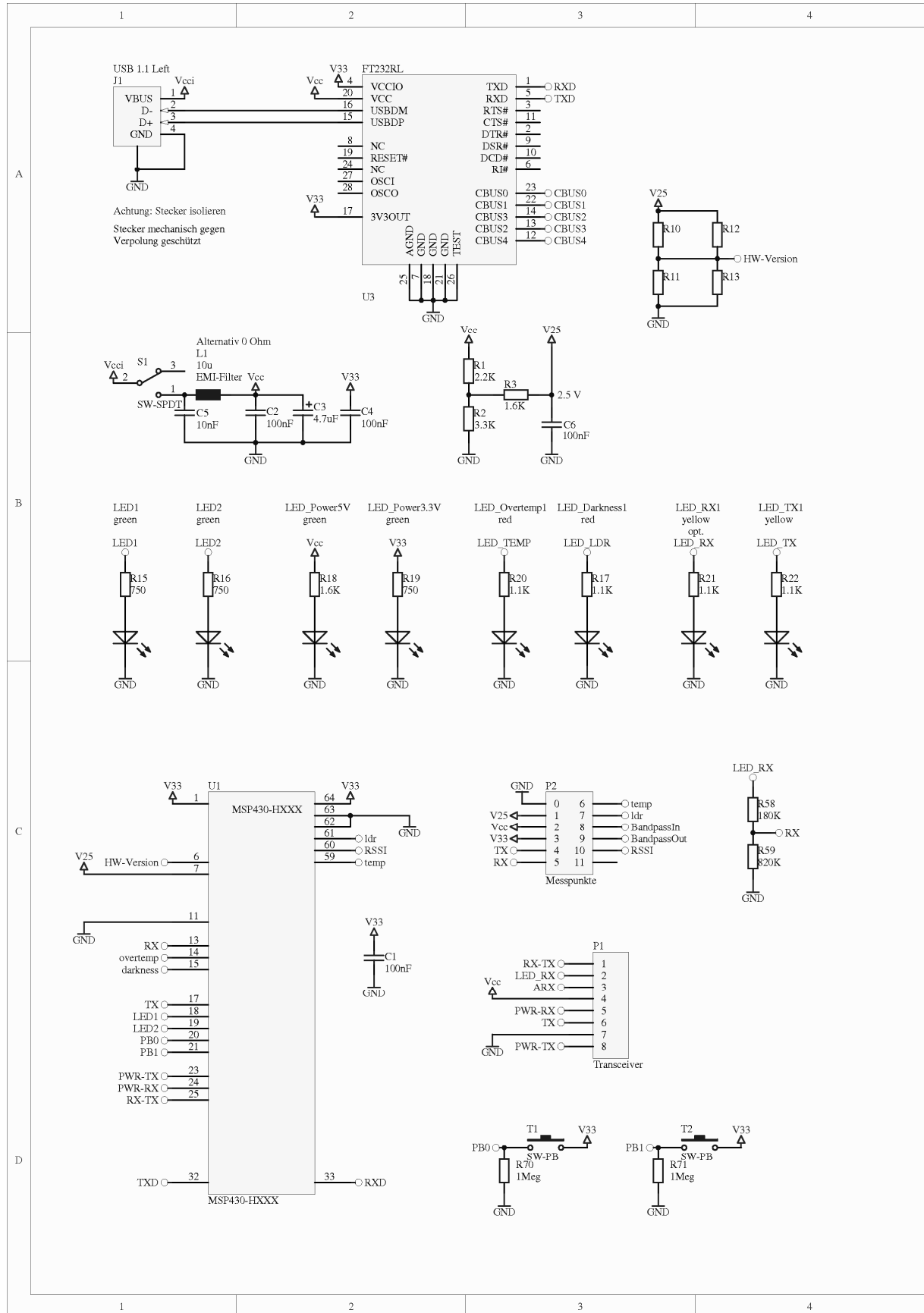
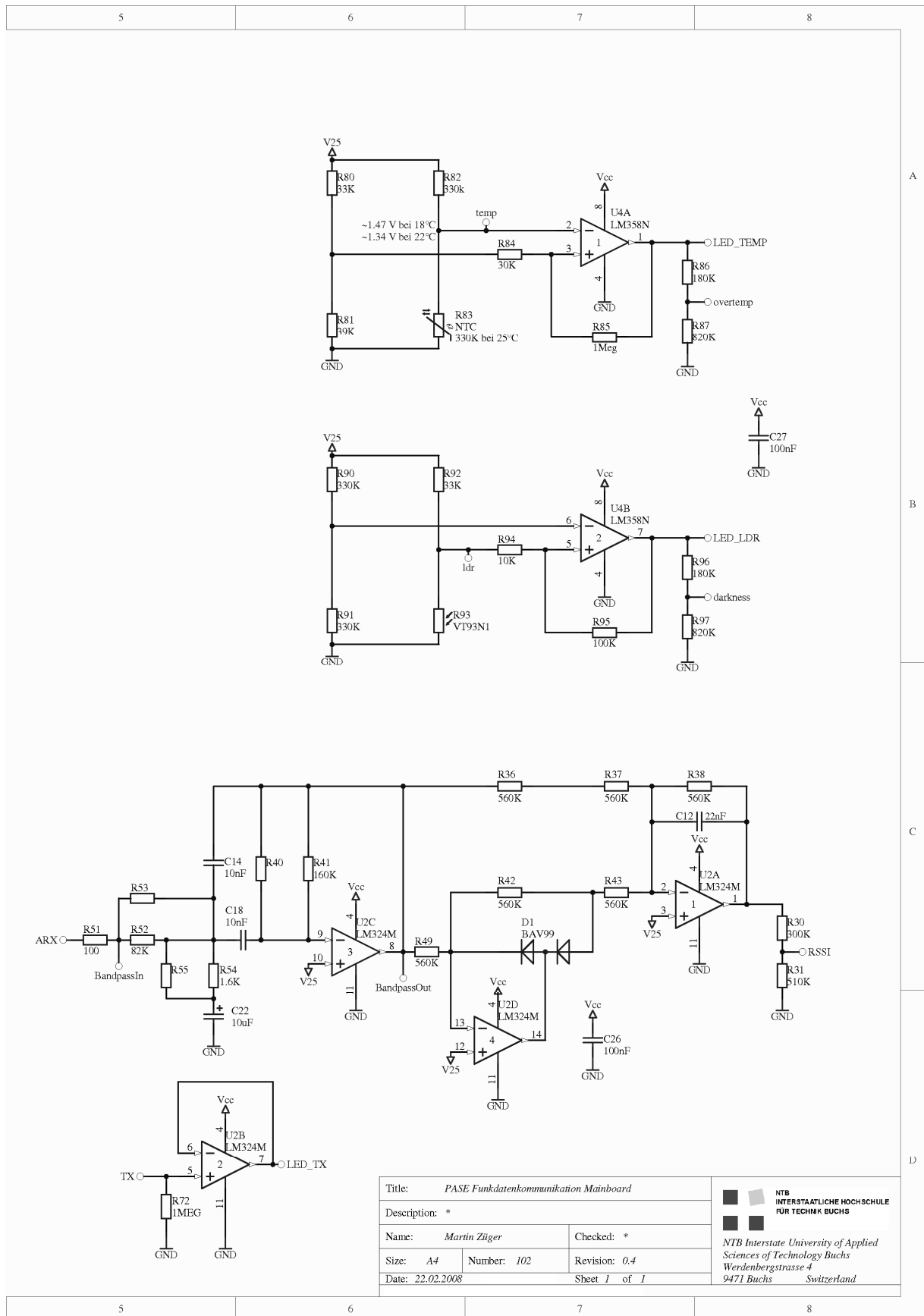


Abbildung 11: Schaltung Martin Züger Teil 1



Title: PASE Funkdatenkommunikation Mainboard	
Description: *	
Name: Martin Züger	Checked: *
Size: A4	Number: 102
Date: 22.02.2008	Revision: 0.4
Sheet 1 of 1	

NTB
 INTERSTAATLICHE HOCHSCHULE
 FÜR TECHNIK BUCHS
 NTB Interstate University of Applied
 Sciences of Technology Buchs
 Werdenbergstrasse 4
 9471 Buchs Switzerland

Abbildung 12: Schaltung Martin Züger Teil 2

10.4 Bestückungsplan von Martin Züger

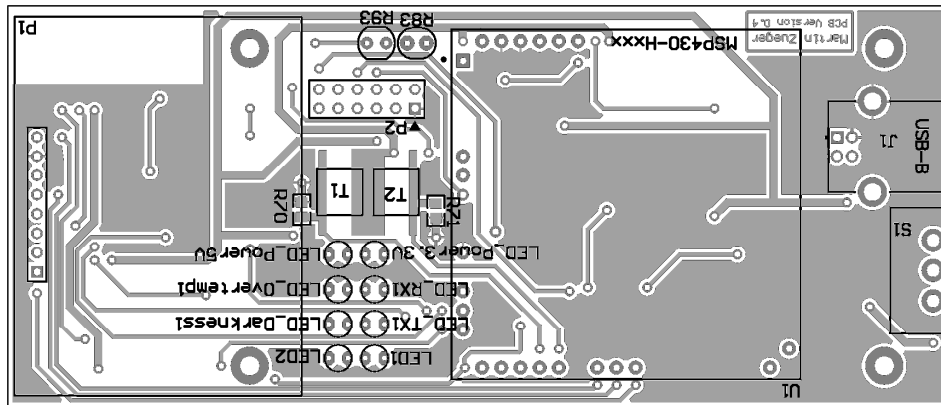


Abbildung 13: Top Layer

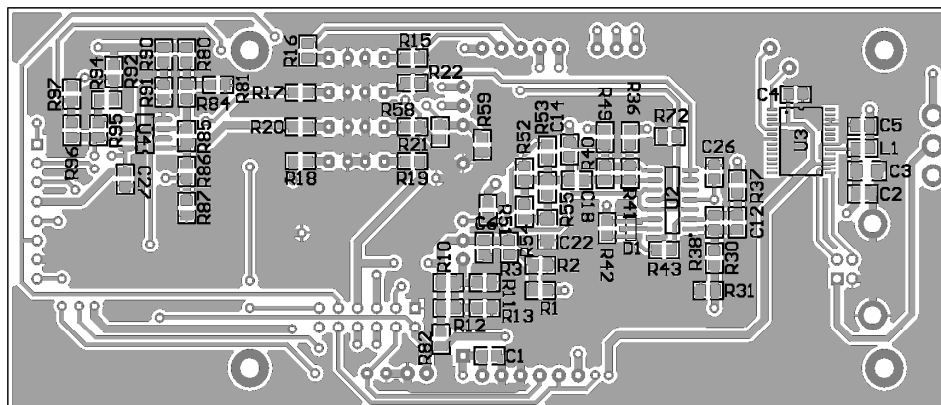


Abbildung 14: Bottom Layer

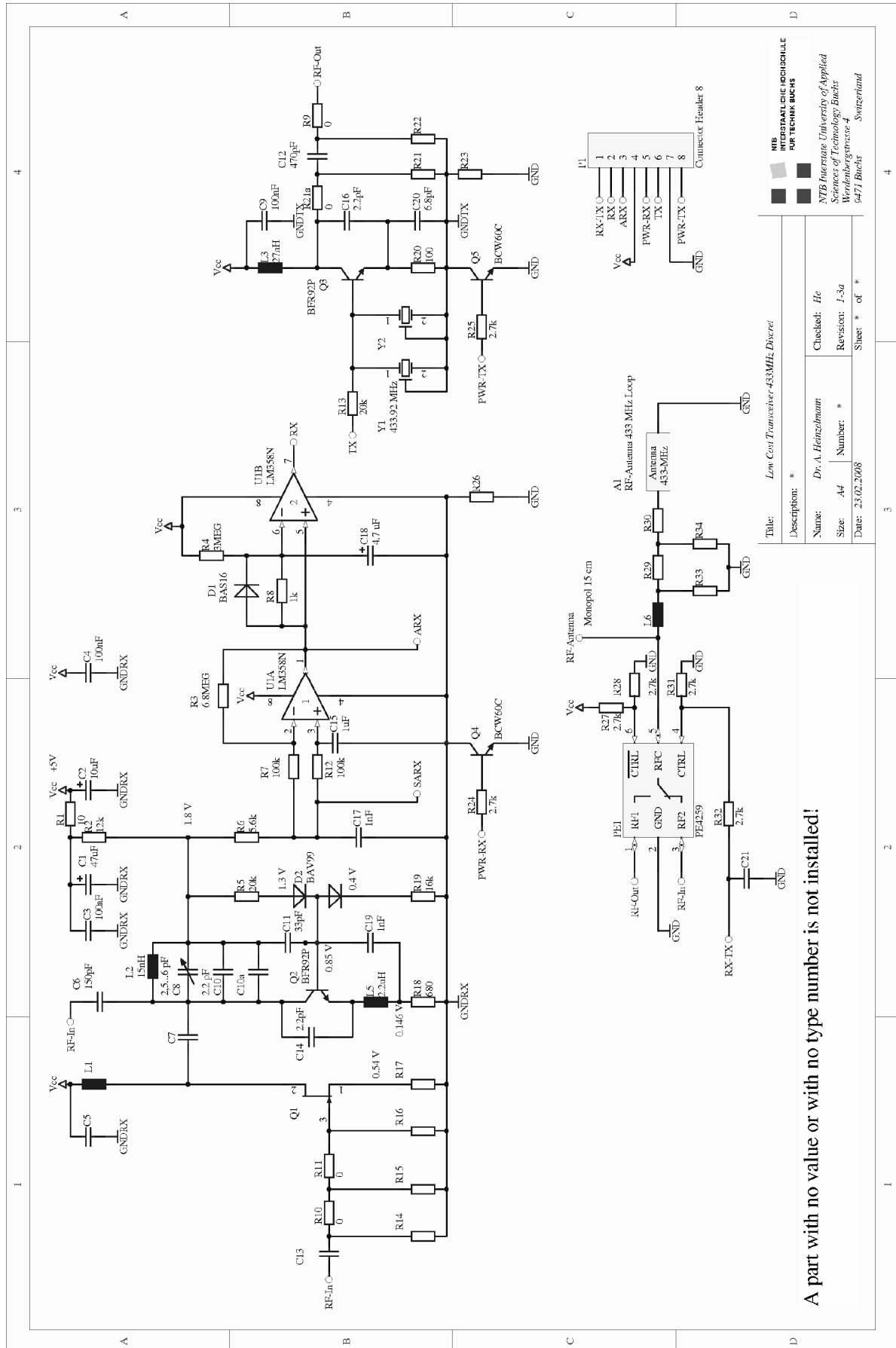
10.5 Mainboard Stückliste und Bauteilkosten

Typ	Bezeichner	Footprint	Beschreibung	Stk.	Lieferant	Artikel Nr.	Preis/Stk.	Preis
100nF	C1, C2, C4, C6, C26, C27	0805	Capacitor	6	Distrelec	831469	0.11	0.66
4.7uF	C3	1206	Polarized Capacitor	1	Distrelec	812088	0.75	0.75
10nF	C5	0805	Capacitor	1	Distrelec	830101	0.24	0.24
22nF	C12	0805	Capacitor	1	Distrelec	830101	0.24	0.24
10nF	C14, C18	0805	Capacitor 2%	2	Farnell	9694897	1.15	2.30
10uF	C22	1206	Polarized Capacitor	1	Distrelec	812083	0.75	0.75
BAV99	D1	SOT23-3Pin	Silicon Switching Diode Array for High-Speed Switching	1	Farnell	1081211	0.25	0.25
USB 1.1 Left	J1	Connector-USB-B-Lumberg	USB 1.1, Left Angle, Thru-Hole, B Type, Receptacle, 4 Position	1	Farnell	1177885	1.00	1.00
EMI-Filter	L1	0805	Inductor	1	Distrelec	330137	0.86	0.86
	LED1, LED2, LED_Power3.3V, LED_Power5V	LED-THT3mm	LED Green	4	Distrelec	254599	0.38	1.52
	LED_Darkness1, LED_Overtemp1	LED-THT3mm	LED Red	2	Distrelec	254598	0.38	0.76
	LED_RX1, LED_TX1	LED-THT3mm	LED Yellow	2	Distrelec	254600	0.38	0.76
Transceiver	P1	Transceiver	Connector	1	Distrelec	120593	2.15	2.15
Messpunkte	P2	Messpunkte	Connector	1	Distrelec	122511	1.08	1.08
2.2K	R1	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
3.3K	R2	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
1.6K	R3, R18, R54	0805	Resistor	3	Distrelec	710567	0.05	0.15
	R10, R11, R12, R13	0805	Resistor	4	Distrelec	710567	0.05	0.20
750	R15, R16, R19, R22	0805	Resistor	4	Distrelec	710567	0.05	0.20
1.1K	R17, R20, R21	0805	Resistor	3	Distrelec	710567	0.05	0.15
300K	R30	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
510K	R31	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
560K	R36, R37, R38, R42, R43, R49	0805	Resistor	6	Distrelec	710567	0.05	0.30
160K	R41	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
100	R51	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
82K	R52	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
1Meg	R53, R70, R71, R72, R85	0805	Resistor	5	Distrelec	710567	0.05	0.25
180K	R58, R86, R96	0805	Resistor	3	Distrelec	710567	0.05	0.15
820K	R59, R87, R97	0805	Resistor	3	Distrelec	710567	0.05	0.15
33K	R80, R92	0805	Resistor	2	Distrelec	710567	0.05	0.10
39K	R81	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
330k	R82, R90	0805	Resistor	2	Distrelec	710567	0.05	0.10
330K @ 25°C	R83	NTC-Vishay-2381640	NTC Thermistor	1	Farnell	1187034	1.35	1.35
30K	R84	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
220K	R91	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
VT93N1	R93	LDR-PerkinElmer-VT93N1	LDR	1	Farnell	4577796	0.57	0.57
10K	R94	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
100K	R95	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
SW-SPDT	S1	Switch-SCC-12-07-334	Switch	1	Distrelec	202372	0.70	0.70
SW-PB	T1, T2	PushButton-DTSM-644K	Switch	2	Distrelec	200312	1.61	3.22
MSP430-HXXX	J1	HeaderBoard-MSP430-Hxxx-Olimex - Less Pins		1	Olimex	MSP430-H149	32.92	32.92
LM324M	J2	M14A_N	Low-Power Quad Operational Amplifier	1	Distrelec	645442	1.51	1.51
FT232RL	J3	SSOP-28	UART-USB-Converter	1	Farnell	1146032	8.75	8.75
LM358N	J4	SO8	Dual Low-Power Operational Amplifier	1	Distrelec	645444	1.29	1.29

Kosten Februar 2008

CHF 65.98

10.6 Schaltung Transceiver



A part with no value or with no type number is not installed!

Abbildung 15: Schaltung Transceiver

Typ	Bezeichner	Footprint	Beschreibung	Stk.	Lieferant	Artikel Nr.	Preis/Stk.	Preis
RF-Antenna 433 MHz Loop	A1			1			0.10	0.10
47uF	C1	3528	Polarized Capacitor	1	Distrelec	812119	1.18	1.18
10uF	C2	CC-Type-A-3216	Polarized Capacitor Positive Mark Bar	1	Distrelec	812083	0.75	0.75
100nF	C3, C4, C9	0805	Capacitor	3	Distrelec	831469	0.11	0.33
150pF	C6	0805	Capacitor	1	Distrelec	830101	0.24	0.24
2.5...6 pF	C8	Chip-Trimmer-Murata-TZY2	Variable or Adjustable Capacitor	1	Distrelec	822314	1.40	1.40
2.2pF	C10, C14, C16	0603	Capacitor	3	Farnell	1432925	0.15	0.45
33pF	C11	0603	Capacitor	1	Distrelec	830002	0.20	0.20
470pF	C12	0805	Capacitor	1	Distrelec	830101	0.24	0.24
1uF	C15	0805	Capacitor	1	Farnell	9527710	0.08	0.08
1nF	C17, C19	0603	Capacitor	2	Farnell	8770948	0.01	0.02
4.7 uF	C18	CC-Type-A-3216	Polarized Capacitor Positive Mark Bar	1	Distrelec	812088	0.75	0.75
6.8pF	C20	0805	Capacitor	1	Distrelec	830101	0.24	0.24
BAS16	D1	SOT23-3Pin	Silicon Switching Diode Array for High-Speed Switching	1	Farnell	1081180	0.20	0.20
BAV99	D2	SOT23-3Pin	Silicon Switching Diode Array for High-Speed Switching	1	Farnell	1081211	0.25	0.25
27nH	L3	0603	Inductor	1	Farnell	1198382	0.48	0.48
14 nH + 40 mR	L2	0603	Inductor	1	Farnell	3877036	0.55	0.55
2.2uH	L5	0805	Inductor	1	Distrelec	352193	1.51	1.51
Connector Header 8	P1	HDR1X8	Connector	1	Distrelec	122830	0.75	0.75
PE4259	PE1	SC-70-6 lead	High Power UltraCMOS RF Switch	1	Distrelec	623038	2.37	2.37
BFR92P	Q2, Q3	SOT23-3Pin	NPN RF Transistor	2	Distrelec	611713	0.81	1.62
BCW60B	Q4, Q5	SOT23-3Pin	NPN Bipolar Transistor	2	Farnell	1081266	0.22	0.44
10	R1	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
12k	R2	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
6.8MEG	R3	0805	Resistor	1	Distrelec	713386	0.09	0.09
3MEG	R4	0805	Resistor	1	Distrelec	713377	0.09	0.09
20k	R5, R13	0805	Resistor	2	Distrelec	710567	0.05	0.10
5.6k	R6	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
100k	R7, R12	0805	Resistor	2	Distrelec	710567	0.05	0.10
1k	R8	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
0	R9, R10, R11, R21a	0805	Resistor	4	Distrelec	710567	0.05	0.20
100	R20	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
880	R18	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
16k	R19	0805	Resistor	1	Distrelec	710567	0.05	0.05
2.7k	R24, R25, R27, R28, R31, R32	0805	Resistor	6	Distrelec	710567	0.05	0.30
LM358N	U1	SO8	Dual Low-Power Operational Amplifier	1	Distrelec	645444	1.29	1.29
XTAL	Y1	TO-39	Crystal Oscillator	1	VIBRATEC AG	ACTR433A/433.92/TO39-1.5	1.20	1.20

Kosten Februar 2008

CHF 17.87