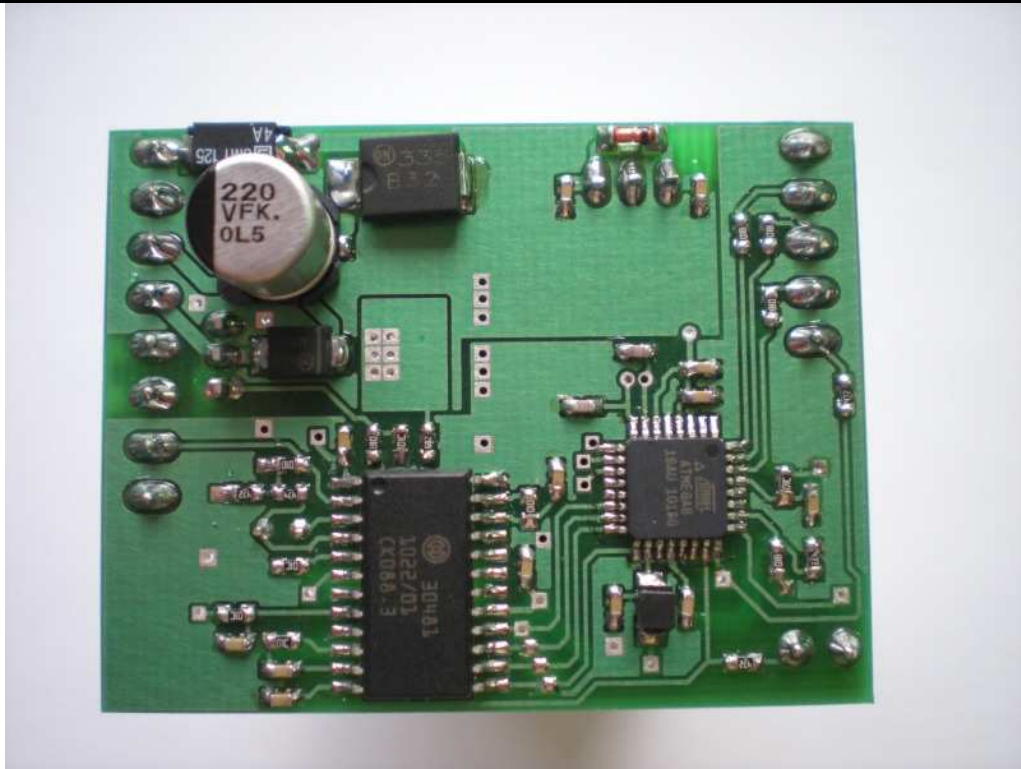


Breitband Lambdasensor Interface mit Bosch CJ125



März 2011

Inhalt

1	Verzeichnisse.....	3
1.1	Abbildungsverzeichnis.....	3
1.2	Tabellenverzeichnis.....	3
2	Einführung.....	4
3	Funktionen und Betrieb der Schaltung.....	4
3.1	Pinbelegung und elektrische Spezifikationen	5
3.2	Versorgungsspannung	7
3.3	Status LEDs	8
4	Anschließen der Platine	8
4.1	Anschließen der Lambdasonde.....	8
4.2	Anschließen des analogen Interface	8
4.3	Anschließen des digitalen Interface.....	9
5	Funktion des digitalen Interface	10
5.1	Einstellungen am Interface	11
5.2	Entschlüsseln der Datenpakete.....	11
5.2.1	„PWM“	11
5.2.2	„UR“	12
5.2.3	„UA“	12
5.2.4	„CJF“	12
5.2.5	„IntF“	13
5.3	Senden von Befehlen	14
6	Kalibrierung der Schaltung.....	15
7	Berechnung der Sauerstoffkonzentration.....	15

1 Verzeichnisse

1.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Pinbelegung.....	5
Abbildung 2: x-Achse: 1ms/Div; y-Achse: 1,2A/Div	7
Abbildung 3: Sauerstoffkonzentration / Messstrom	16

1.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Pinbelegung und elektrische Spezifikationen.....	6
Tabelle 2: Status LEDs	8
Tabelle 3: Analoges Interface	9
Tabelle 4: Digitales Interface	10
Tabelle 5: UART-Einstellungen	11
Tabelle 6: Auswertungstabelle "CJF".....	12
Tabelle 7: Klartext-Tabelle "CJF"	12
Tabelle 8: Auswertungstabelle "IntF"	13
Tabelle 9: Befehlsreferenz.....	14
Tabelle 10: Wertetabelle Sauerstoffkonz./Messstrom	15

2 Einführung

Das Interface für Breitband Lambdasonden vom Typ Bosch LSU4.2 wurde auf Basis des IC CJ125 von Bosch entwickelt.

Durch ständige Weiterentwicklungen und Verbesserungen an Schaltung und Design, konnten in dieser 3. Generation sehr kleine Abmessungen bei erhöhtem Funktionsumfang erreicht werden.

Die Abmessungen der kompletten Schaltung betragen nur 42x55mm.

Diese Schaltung enthält alle Funktionen zur Ansteuerung einer Breitband Lambdasonde. Es sind keine externen Regler oder zusätzliche Bauteile notwendig. Es wird lediglich ein digitales Interface in Form einer TTL-UART-Schnittstelle benötigt.

Ein Betrieb ohne externe Controller ist (mit eingeschränktem Funktionsumfang) auch rein analog möglich.

Bei diesem Gerät handelt es sich weiterhin um einen Prototypen welcher nur im Laborumfeld getestet wurde. Störungen im industriellen Umfeld und unter EMV-Einflüssen von außerhalb konnten daher nicht näher untersucht werden.

3 Funktionen und Betrieb der Schaltung

Die Schaltung wurde dazu entwickelt, den Sauerstoffgehalt von Verbrennungsabgasen zu ermitteln und daraus den sog. Lambdawert zu errechnen. Man unterscheidet hier in zwei Bereichen:

1. Magerer Bereich
2. Fetter Bereich

Im mageren Bereich befindet sich im Abgas molekularer Sauerstoff. Dies bedeutet, dass mehr Sauerstoff zur Verfügung stand als eigentlich notwendig.

Dieser Bereich ist vor allem für Diesel-Motoren und Heizungsanlagen (z.B. Holzpellet- oder Ölheizungen) interessant, da diese im fetten Bereich nicht funktionieren.

Der fette Bereich ist dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoff während der Verbrennung nicht vollständig umgesetzt wurde. Es befindet sich ein Teil

unverbrannten Kraftstoffs im Abgas.

Bei Ottomotoren erhält man eine Leistungssteigerung im leicht fetten Bereich. Außerdem wird er bei aufgeladenen Motoren zum Bauteileschutz verwendet (der unverbrannte Kraftstoff kühlt den Brennraum, Ventile und evtl. vorhandene Turbolader).

Durch den vermehrten Einsatz von Breitbandlambdasonden im Automobilbereich, ist das Preisniveau in den letzten Jahren stetig gefallen. Der Einsatz in Heizungsanlagen und für Überwachungszwecke wird daher auch preislich immer interessanter.

3.1 Pinbelegung und elektrische Spezifikationen

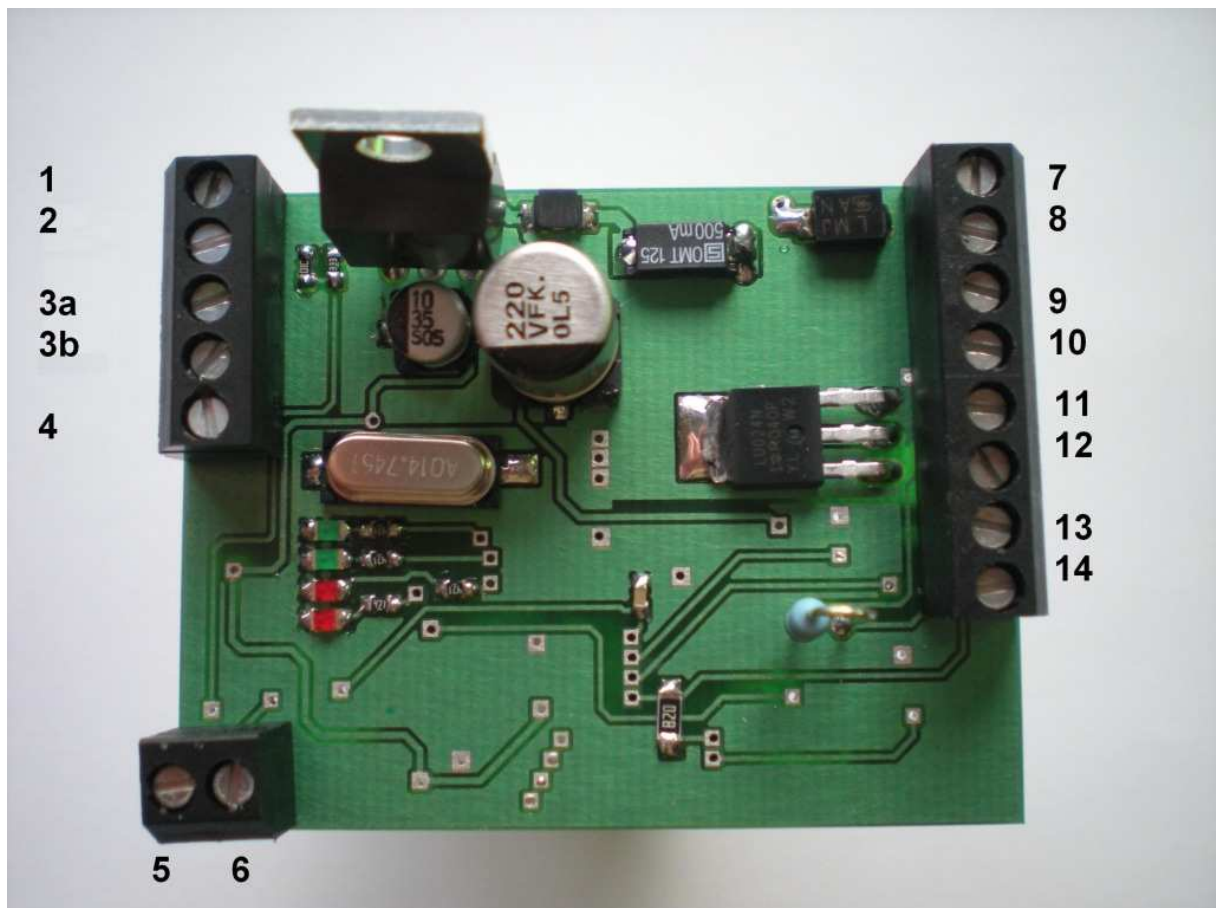


Abbildung 1: Pinbelegung

Achtung: Spannungen sind maximal Werte!

Pin	Funktion	Min. Spannung	Max. Spannung
Interface			
1	Masse	0V	
2	Error_out	0V	5V
3a	TTL-UART TXD	0V	5V
3b	TTL-UART RXD	0V	5V
4	λ -Wert	0V	5V
Heizungs-Interface			
5	PWM-Eingang	0V	5V
6	Sondentemperatur	0V	5V
Spannungsvers.			
7	+12V		36V
8	Masse		
Lambdasonde			
9	Heizung +UBatt (H+; grau)	0V	28V
10	Heizung – (H-; weiß)	0V	28V
11	Pumpstrom (APE; rot)	0V	28V
12	Trimm-Widerstand (RT; grün)	0V	28V
13	Nernstspannung (RE+; schwarz)	0V	28V
14	Virtuelle Masse (IPN; gelb)	0V	28V

Tabelle 1: Pinbelegung und elektrische Spezifikationen

3.2 Versorgungsspannung

Die Versorgungsspannung, angeschlossen an Klemme 7 und 8, muss folgenden Anforderungen genügen:

- Stabile Spannung zwischen 11,0V und 15,0V
- Ströme bis 4A
- Unempfindlich gegenüber Stromspitzen

Da die Heizung der Lambdasonde mit einer relativ langsamen PWM angesteuert wird, entstehen Spitzenströme von etwa 3,5A.

Abbildung 2: x-Achse: 1ms/Div; y-Achse: 1,2A/Div
Abbildung 2 zeigt die Gesamtstromaufnahme bei Betriebstemperatur an Luft. Versorgungsspannung 12,0V aus einem Blei-Akkumulator.

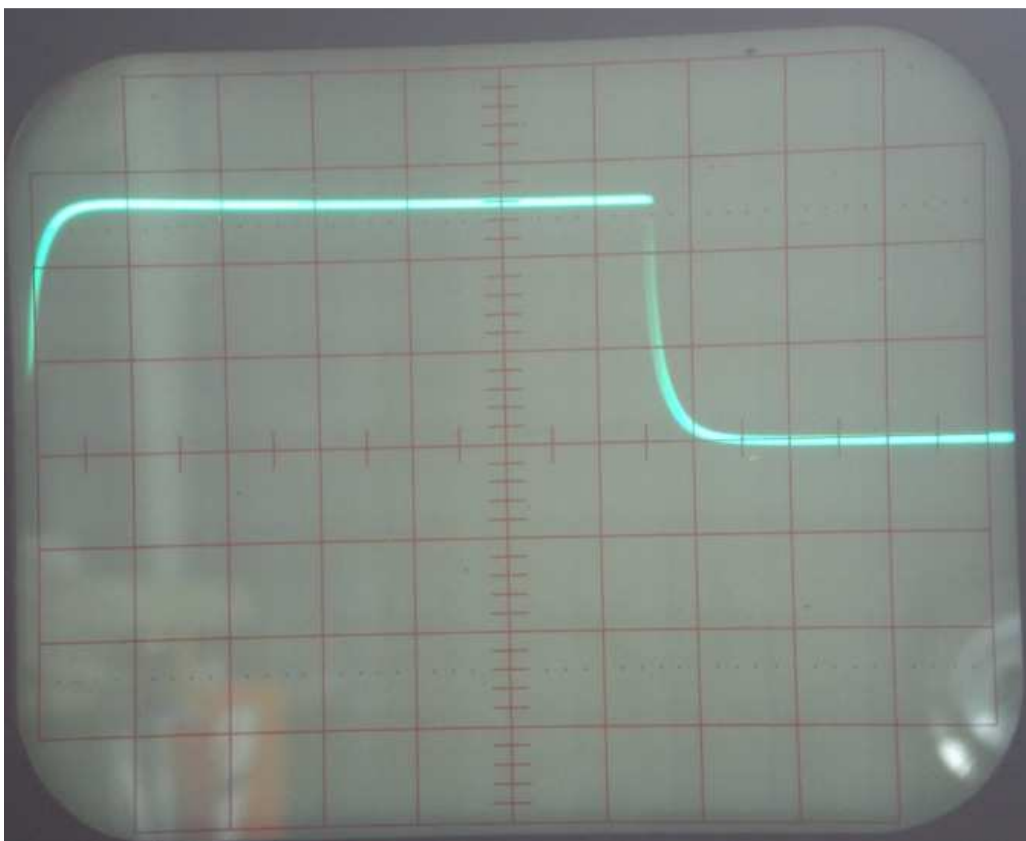


Abbildung 2: x-Achse: 1ms/Div; y-Achse: 1,2A/Div

Die Stromaufnahme im Stand-By Zustand ohne aktive Heizung beträgt etwa 50mA.

3.3 Status LEDs

Die LEDs signalisieren verschiedene Zustände (von oben nach unten):

LED	Farbe	Funktion
Batteriespannung	Grün	Versorgungsspannung OK (11,0 – 15,0V)
Heizung	Grün	Blinkt wenn Sondenheizung aktiv ist
Interface Fehler	Rot	Leuchtet, wenn ein Fehler aufgetreten ist
Sondentemperatur	Rot	Leuchtet, wenn Sonde zu heiß ist

Tabelle 2: Status LEDs

4 Anschließen der Platine

4.1 Anschließen der Lambdasonde

Die Lambdasonde kann nach dem in Tabelle 1 beschriebenen Schema angeschlossen werden.

Achten Sie darauf, dass die Sonde nur mit dem zugehörigen Stecker verwendbar ist. In diesem Stecker befindet sich ein sogenannter „Trimm-Widerstand“ welcher von Bosch kalibriert und auf jede Sonde individuell abgestimmt wurde.

Eine Sonde ohne diesen Stecker ist nicht verwendbar!

Achten Sie auf den ordnungsgemäßen Anschluss. Ein vertauschen oder gar nicht anschließen eines Kabels führt im einfachsten Fall zu einer Fehlermeldung, kann aber auch zur Zerstörung der Sonde durch Überhitzung führen.

4.2 Anschließen des analogen Interface

Das analoge Interface gibt Ihnen die Möglichkeit, die Sonde ohne externe Controller anzusteuern. Durch die in diesem Modus fehlende Kalibrierfunktion ist mit einer eingeschränkten Genauigkeit der Messwerte zu rechnen.

Weiterhin muss die Temperatur der Sonde sowie die Ansteuerung der Sondenheizung durch einen externen Regler übernommen werden.

Das analoge Interface besteht aus folgenden Anschlüssen:

Pin	Funktion		Spannungsbereich
2	Error_out	TTL-Ausgang	0 – 5V
4	λ -Wert	Analog-Ausgang	0,5 – 4,8V
5	PWM-Eingang	Analog-Eingang	0 – 5V
6	Sondentemperatur	Analog-Ausgang	0,8 – 5V

Tabelle 3: Analoges Interface

Die Pins 5 und 6 werden zur Regelung der Sondentemperatur benötigt. Die Spannung an Pin 6 „Sondentemperatur“ muss auf etwa 0,9-1,0V konstant gehalten werden.

An Pin 5 „PWM-Eingang“ kann der PWM-Duty-Cycle zwischen 0% und 95% vorgegeben werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Heizungsregelung im Bereich von 0V – 0,25V abgeschaltet ist.

Pin 4 „ λ -Wert“ gibt einen Wert aus, der direkt in den Lambdawert bzw. Sauerstoffgehalt umgerechnet werden kann.

Pin 2 „Error_out“ ist im Normalfall auf „Low-Pegel“ (0V). Sollte eine Störung auftreten, so wechselt er in den „High-Pegel“ (5V). Welche Art von Fehler vorliegt, kann nur über das digitale Interface ausgelesen werden.

Alle Anschlüsse werden durch Schutzwiderstände vor Kurzschluss geschützt.

4.3 Anschließen des digitalen Interface

Das digitale Interface bietet eine volle Diagnosefähigkeit des verwendeten CJ125 als auch eine vollständige Erfassung der Betriebszustände.

Es werden sekundlich digitalisierte Werte für den Lambdawert, Sondentemperatur, aktuelles PWM-Duty-Cycle, Diagnoseregister des CJ125 und Betriebszustand der Schaltung ausgegeben.

Die Ausgabe erfolgt nach einem sehr einfachen Muster:

PWM:550

UR:205

UA: 800

CJF:255

IntF:160

Die genaue Funktion wird in den folgenden Kapiteln beschrieben.

Das digitale Interface besteht aus folgenden Anschlüssen:

Pin	Funktion		Spannungsbereich
3a	TTL-UART TXD	TTL-Ausgang	0 – 5V
3b	TTL-UART-RXD	TTL-Eingang	0 – 5V

Tabelle 4: Digitales Interface

Achtung: Es handelt sich um eine TTL-UART Schnittstelle. Um diese mit einer RS232-Schnittstelle verbinden zu können, benötigen Sie einen Pegelwandler!

5 Funktion des digitalen Interface

Mit dem digitalen Interface stehen deutlich mehr Funktionen zur Verfügung, als mit dem analogen Interface gegeben sind.

Es wird empfohlen, das digitale Interface zumindest als Ergänzung zum analogen zu verwenden.

5.1 Einstellungen am Interface

Um alle Informationen richtig zu empfangen bzw. Befehle senden zu können, müssen folgende Einstellungen am Controller vorgenommen werden:

Baudrate	115200 Baud
Databits	8
Stopbits	1
Parity	None
Handshake	None

Tabelle 5: UART-Einstellungen

Es werden jede Sekunde Datenpakete mit aktualisierten Daten gesendet.

5.2 Entschlüsseln der Datenpakete

5.2.1 „PWM“

Die erste Zeile des Datenpakets enthält Informationen über den aktuellen Duty-Cycle der PWM für die Sondenheizung.

Da es sich um eine 10bit PWM handelt, kann sich ein Wert zwischen 0 und 1023 einstellen.

„0“ bedeutet dabei, die Heizung ist abgeschaltet. Die Schaltung befindet sich im Standby Modus und liefert keine brauchbaren Daten für „UR“ und „UA“.

„1023“ ist die maximale Einstellung und liefert 100% On-Time.

Wird der Duty-Cycle durch das analoge bzw. digitale Interface vorgegeben, so beträgt der Maximalwert „999“ (entspricht 97,5% On-Time).

Wird der integrierte, automatische Regler verwendet, so beträgt der Maximalwert „1020“.

5.2.2 „UR“

„UR“ stellt den digitalisierten Wert für die Sondentemperatur dar. Der Wert des verwendeten CJ125 wird mit einem 10bit ADC digitalisiert. Die Spannung lässt sich wie folgt ausrechnen:

$$U_{\text{Sondentemperatur}} = \frac{1023}{5,0V} \times UR$$

5.2.3 „UA“

„UA“ stellt den digitalisierten Wert für den Lambda-Rohwert dar. Wie auch „UR“ wird der Wert mit einem 10bit ADC digitalisiert:

$$U_{\text{Lambda-Rohwert}} = \frac{1023}{5,0V} \times UA$$

5.2.4 „CJF“

Der Wert „CJF“ enthält den Inhalt des CJ125 Diagnoseregisters und muss in einen Binärwert übersetzt werden. Dann gilt folgende Auswertungstabelle (MSB first):

CJF.7							CJF.0
DIAHG	DIAHD	IA/IP	IA/IP	UN	UN	VM	VM

Tabelle 6: Auswertungstabelle "CJF"

Mit der im Datenblatt angegebenen Tabelle lässt sich nun der Fehler in Klartext darstellen:

Fehler-Bits	DIAHG/DIAHD	IA/IP, UN, VM
0 0	Kurzschluss nach Masse	Kurzschluss nach Masse
0 1	Heizung nicht angeschl.	Batterie schwach
1 0	Kurzschluss nach UBat	Kurzschluss nach UBat
1 1	Kein Fehler	Kein Fehler

Tabelle 7: Klartext-Tabelle "CJF"

Ist der Wert des „CJF“ 255, so liegt kein Fehler vor und die Schaltung kann arbeiten.

Nach jedem Auslesen des Fehlerregisters, wird dieses gelöscht. Liegt ein Fehler vor, so wird automatisch die Heizung der Sonde abgeschaltet, um eine Überhitzung zu vermeiden. Außerdem wird der Anschluss „Error_out“ auf High-Pegel gezogen.

Im Fehlerfall wird der Pumpstrom durch die Sonde und die Bestimmung des Nernstzellenwiderstandes gestoppt. Die Werte für UR und UA können also in dieser Zeit nicht verwendet werden.

5.2.5 „IntF“

Im Register „IntF“ werden allgemeine Fehler und Betriebszustände, welche nicht vom CJ125 erfasst werden, abgelegt. Dies geschieht nach dem gleichen System wie bei Register „CJF“.

Das Register in Binärformat sieht aus wie folgt (MSB first):

IntF.7							IntF.0
Heizungsregler	Watchdog	λ- ready	PWM- Modus	Ubat high	Ubat low	Sonde überhitzt	CJ- Fehler

Tabelle 8: Auswertungstabelle "IntF"

Die Werte stehen für folgende Aussagen:

- Heizungsregler: Die Sondentemperatur wird durch den internen Regler automatisch nachgeregelt
- Watchdog: Interner/Programmfehler – Die Schaltung muss neu gestartet werden.
- λ-ready: Die Werte von „UA“ sind verwertbar. Betriebstemperatur ist erreicht.
- PWM-Modus: 1: PWM kann durch das digitale Interface kontrolliert werden
0: PWM kann durch das analoge Interface kontrolliert werden
- Ubat high: Versorgungsspannung zu hoch (> 15,0V)
- Ubat low: Versorgungsspannung zu niedrig (< 11,0V)
- CJ-Fehler: Interner Fehler im CJ125. Siehe „CJF“.

5.3 Senden von Befehlen

Folgende Befehle unterstützt das Interface:

Befehl	Funktion
C	Calibration Mode
N	Normal Mode
A	Analog PWM
D	Digital PWM
R	Automatic PWM
xxx	PWM-Value for digital PWM

Tabelle 9: Befehlsreferenz

Erklärung:

C	„Calibration Mode“	Der CJ125 wird in einen Kalibriermodus versetzt, Details in den folgenden Kapiteln.
N	„Normal Mode“	Der CJ125 gibt aktuelle Werte ab.
A	„Analog PWM“	Die Sondentemperatur kann über den Analogen Eingang gesteuert werden.
D	„Digital PWM“	Die Sondentemperatur kann über das UART-Interface gesteuert werden
R	„Automatic PWM“	Die Sondentemperatur wird über den integrierten Regler bestimmt.
xxx		Mit einem dreistelligen Zahlenwert kann der PWM-Wert im „D“ Modus angegeben werden. Es müssen immer drei ahlen angegeben werden (z.B. 003 für „3“ oder 055 für „55“).

Die Befehle werden im ASCII-Code übermittelt und sind Case-Sensitive (auf Groß- und Kleinschreibung achten). Ein Befehl wird mit dem sog. „Carriage Return“ abgeschlossen (ASCII-Zeichen 13) und ist erst danach gültig.

6 Kalibrierung der Schaltung

Wird an das Interface der Befehl „C“ gesendet, so geht der CJ125 in den Kalibrierungsmodus über.

In diesem Modus wird am Ausgang UA die Spannung ausgegeben, die für den Lambdawert 1,00 steht (etwa 1,5V).

Gleichzeitig wird am Ausgang UR die Spannung ausgegeben, die für die optimale Sondentemperatur steht (etwa 0,9V).

Um eine hohe Genauigkeit der Lambdawerte zu gewährleisten, sollte dieser Wert in die Kalkulation des Sauerstoffgehaltes mit einfließen.

Diese Funktion kann nur mit Hilfe des digitalen Interface aktiviert werden!

7 Berechnung der Sauerstoffkonzentration

Die Kombination aus LSU4.2 und CJ125 erreicht im Bereich um Lambda = 1 seine höchste Genauigkeit.

Bei Lambda = 1,70 weist die Sonde einen Fehler von $\pm 0,05$ auf, welcher aufgrund der Sondenalterung auf bis zu $\pm 0,15$ ansteigen kann.

Bei Lambda = 1,009 geht dieser Fehler auf $\pm 0,006$ bzw. nach 2000 Betriebsstunden $\pm 0,008$ zurück.

Um den Sauerstoffgehalt im Abgas errechnen zu können, muss man zuerst eine Kalibrierkurve mit den Werten aus dem Sonden-Datenblatt erstellen:

O2 konz.	0,0%	3,0%	6,0%	8,29%	12,0%	20,9%
Messstrom	0,00mA	0,34mA	0,68mA	0,95mA	1,40mA	2,55mA

Tabelle 10: Wertetabelle Sauerstoffkonz./Messstrom

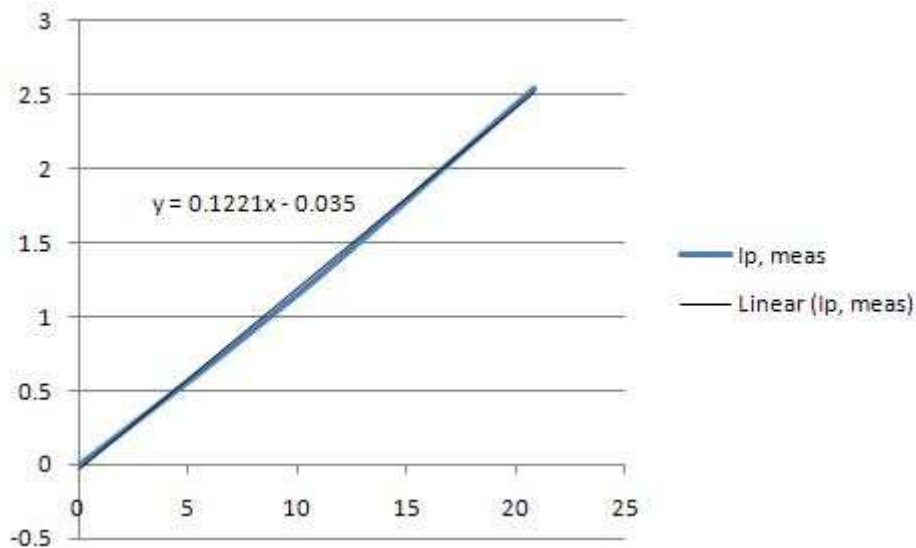


Abbildung 3: Sauerstoffkonzentration / Messstrom

Die Sauerstoffkonzentration ist direkt proportional zum Strom, welcher in die Pumpzelle hineinfließt.

Dieser Strom wird vom CJ125 mittels eines Shunt-Widerstandes in eine Spannung umgesetzt und diese dann verstärkt.

Der Zusammenhang zwischen Strom und Spannung lautet wie folgt:

$$U_{\text{Lambdawert}} = (U_{UA} - U_{UA, \text{Kalibriermodus}}) + 14 \times I_p \times 61,9\Omega$$

Mit $U_{UA, \text{Kalibriermodus}} = 1,5V$. Die genaue Spannung kann durch den Kalibriermodus angezeigt werden.

Um die Sauerstoffkonzentration zu berechnen, kann folgende Formel verwendet werden:

$$O_2 = \frac{\frac{(U_{UA} - U_{UA, \text{Kalibriermodus}}) \times 1000}{17 \times 61,9\Omega} + 0,035}{0,1221}$$

Für den fetten Bereich gelten andere Kalibrierdaten.

Um noch genauere Messwerte zu erhalten, kann man ein entsprechendes Kalibriergas z.B. von „Linde Gase“ verwenden.