

# **Mehr Spaß mit ASURO**

## **Band II**

Robin Gruber  
Martin Hofmann



**Gruber, Robin**  
**Hofmann, Martin:**

Mehr Spaß mit ASURO, Band II

1. Auflage - Januar 2007

ISBN 978-90-8009392-3-3

NUR 959/968

EAN 8717371230388

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form, auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung - mit Ausnahme der in den §§ 53 und 54 URG ausdrücklich genannten Sonderfälle -, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

ASURO ist ein eingetragenes Warenzeichen des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt.

I<sup>2</sup>C ist ein eingetragenes Warenzeichen von Philips Semiconductors.

Autoren und Herausgeber sind nicht haftbar oder verantwortlich für die Folgen von Baufehlern unsachgemäßer Behandlung und/oder Bedienung des ASURO-Roboters oder durch Missachtung der Buchbeschreibungen. Alle angegebenen Programme und Pläne sind Vorschläge. Obwohl sie sorgfältig getestet wurden, kann keine Garantie für Fehlerfreiheit oder die Funktionsfähigkeit eines Nachbaus gegeben werden.

(c)2007 AREXX Intelligene Centre

Gesamtherstellung: Robin Gruber, Martin Hofmann, Marjon Roeten

Cover-Design: Kobe Huang, Jack Lai

Printed in China by JAMA Oriental

# Vorwort

Wie aus dem Titel dieses Buches unmissverständlich hervorgeht, verfolgt es zum einen den Zweck, den ohnehin großen Spaß beim Umgang mit dem Kleinroboter ASURO zu mehren, zum anderen ist es bereits der zweite Band dieser Reihe. Wer dieses Buch in der Hand hält und weder den ASURO noch den ersten Band kennt, fragt sich sicherlich,

1. was genau denn dieser ASURO ist,
2. worin sich dieses Buch vom ersten Band unterscheidet,
3. wie das Buch den ASURO-Spaß vergrößern soll,
4. und ob das Lesen des zweiten die Kenntnis des ersten Bandes voraussetzt.

Das Wichtigste gleich vorneweg: Den ASURO muss man gebaut haben, bevor man sich diesem Buch widmet.

Aber der Reihe nach:

Den Kleinroboter ASURO kann man mit wenigen Hilfsmitteln und Werkzeugen selbst zusammenbauen und programmieren. LötKolben, Standard-Werkzeugsatz, ein PC, etwas Geduld und Durchhaltevermögen, etwas mehr Geschicklichkeit, und noch etwas mehr Interesse an Mechanik und Elektronik sind hilfreiche Voraussetzungen. Das kann man im DLR\_School\_Lab im Schüler-Team unter fachkundiger wissenschaftlicher Anleitung ausprobieren, oder aber allein zu Hause im stillen Kämmerlein. Dass beide Methoden funktionieren zeigen die im School\_Lab zusammengebauten etwa 200 funktionierenden ASUROS, die zahlreichen positiven Urteile von Fachleuten, die beinahe 10.000 über den Handel vertriebenen Bausätze und ein reger Informationsaustausch in den „robotischen“ Internet-Foren.

Während der erste Band in die Tiefe geht und die Grundlagen von Elektronik und Mechanik ebenso vermittelt, wie einen Einstieg in die Informationstechnologie und die Programmierung, erweitert das vorliegende Buch die Perspektive in einer anderen Dimension (sozusagen in die Breite) an anwendungsbezogenen Aufgabenstellungen moderner Robotik:

- Wie regelt man die Geschwindigkeit?
- Wie misst man den Abstand zu einem anderen Objekt?
- Wie erkennt man einen warmen Gegenstand?
- Wie teilt der Roboter sein „Befinden“ mit?

Hinzu kommen die etwas grundsätzlichere Behandlung des wohl wichtigsten elektronischen Bausteins (OpAmp) und zwei Happen aus der modernen Programmier- und Steuerungstechnik.

Spaß hat man zunächst einmal beim Lesen dieses Buches, eine solch souverän-lockere „Schreibe“ findet man kaum in einem Lehrbuch. Vielen Abbildungen, zahlreiche Programmierbeispiele, Aufgaben (mit Lösungen!) und Hilfestellungen für die Beschaffung der Bauteile erleichtern die Arbeit. Und nach jedem Kapitel hat der Leser „seinem“ ASURO wieder etwas Neues beigebracht.

Wie bereits mit dem ersten Band schließen die Autoren auch mit diesem Buch eine Lücke zu den Universitäts-Lehrbüchern. Dabei ist es hilfreich (aber nicht notwendig), den ersten Band gründlich studiert zu haben. Großen Spaß mit angewandter Robotik hat man mit diesem Buch allemal.

Dr. Dieter Hausamann,  
Leiter DLR\_School\_Lab  
Oberpfaffenhofen Dezember 2006

# Einleitung



Die mit einem Glühbirnensymbol markierten Textbereiche enthalten weiterführende Information zum jeweiligen Thema, sind aber für das Gesamtverständnis nicht zwingend erforderlich.



Das Achtung-Symbol weist – wie in der Bauanleitung – auf Abschnitte hin, die sehr sorgfältig beachtet werden müssen, da Fehler zu zerstörter Hardware oder beeinträchtigter Gesundheit führen können, oder die aus Nichtbeachtung resultierende Fehlersuche den Anwender zum Wahnsinn treiben kann.

Wenn man tiefer in ASURO einsteigen und die angegebenen Datenblätter zu Rate ziehen möchte, so sind Englischkenntnisse sinnvoll.

Ach ja, ASURO steht übrigens immer noch für “Another Small and *U*nique Robot from Oberpfaffenhofen”!

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Nur ein wenig Odometrie</b>	<b>11</b>
1.1. Zählen der Umdrehungen . . . . .	11
1.2. Die Regelung . . . . .	13
1.3. Software . . . . .	14
1.4. Aufgaben . . . . .	15
1.4.1. Im Kreis . . . . .	15
1.4.2. Nur ein Stückchen geradeaus... . . . .	15
1.4.3. Da vorne links abbiegen! . . . . .	15
1.4.4. Im Quadrat . . . . .	16
1.4.5. Regelabweichung speichern . . . . .	16
1.4.6. Tatsächlicher Verlauf der Odometerspannungen . . . . .	16
1.5. Lösungen . . . . .	16
1.5.1. Im Kreis . . . . .	16
1.5.2. Nur ein Stückchen geradeaus... . . . .	17
1.5.3. Da vorne links abbiegen! . . . . .	19
1.5.4. Im Quadrat . . . . .	21
1.5.5. Regelabweichung speichern . . . . .	21
1.5.6. Tatsächlicher Verlauf der Odometerspannungen . . . . .	23
<b>2. Optische Abstandsmessung</b>	<b>25</b>
2.1. Wie funktioniert Triangulation? . . . . .	25
2.2. Anordnung der Sensoren . . . . .	28
2.3. Funktion und Aufbau der Schaltung . . . . .	29
2.4. Montage der Sensoren . . . . .	30
2.5. Software . . . . .	31
2.6. Aufgaben . . . . .	34
2.6.1. Rechte Hand an der Wand . . . . .	34
2.6.2. Bessere Sensorenanordnung . . . . .	35
2.7. Lösungen . . . . .	36
2.7.1. Rechte Hand an der Wand . . . . .	36
2.7.2. Bessere Sensorenanordnung . . . . .	37
<b>3. Von runden Puffern und rollenden Zeigern: Neue Tricks für die IR-Schnittstelle</b>	<b>39</b>
3.1. Kontroll- und Datenregister, oder: Wie sag' ich's meiner Schnittstelle? . . . . .	39
3.2. Interrupts für die Kommunikation . . . . .	40
3.3. Daten, die sich anstellen: Der Ringpuffer . . . . .	41
3.4. Die Realisierung . . . . .	42

<b>4. Module in C: Software Engineering für Anfänger</b>	<b>47</b>
4.1. Die Deklaration . . . . .	47
4.2. Aufbau einer Header-Datei . . . . .	50
4.3. Anpassung des Makefiles . . . . .	51
<b>5. Der I<sup>2</sup>C-Bus</b>	<b>53</b>
5.1. Grundlagen . . . . .	53
5.2. Das Protokoll des Single Master I <sup>2</sup> C-Busses . . . . .	54
5.3. Aufgabe zum I <sup>2</sup> C-Bus . . . . .	60
5.4. Lösung zum I <sup>2</sup> C-Bus . . . . .	61
<b>6. Tastatur und Bildschirm</b>	<b>62</b>
6.1. Funktionsprinzip der Display-Hardware . . . . .	63
6.1.1. Das LC-Displaymodul . . . . .	63
6.1.2. Anschluss und Beschaltung des Displays . . . . .	65
6.1.3. Konstantspannungsschaltung für saubere Kontrastregelung . . . . .	66
6.1.4. Die Taster-Einheit . . . . .	67
6.2. Ab in die Hardware . . . . .	70
6.2.1. Benötigte Bauteile . . . . .	71
6.2.2. Zusammenbau . . . . .	72
6.2.3. Funktionstest . . . . .	75
6.3. Software . . . . .	76
6.3.1. Ansteuerung des I/O-Expanders . . . . .	77
6.3.2. Ansteuerung eines Displays . . . . .	79
6.3.3. Ansteuerung des Displays über den PCF8574 . . . . .	84
6.3.4. Befehlsübersicht . . . . .	90
6.3.5. Ein kleines Demoprogramm . . . . .	92
6.4. Aufgaben . . . . .	93
6.4.1. ASURO „textet“ . . . . .	93
6.4.2. Die Taster . . . . .	93
6.4.3. ASURO bekommt ein Gesicht . . . . .	93
6.5. Lösungen . . . . .	94
6.5.1. ASURO „textet“ . . . . .	94
6.5.2. Die Taster . . . . .	94
6.5.3. ASURO bekommt ein Gesicht . . . . .	95
<b>7. Der ideale Operationsverstärker</b>	<b>96</b>
7.1. Funktion . . . . .	96
7.2. Schaltungsbeispiele . . . . .	97
7.2.1. Der nicht invertierende Verstärker . . . . .	97
7.2.2. Der invertierende Verstärker . . . . .	99
7.2.3. Der Addierer . . . . .	99
7.2.4. Der Subtrahierer . . . . .	101
7.2.5. Der Transimpedanzverstärker . . . . .	101
7.2.6. Der Integrator . . . . .	102
7.2.7. Der Differenzierer . . . . .	103
7.3. Bezugsquellen . . . . .	104

7.4.	Aufgaben . . . . .	104
7.4.1.	Strommessung . . . . .	104
7.4.2.	Halbe Versorgungsspannung . . . . .	104
7.4.3.	Mikrofonvorverstärker . . . . .	104
7.4.4.	Stereo zu Mono . . . . .	104
7.4.5.	UKW in Stereo . . . . .	105
7.4.6.	Temperaturmessung . . . . .	105
7.4.7.	Dehnungsmessstreifen . . . . .	105
7.4.8.	Piezosensor . . . . .	105
7.5.	Lösungen . . . . .	106
7.5.1.	Strommessung . . . . .	106
7.5.2.	Halbe Versorgungsspannung . . . . .	108
7.5.3.	Mikrofonvorverstärker . . . . .	110
7.5.4.	Stereo zu Mono . . . . .	111
7.5.5.	UKW in Stereo . . . . .	112
7.5.6.	Temperaturmessung . . . . .	113
7.5.7.	Dehnungsmessstreifen . . . . .	116
7.5.8.	Piezosensor . . . . .	118
<b>8.</b>	<b>Der reale Operationsverstärker, Teil I – Spannungen und Ströme</b>	<b>120</b>
8.1.	Versorgungs-, Eingangs- und Ausgangsspannung, sowie Ausgangsstrom . . . . .	120
8.2.	Offset-Spannung . . . . .	122
8.3.	Bias- und Offset-Ströme . . . . .	124
8.4.	Aufgaben . . . . .	125
8.4.1.	Strommessung . . . . .	125
8.4.2.	Dehnungsmessstreifen . . . . .	125
8.4.3.	Beschleunigungssensoren . . . . .	125
8.4.4.	Ionisationskammer . . . . .	126
8.5.	Bezugsquellen . . . . .	126
8.6.	Lösungen . . . . .	127
8.6.1.	Strommessung . . . . .	127
8.6.2.	Dehnungsmessstreifen . . . . .	129
8.6.3.	Beschleunigungssensoren . . . . .	130
8.6.4.	Ionisationskammer . . . . .	132
<b>9.</b>	<b>Snake-Vision</b>	<b>135</b>
9.1.	Grundlagen elektromagnetischer Wellen . . . . .	135
9.2.	Plancksches Strahlungsgesetz . . . . .	137
9.3.	Seebeck-Effekt und Pyrometer . . . . .	138
9.4.	Messverfahren . . . . .	140
9.5.	Funktion der Schaltung . . . . .	143
9.6.	Zusammenbau . . . . .	148
9.7.	Auswertung der gemessenen Signale . . . . .	151
9.8.	Aufgaben . . . . .	154
9.8.1.	Maximaler Strom durch den Spannungsverdoppler . . . . .	154
9.8.2.	Abgleich mit Taster . . . . .	154
9.8.3.	Weglaufen . . . . .	154

*Inhaltsverzeichnis*

9.9. Lösungen . . . . .	156
9.9.1. Maximaler Strom durch den Spannungsverdoppler . . . . .	156
9.9.2. Abgleich mit Taster . . . . .	156
9.9.3. Weglaufen . . . . .	157
<b>A. Bezugsquellen</b>	<b>159</b>
<b>B. Ascii-Code für das Display</b>	<b>160</b>
<b>C. Einheiten</b>	<b>161</b>
<b>D. Schaltpläne</b>	<b>162</b>