

# Bachelor-Arbeit: Protokoll Spezifikation

Christoph Peltz

27. Juli 2009

Version	Datum	Autor	Status	Kommentar
1	25.02.2009	Christoph Peltz		Erste Version
2	01.05.2009	Christoph Peltz		Korrigierung und neue Features
3	24.07.2009	Christoph Peltz		Option und Advanced Drive Befehl
4	26.07.2009	Christoph Peltz		Befehls-Bibliothek Nutzung

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aktuelle Lage und Ziele</b>	<b>3</b>
1.1	Aktuelle Lage . . . . .	3
1.2	Ziele . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Protokoll</b>	<b>3</b>
2.1	Aufbau . . . . .	3
2.2	Extended Instruction - 0x00 . . . . .	4
2.3	Control - 0x01 . . . . .	4
2.4	Queue - 0x02 . . . . .	4
2.5	Drive - 0x03 . . . . .	4
2.6	Advanced Drive - 0x04 . . . . .	4
2.7	SetPID - 0x05 . . . . .	4
2.8	Option - 0x06 . . . . .	4
2.9	0x07 - 0x0f . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Befehlsreferenz</b>	<b>5</b>
3.1	Extended Instruction - 0x00 . . . . .	5
3.2	Control - 0x01 . . . . .	5
3.3	Query - 0x02 . . . . .	5
3.4	Drive - 0x03 . . . . .	5
3.5	Advanced Drive - 0x04 . . . . .	6
3.6	SetPID - 0x05 . . . . .	6
3.7	Option - 0x06 . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Verwendung der Befehls-Bibliothek</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Befehlsbeispiele</b>	<b>8</b>
5.1	Control - 0x01 . . . . .	8
5.2	Query - 0x02 . . . . .	8
5.3	Drive - 0x03 . . . . .	8

# 1 Aktuelle Lage und Ziele

## 1.1 Aktuelle Lage

Momentan besteht das Protokoll der Motorplatine aus einer Konkatination von String-literalen, die eine bestimmte Form haben müssen. Wie z.B. "d,n,n,100,100" lässt das Fahrzeug ohne PID korrektur fahren, die beiden Räder werden mit der Geschwindigkeit 100 betrieben und es werden keine Trigger verwendet. Diese Form des Protokolls ist für Menschen zwar gut lesbar und auch das Eintippen eines Befehles dieser Form ist sehr simpel, dies ist allerdings nicht der Fall für einen Computer, insbesondere die hier verwendeten Praktikumsplatinen können nicht besonders effizient mit Zeichenketten umgehen. Außerdem verbrauchen diese unnötigen Speicherplatz und auch dieser ist auf diesen eingebetteten Systemen auch eine knappe Ressource mit der sehr sorgfältig umgegangen werden sollte. Zusätzlich wird durch die Länge eines Befehls die Geschwindigkeit mit der dieser Befehl zum einen über den Bus gesendet werden kann, als auch die Geschwindigkeit mit der er verarbeitet werden kann begrenzt. Denn die Befehle haben durch die Verwendung von Zeichenketten und die begrenzte Benutzung von den möglichen Werten eine längere Verarbeitungsdauer.

## 1.2 Ziele

Ein Teilziel der Bachelor-Arbeit ist das Protokoll Rechner-freundlich umzuschreiben. Das bedeutet zum einen, dass der Ansatz der Zeichenkettenrepräsentation der Befehle verworfen wird und stattdessen ein Byte-orientiertes Protokoll benutzt wird das eine wesentlich höhere Informationsdichte besitzt.

# 2 Protokoll

## 2.1 Aufbau

Wie bereits eingangs erwähnt ist das Protokoll Byte-orientiert, das bedeutet also dass die Informationen der Befehle keine lesbare Repräsentation mehr sind. Von besonderer Wichtigkeit ist das erste Byte eines Befehls. Es definiert die Art des auszuführenden Befehls, sowie etwaige Optionen, die das Verhalten des Befehles verändern. Dazu ist das erste Byte logisch in zwei Teile unterteilt. Die ersten vier Bit (lies lower order bits) spezifizieren einen von 16 möglichen Befehlen (inklusive des Reservierten Befehls 0x00, dass für zukünftige Erweiterungen vorgesehen ist), die oberen vier Bit können Optionen für den ausgewählten Befehl sein. Alle nun darauf folgenden Bytes sind Parameter (mit der einen Ausnahme des 0x0-Befehls, auch als Extended Instruction bezeichnet), deren Anzahl sich durch die Kombination von Befehl-Typ und Befehl-Optionen ergibt. Es gibt keine spezifischen Start und/oder Stop Muster, das Protokoll verlässt sich auf die ordentliche Übertragung der Daten und auf die korrekte Dateninhalte. Es können nur invalide Befehlsbytes erkannt und abgefangen werden, dies wird allerdings in der Implementation zugunste der einfacheren Behandlung nur bei invaliden Befehls-Typen getan. Invalide Optionen werden ignoriert. Eine weitere Eigenschaft des Protokolls ist, dass ein bestimmter Befehl immer gleich viele Bytes benötigt und die Anzahl der Bytes nicht von den Parametern abhängt (wie es im alten Protokoll der Fall war).

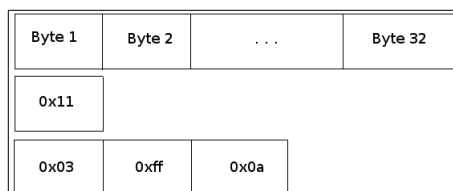


Abbildung 1: Schematischer Aufbau eines Befehls und zweier Beispiele (mittleres ist ein Reset, unteres ein Fahrbefehl ohne Trigger mit den Geschwindigkeiten -128 und 10)

## 2.2 Extended Instruction - 0x00

Dieser Befehl ist für zukünftige Befehlserweiterungen zum Protokoll gedacht, falls mehr als 15 verschiedene Befehle benötigt werden. Wird dieser Befehl angetroffen, so werden nachfolgende Bytes als zusätzliche Befehlsbytes gewertet und besonders behandelt. In der aktuellen Implementierung wird nur das Befehlsbyte eingelesen, danach gilt der Befehl als beendet. Bei der Ausführung des Befehls wird nichts getan, nur der Befehlsstatus auf DONE gesetzt.

## 2.3 Control - 0x01

Dieser Befehl ist eher eine Befehlsgattung, der sehr unterschiedliche Optionen zu Verfügung stellt. So wird der Befehl benutzt um das Board und die Software zu reseten, die Ausführung des Aktuellen Befehls zu stoppen, den nächsten Befehl in der Warteschlange zu bearbeiten, einen Fahrstopp mit aktivem Bremsen auszuführen oder einfach die Warteschlange zu leeren. Control-Befehle können nicht in die Warteschlange eingereiht werden und es kann nur einer gleichzeitig verarbeitet werden. Sie umgehen die Warteschlange und werden sogar während noch laufenden Befehlen ausgeführt. Sie erhalten den frühest möglichen Zeitslot zur Ausführung.

## 2.4 Queue - 0x02

Durch diesen Befehl kann der Benutzer bestimmte Werte des Boards abfragen. Diese stellen dann Informationen wie z.B. die aktuelle Geschwindigkeit oder den aktuellen Befehl zu Verfügung.

## 2.5 Drive - 0x03

Mithilfe des Drive-Befehls werden allgemeine Fahrbefehle angenommen. Zu den Optionen zählen die Benutzung von Triggern auf Rad-Ebene, wie z.B. Kein Trigger, Positions-Trigger und Zeit-Trigger. Außerdem gibt es hier die Möglichkeit mithilfe des Differentialausgleichs sehr genau geradeaus zu fahren.

## 2.6 Advanced Drive - 0x04

Der Advanced-Drive-Befehl ist in erster Linie ein Drive-Befehl mit erweiterten Trigger-Bedingungen. So ist es möglich ein Rad entweder 100 ms oder 2000 Ticks fahren zu lassen oder aber das Rad erst dann anzuhalten, wenn es mindestens 100 ms und 2000 Ticks gefahren ist.

## 2.7 SetPID - 0x05

Durch diesen Befehl ist es möglich die Parameter für eine PID-Verbesserte-Fahrt selber zu setzen und somit für sich anzupassen.

## 2.8 Option - 0x06

Dank des Option-Befehls ist es dem Benutzer möglich Werte für bestimmte Verhaltenskritische Variablen während des Betriebs zu verändern.

## 2.9 0x07 - 0x0f

Diese Befehlscodes sind bisher nicht vergeben.

## 3 Befehlsreferenz

### 3.1 Extended Instruction - 0x00

Bisher werden Befehle mit diesem Code werden nach einem Byte abgebrochen und in die Queue gestellt. Es existiert noch keine Anwendung für diese Befehlsgattung.

### 3.2 Control - 0x01

Option	Bitmaske	Beschreibung
Reset	0x10	Resettet die Hardware
Stop Queue	0x20	Der Aktuelle Befehl wird verworfen. Queue wird angehalten, aber nicht verworfen.
Continue Queue	0x30	Der nächste Befehl in der Queue wird ausgeführt.
Clear Queue	0x40	Die Warteschlange wird gelöscht.
Stop Drive	0x50	Befehl wird angehalten, Fahrzeug geht zum aktiven Bremsen über.

Um auf das richtige Befehlsbyte zu kommen muss die Option mit dem Befehl verundet werden. Als Beispiel dient hier das Löschen der Queue:  $0x40 \& 0x01 = 0x41$ . Dies gilt für alle Befehle hier. Der Control-Befehl hat keine Parameter und ist damit konstant 1 Byte lang. Außerdem umgeht dieser Befehl die Warteschlange, wird also sofort ausgeführt, auch während noch ein anderer Befehl bearbeitet wird.

### 3.3 Query - 0x02

Bitmaske	Beschreibung	Antwortlänge
0x10	Geschwindigkeit des linken Rades	1
0x20	Geschwindigkeit des rechten Rades	1
0x30	Anzahl der Befehl in der Queue	1
0x40	Aktueller Befehl	2 - 33 (siehe Text)

Der Query-Befehl ist immer nur ein Byte lang, in den oberen 4 bit wird spezifiziert welche Informationen man haben möchte. Welche zur Verfügung stehen und welche Bitmaske man dafür verwenden muss, wird aus der obigen Tabelle entnommen. Es kann immer nur ein Wert per Befehl abgefragt werden. Die Antwort auf solch eine Anfrage hat eine variable Länge, die ebenfalls aus der Tabelle entnommen werden kann (sie ist in Byte angegeben). Bei der Antwort mit dem Aktuellen Befehl gilt zu beachten, dass zweimal von der Platine gelesen werden muss. Die erste Antwort ist immer 1 Byte lang und gibt an wie lang die zweite Antwort sein wird. Diese hält dann den eigentlichen Befehl.

### 3.4 Drive - 0x03

Beim Drive Befehl sind die vier Optionsbits in zweimal zwei Bit unterteilt, die jeweils für ein Rad den Trigger angeben.

Option	Bitmaske linkes Rad	Bitmaske rechtes Rad	Beschreibung
Kein Trigger	0x00	0x00	Endlosfahrt
Zeit Trigger	0x10	0x40	zeitlich Begrenzte Fahrt
Positions Trigger	0x20	0x80	Fährt eine bestimmte Strecke

Hier müssen für beide Räder eine Options ausgewählt werden und zusammen auf den Befehl geundet werden. Beispiel linkes Rad benutzt einen Zeit Trigger, das rechte einen Positionstrigger:  $0x10 \text{ — } 0x80 \text{ — } 0x03 = 0x93$ . Der Befehl erwartet mindestens zwei Parameter, die jeweils ein Byte lang sind und die Geschwindigkeit vom linken und vom rechten Rad angeben.

Byte Anzahl	Option	Wertebereich	Beschreibung
1	-	-128 bis 127	Geschwindigkeit des linken Rades
1	-	-128 bis 127	Geschwindigkeit des rechten Rades
2	Zeit Trigger	0 bis 65535	Anzahl der ms die das linke Rad fährt
2	Positions Trigger	0 bis 65535	Anzahl der Ticks die das linke Rad fährt
2	Zeit Trigger	0 bis 65535	Anzahl der ms die das rechte Rad fährt
2	Positions Trigger	0 bis 65535	Anzahl der Ticks die das rechte Rad fährt

Die Parameter werden in der Reihenfolge erwartet die hier angegeben wurde wobei die Zeit und Positionsparameter nur angegeben werden müssen wenn für des entsprechende Rad dies auch in den Optionen aktiviert wurde. Die Minimale Länge beläuft sich damit auf 3 Byte (1 Byte Kommando + 2 Byte für die Geschwindigkeiten) und die Maximale auf 7 Byte (1 Byte Kommando + 2 Byte Geschwindigkeit + 2\*2 Byte für Trigger-Werte pro Rad).

Es gibt noch einen speziellen Fahrmodus: Fahren mit Differentialausgleich. Dieser wird aktiviert wenn im Befehlsbyte die Bitmaske 0x30 benutzt wird. Die Trigger Bitmasken für das rechte Rad (siehe Tabelle) gelten dann für beide Räder. Folgend auf das Befehlsbyte tut dann ein Geschwindigkeitsbyte sowie, falls erforderlich, 2 Bytes für den ausgewählten Trigger. Die Minimale Länge beläuft sich hier auf 2 Byte, die Maximale auf 4.

Wenn die Bitmaske 0xc0 auf dem Befehlsbyte genutzt wird, kann der relative Differentialwert für die Fahrt eingestellt werden. Ein Wert gleich 0 setzt den Wert auf 0. Von 0 verschiedene Werte werden auf den aktuellen Differentialwert addiert. Der Differentialwert darf einen wert zwischen -32768 bis 32767. Die Länge beträgt immer 3 Byte.

### 3.5 Advanced Drive - 0x04

Ist identisch zu dem Drive Befehl, bis auf folgende Ausnahmen:

Option	Bitmaske linkes Rad	Bitmaske rechtes Rad	Beschreibung
Kein Trigger	0x00	0x00	Endlosfahrt
Zeit ODER Position Trigger	0x10	0x40	zeitlich Begrenzte Fahrt
Zeit UND Positions Trigger	0x20	0x80	Fährt eine bestimmte Strecke

Außerdem sind die Bitmasken 0x30 und 0xc0 hier ungültig. Der SZeit ODER PositionTrigger bewirkt, dass das Rad angehalten wird, wenn einer der beiden Trigger erreicht wurde. Analog bewirkt der SZeit UND Position-Trigger, dass das Rad beide Trigger erfüllen muss, bevor das Rad angehalten wird. Dadurch, dass jetzt zwei Trigger gleichzeitig angegeben werden pro Rad ist wichtig zu wissen, wo die Bytes hinkommen müssen. Dies zeigt die folgende Illustration: Wenn kein Trigger verwendet wird, benötigt der Befehl 3 Byte, wenn für beide

<b>0x54</b>	<b>SpeedLeft</b>	<b>SpeedRight</b>	<b>TimeLeft</b>	<b>PosLeft</b>	<b>TimeRight</b>	<b>PosRight</b>
1 Byte	1 Byte	1 Byte	2 Bytes	2 Bytes	2 Bytes	2 Bytes

Abbildung 2: Ein Advanced-Drive-Befehl mit Zeit ODER Position Trigger für beide Räder (daher die 0x54)

Räder Trigger verwendet werden sind es im maximal Fall 11 Byte.

### 3.6 SetPID - 0x05

Mithilfe dieses Befehls können die Reglergrößen für den PID-Regler eingestellt werden.

Byte Anzahl	Position	Wertebereich	Beschreibung
2	1	-32768 bis 32767	Proportionaler Faktor
2	2	-32768 bis 32767	Integraler Faktor
2	3	-32768 bis 32767	Differentieller Faktor
2	4	-32768 bis 32767	Maximale Fehlersummen Modifikator

Im Befehlsbyte muss außerdem einkodiert werden für welches Rad die Parameter gesetzt werden.

Option	Bitmaske
Linkes Rad	0x00
Rechtes Rad	0x10
Beide Räder	0x20

Die Länge des Befehls beträgt immer 9 Byte.

### 3.7 Option - 0x06

Der Option-Befehl dient dazu Verhaltenskritische Variablen während des Betriebs zu verändern. Die oberen 4 Bit des Befehlsbytes geben an, welche Variable gesetzt werden soll. Anzumerken ist, dass 0x06 an sich, also die oberen 4 Bit gleich 0, reserviert ist für zukünftige Erweiterungen.

Bitmaske	Default	Wertebereich (Bytes)	Beschreibung
0x10	40	1 bis 127 (1)	Der Geschwindigkeitswert, der beim aktiven Bremsen benutzt wird.
0x20	1	0 oder 1 (1)	Switch zum aktivieren des aktiven Bremsen. Eine 1 bedeutet, dass das Bremsen aktiviert ist.
0x30	1	0 oder 1 (1)	Switch zum aktivieren des aktiven Bremsens, eines Rades, das bereits seinen Trigger erreicht hat, das andere aber noch weiterfährt.
0x40	1	0 oder 1 (1)	Switch zum aktivieren des aktiven Bremsens, wenn kein Befehl bearbeitet wird.

0x20 kann zum einfachen an- und ausschalten des Aktiven Bremsens verwendet werden, die 0x30 und 0x40 Varianten sind für die Einschränkung des Aktiven Bremsens, wenn es aktiviert ist, verantwortlich. 0x10 wird, wenn ein Wert außerhalb des Wertebereichs angegeben wird, den default-Wert benutzen. Momentan sind alle Option-Befehle 2 Byte lang.

## 4 Verwendung der Befehls-Bibliothek

Die Befehls-Bibliothek ist optional und klein. Sie dient hauptsächlich dazu das Senden von Befehlen an die Motorplatine zu vereinfachen. Ohne die Bibliothek muss der Benutzer selber alle Felder eines Arrays korrekt setzen und sie selber senden. Die Bibliothek hingegen stellt eine große Menge an defines bereit, die das spätere lesen des Codes vereinfachen, sowie einige Funktionen, die das füllen der Parameter kurz und übersichtlich hält. Natürlich hat dies einen geringen Overhead zur Folge (mindestens wegen der Funktionsaufrufe). Um einen Befehl mit der Bibliothek zu erstellen und abzusenden sind folgende Schritte durchzuführen:

1. Erstellen einer Variable vom Typ `order_t`
2. Initialisieren dieser Variable mit `order_init(order_t)`
3. Einstellen des Befehlstypes mit `order_set_type(order_t, type)` (Hierfür gibt es eine Menge an defines um diesen Aufruf kurz und informativ zu halten)
4. Setzen, wenn nötig, der Parameter für den Befehl, mithilfe von `order_add_params(order_t, format, param1, ..., paramN)`
5. Senden des Befehls an die Platine mithilfe von `order_send(order_t)`, `order_send_and_recv(order_t)` oder `order_send_and_recv_co(order_t)`.

Wichtige Besonderheiten sind, dass der Typ `order_t`, zwar größtenteils identisch mit dem auf der Platine verwendete Typ ist, statt einer status-Variablen jetzt eine pos-Variable hat, die *nur intern verwendet* werden darf. Sie speichert die Schreibposition sowie die länge des Befehls. Das große data Array musste hier in `dat` umbenannt werden, da `data` ein reserviertes Wort unter Keil ist. Das erste Feld in dem `dat` Array speichert die Adresse der Platine und wird während `order_init(order_t)` gesetzt. Ab dem zweiten Feld des `dat` Array residieren hier nur

die Befehlsdaten. Mit `order_set_type(order_t, type)` wird der Typ des Befehls gesetzt, das bedeutet, das erste Byte des Befehls auch Befehlsbyte genannt. Für jeden validen Typ, das schließt auch alle Optionen mit ein, gibt es ein define, welches man hierfür verwenden kann. Die Funktion `order_add_params(order_t, format, param1, ..., paramN)` hat eine variable Anzahl an Parametern. Die Anzahl der Parameter und deren Typen wird durch den format-String festgelegt. Dieser besteht aus einer Kombination aus 1en und 2en. Die 1en bedeuten ein 1-Byte Parameter (`int8_t` oder äquivalent) wobei die 2en ein 2-Byte Parameter bedeuten (`int16_t` oder äquivalent). Sie werden in der Reihenfolge in der sie angegeben wurden auch erwartet und eingefügt. Beispiel: "1121" würde aussagen, dass zwei 1-Byte Parameter, dann ein 2-Byte Parameter, gefolgt von einem weiteren 1-Byte Parameter erwartet wird. Wenn der Befehl nun zur Zufriedenheit konstruiert wurde, kann er mit einem der drei send-Funktionen gesendet werden. Wichtig ist hier die Richtige auszuwählen. Dabei gilt, wird keine Antwort auf den Befehl erwartet (der Großteil der Befehle), dann wird `order_send(order_t)` benutzt. Die Funktion gibt die Anzahl der gesendeten Bytes zurück. Falls der Befehl eine Antwort provoziert (wie die query-Befehle), dann wird `order_send_and_recv(order_t)` benutzt. Dieser wird den Befehl senden und an die Stelle der Alten Befehlsdaten (also ab dem zweiten Feld) die Antwort einlesen. Außerdem gibt der Befehl die Anzahl der gelesenen Bytes zurück. (pos wird nicht korrekt gesetzt). Es gibt noch einen Befehl zum Senden und Empfangen, das ist der `order_send_and_recv_co(order_t)`. Dieser muss benutzt werden, wenn die Antwort der Platine eine variable Länge hat (so wie die Antwort auf den Query nach dem aktuellen Befehl (current order) von dem der Befehl auch seinen Namen ableitet. Auch dieser Befehl gibt die Anzahl der empfangenen Bytes zurück und speichert die empfangenen Daten ab dem zweiten Feld des dat-Arrays.

## 5 Befehlsbeispiele

### 5.1 Control - 0x01

Reset: `0x01 OR 0x10 = 0x11`

Stop Drive: `0x01 OR 0x50 = 0x51`

### 5.2 Query - 0x02

Anzahl der Befehle: `0x02 OR 0x30 = 0x32`

Antwort (unter der Annahme, dass 5 befehle in der Queue sind): `0x05`

### 5.3 Drive - 0x03

Die Geschwindigkeit des linken Rades soll 100 sein, die des rechten -50. Das linke Rad soll einen Zeit- und das rechte einen Positionstrigger verwenden. Die Zeit soll 500 betragen, die Position 10000.

Erstes Byte: `0x03 OR 0x10 OR 0x80 = 0x93`

Gesamte Befehl: `0x93 0x64 0xce 0x01 0xf4 0x27 0x10`