

Bachelor-Arbeit: Protokoll Spezifikation

Christoph Peltz

24. 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 |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Aktuelle Lage und Ziele | 3 |
| 1.1 | Aktuelle Lage | 3 |
| 1.2 | Ziele | 3 |
| 2 | Protokoll | 3 |
| 2.1 | Aufbau | 3 |
| 2.2 | Extended Instruction - 0x00 | 4 |
| 2.3 | Control - 0x01 | 4 |
| 2.4 | Register - 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 |
| 3 | Befehlsreferenz | 5 |
| 3.1 | Extended Instruction - 0x00 | 5 |
| 3.2 | Control - 0x01 | 5 |
| 3.3 | Register - 0x02 | 5 |
| 3.4 | Drive - 0x03 | 5 |
| 3.5 | Advanced Drive - 0x04 | 6 |
| 3.6 | SetPID - 0x05 | 6 |
| 3.7 | Option - 0x06 | 7 |
| 4 | Verwendung der Befehls-Bibliothek | 7 |
| 5 | Befehlsbeispiele | 7 |

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).

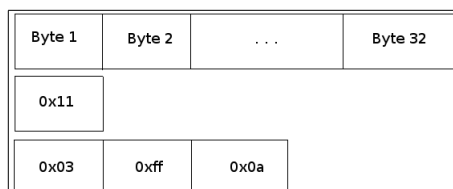


Abbildung 1: Schematischer Aufbau eines Befehls und zweier Beispiele (mittleres ist ein Reset, unteres ein Fahrbefehl ohne Trigger mit den Geschwindigkeiten -128 und 10)

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 Register - 0x02

Durch diesen Befehl kann der Benutzer bestimmte virtuelle Register 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. Aktueller Befehl wird aber weiter ausgeführt. |
| 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 Register - 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 Register-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 Register 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 Fahrt mit Differentialausgleich gewählt wurde (Bitmaske 0x30) und 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

| | | | | | | |
|-------------|------------------|-------------------|-----------------|----------------|------------------|-----------------|
| 0x54 | SpeedLeft | SpeedRight | TimeLeft | PosLeft | TimeRight | PosRight |
| 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 | -128 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. Momentan sind alle Option-Befehle 2 Byte lang.

4 Verwendung der Befehls-Bibliothek

5 Befehlsbeispiele