

Projekt Analogrechner

Das Kommando- oder Recheninterface

Stand: 10. 3. 2015

1. Aufbau und Wirkungsweise
 2. Kommandobeschreibung
 3. Zustände und Zustandsübergänge im Kommandogerät
 4. Register im Kommandogerät
- Anhang

1. Aufbau und Wirkungsweise

Das Kommandointerface steuert die Datenübertragung zwischen den Ein- und Ausgängen der Funktionseinheiten (Einrichtungen) sowie den grundsätzlichen Ablauf der Rechengvorgänge. Die Datenwege selbst sind gemäß dem Datenfluß des Anwendungsproblems verschaltet (Steckfeld). Die Ein- und Ausgänge der Einrichtungen können so untereinander verbunden werden, als wäre es eine Einzweckschaltung mit Funktionsblöcken und Bauelementen. Alle Datenübertragungen laufen gleichzeitig ab. Die Datenwörter werden Bit für Bit (seriell) übertragen. Rechen- und Übertragungsphasen wechseln einander ab.

Signale:

| Bezeichnung | Quelle | Nutzung |
|----------------------------------|--|---|
| CMD2, CMD1, CMD0 | Kommandogerät | Kommandocode |
| STROBE | Kommandogerät | Gültigkeitsimpuls |
| SERVICE CHANNEL (SRVCH) / FRAME# | Kommandogerät | Datenübertragung vom Kommandogerät an alle (Dienstkanal) sowie Erweiterung bestimmter Kommandocodes (Zustzfunktionen) |
| RDY | Alle anderen Einrichtungen (Wired AND) | Anzeige des Bereitschafts- oder Besetztzustandes. Low = besetzt (Busy), High = bereit |
| STOP# | Alle anderen Einrichtungen (Wired OR) | Endebedingung. Rechengvorgang anhalten |
| ATN# | Alle anderen Einrichtungen (Wired OR) | Achtungsanforderung (Bedienanforderung, Vergleichsstopp, Fehlerbedingung) |

Das Prinzip der Datenübertragung

Das Kommandogerät sendet STROBE-Impulse. Deren Vorderflanke bewirkt, daß alle Einrichtungen an ihren Ausgängen jeweils eines der auszugebenden Bits bereitstellen. Deren Rückflanke bewirkt, daß die Einrichtungen die an den Eingängen anliegenden Bits übernehmen. Die Übertragung erfolgt in Maschinenwörtern fester Länge, beispielsweise von 16 Bits. Ist jeweils ein komplettes Maschinenwort übertragen worden, so folgt ein Kommando, das den Rechenablauf auslöst. Dann beginnt der nächste Rechenzyklus.

Die Maschinenwörter werden Bit für Bit aus Speichermitteln (Register, RAM) entnommen oder dort abgelegt. Die Wörter der Ausgänge werden ausgegeben und die der Eingänge mit den jeweils ankommenden Bits neu gefüllt. Da die eigentlichen Anwendungsprogramme in diesen Zeitabschnitten nicht laufen, merken sie davon gar nichts (transparente Ein- und Ausgabe).

Kommandocodes:

| Kommando- code | SRVCH/ FRAME# | Wirkung | STROBE- Flanken |
|-------------------|------------------|---|--------------------|
| 0 | High | Ruhe. Kein Rechenbetrieb (IDLE) | Vordere |
| 1 | High | Daten bereitstellen (PRIME) | Vordere |
| 2 | High | Datenbits transportieren (MOVE) | Beide |
| 3 | High | Rechnen (RUN) | Vordere |
| 4 | Datenbits | Dienstkanal. Dateneingabe (DEPOSIT_SRV_CH) | Vordere |
| 5 | High | Dienstkanal. Kommando ausführen (EXEC_SRV_CH) | Vordere |
| 6 | High | Rücksetzen. Neuer Rechenzyklus (INITIATE) | Vordere |
| 7 | – | res. | – |

Ein typisches Wortformat:

16 Bits. Niedrigstwertiges Bit zuerst.

| | |
|---|--------------|
| S | 15 Datenbits |
|---|--------------|

S: Vorzeichen. 0 = positiv, 1 = negativ. Wertangabe als Betrag (Sign/Magnitude).

- Wertebereich: ca. $\pm 3 \cdot 10^4$.
- 15 Wertbits. Sonderwerte reserviert.
- Gültige Datenwerte: 0000H bis 7EFFH (0 bis 32511).
- Die Null ist immer positiv.
- Sonderwerte (reserviert): 7F00H bis 7FFFH.
- Wert FFFFH (alles Einsen) = offener Eingang bzw. Don't Care.
- Unter Einbeziehung des Vorzeichens sind insgesamt 512 Bitmuster als reserviert anzusehen. Davon sind 511 (außer FFFFH) für Sonderwerte, Signalisierung, Kommandos usw. nutzbar.

Der Kommandozyklus

STROBE muß High werden, damit ein Kommando ausgeführt wird. Alle Einrichtungen antworten darauf, indem sie RDY zunächst auf Low ziehen (Bestätigung der Kommandoannahme). Sie halten RDY solange auf Low, bis sie mit ihrer Kommandoausführung fertig geworden sind (Bestztzustand). Danach geben sie RDY wieder frei. Sind alle Einrichtungen fertig geworden, wird RDY wieder High. Zur Datenübertragung werden beide Flanken der STROBE-Impulse genutzt. Die anderen Kommandos beziehen sich lediglich auf die Vorderflanke (von Low nach High).

Der auf die Vorderflanke bezogene Kommandozyklus

Die Einrichtungen warten auf die Vorderflanke (Low-High) von STROBE. Nach dem Erregen von STROBE schalten die Einrichtungen RDY auf Low. Das Kommandogerät wartet auf die High-Low-Flanke von RDY. Ist sie eingetroffen, schaltet es STROBE aus (High-Low) und wartet darauf, daß RDY wieder High wird (Zyklusende). Ist RDY High geworden, wertet das Kommandogerät die Signale ATN# und STOP# aus.

Der Datenübertragungszyklus

Die Einrichtungen warten auf die Vorderflanke (Low-High) von STROBE. Nach dem Erregen von STROBE schalten die Einrichtungen RDY auf Low. Das Kommandogerät wartet auf die High-Low-Flanke von RDY. Ist sie eingetroffen, wartet es und wartet darauf, daß RDY wieder High wird (Ende der Ausgabevorgänge). Ist RDY High geworden, schaltet das Kommandogerät STROBE aus. Die Einrichtungen warten darauf, daß STROBE Low wird. Wenn dies der Fall ist, schalten sie RDY wieder auf Low und beginnen mit den Eingabevorgängen. Das Kommandogerät wartet dann darauf, daß RDY wieder High wird (Ende der Eingabevorgänge). Ist RDY High geworden, wertet das Kommandogerät die Signale ATN# und STOP# aus.

Die STROBE-Auswertung in den Einrichtungen

Die Vorderflanke von STROBE (Low-High) wird in der Hardware erkannt, die Rückflanke (High-Low) wird programmseitig abfragt. Zur Flankenerkennung wird der Unterbrechungsmechanismus der Mikrocontroller als Fangschaltung ausgenutzt. Es wird aber keine Unterbrechung ausgelöst; das betreffende Merkflipflop wird lediglich programmseitig abgefragt.

Die RDY-Auswertung im Kommandogerät

RDY dient sowohl zum Bestätigen der Kommandoannahme als auch zum Anzeigen des Besetztzustands. Der Besetztzustand (RDY = Low) erscheint stets als ein Impuls, dessen Zeitversatz (gegenüber STROBE) und Dauer allein von den Einrichtungen bestimmt wird (interne Verzugszeiten, Dauer der Verarbeitungsvorgänge). Es ist kein vollständig verriegeltes (Fully Interlocked) Handshaking.

Der Normalbetrieb:

Die Vorderflanke von RDY (High-Low) wird in der Hardware erkannt, die Rückflanke (Low-High) wird programmseitig abfragt. Zur Flankenerkennung wird der Unterbrechungsmechanismus der Mikrocontroller als Fangschaltung ausgenutzt. Es wird aber keine Unterbrechung ausgelöst; das betreffende Merkflipflop wird lediglich programmseitig abgefragt.

Der Testbetrieb:

Im Normalbetrieb müssen die Einrichtungen funktionsfähig sein und RDY schalten. Sonst bleibt die Abfrageschleife im Kommandogerät hängen. Deshalb gibt es – vor allem zu Prüf- und Servicezwecken – eine weitere Betriebsart, in der die Flankenerkennungshardware nicht genutzt wird. Die Abfrageschleife im Kommandogerät läuft auch dann durch, wenn RDY nicht geschaltet wird, sondern auf High-Pegel bleibt. Die Abfrageschleife wird dann verlassen, wenn:

- 1) ein Low-Pegel auf RDY erkannt wird oder
- 2) eine Karenzzeit abgelaufen ist. Dann wird angenommen, daß der RDY-Impuls so schmal war, daß er beim Abfragen nicht erkannt werden konnte.

Betriebsartenauswahl:

Die Betriebsart wird beim Initialisieren der Maschine eingerichtet:

- a) Normalbetrieb: über Initialisierungszustand 1.
- b) Testbetrieb: über Initialisierungszustand 13.

Zeitkontrollen:

- a) Im Normalbetrieb: gemäß Kontrollwert RDY_EDGE_TIMEOUT.
- b) Im Testbetrieb: Karenzzeit RDY_WAIT_PERIOD.

Zeitkontrolle der Kommandoausführung (Besetztzustand):

RDY = Low kennzeichnet den Besetztzustand. Eine Einrichtung bleibt so lange besetzt, wie sie benötigt, um das jeweilige Kommando auszuführen. Die Zeitkontrollbefehle im Kommandogerät verbrauchen aber ihrerseits Laufzeit. Deshalb gibt es mehrere Zeitkontrollwerte:

1. Für Rechengänge (= Kommandos, die nur die Vorderflanke von STROBE nutzen):
 - a) RDY_WAIT_TIMEOUT1 für ein erstes Zeitintervall. Auflösung in 0,5 Mikrosekunden.
 - b) RDY_WAIT_TIMEOUT1A. um das Zeitintervall zu verlängern, nachdem RDY_WAIT_TIMEOUT1 abgelaufen ist. Das kann dann eintreffen, wenn das Kommando einen längeren Rechenablauf ausgelöst hat. Auflösung in 0,5 Millisekunden.

(Das Herunterzählen von RDY_WAIT_TIMEOUT1 erfordert weniger Zeit als das Herunterzählen von RDY_WAIT_TIMEOUT1A.)
2. Für Transportabläufe (= MOVE-Kommandos, die beide STROBE-Flanken nutzen): RDY_WAIT_TIMEOUT2-

Einstellungen der Zeitkontrolle:

| Signal | Auflösung | Einstellung | Zeit |
|--------------------|-------------|-------------|--------------|
| RDY_WAIT_PERIOD | 0,5 μ s | 20 | 10 μ s |
| RDY_EDGE_TIMEOUT | 0,5 μ s | 20 | 10 μ s |
| RDY_WAIT_TIMEOUT1 | 0,5 μ s | 2000 | 1000 μ s |
| RDY_WAIT_TIMEOUT1A | 0,5 ms | 2000 | 1000 ms |
| RDY_WAIT_TIMEOUT2 | 0,5 μ s | 20 | 10 μ s |

Das Interfacesignal STOP#

STOP# signalisiert das Ende eines Rechendurchlaufs, aber keine Bedienanforderungen. Die Nutzung ist kommando- und anwendungsspezifisch. STOP# schaltet, wenn eine Endebedingung erreicht ist, beispielsweise eine bestimmter Endwerte, oder wenn eine Wertebereich durchlaufen wurde. STOP# darf nur beim Ausführen eines Rechenkommandos (RUN) eingeschaltet werden. STOP# wird vom Kommandogerät behandelt. Das Kommandogerät fragt STOP# nur dann ab, wenn ein Rechenkommando (RUN) zu Ende ist. Die Einrichtungen müssen STOP# zu Beginn einer jeden Kommandoausführung freigeben.

Das Interfacesignal ATN#

ATN# signalisiert Bedienanforderungen, Fehlerbedingungen und Sonderbedingungen, wie beispielsweise Vergleichsstops. ATN# wird vom Bediengerät behandelt. Das Kommandogerät fragt ATN# am Ende einer jeden Kommandoausführung ab. Ist ATN# aktiv, so hält es die Kommandoschleife an und stellt eine Bedienanforderung. Das Bediengerät fragt die Ursache ab, behandelt diese und sendet Kommandos zu den Einrichtungen, um ATN# wieder freizugeben. Auf diese Weise wird Einrichtung für Einrichtung auf anhängige Anforderungen hin abgefragt und ggf. bedient.

STOP# und ATN# in den Einrichtungen

Die Programme der Kommandoausführung müssen diese Bedingungen erkennen. Vor der Verzweigung zum Kommandoende sind die betreffenden Anforderungsbits zu setzen (STOP_COND, ATN_COND) und die zugehörigen Anforderungscodes bereitzustellen.

Die Anforderungsschalter

Jede Einrichtung hat einen Anforderungsschalter (Tastfunktion). Er wird jeweils am Kommandoende abgefragt. Die Betätigung wird nur gespeichert. Kein Entprellen. Das Abfragen des Loslassens (einschließlich des Entprellens) wird über Kommando vom Bediengerät ausgelöst.

Das Interfacesignal SERVICE CHANNEL/FRAME#

Es ist für Zusatzfunktionen vorgesehen, u. a. zum Modifizieren der Kommandocodes, zum Beschleunigen von Übertragungs- und Umschaltvorgängen im Bedienbetrieb sowie als Dienstkanal, über den das Kommandogerät Daten gleichzeitig an alle Einrichtungen senden kann.

2. Kommandobeschreibung

IDLE

Ruhe. Am Interface läuft ein STROBE-RDY-Signalspiel ab. Die Einrichtungen fragen ihre Anforderungsschalter ab, bevor sie RDY wieder auf High schalten und so das Kommandoende anzeigen. Im Ruhezustand der Maschine wird das IDLE-Kommando zyklisch ausgeführt, um das Abfragen der Anforderungsschalter zu unterstützen.

PRIME

Daten bereitstellen. Die Einrichtungen stellen die aktuellen Ausgabedaten bereit, so daß sie in nachfolgenden MOVE-Kommandos ausgegeben werden können. Das Kommando ist vor allem dazu vorgesehen, die Weiterarbeit nach einem Bedieneingriff zu ermöglichen.

MOVE

Daten transportieren. In jedem STROBE-RDY-Signalspiel stellt jede Einrichtung mit der Vorderflanke von STROBE an jedem Ausgang ein Bit bereit und übernimmt mit jeder Rückflanke von STROBE ein Bit von jedem Eingang. Das Kommandogerät führt so viele MOVE-Kommandos hintereinander aus, wie nötig sind, um jeweils ein komplettes Maschinenwort zu übertragen. Erst dann wertet es das ATN-Signal aus.

RUN

Rechnen. Das STROBE-RDY-Signalspiel bewirkt, daß jede Einrichtung einen Rechenschritt ausführt. Vor dem Rechnen werden die Eingabedaten passend bereitgestellt, nach dem Rechnen die Ausgabedaten. Diese Abläufe sind einrichtungsspezifisch (beispielsweise werden Eingabedaten aus Registern in entsprechende Speicherbereiche transportiert). Nach dem Rechnen stellen die Einrichtungen die neu berechneten Ausgabedaten so bereit, daß sie in nachfolgenden MOVE-Kommandos ausgegeben werden können (wie Kommando PRIME). Eine Einrichtung gibt RDY erst dann frei (Kommandoende), nachdem sie die neu errechneten Ausgabedaten bereitgestellt und ggf. STOP# und ATN# aktiviert hat.

DEPOSIT_SRV_CH

Dienstkanal. Dateneingabe. Das Signal SERVICE CHANNEL/FRAME# dient als Datensignal. Mit jedem STROBE-RDY-Signalspiel übernehmen alle Einrichtungen ein Bit, das vom Kommandogerät geliefert wird. Die maximale Wortlänge ist implementierungsspezifisch. In der ersten Version sind es 32 Bits. Es müssen jeweils nur so viele Bits übertragen werden, wie für die jeweilige Dienstkanalfunktion erforderlich sind.

EXEC_SRV_CH

Dienstkanal. Kommando ausführen. Das STROBE-RDY-Signalspiel bewirkt, daß die Einrichtungen die eingelaufenen Dienstkanaldaten auswerten und entsprechend interpretieren. Einzelheiten sind implementierungsspezifisch. Dienstkanaldaten sind typischerweise Kommandocodes, Adressen, Parameter usw.

INITIATE

Rücksetzen. Das STROBE-RDY-Signalspiel bewirkt, daß jede Einrichtung für den Beginn des Rechenzyklus initialisiert wird. Die Einrichtungen stellen die anfänglichen Ausgabedaten so bereit, daß sie in nachfolgenden MOVE-Kommandos ausgegeben werden können (wie Kommando PRIME). Eine Einrichtung gibt RDY erst dann frei (Kommandoende), nachdem sie die Ausgabedaten bereitgestellt und ggf. ATN# aktiviert hat.

Unzulässige und nicht unterstützte Kommandos

Das STROBE-RDY-Signalspiel wird zu Ende geführt. Die Fehlerbedingung COMMAND CHECK wird gesetzt. Kommandoende wie IDLE.

3. Zustände und Zustandsübergänge im Kommandogerät

Der aktuelle Maschinenzustand bestimmt, wohin die Kommandoschleife (Hauptsteuerschleife, Main State Loop) verzweigt. Bei der Rückkehr aus dem Bedienzustand wird die Kommandoschleife jeweils von neuem ausgeführt. Demzufolge muß der Zustand passend eingestellt sein. Ggf. ist er vom Bediengerät einzustellen (Log-In-Kommando).

Zustand 0:

Eingeschaltet. Warten auf anfängliche Einstellung vom Bediengerät aus. Die Bedien-LED (ATN-LED) blinkt rot. Die Halt-Run-(HR-LED) blinkt rot. Warten auf serielle Anforderung vom Bediengerät.

Zustand 1:

Alles eingestellt. Die Flankenerkennung des RDY-Signals ist initialisiert. Die Halt-Run- (HR-LED) blinkt rot. Das Bediengerät hat die Rechenfunktion freigegeben, es läuft aber nichts (Ruhezustand). Es wird zyklisch ein IDLE-Kommando ausgeführt, damit die Einrichtungen ihre Anforderungsschalter auswerten können. Abfrage des Run/Halt-Schalters. Wenn RUN, dann entprellen und weiter mit Zustand 2. Sonst Zustand 1 beibehalten.

Zustand 2:

Der Beginn eines Rechendurchlaufs. Kommando INITIATE. Die HR-LED leuchtet grün. Weiter zum Zustand 3.

Zustand 3:

Den RHR-Schalter abfragen. Wenn Schalterstellung = RUN, dann weiter mit Zustand 4. Wenn nicht, dann Zustand 8.

Zustand 4:

Transportieren. Kommando MOVE. Es werde alle Bits gemäß Wortlänge übertragen.

Zustand 5:

Unterstützung des Einzelschrittbetriebs (Single Step). Wenn ja, dann eine Bedienanforderung. auslösen und warten. (Stopzustand – wie üblich – VOR dem Ausführen der jeweiligen Operation.) Das Bediengerät erzwingt später (zum Fortsetzen) entweder Zustand 6 oder Zustand 7. Wenn nein, dann weiter mit Zustand 6.

Zustand 6:

Einen Rechenschritt ausführen. Kommando RUN. Nach dem Rechenschritt wird über den weiteren Verlauf des Rechenzyklus entschieden.

Ist es der letzte Rechenschritt im Zyklus (STOP# oder Schrittzahl)?

- Wenn nein: weiter mit Zustand 3 (= Anfang des nächsten Rechenschritts).
- Wenn ja: ist es ein endloser Durchlauf?
 - Wenn ja, weiter mit Zustand 2 (erneute Initialisierung).
 - Wenn nein (= einmaliger Durchlauf), dann anhalten. Bedienanforderung stellen. Das Bediengerät erzwingt ggf. Zustand 2 (erneuter Durchlauf).

Das Ende des Rechenzyklus:

Es gibt drei Einstellungen. Sie sind im Parameter P1 codiert (CALCULATION MODE):

1. Signalisieren durch STOP#.
2. Zählen der Rechenschritte. Anzahl in Parameter P2 (CYCLE LIMIT).
3. Endloser Durchlauf.

Zustand 7:

Den Rechenablauf nach einer Bedienhandlung fortsetzen. Die aktuellen Ausgabedaten werden bereitgestellt. Kommando PRIME. Die HR-LED leuchtet grün. Weiter zum Zustand 3.

Zustand 8:

Den RHR-Schalter auswerten. Die Stellung RUN wurde verlassen. Entprellen. Die HR-LED leuchtet rot. Welche Stellung wurde erreicht? In Stellung = HALT nach Zustand 9. In Stellung RESET nach Zustand 10.

Zustand 9:

Der RHR-Schalter wurde von RUN nach HALT umgeschaltet. HALT-Zustand. Ausführung von IDLE-Kommandos, damit die Einrichtungen ihre Anforderungsschalter auswerten können. Weiteres Abfragen des RHR-Schalters. Ist die neue Stellung = RUN, dann entprellen und Zustand 7, um den Rechenablauf fortzusetzen. Ist die neue Stellung = RESET, dann entprellen und Zustand 10; die RHR-LED blinkt dann grün. Sonst Zustand 9 beibehalten.

Zustand 10:

Der RHR-Schalter wurde von HALT nach RESET umgeschaltet. Weiteres Abfragen des RHR-Schalters. Wird die Stellung verlassen, dann entprellen; die RHR-LED leuchtet dann rot. Ist die neue Stellung = RUN, dann Zustand 2 (neuer Anfang). Ist die neue Stellung = HALT, dann Zustand 11. Sonst Zustand 10 beibehalten.

Zustand 11:

Der RHR-Schalter wurde von RESET nach HALT umgeschaltet- HALT-Zustand. Ausführung von IDLE-Kommandos, damit die Einrichtungen ihre Anforderungsschalter auswerten können. Weiteres Abfragen des RHR-Schalters. Ist die neue Stellung = RUN, dann entprellen und Zustand 2 (neuer Anfang). Ist die neue Stellung = RESET, dann entprellen und Zustand 10; die RHR-LED blinkt dann grün. Sonst Zustand 11 beibehalten.

Zustand 12:

Den Rechenablauf nach einer Bedienhandlung im Einzelschrittbetrieb fortsetzen. Die aktuellen Ausgabedaten werden bereitgestellt. Kommando PRIME. Danach wird der Datentransport ausgeführt. Kommando MOVE. Dann rechnen (Zustand 6). Zustand 12 ist ein Hilfszustand, der nur vom Bediengerät eingestellt wird. Der Zweck: beim Fortsetzen im Einzelschrittbetrieb darf der Einzelschrittbetrieb nach dem Transportieren nicht nochmals abgefragt werden. Deshalb ist die Zustandsfolge 4 – 5 – 6 hier nicht nutzbar. Statt dessen Zustandsfolge 12 – 6.

Zustand 13:

Initialisierung ohne Flankenerkennung. Die Vorderflanke (High-Low) des RDY-Signals wird ausschließlich programmseitig abgefragt; die Flankenerkennung wird nicht genutzt. Ansonsten wie Zustand 1. Zustand 13 ist ein Hilfszustand, der nur vom Bediengerät eingestellt wird. Der Zweck: Initialisierung zu Prüf- und Fehlersuchzwecken für den Fall, daß die Maschine in einem normalen STROBE-RDY-Signalspiel hängenbleibt.

Die allgemeine Abfrage in der Kommandoschleife:

1. ATN#-Signal.
2. Externe Bedienanforderung.
3. Anforderungsschalter des Kommandogeräts.

4. Register im Kommandogerät

EVENTS

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|------------------|----------------|---|---|---------------|---------|------------|-----------|
| EXTERNAL REQUEST | INTERNAL REPLY | | | MACHINE CHECK | DVC ATN | MC REQUEST | MC SWITCH |

- MC SW: Schalter betätigt (Schalteranforderung).
- MC REQUEST: Bedienanforderung vom Kommandogerät. Die genaue Ursache steht im Byte REQUEST CODE.
- DVC ATN: ATN-Anforderung von den Einrichtungen.
- MACHINE CHECK. Fehlerbedingung. Näheres in den Fehlerregistern OPCOM CHECKS, INTERNAL CHECKS und ERROR CODE.
- INTERNAL REPLY: Vom ausgewählten Slave ist eine Antwort eingetroffen. Das aktuelle Kommando weiter bearbeiten bzw. zu Ende bringen.
- EXTERNAL REQUEST: Über das externe Bedieninterface wurde ein Kommando übertragen. Ausführen.

REQUEST CODE

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |

FFH = Anfangszustand (Initialisierung erforderlich).

USART CHECKS

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|-------------|------------------------|------------------|---|---|------------------------|------------------|
| | REPLY CHECK | INTERNAL FRAMING ERROR | INTERNAL OVERRUN | | | EXTERNAL FRAMING ERROR | EXTERNAL OVERRUN |

Bits 1, 0: Fehler am externen Bedieninterface.

Bits 6, 5, 4: Fehler am internen Bedieninterface.

- **OVERRUN:** neues Byte empfangen, aber das vorherige noch nicht abgeholt (Fehlermeldung vom USART).
- **FRAMING ERROR:** falsches Stopbit (Fehlermeldung vom USART).
- **REPLY CHECK:** In der Antwort des Slaves ist ein USART-Fehler aufgetreten.

SERIAL CHECKS

| | | | | | | | |
|---|----------|------------|-----------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | CR CHECK | DATA CHECK | CMD CHECK | BUFFER EMPTY | BUFFER FULL | BUFFER EMPTY | BUFFER FULL |

Bits 1, 0: Fehler am externen Bedieninterface.

Bits 5, 4: Fehler am internen Bedieninterface.

- **BUFFER FULL:** CR-Kommando und serieller Puffer voll (Überlauf).
- **BUFFER EMPTY:** CR-Kommando und serieller Puffer leer.
- **CMD CHECK:** inkorrekt (primärer) Kommandocode (Kommandos mit CR).
- **DATA_CHECK:** inkorrekt (Füllstand des seriellen Puffers (zu viele oder zu wenige Zeichen).
- **CR CHECK:** Fehler beim Ausführen eines CR-Kommandos (falsche Codes, falsche Werte usw.).

INTERNAL CHECKS

| | | | | | | | |
|-------------|------------|---|---|-------------|-----------------------|---|---------------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| LIMIT CHECK | ADRS CHECK | | | RDY TIMEOUT | COMMAND TIMEOUT CHECK | | SPURIOUS ITRP |

- **SPURIOUS ITRP:** Unerwartete Unterbrechung.
- **RDY Timeout:** Zeitkontrollfehler am Kommandointerface.
- **ADRS CHECK:** Adressierungsfehler beim Schreiben oder Lesen.
- **LIMIT CHECK:** Bereichsüberschreitung beim Schreiben.

ERROR CODE

| | | | | | | | |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| ERROR CODE | | | | | | | |

COMMON STATS

| | | | | | | | |
|--------------|---|------------------------|----------------|---|----------------|------------|---------------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| SERVICE MODE | | ENABLE RDY EDGE DETECT | DIRECT CONTROL | | CHARACTER MODE | DATA WRITE | BYTEBUFF FULL |

- **BYTEBUFF FULL:** Der Bytepuffer zur Wandlung der einlaufenden Daten ist mit einem Hexadezimalzeichen gefüllt.
- **DATA WRITE:** die einlaufenden Daten werden ins Binäre gewandelt und nicht in den seriellen Puffer, sondern direkt in den Speicher geschrieben.
- **CHARACTER MODE:** direkte Datenzugriffe (nicht hexadazimal).
- **DIRECT CONTROL:** Direktsteuerung. Das Kommandogerät wertet nur DC1 und CD4 selbst aus. Alle anderen Zeichen werden zum internen Bedieninterface weitergeleitet.

- **ENABLE RDY EDGE DETECT:** Die Flankenerkennung des RDY-Signals wird aktiviert. Das ist die normale Betriebsweise. Sie muß nach dem Rücksetzen vom Bediengerät aktiviert werden. Ist das Bit nicht gesetzt, wird das RDY-Signal nach Ablauf einer Karenzzeit statisch abgefragt (keine Flankenerkennung). Sonderbetriebsart zu Diagnosezwecken usw.
- **SERVICE MODE:** Die Einrichtung läuft in der Serviceschleife.

LED STATE

| | | | | | | | |
|--------------|---------------|----------------|--------------|---------|---------------|----------------|--------------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | FAST BLINK | GREEN BLINK | RED BLINK | | FAST BLINK | GREEN BLINK | RED BLINK |
| RUN/HALT LED | | | | ATN LED | | | |

Steuerbytes und Zählwerte im Kommandogerät:

| Bezeichnung | Offset | Bytes | Inhalt |
|-----------------------|--------|-------|---|
| EVENTS | 0 | 1 | Ereignisse |
| REQUEST CODE | 1 | 1 | Die aktuelle externe Anforderung an das Bediengerät (binär codiert) |
| USART CHECKS | 2 | 1 | Fehlerbits der seriellen Schnittstellen |
| SERIAL CHECKS | 3 | 1 | Fehlerbits der seriellen Kommandoausführung |
| INTERNAL CHECKS | 4 | 1 | Interne Fehlerbis |
| ERROR CODE | 5 | 1 | Näheres zur Fehlerursache (binär codiert) |
| COMMON STATS | 6 | 1 | Interne Zustandsbits |
| MACHINE STATE | 7 | 1 | Der Maschinenzustand der Kommandoschleife |
| EXTERNAL COMMAND CODE | 8 | 1 | Das aktuelle externe Kommando vom Bediengerät |
| SLAVE REPLY | 9 | 1 | Die aktuelle Antwort vom Slave |
| DEVICE ADRS | 10 | 1 | Die aktuelle Slaveadresse |
| SERBUFF SAVED | 11 | 1 | Rettung SERBUFFCOUNT (zwecks Fehleranalyse) |
| SLAVEBUFF SAVED | 12 | 1 | Rettung SLAVEBUFFCOUNT (zwecks Fehleranalyse) |
| SERBUFFCOUNT | 13 | 1 | Füllstand des seriellen Puffers |
| SLAVEBUFFCOUNT | 14 | 1 | Füllstand des seriellen Slave-Puffers |
| LEDSTATE | 15 | 1 | Die Zustände der programmseitig angesteuerten LEDs |
| LEDCOUNT ATN | 16 | 2 | Blinkzeitähler der Anforderungs-LED |
| LEDCOUNT HR | 18 | 2 | Blinkzeitähler der Halt-Run-LED |
| BYTEBUFF | 20 | 1 | Puffer für das erste Hexadezimalzeichen beim direkten Schreiben |
| POINTER | 21 | 2 | Adreßzeiger beim Schreiben und Lesen |
| BYTECOUNT | 23 | 2 | Bytezähler beim Schreiben und Lesen |
| MAXLENGTH | 25 | 2 | Bereichslänge beim Schreiben und Lesen |

Parameter im Kommandogerät:

| Parameter | Bezeichnung | Inhalt |
|-----------|------------------|-----------------------------|
| P0 | CALCULATION MODE | Steuerung des Rechenablaufs |
| P1 | CYCLE LIMIT | Anzahl der Rechenschritte |
| P2 | LOOP LIMIT | Anzahl der Rechendurchläufe |
| P3 | | |
| P4 | | |
| P5 | | |
| P6 | | |
| P7 | | |
| P8 | | |
| P9 | | |
| PA | | |
| PB | | |
| PC | | |
| PD | | |
| PE | | |
| PF | | |

CALCULATION MODE

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-------|------|---|---|---|------|--------------|-------------|
| COUNT | STOP | | | | LOOP | SINGLE CYCLE | SINGLE STEP |

- SINGLE STEP: Nach jedem Rechenschritt anhalten.
- SINGLE CYCLE: Nach jedem Rechendurchlauf anhalten.
- LOOP: nach einer vorgegebenen Anzahl von Rechendurchläufen anhalten (Parameter P2 (LOOP LIMIT)).
- STOP: Das STOP#-Signal von den Einrichtungen bestimmt das Ende des Rechendurchlaufs.
- COUNT: Das Ende des Rechendurchlaufs wird durch Zählen der Rechenzyklen bestimmt. Endwert = Variable CYCLE_LIMIT.

Ist weder STOP noch COUNT noch LOOP gesetzt, ergibt sich eine endlose Folge von Rechendurchläufen. STOP# wird ignoriert, nur ATN# wird beachtet.

Variable im Kommandogerät:

| Variable | Bezeichnung | Inhalt |
|----------|-------------|---|
| V0 | CYCLE COUNT | der aktuelle Rechenschritt (Zählwert) |
| V1 | LOOP COUNT | der aktuelle Rechendurchlauf (Zählwert) |
| V2 | | |
| V3 | | |
| V4 | | |
| V5 | | |
| V6 | | |
| V7 | | |
| V8 | | |
| V9 | | |
| VA | | |
| VB | | |
| VC | | |
| VD | | |
| VE | | |
| VF | | |

Anforderungscodes:

| REQUEST CODE | Ursache |
|--------------|--|
| 00H | – |
| 01H | Einzelzyklusbetrieb. Rechenzyklus abgelaufen |
| 02H | Einzelschritt ausgeführt |
| 03H | Die vorgegebene Anzahl an Rechendurchläufen ausgeführt |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| FFH | Anfangszustand (Initialisierung erforderlich) |

Anhang

Programmierhinweise zur Flankenerkennung:

ATmega 1284 Interrupts

EICRA

| | | | | | | | |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | | ISC21 | ISC20 | ISC11 | ISC10 | ISC01 | ISC00 |

- Einrichtungen mit 1284: STROBE mit Flanke Low => High. Also ISCx1, 0 = 11B
- Kommandogerät: RDY mit Flanke High => Low. RDY = INT2. Also ISC21, 20 = 10B

EIFR

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|-------|-------|-------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | | | | | INTF2 | INTF1 | INTF0 |

| Einrichtung | STROBE | SVCH_FRAME#* |
|--------------------------------|--------|----------------|
| Ausgabewandler, Hauptprozessor | INT2 | Pin Change PB1 |
| Ausgabewandler, Hilfsprozessor | INT0 | INT1 |
| Eingabewandler, Hauptprozessor | INT2 | Pin Change PB1 |
| Eingabewandler, Hilfsprozessor | INT0 | INT1 |
| Funktionsgenerator | INT0 | INT1 |

*: Wird in der ersten Version nicht unterstützt.

EIMSK

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|-------|-------|-------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | | | | | INTF2 | INTF1 | INTF0 |

Interrupts STROBE, RDY sind maskiert. Es wird nur die Flankenerkennung ausgenutzt.

ATmega 16 Interrupts

Rechengert:

- STROBE = INT0
- SVCH/FRAME# = INT1

MCUCR

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|-------|-------|-------|-------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | | | | ISC11 | ISC10 | ISC01 | ISC00 |

MCUCSR

| | | | | | | | |
|---|------|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | ISC2 | | | | | | |

GCIR

| | | | | | | | |
|------|------|------|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| INT1 | INT0 | INT2 | | | | | |

GFIR

| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| INTF1 | INTF0 | INTF2 | | | | | |

Initialisierung:

- EICRA auf Low-High-Flanke.
- EIMSK auf 0. Keinen Interrupt auslösen.
- Nur als Fangschaltung ausnutzen.
- EIFR abfragen. Wenn erledigt, löschen durch Schreiben einer Eins.

Die Zweifarben-LEDs des Kommandogerätes und der Einrichtungen:

Interruptbetrieb über Counter/Timer.

| | |
|------------------------------|---|
| Aus: | Nach dem Rücksetzen. |
| Rot: | Initialisierung. Kommandoausführung (Rechnen oder Dienstkanal). |
| Grün: | Betriebsbereit. Ruhezustand. Kein Rechnen |
| Rot blinkend: | Anforderung anhängig (ATN) |
| Grün blinkend: | Anforderung wird bearbeitet (Bedienfunktion wird ausgeführt) |
| Rot-Grün blinkend (schnell): | Fehlerzustand. |

Die zusätzliche Zweifarben-LED Run/Halt des Kommandogeräts:

| | |
|------------------------------|--|
| Aus: | Nach dem Rücksetzen. |
| Rot: | Initialisierung. Ruhezustand. |
| Grün: | Laufzustand. |
| Rot blinkend: | Anforderung anhängig (ATN) |
| Grün blinkend: | Anforderung wird bearbeitet (Bedienfunktion wird ausgeführt) |
| Rot-Grün blinkend (schnell): | Fehlerzustand. |

Programmierhinweise Counter/Timer:

- Prescaler 1024 ergibt Periode 15 μ s. Zähler 8 Bits ergibt Periode 3,84 ms.
- Prescaler 64 ergibt Periode 4 μ s. Zählen modulo 250 ergibt Periode 1 ms.
- TCCR0B: Force output compare A

- TIMSK0 OCEI0A: Normaler Betrieb ohne Ausgangspin. CTC-Betrieb (Mode 2)
- Ein Interrupt alle ms, dann mit Software weiterzählen.
- Nicht blinken: Zählerinterrupt aus, Counter/Timer aus.

Programmierhinweise Datentransport (MOVE-Kommando):

- Wir brauchen max. 20 Register (Rechengerät; 8 Eingänge und 2 Ausgänge).
- Register 0 bis 20 außer r16. r16 = temp nicht nehmen, so daß auch die Makros nutzbar sind
- Der Servicekanal nimmt sich die Register 2 bis 5.

Programmierhinweise für das Kommandogerät:

Wie sind aus der Kommandoschleife heraus Anforderungen ans Bediengerät zu stellen?

1. Wenn erforderlich, Eintragen eines Anforderungscodes ins Register REQUEST_CODE.
2. Setzen des zugehörigen Anforderungsbits im Register EVENTS.
3. Verzweigen zur externen Bedienschleife EXTERNAL_SERVICE_LOOP.

Die Rückkehr erfolgt ggf. mittels eines externen Kommandos. Das Bediengerät stellt den jeweiligen anfänglichen Maschinenzustand im Register MACHINE_STATE ein (Log-In-Kommando) und veranlaßt dann ein Verzweigen zur Kommandoschleife.

Programmierhinweise für die Einrichtungen:*Kommandoschleife und Serviceschleife (Bedienschleife)*

Nach dem Hardwarerücksetzen läuft die Einrichtung in Zustand 0 der Kommandoschleife. Die eigentliche Inbetriebsetzung muß vom Bediengerät vorgenommen werden. Das Umschalten zwischen beiden Schleifen erfolgt jeweils hart mittels Bedienkommandos, die im Unterbrechungszustand ausgeführt werden, oder durch entsprechendes Verzweigen aus der Kommandoschleife heraus. Die Kommandoschleife wird nur im Ruhezustand unterbrochen, nicht aber während eines STROBE-RDY-Signalspiels. Das Kommandogerät spricht das Bedieninterface nur an, wenn es sich selbst im Bedienzustand befindet.

Bedingungssignalisierung in der Kommandoschleife

Die Einrichtung kann die Signale ATN# und STOP# aktivieren (auf Low schalten).

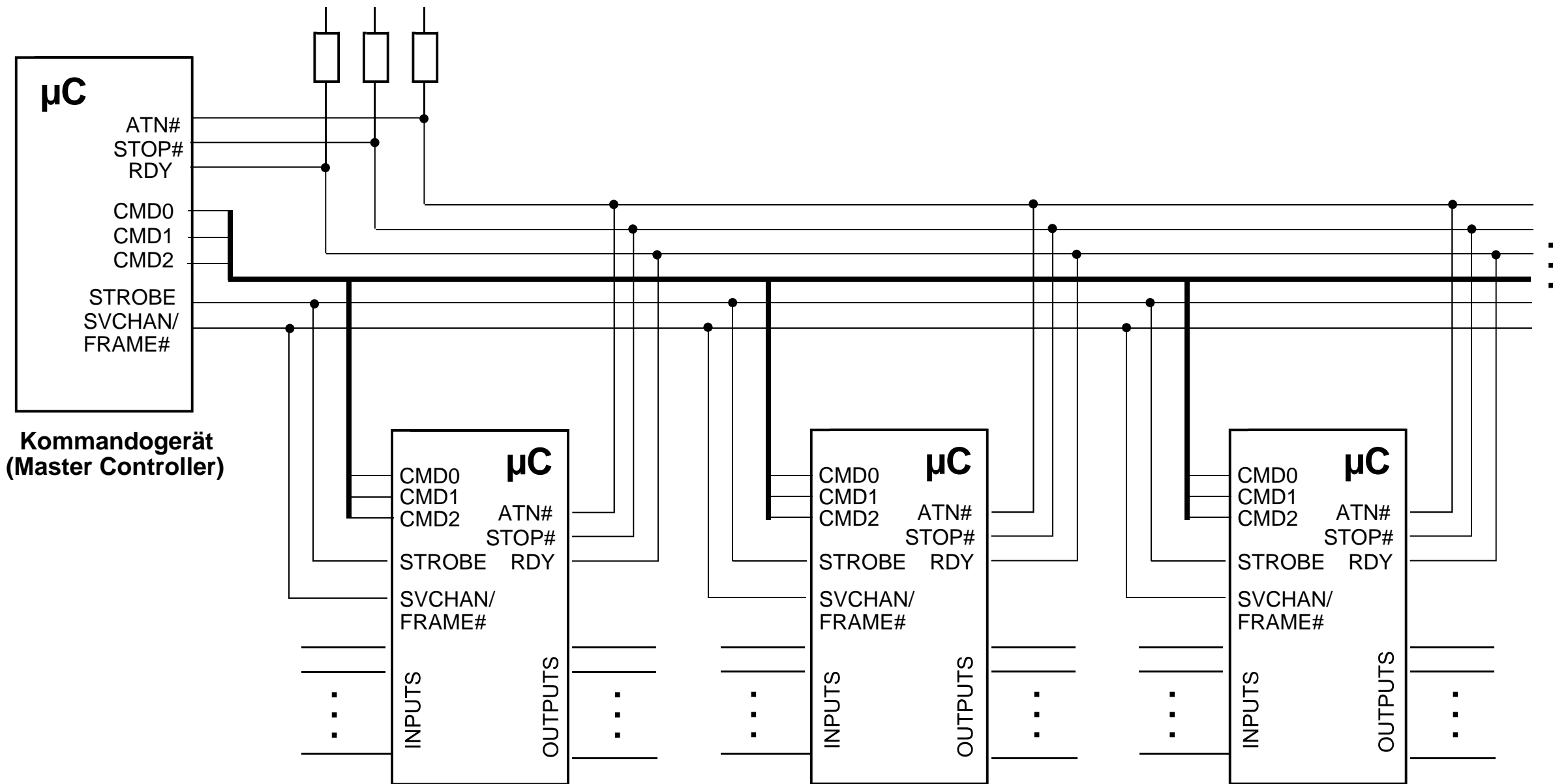
STOP# dient ausschließlich dazu, das Ende des Rechenzyklus anzuzeigen. Es darf nur in RUN-Kommandos aktiviert werden.

ATN# wird aktiviert, wenn der Anforderungsschalter betätigt wird oder wenn eine entsprechende interne Bedingung auftritt (z. B. Vergleichsstop).

Die Ursachen der Bedingungsauflösung sind im Ereignisregister (EVENTS) zu vermerken:

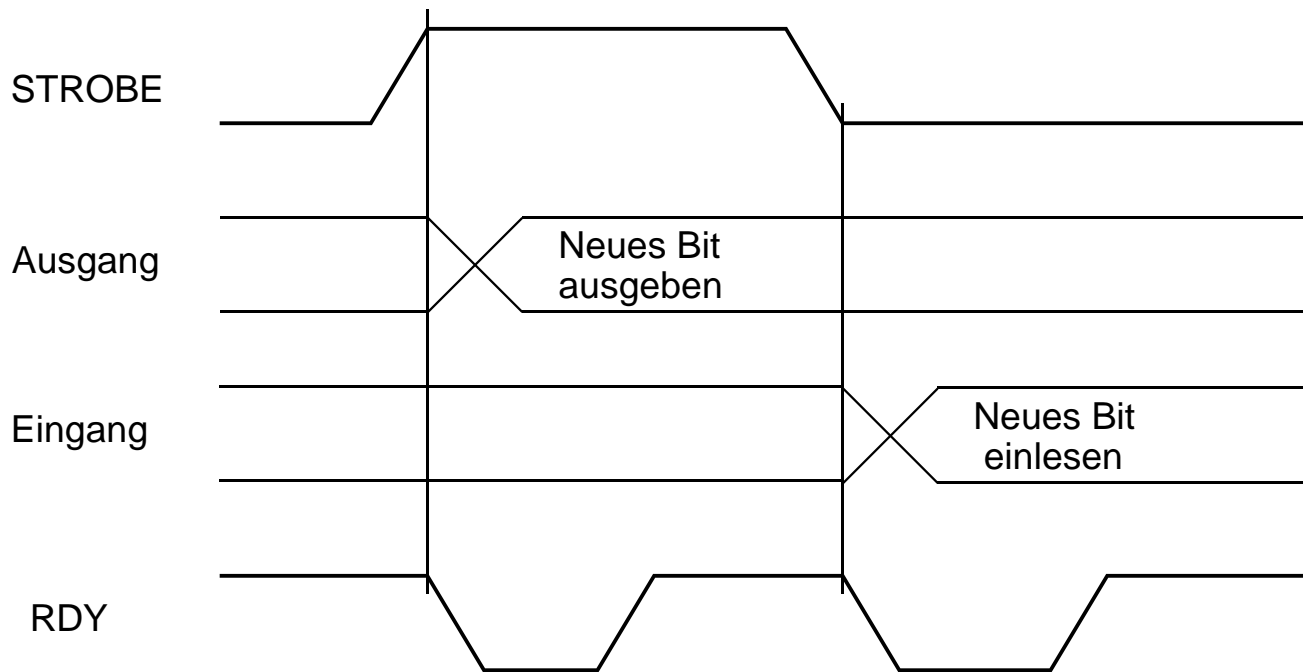
- STOP (STOP COND),
- ATN wegen einer internen Bedingung ATN COND),
- ATN wegen Schalterbetätigung (ATN SWITCH).

Für STOP- und ATN-Bedingungen gibt es jeweils ein zusätzliches Register, das mit einem Bedingungscode zu laden ist (STOP CODE, ATN CODE). Weitere Angaben, wie beispielsweise Logout-Bereiche, können anwendungsspezifisch vorgesehen werden. Die Abfrage der Bedingungsbits, Codes und ggf. zusätzlichen Angaben ist Sache des Bediengeräts.



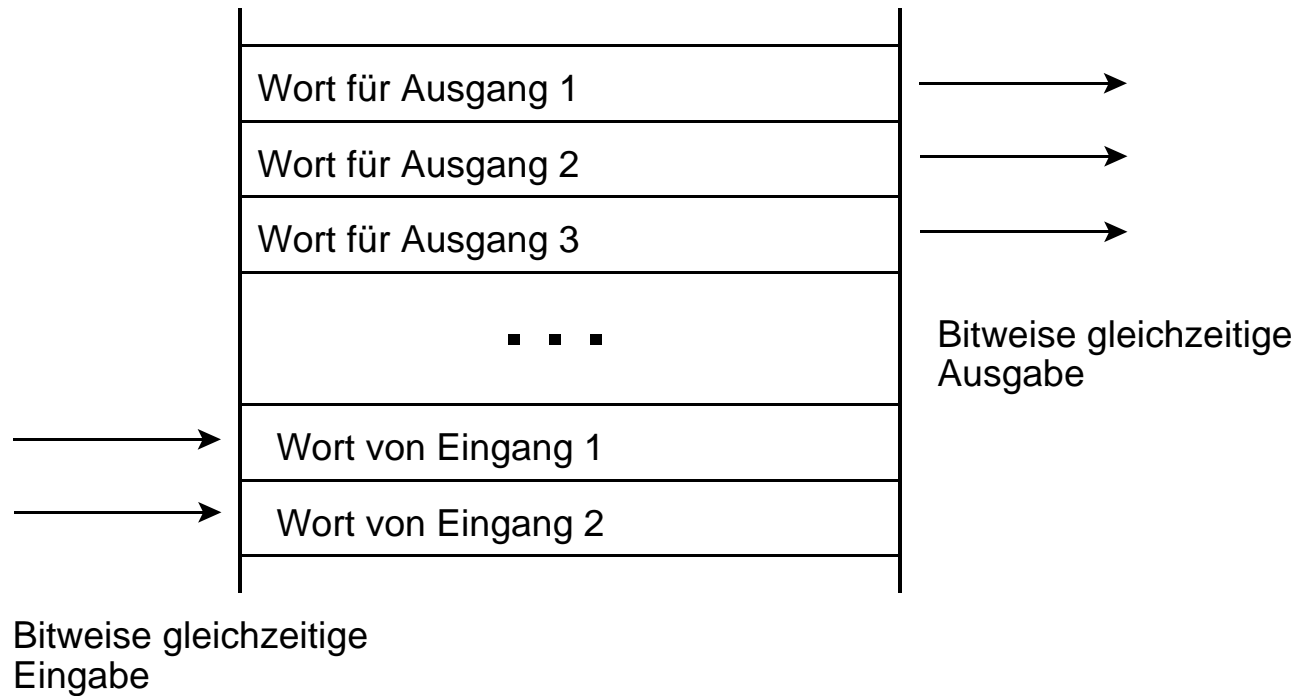
-- Einrichtungen --
(Devices / Slaves)

**ATmega Analogrechner
Kommandointerface**
Stand: 1.4 vom 23. 1. 15

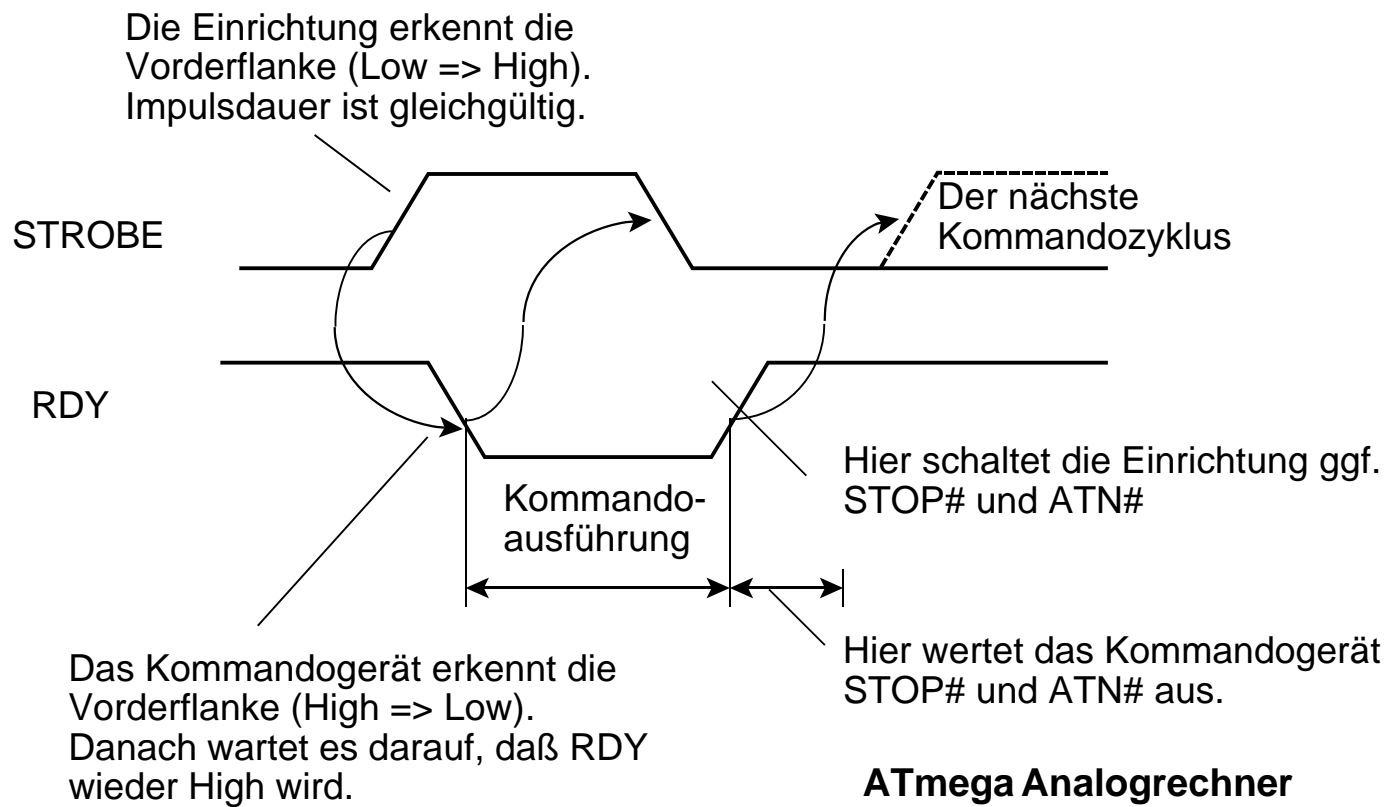


ATmega Analogrechner
Der Datenübertragungszyklus
Stand: 1.4 vom 23. 2. 15

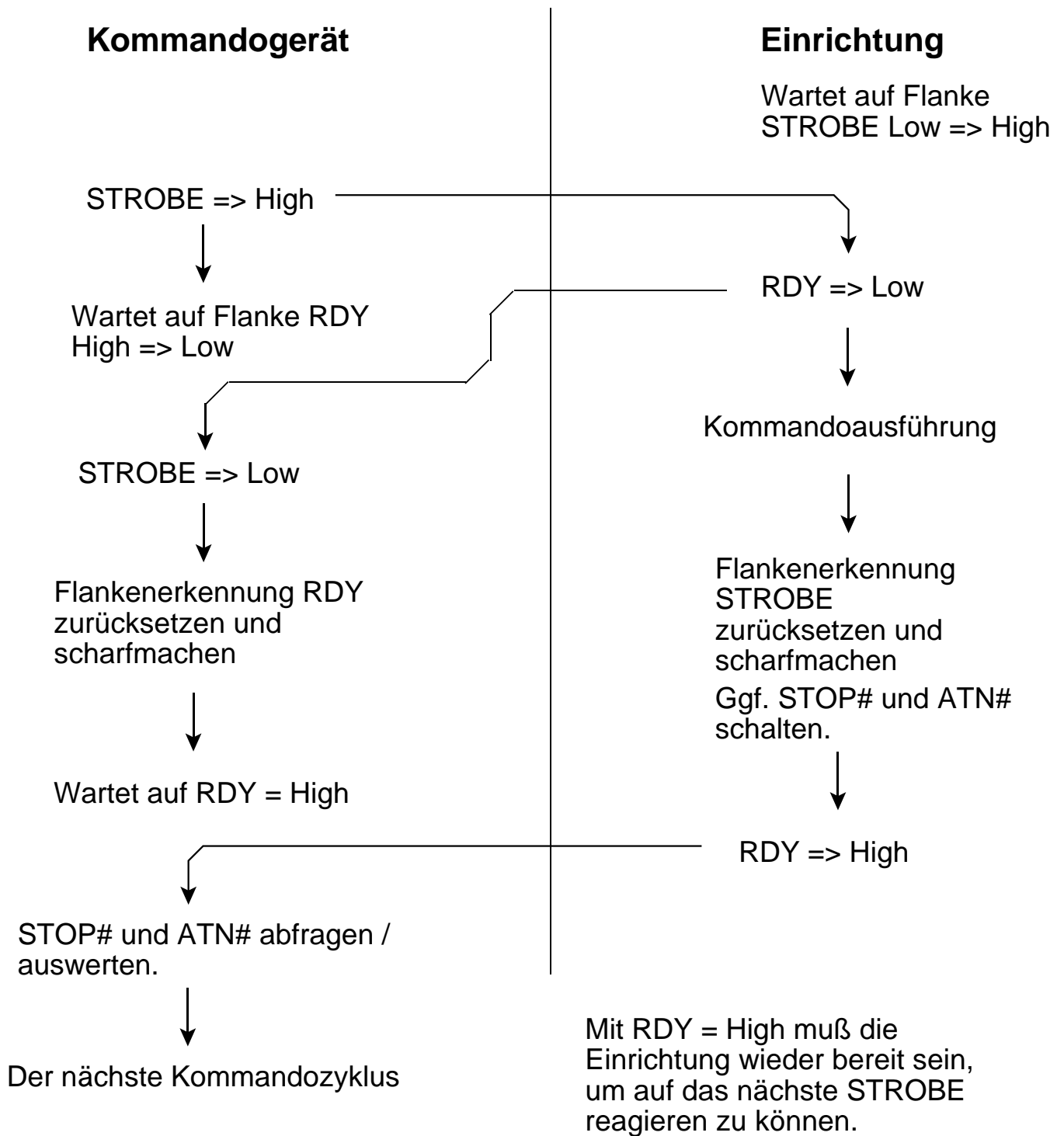
Maschinenwörter im Speicher:



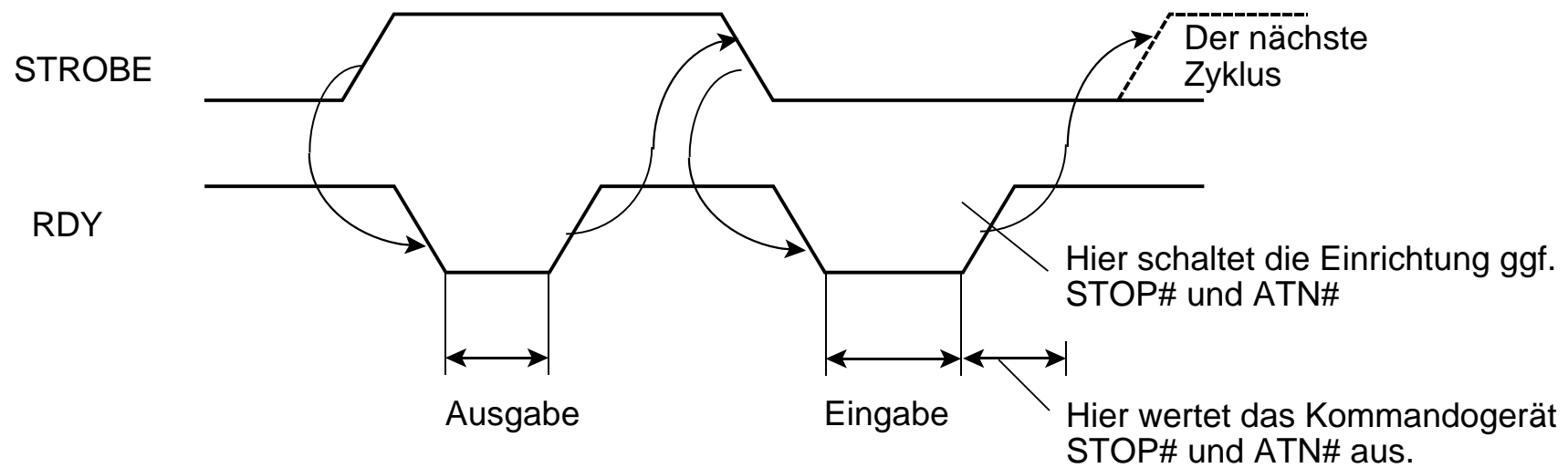
ATmega Analogrechner
Die Datenübertragung aus
Sicht der Einrichtungen
Stand: 1.4 vom 23. 2. 15



ATmega Analogrechner
Der Kommandozyklus
 Stand: 1.4 vom 23. 2. 15



ATmega Analogrechner
Ein Kommandozyklus
 Stand: 1.4 vom 23. 2. 15



ATmega Analogrechner
Der Datenübertragungszyklus
Signalspiele
 Stand: 1.4 vom 23. 2. 15

Kommandogerät

Einrichtung

Wartet auf Flanke
STROBE Low=> High

STROBE => High

Wartet auf Flanke RDY
High => Low

Flankenerkennung RDY
zurücksetzen und
scharfmachen

Wartet auf RDY = High

STROBE => Low

Wartet auf Flanke RDY
High => Low

Flankenerkennung RDY
zurücksetzen und
scharfmachen

Wartet auf RDY = High

Ende des
Datenübertragungszyklus

RDY => Low

Datenausgabe

RDY => High

Wartet auf STROBE = Low

RDY => Low

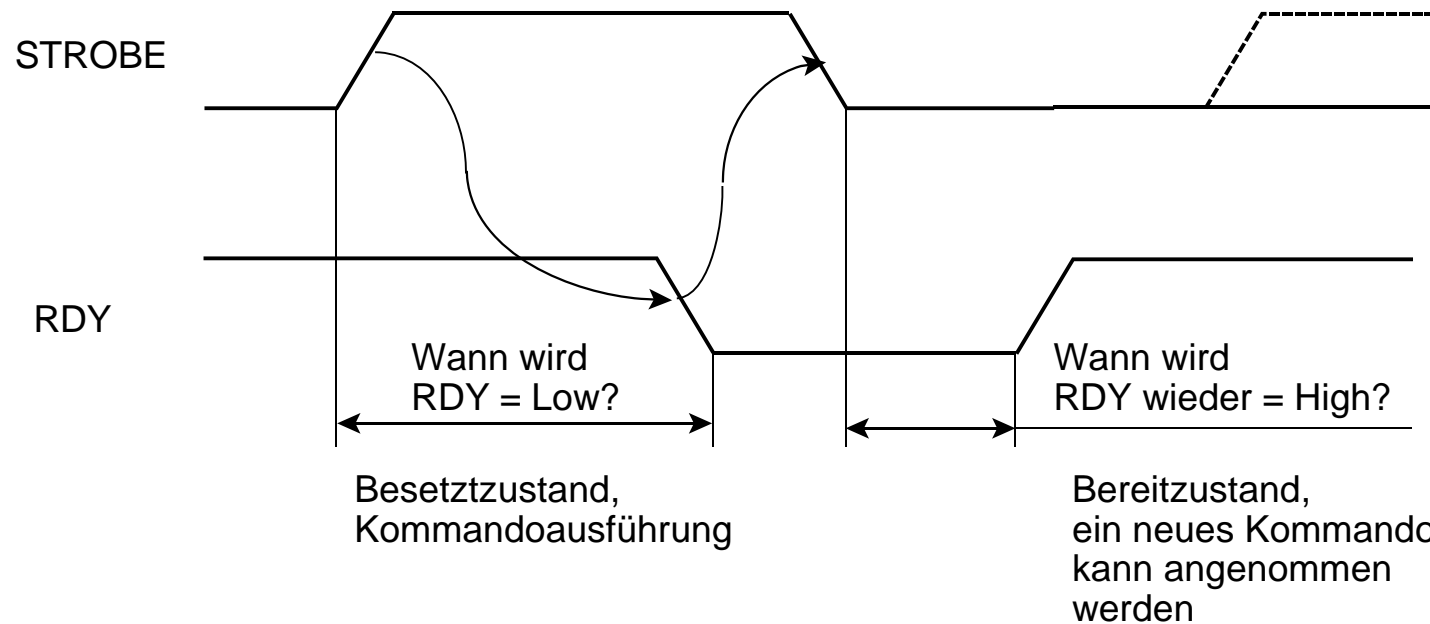
Dateneingabe

Flankenerkennung
STROBE
zurücksetzen und
scharfmachen

RDY => High

Mit RDY = High muß die
Einrichtung wieder bereit sein,
um auf das nächste STROBE
reagieren zu können.

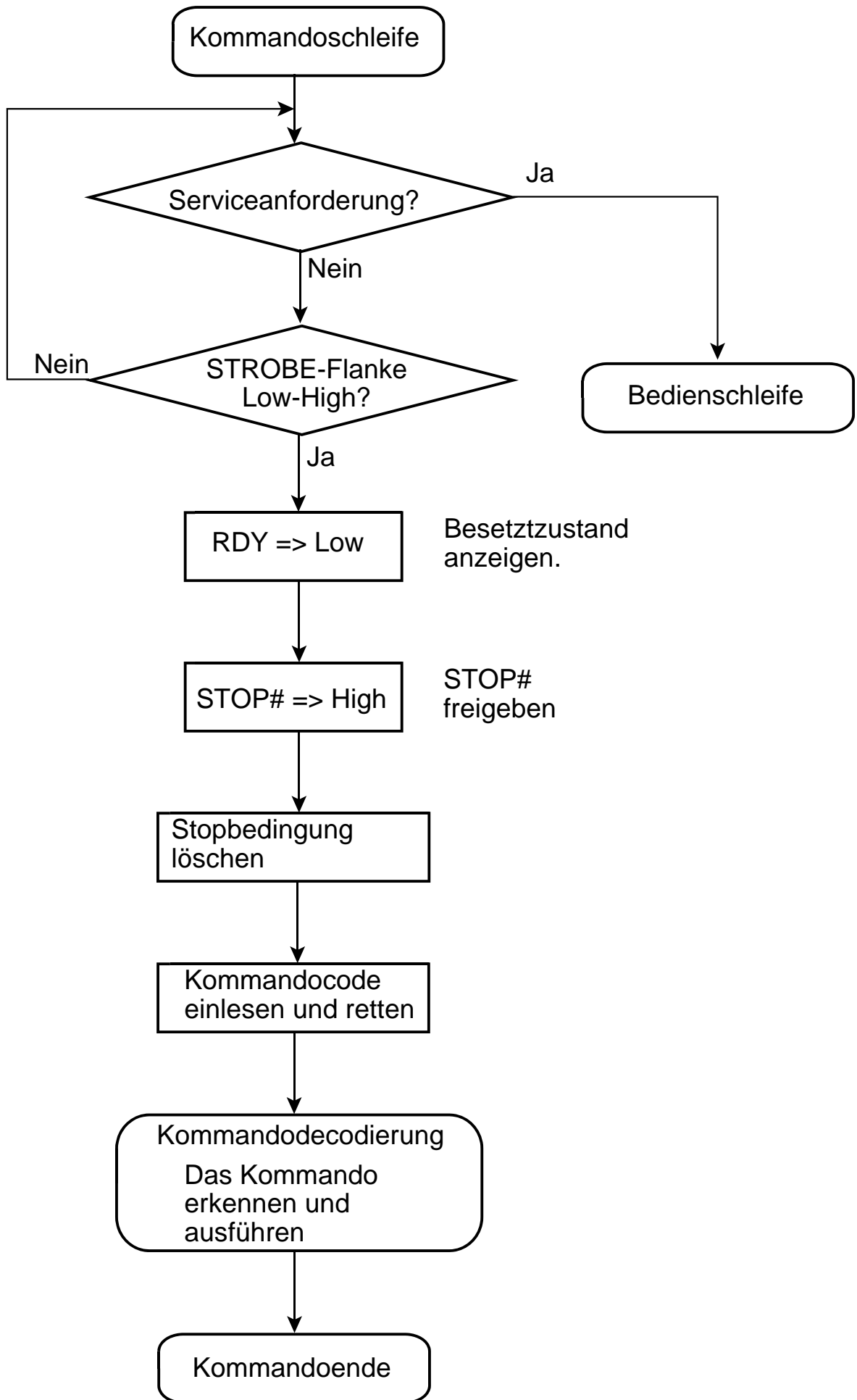
ATmega Analogrechner
Ein Datenübertragungszyklus
Stand: 1.4 vom 23. 2. 15

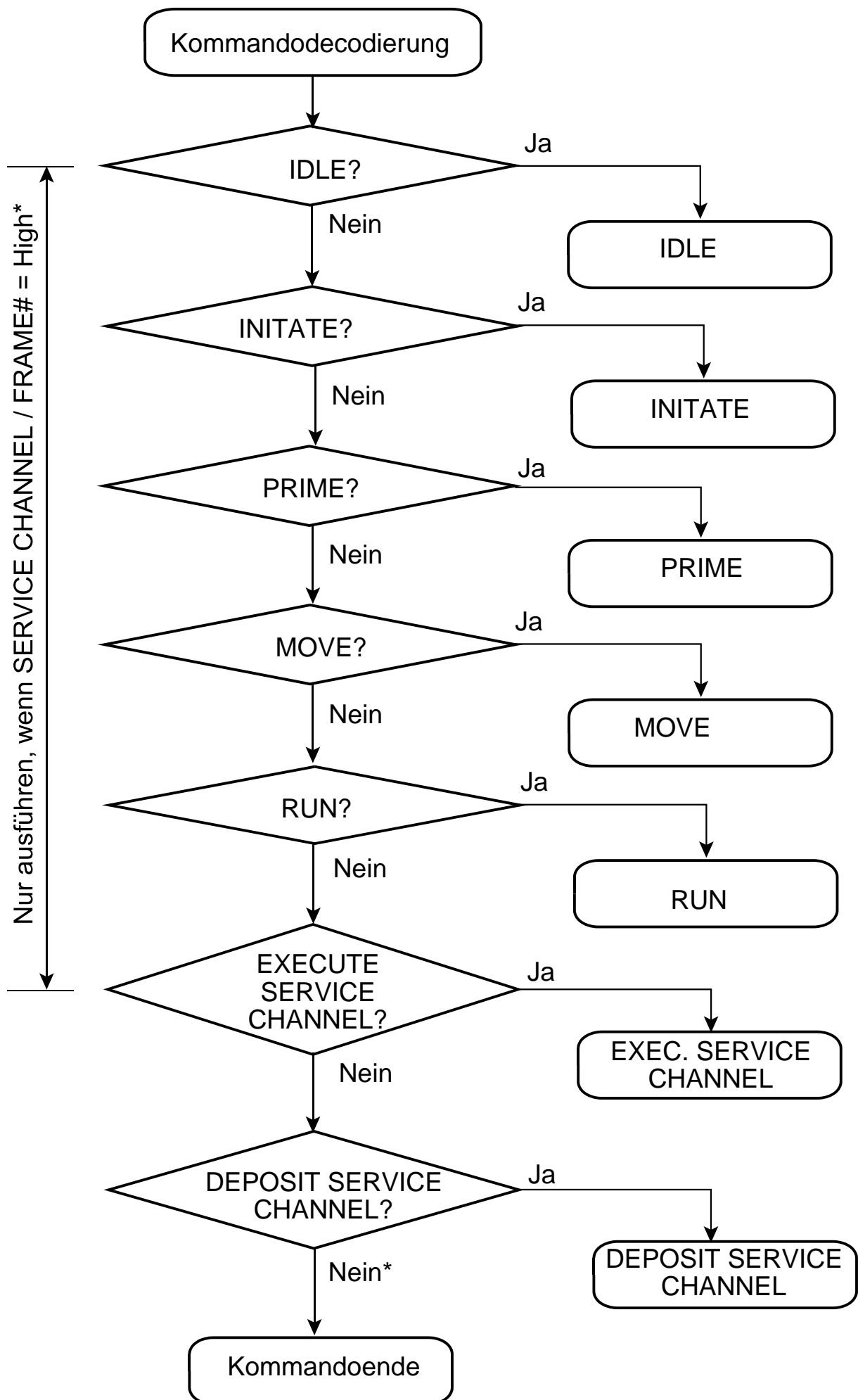


- a) Flankenerkennung in der Hardware.*
Normalbetrieb. Funktioniert nur,
wenn die Einrichtungen antworten
- b) Abfrage.
Vor allem zu Prüf- und Servicezwecken.
Bleibt auch dann nicht hängen, wenn die
Einrichtungen nicht antworten

*: Hierzu wird der Interruptmechanismus des
Atmel ATmega ausgenutzt.

ATmega Analogrechner
Der Kommandozyklus
Die RDY-Auswertung im
Kommandogerät
 Stand: 1.4 vom 23. 2. 15

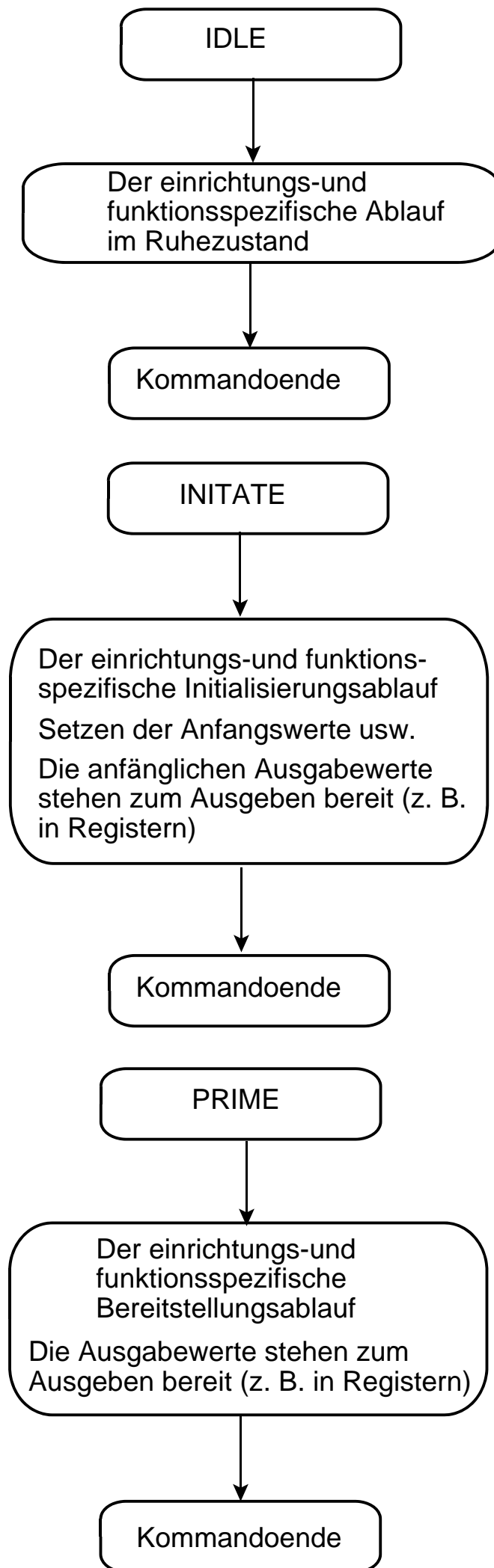


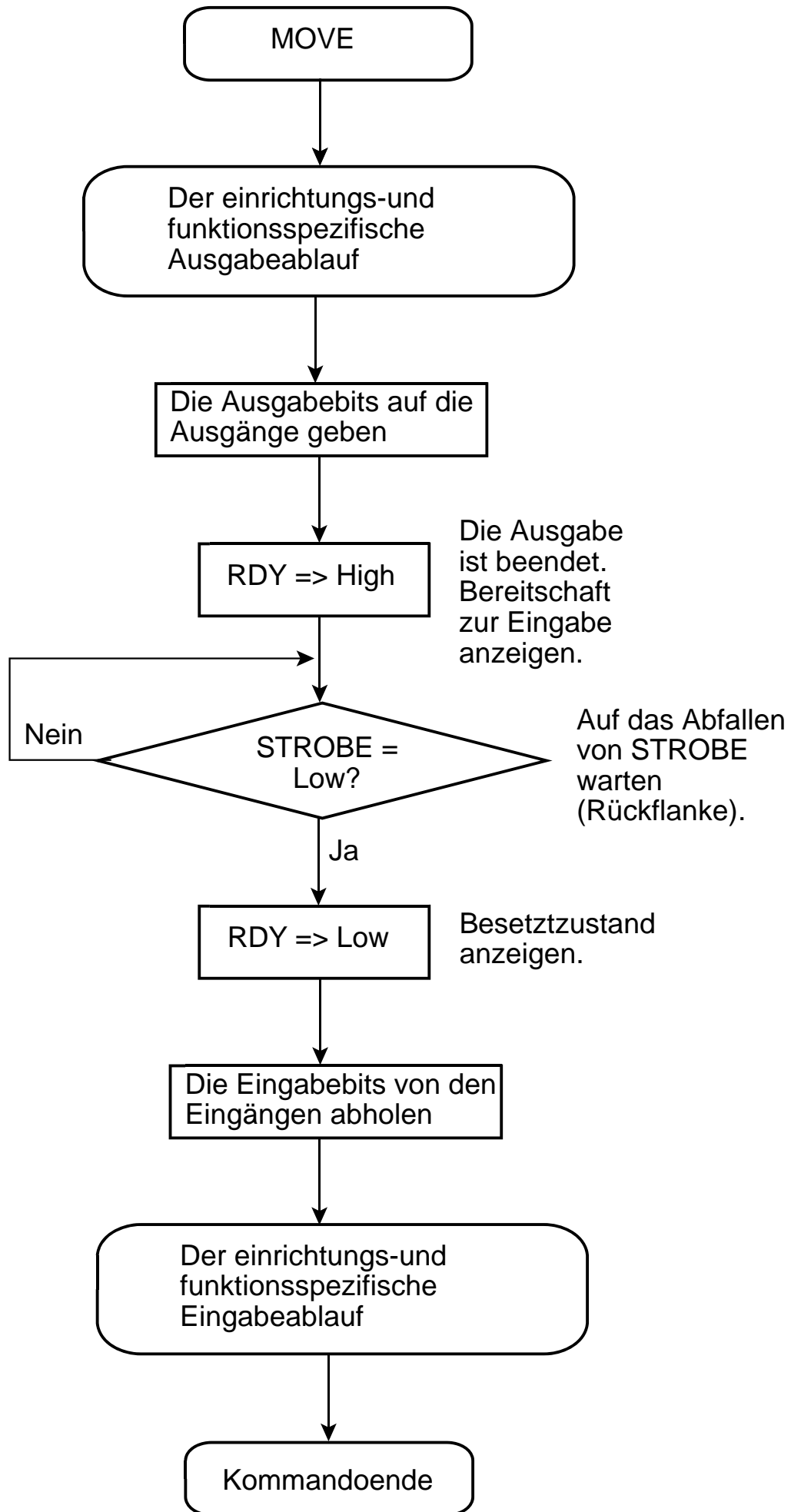


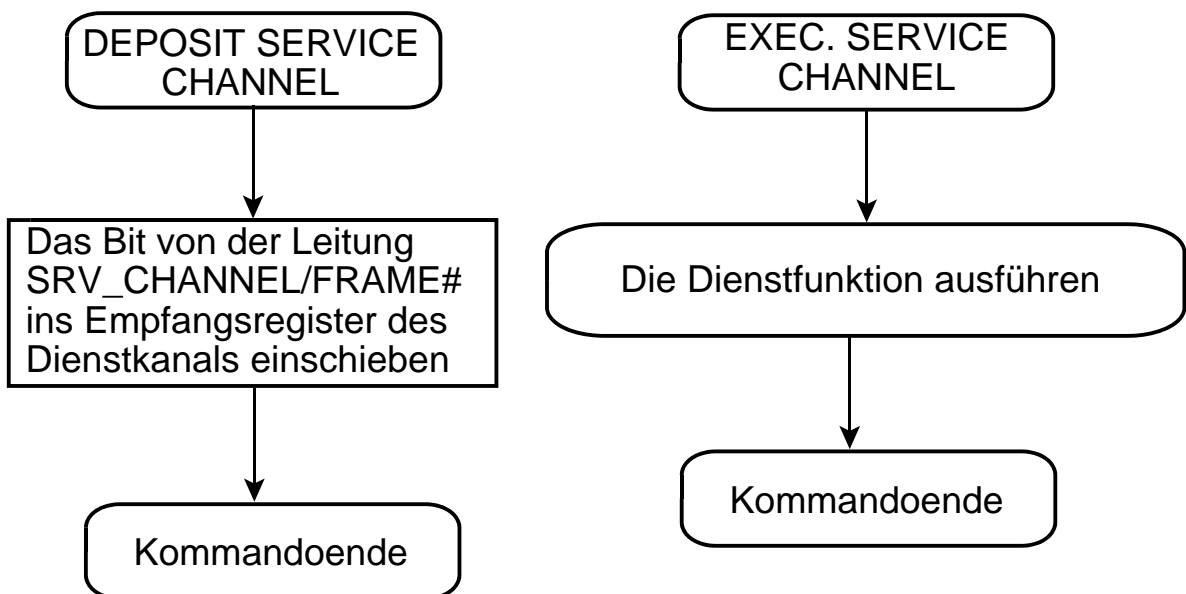
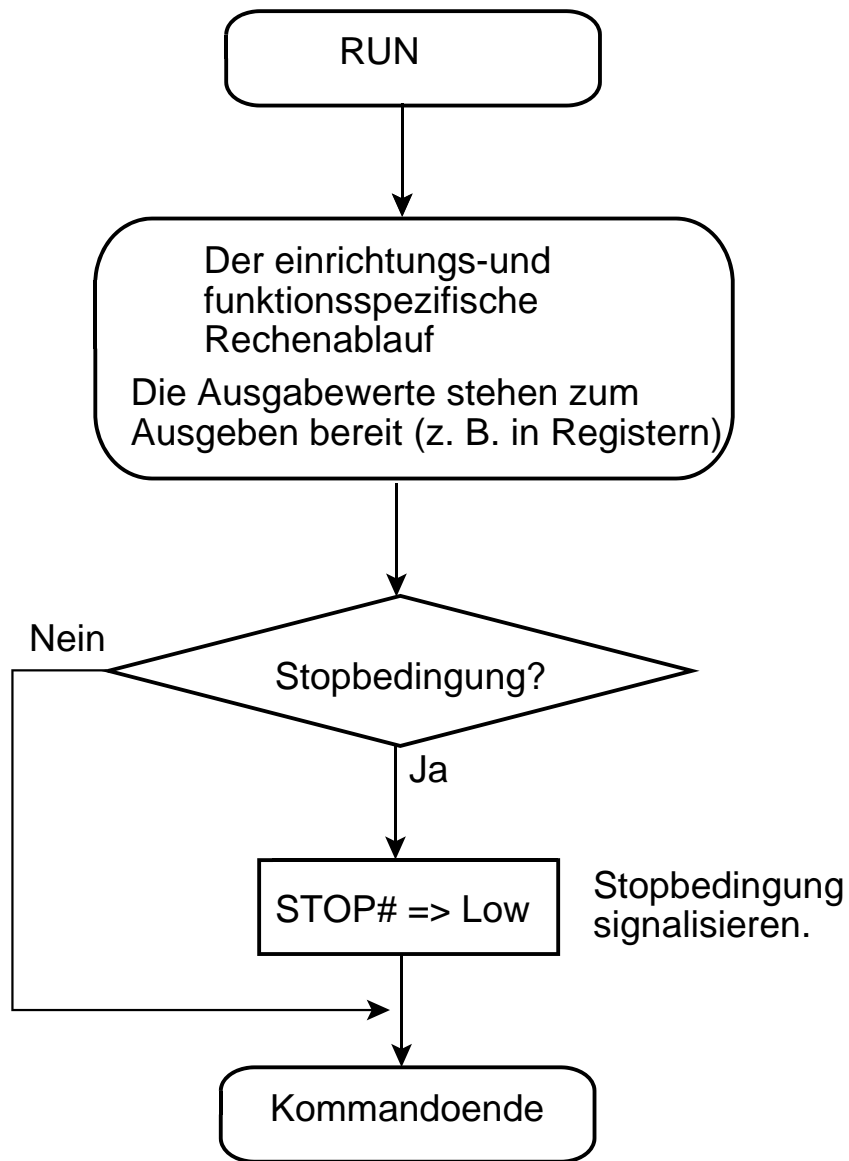
*: Inkorrekte Kommandocodes: Das STROBE_RDY-Signalspiel wird ohne weitere Wirkungen zu Ende geführt. Zudem wird die Fehlerbedingung COMMAND CHECK gesetzt.

**ATmega Analogrechner
Die Kommandoschleife in einer
Einrichtung (2)**

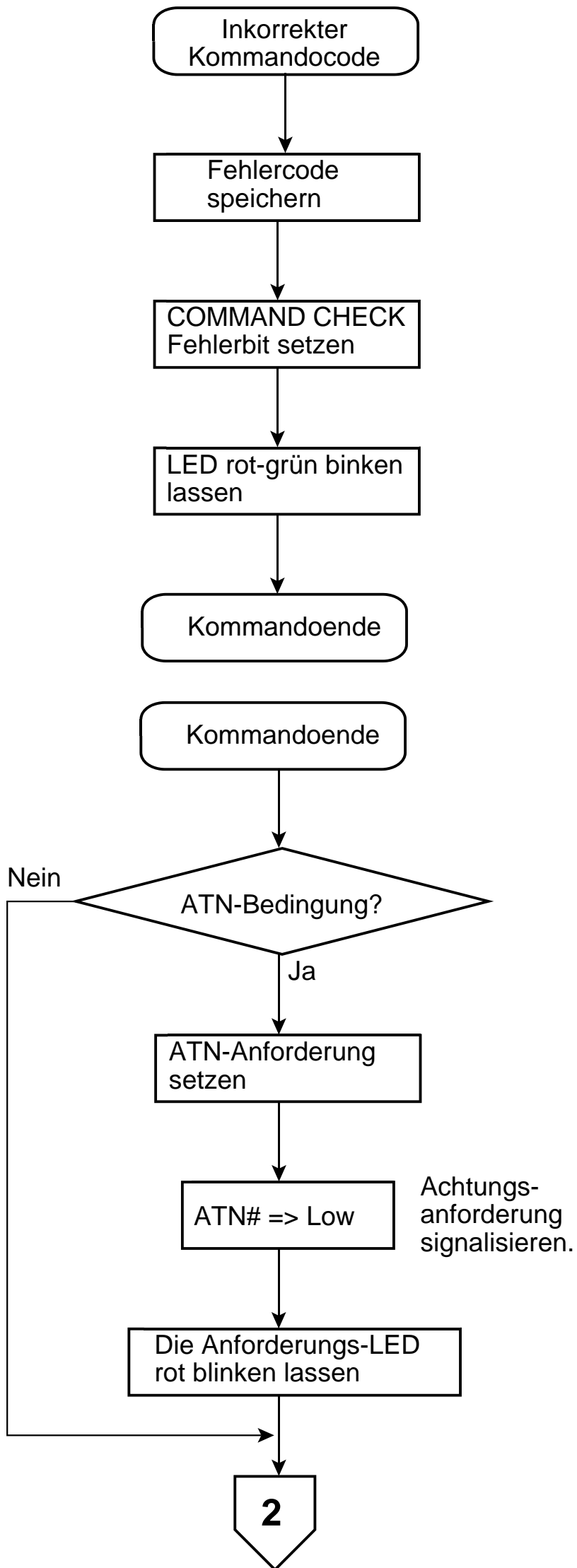
Stand: 1.4 vom 23. 2. 15

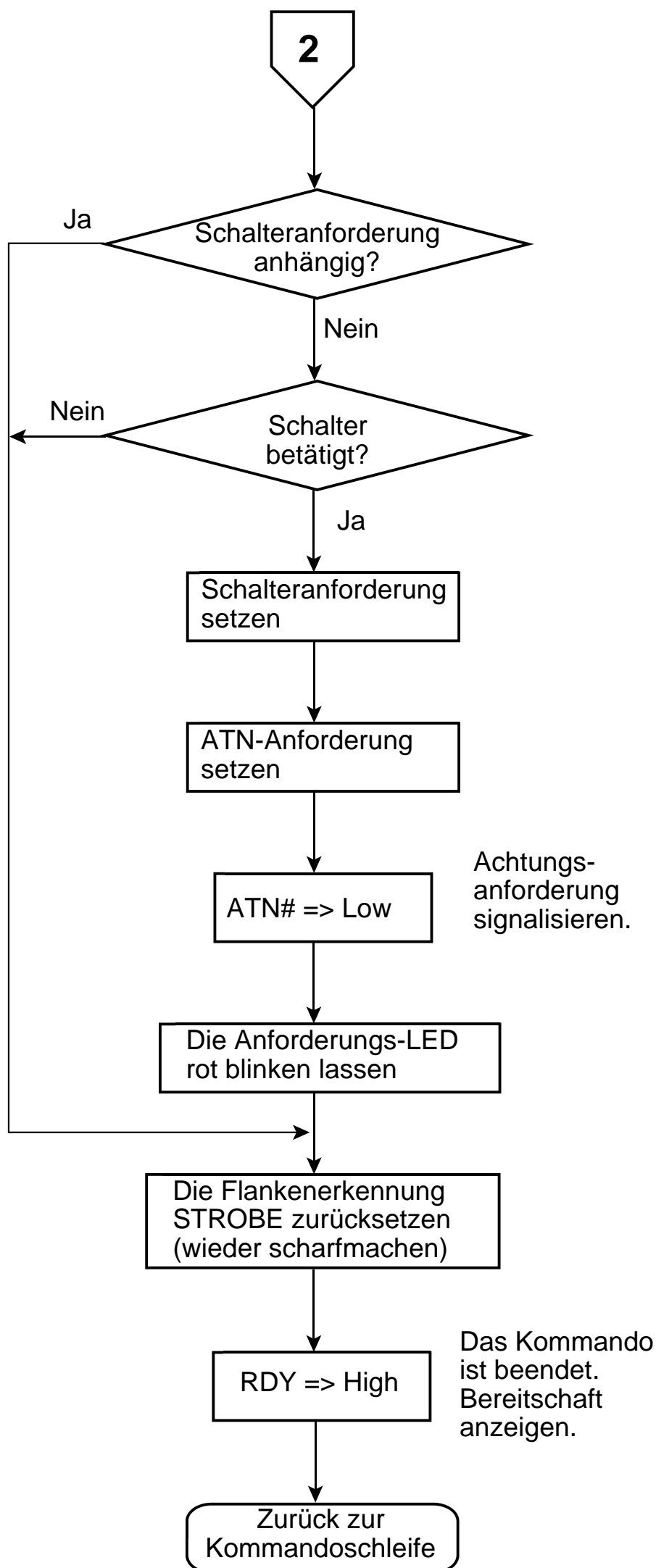


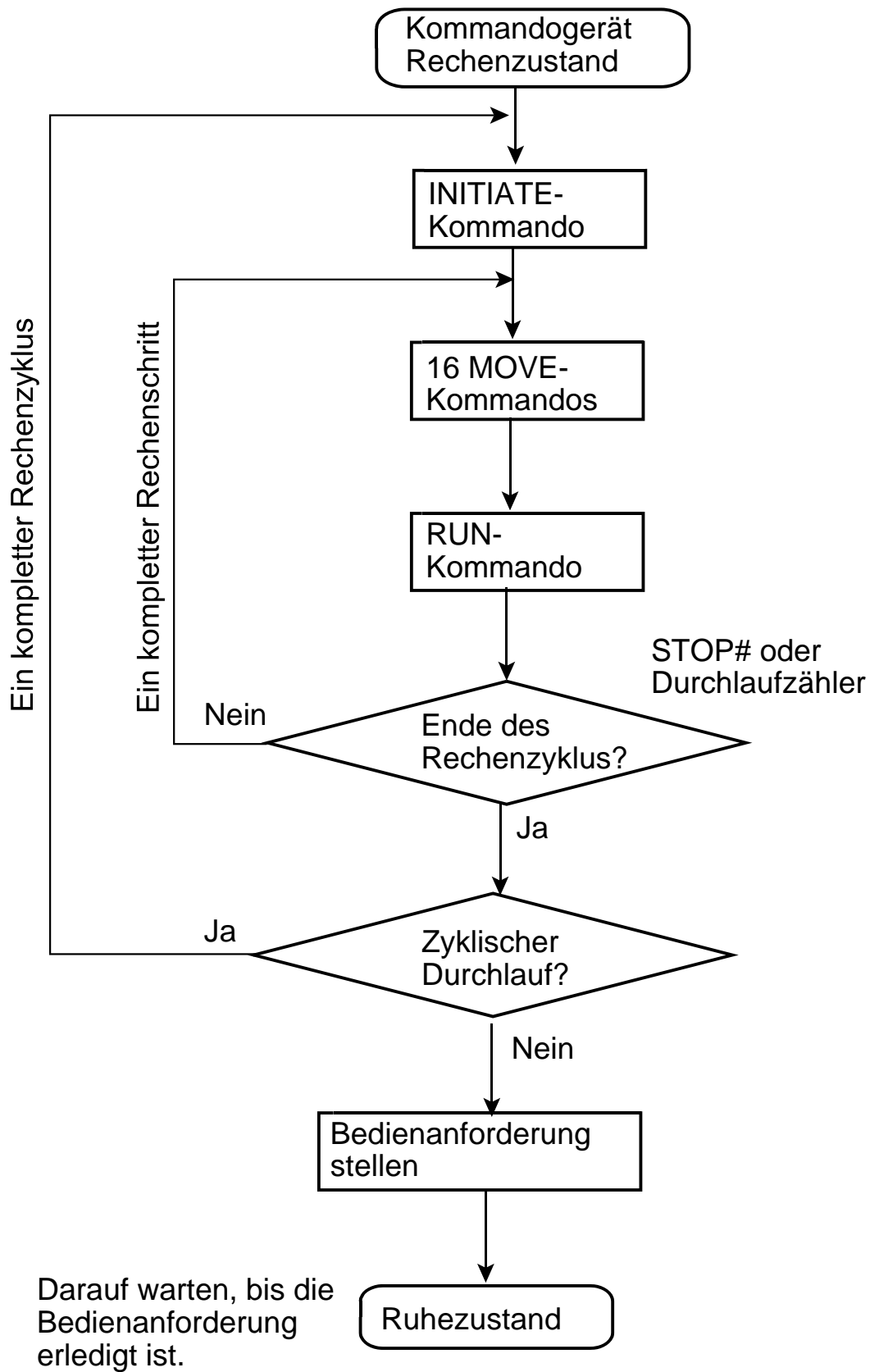


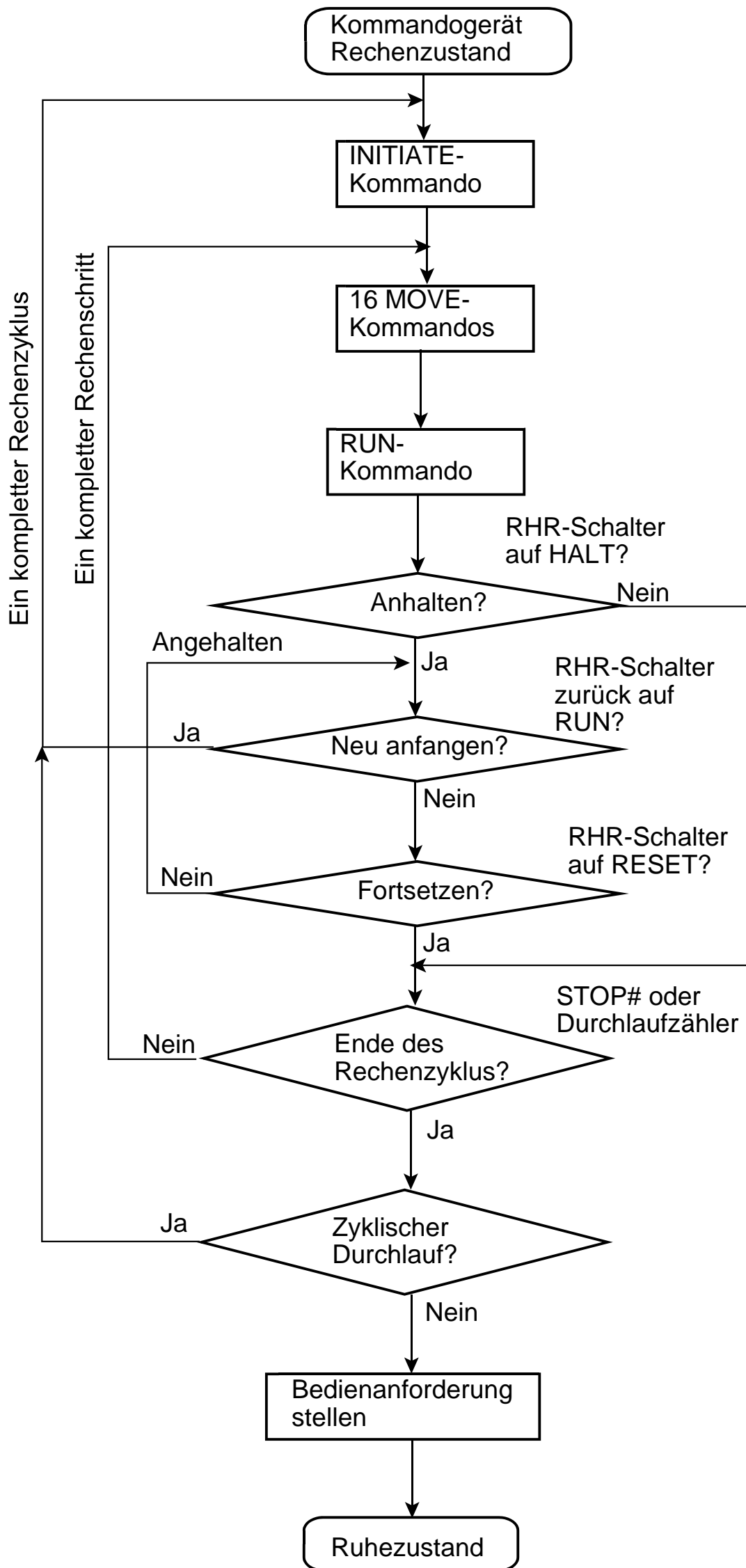


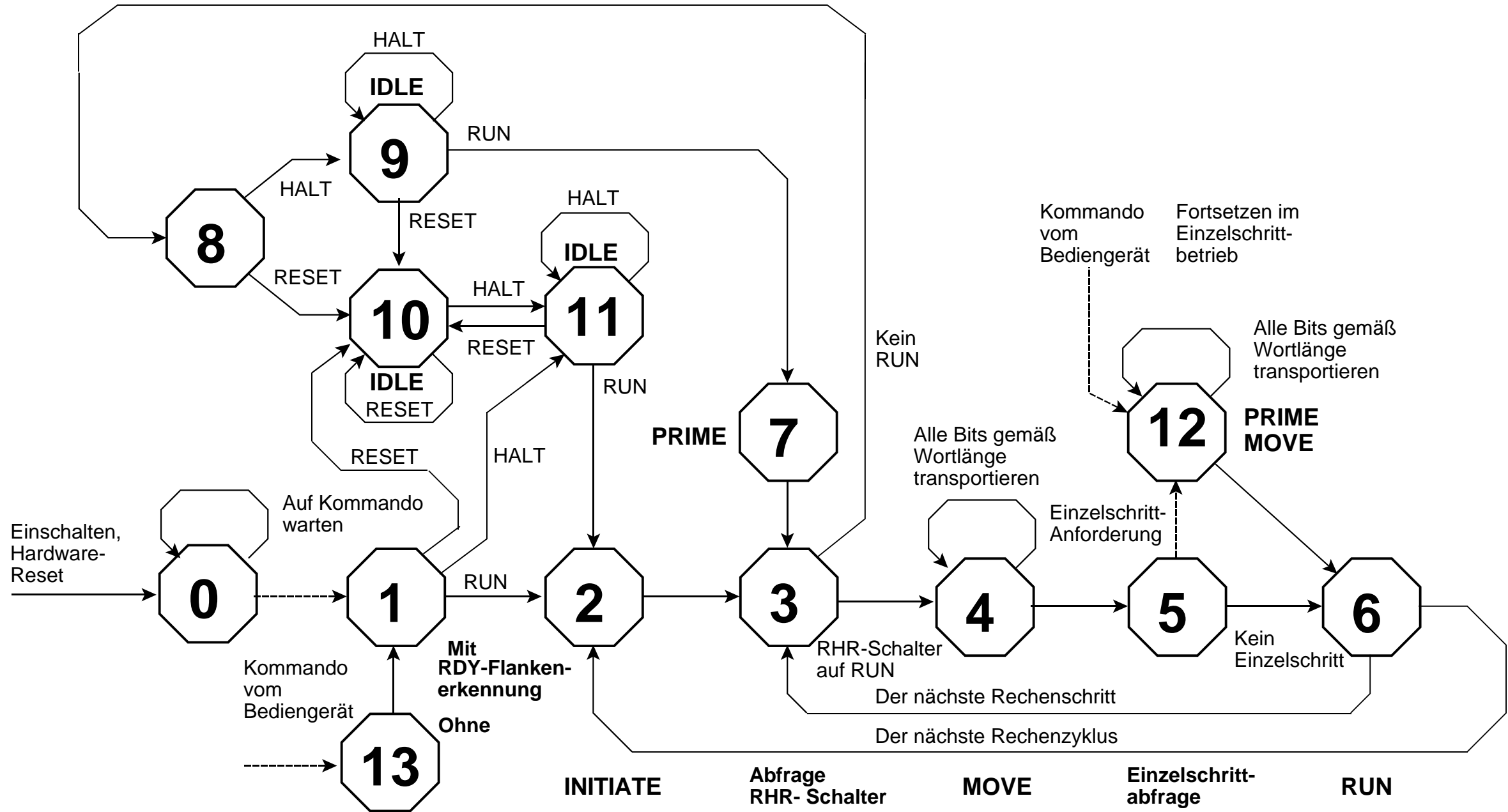
ATmega Analogrechner
Die Kommandoschleife in einer
Einrichtung (5)
 Stand: 1.4 vom 23. 2. 15











**ATmega Analogrechner
Maschinenzustände des
Kommandointerfaces**
Stand: 1.4 vom 23. 2. 15