

AVR480：電動窓用挟み込み防止システム

閉じる自動車の電動の窓やドアの装置は人々を捕らえ、押し潰し、または傷害に関する危険を自動的に伴います。それらは電動機が標準化された限度よりも高く達することによって強制力が印加された場合にそれらの動きを逆にします。この特徴は速度、電流、硝子の位置の絶え間なく続く監視を意味します。費用と簡素の理由のため、この応用記述で記述されるシステムはホール効果感知器が装備されたユニバーサルブラシ電動機を使います。検出算法は速度微分とトルクで、頑健性と障害許容性に関して検証されています。これはA/D変換器とI/O変化での割り込みを持つ全てのAtmel AVR[®]に応用できます。

最近の車の電動機器

今日、電子部品とシステムは上級乗用車の費用の20%以上を占めます。感知器と作動装置をより良く制御するための緻密な電子工学の能力は車に於ける安らぎと安全を強化するのに利用され、中、上級の車両の殆どが電動の窓やドアのシステムを系統的に装備されていることが大いに予測できます。

それらの装置の大半は、人的傷害や機械的な低下を防ぐための安全システムによってそれが達成されなければならないことを意味する、完全自動になります。

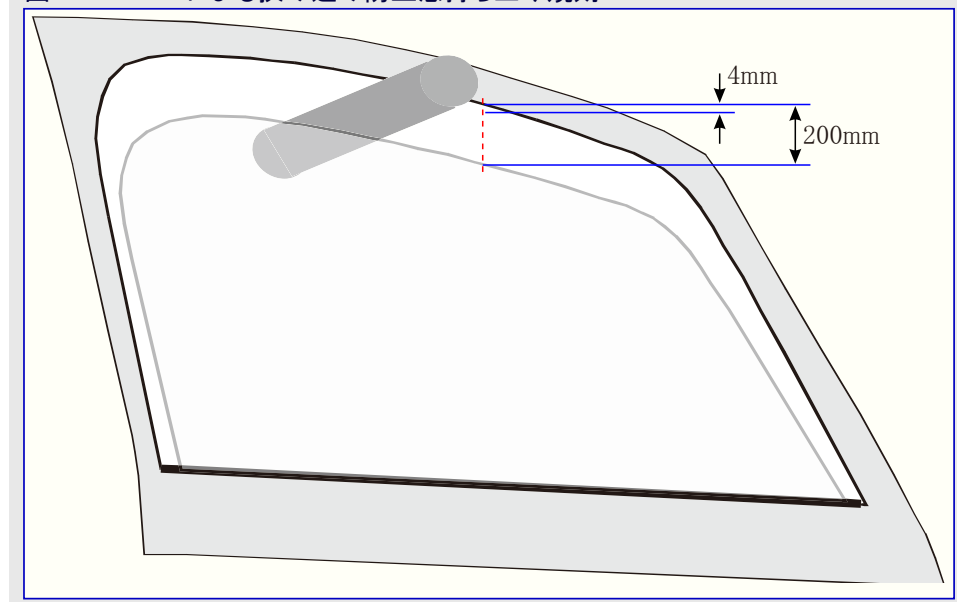
法律は電動システムが従わなければならない規則1式を提供します。これは窓引き上げや引き戸(スライディングドア)に関して特に当て嵌まります。この応用記述は最初に電動窓用に開発された挟み込み防止の実装方法を記述しますが、これは他のどんな移動部品へも容易に改造することができます。

規格

自動車の電動窓は米国でのMVSS118や欧州での74/60/EECのような国際規格によって管理されています。これらでの子供への危険排除に関して、これらの資料で明示された必要条件は次のように要約することができます(図1.をご覧ください)。

- ・ 検出領域：4mm～200mm
- ・ 最大挟み込み力=100N
- ・ 挟み込みでの逆方向
- ・ 決められた偏り率の物体での試験：5N/mm～20N/mm

図1. MVSS118による挟み込み防止窓持ち上げ規則



8ビット AVR[®]
マイクロコントローラ

応用記述

本書は一般の方々の便宜のため有志により作成されたもので、Atmel社とは無関係であることを御承知ください。しおりのはじめにでの内容にご注意ください。

Rev. 7559B-12/06, 7559BJ2-03/21

ハードウェアの考慮

障害物が危ない挟み込み領域に入ったかどうかを決めるのに以下のような各種の検出戦略が可能です。

- 機械接点なし。それは挟み込みの作用が物体に及ぼされる前に反応します。これは障害物に全く力が印加されないので、最適な保護です。これは振動、空力変化、変形からも独立しています。しかし、それは追加費用を引き起こす電気回路単位部と配線を持つ統合化された感知器(赤外線、超音波など)が必要です。
- 機械接点有り。圧力測定は物体が挟まれつつあることを系に告げます。また、設計者は利用可能な以下の2つの基本技術を持ちます。
 - ・ 直接測定：力感知器や接触器は扉目張りに統合されます。これらの解決策は本質的に高費用で窓/扉の設計に関する体裁を落とします。
 - ・ 物理的な監視経路での間接測定。これは全体的な費用最適化された解決策です。

挟み込み防止算法仕様

挟み込み検出算法は最初に規格(FMCSS118と74/60/EEC)の必要条件を尊重するでしょう。

- ・ 4mm～200mmの検出領域
- ・ 100Nの最大挟み込み力
- ・ 挟み込み検出での逆方向
- ・ 確認用の標準化試験

それは以下のために適応型でなければなりません。

- ・ 持ち上げ系に包含される機械的要素は時間で変化します(経年、局所変形、磨耗など)。
- ・ 電気的特性はかなり発展し得ます。
- ・ 環境は摩擦力(温度、湿気、凍結など)に影響を及ぼします。

系は妨害に反応せず、不適当な挟み込み検出にも反応すべきではありません。それは空気の摩擦、道の振動、電力断などに備えて強化されなければなりません。

電動機の物理パラメータを用いる解決策

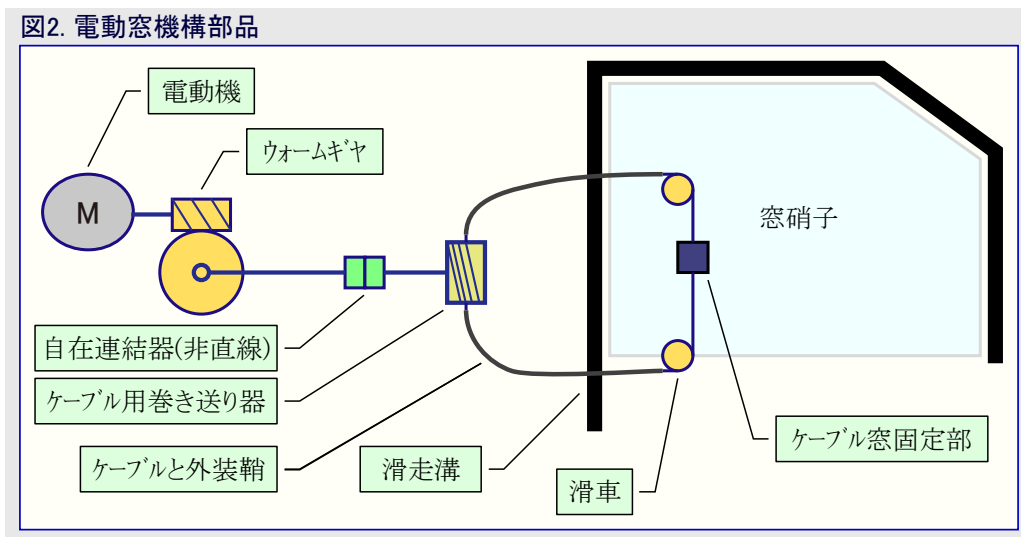
硝子に印加された力は電動機を通る電流から推定することができます。移動要素の位置は速度での情報を定常的に提供します。両パラメータは障害物に出会ったかどうかを決めるのに用いることができます。

- ・ 検出領域内
- ・ 限度よりも高く印加された力

この資料は電動機電流測定とホール効果速度指示で動くように開発された1つの挟み込み防止算法を記述します。非常に小さな変更で、電動引き扉や電動屋根のような他の系統に改造することができます。

模式化とシミュレーション

挟み込み算法のより良い設計のため、持ち上げ系に関する物理パラメータが抜粋されています。開閉器具の一般的な記述から始めて、電動窓用にもう一つの正確な模式が開発されました。それは図2.で図解されるように多数の主要部品に分解されます。



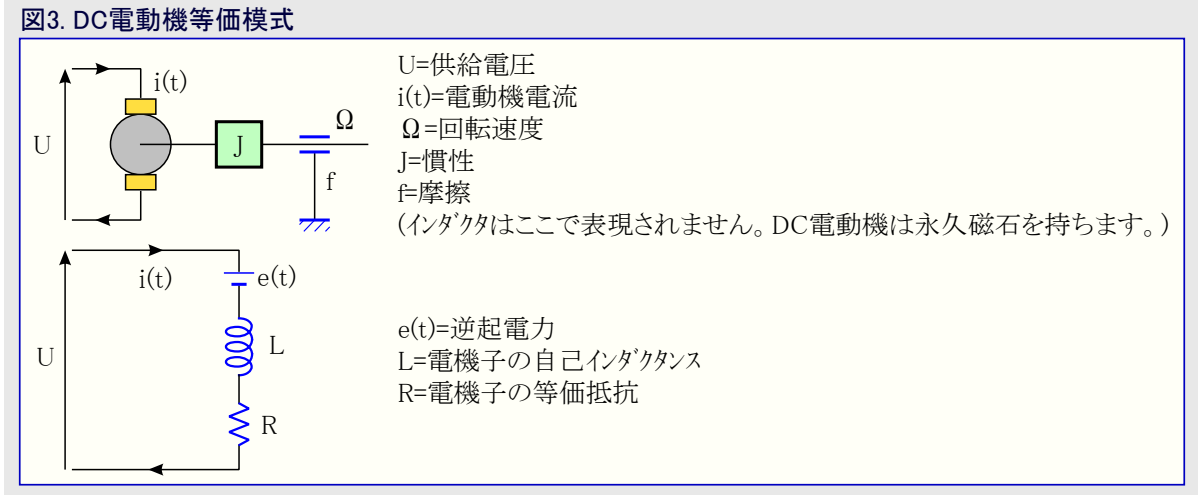
考慮に至る機構部品の識別は次のとおりです。

■ 電動機の影響

- ・ 機械的パラメータ
 - ・ 電気的パラメータ
- 窓持ち上げ
- ・ 滑走溝で制限される(摩擦)
 - ・ 機械的な非直線性(殆ど連結器)
 - ・ 慣性(硝子重量)

電動機模式

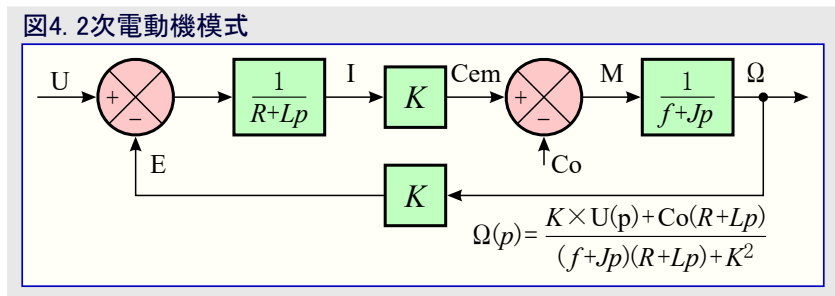
使われるDCユニバーサル電動機は図3.で図解されるように非常に古典的な案を用いて模式化することができます。



差分(t)とラプラス領域(p)の式は電気的と機械的な要素に関して以下のように抽出されます。

$U(t) = e(t) + Ri(t) + L \frac{di}{dt}$	$U(p) = E(p) + RI(p) + LpI(p)$
$e(t) = k\Omega(t)$	$E(p) = k\Omega(p)$
$m(t) = ki(t)$, 電動機トルク	$M(p) = kI(p)$
$J \frac{d\Omega}{dt} = m(t) - f\Omega(t)$	$Jp\Omega(p) = M(p) - f\Omega(p)$

選ばれた模式は2次処理です。これは速度と電流の測定を含み、その電源(電圧)とで電動機のシミュレーションを許します。これは妨害や接続負荷(Co)の注入も認めます。これは図4.で詳述されます。



窓持ち上げモード

DC電動機モードに加え、窓持ち上げ系からの成分が挿入されなければなりません。それらは電動機によって提供されるトルクを予測して位置、速度、そして加速にアクセスするために導入されます。機械的な要素は図5で記述されます。

このモードは系の動きを得て挟み込み検出算法を検証するために実行されます。記載されたパラメータとその他(静止摩擦と粘性摩擦、錘、など)はそれらの影響を検証するためにモードに導入されて調整されます。

図5. 窓持ち上げモード

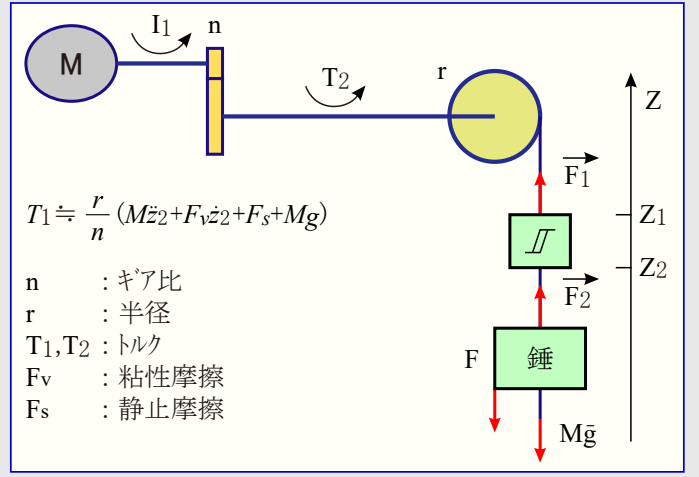
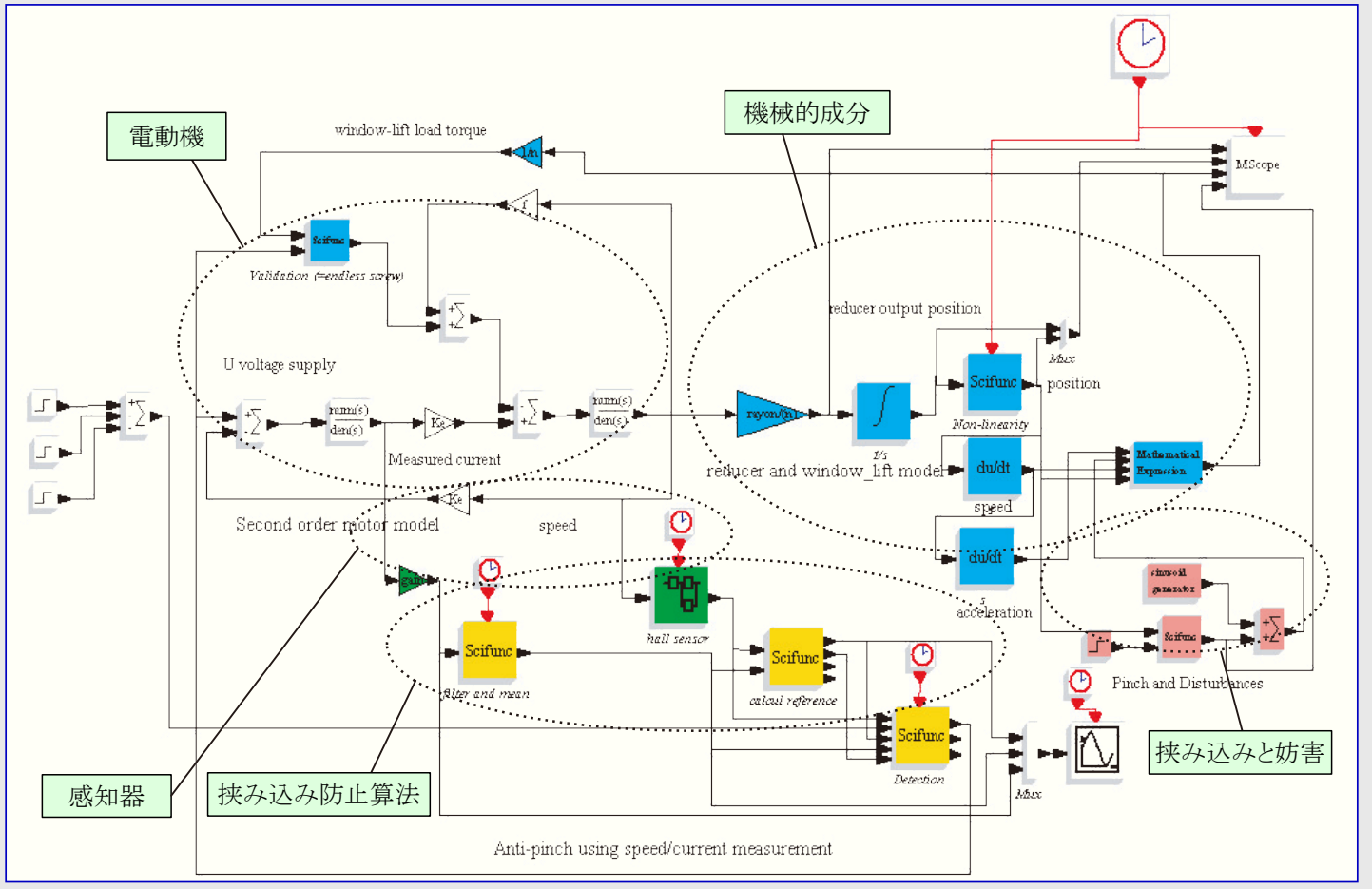


図6. 完全な窓持ち上げと挟み込み検出算法モード



挟み込み検出算法

通常の挟み込み検出算法動作は窓持ち上げ系の外の間接測定を用います。

- ・ 電流(トルク)
- ・ 位置(速度)

この資料で詳述される算法は以下に基づく2つの技術を集合します。

- ・ 不揮発性メモリに格納された校正されたトルク：予備的な学習手順が実行されて、トルク値がメモリに格納されます。これは殆どメモリ消費で、規則的な校正手順が必要です。
- ・ 速度微分計算：これは少しのメモリが必要ですがもっと計算力が必要なので興味ある方法です。そして2つの方法論からの恩恵を受けます。

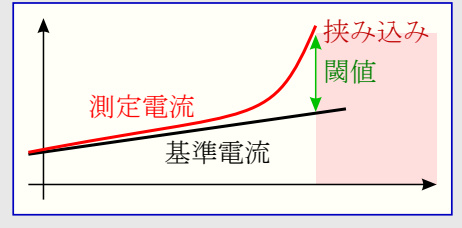
挟み込み条件

挟み込みは基準と電流測定と比較によって検出されます(図7をご覧ください)。

$$M(t)k\phi xi(t) = Kxi(t)$$

閾値は系(電動機と負荷)の応答時間と組み合わせられた電動機トルク定数(K)の外で決めることができます。

図7. 挟み込みに関する条件

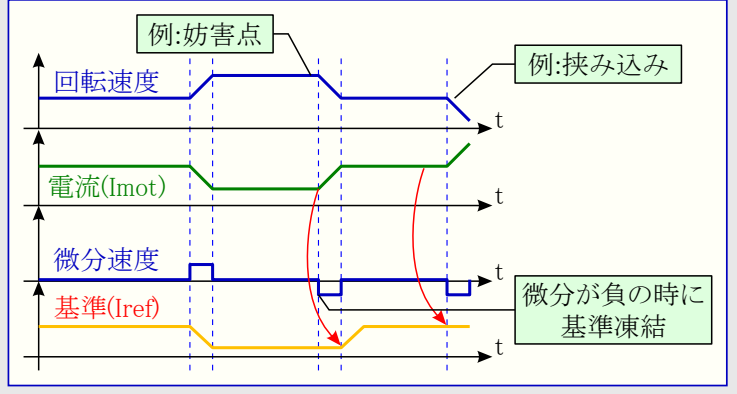


基準電流統合

校正の必要を無くするための1つの解決策は移動に沿って**予測される電流**の全てを計算することです。1つの挟み込み条件は速度を減少して、トルクの増加と連携する電流増加になります。これら2つの条件は挟み込み発生決定に使われます。この資料ではそれが雑音やしっかりした障害に対してより強力なために速度微分が好まれます。

例が図8.で与えられます。基準電流(Iref)は速度が増加または無変化に留まるまで定常的に計算されます。速度が急激に減少する(微分が負になる)と直ぐに、Irefが凍結されます。電動機を通る電流(Imot)が測定されて基準電流+余裕分との比較を続けます。Imotが限度よりも高くなった場合、挟み込みが宣言されて応用によって様々な動きが取られます(最初は電動機を停止して障害物を開放するために回転を逆にすることです)。

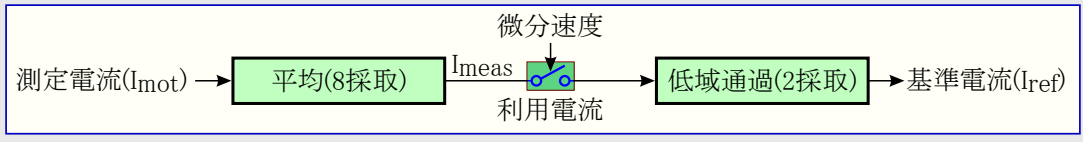
図8. 挟み込み検出の例



算法強化電流濾波

Irefの定常的な計算は高い適応性算法を許します。丁度算法の頑健性を増すために、基準電流は8回の連続する測定に渡って平均化されます(図9をご覧ください)。

図9. 全体的な基準電流統合原理



算法強化妨害点

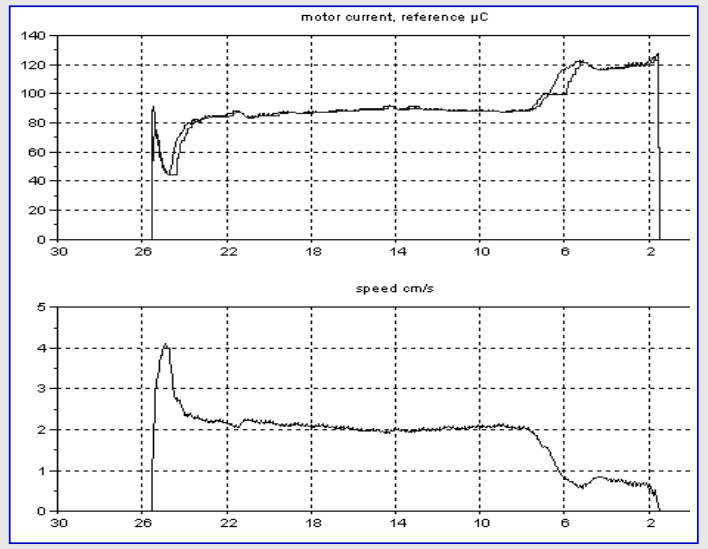
Irefの定常的な計算が高い適応性算法を許すため、妨害点と呼ばれる局所的な大きな摩擦偏動はひどい挟み込み検出を伴い得ます。実際に、他の妨害(でこぼこ道、風など)に加えて、局所的な摩擦増加は、結局Irefが凍結されるために挟み込み検出に帰着します。

これらの妨害点は挟み込みと同じ方法で検出されます。電流と基準間の違いが監視されます。それが閾値よりも大きい時に、検出されて妨害点特性がEEPROM内に格納されます。

妨害点はメモリの必要条件を最小化するために、位置間隔と事象計数器(検出数)によってのみ記述されます。それは間隔の大きさの格納、または多数の閾値の使用によってもっと正確にすることができます。しかし、それはもっとメモリを費やします。

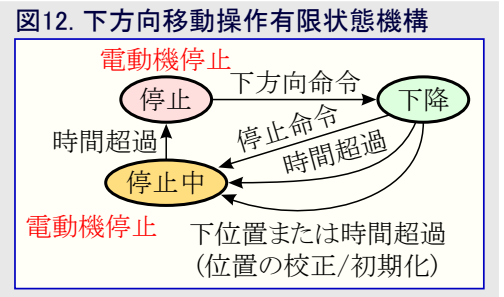
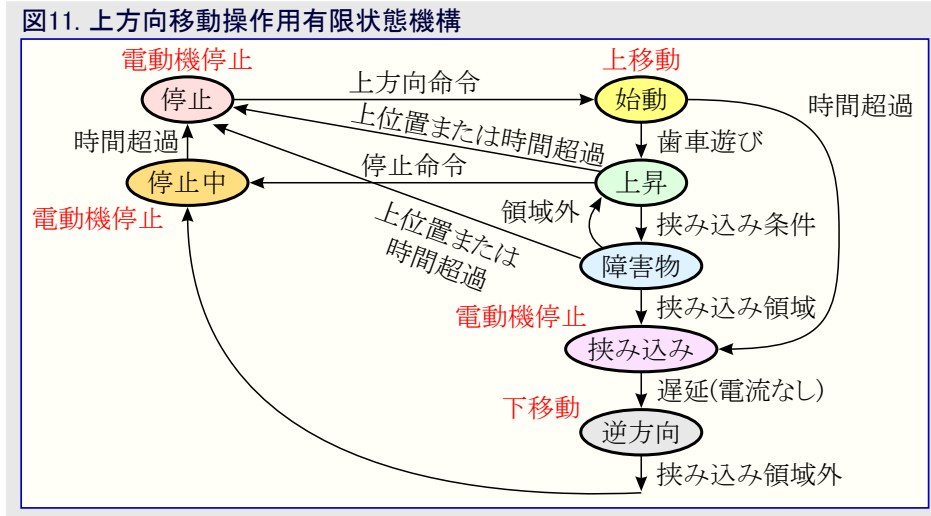
全ての固い点の情報を含む表は不揮発性メモリに格納されます。妨害点が(表で格納された)既知で、その事象計数器が妨害点としてそれを見做すことを許す時に、頑健性を増すために閾値は対応する間隔で挟み込み余裕分に加算されます。

図10. 妨害点の例



状態機構

主有限状態機構(FSM)は電動機命令と挟み込み検出を管理します(図11.は上方向移動に関する状態を表します。下方向操作は図12.で表されます)。



適応機能、可搬性

有限状態機構(FSM)は正しく動くためにパラメータ(歯車遊び、上下の終わり、ホール感知器分解能など)が必要です。これらのパラメータは固定のパラメータまたは初期化で測定することができます。それらのいくつかは1つの窓持ち上げから別のものに変更することができます。それにより、任意の適応機能は窓持ち上げを操作することによって最初の初期化でそれらのパラメータを得ます。それは記憶表を初期化するために妨害点も監視します。

この任意適応ルーチンは走行中に挟み込み防止を禁止します。その後底と頂上の位置を検出するために窓を下方向と上方向の巻上げを操作します。同時に、妨害点を監視します。歯車の遊びを得るため、(得た電流と基準電流を比較することによって)挟み込み検出領域へ上方向と下方向に動かします。

他の興味有る機能

ここで記述されていないのは窓巻上げ操作に必要な2次的な機能です。

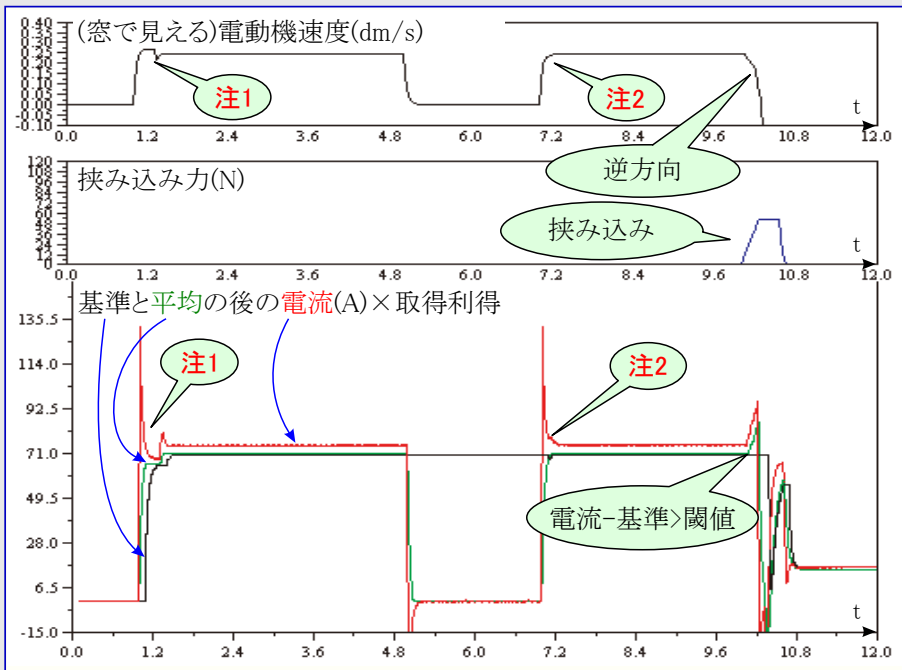
- ・ 電流測定、濾波
- ・ ホール効果割り込み生成、係数、速度計算、方向
- ・ 押し卸管理
- ・ 電力停止の場合の重要なパラメータ(位置、最終操作方向など)の記憶

シミュレーション結果

検出閾値繰り返し用の各種パラメータを評価して調整するために多数のシミュレーションが走行しました。図13.は初回と2回目の'上方向進行'命令で速度と電動機のトルクがどう動くかを見えるようにします。また、挟み込み条件は10N/mmの圧縮バネでt=10sに於いて注入されます。

図14.は同じ曲線を示しますが、2回目の'上方向進行'命令後に電動機トルクでの妨害(10Hzの周波数、50N)が注入されています。

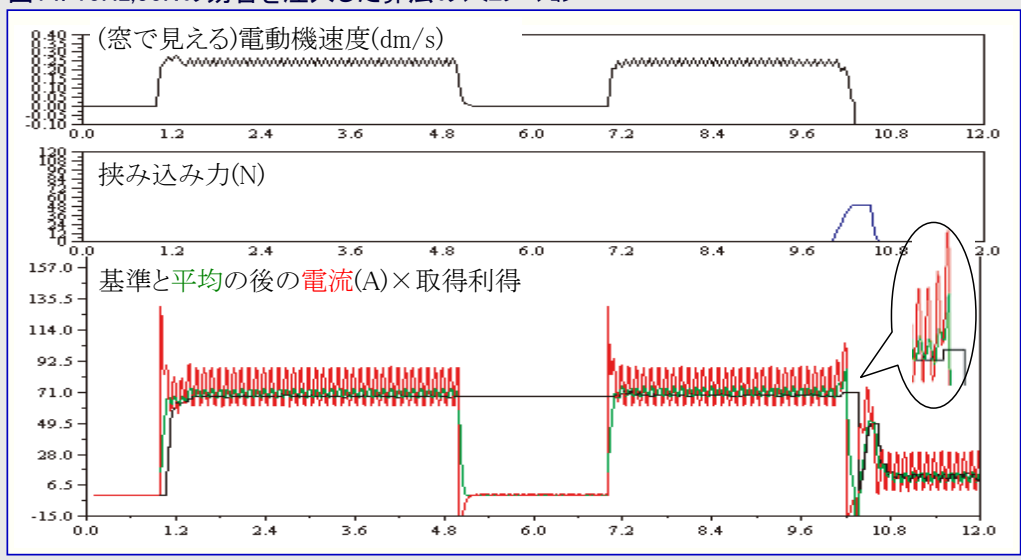
図13. 2つの連続する'上方向進行'命令を持つ算法のシミュレーション



注1: 伝動装置の非直線性は電動機の始動で速度超過値を引き起こします。

注2: 伝動装置系の弾性があまり影響なく、トルクと速度の概念が異なります。

図14. 10Hz,50Nの妨害を注入した算法のシミュレーション



AVR実装

前節で詳述された算法はAVR ATmega88に基づく基板を用いて実装、そして試験されました。

ハードウェア仕様

この算法の実装に使われたハードウェアは図15.で記述されます。これは電動機電流測定のためのアナログ連鎖部だけでなく1つの標準的なATmega88も実装します。これは2つのホール効果感知器を持ちます。電動機の方法は電動機がMOS-FETによって活性化されると同時に1つの2極継電器経由で制御されます。

図15. ATmega88が制御する挟み込み防止機能付き窓巻上げ

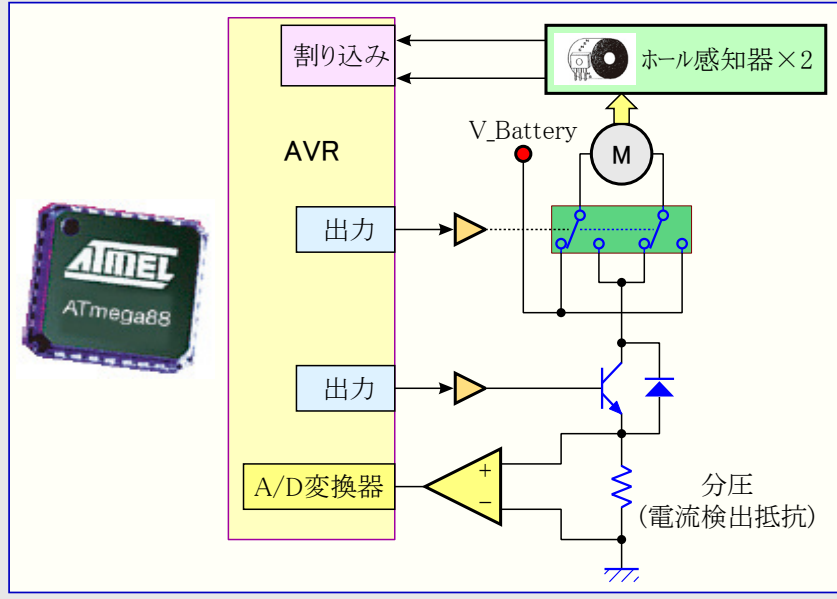


表1. で定義されるようにソフトウェアは様々なマイクロ コントローラ資源に関係します。

表1. ハードウェア/ソフトウェアの分配

機能	A/D変換器	タイマ/カウンタ0 (8ビット)	タイマ/カウンタ1 (16ビット)	PCINT9	EEPROM	アイドル (ソフトウェア)
電流取得	○	○				
位置、速度、方向			○	○		
基準電流決定			○	○		
時間超過			○			
パラメータ保存			○		○	
濾波器						○
挟み込み防止						○
窓巻上げ操作						○

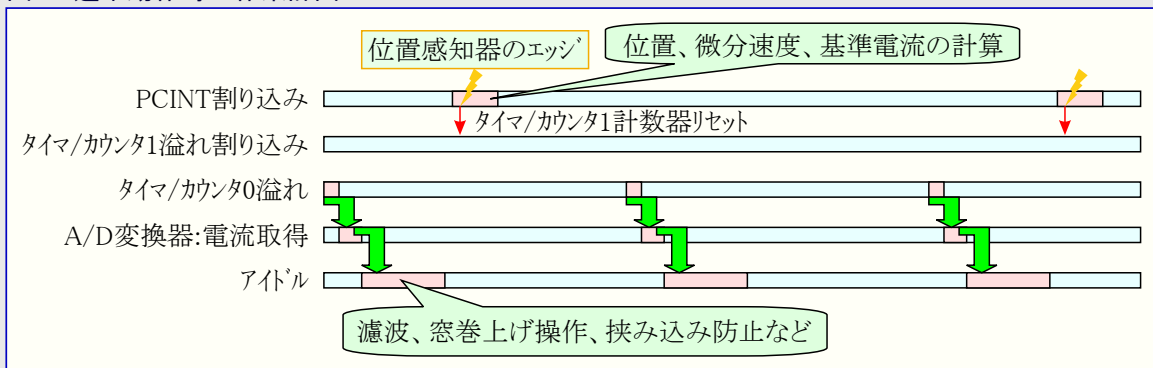
作業計画

ハードウェアとソフトウェアの資源の割り当てだけでなく先に記述された算法も考察することにより、以下のプログラムの計画を得ます。

通常動作

この計画は算法が標準的な動作条件で走行している時、換言すると、電動機が動作(回転)している、または停止している時に有効です。実際に、位置感知器(ホール効果感知器)から事象が起きる、または行う必要がない(電動機が安定で通常状態に於いて停止されている)時に、位置、速度、基準の計算が更新されます。

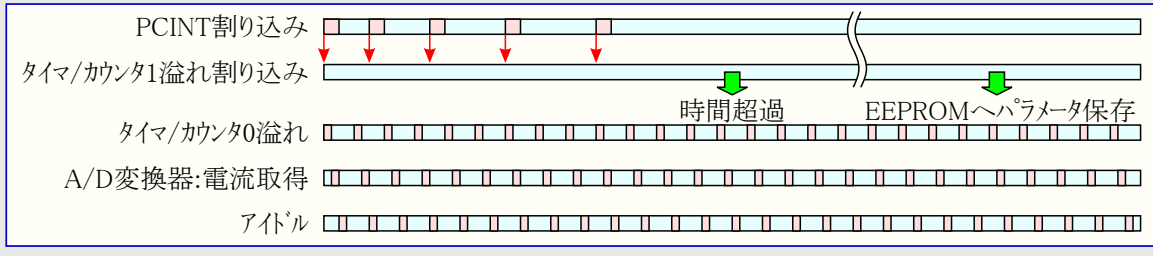
図16. 通常動作時の作業計画



他の動作

電動機がむちゃくちゃに停止される、異常に遅く回転する、または様々な理由(電動機障害、ホール感知器切断など)のために始動しない時に、時間経過を生成して電力を切断する(または逆方向にする)のにタイマ/カウンタが使われます。

図17. 時間超過またはパラメータ保存要求が設定された時の作業計画



算法の移転

このような算法は1つの開かれた装置から別のものへの可搬性があるべきです。故に(モードから抽出された)算法パラメータ1式を含む、EEPROM内に格納されたデータベースのように使われます。これは算法に可搬性を許します。より多くの詳細については算法適応手順(AVR191)を参照してください。

ソフトウェア説明

全てのコードはIAR EWAVR 4.20を用いたC言語で実装されています。基本機能(位置管理、初期化、電流測定、窓操作、挟み込み防止の監視)の実装は2Kバイトのフラッシュメモリが必要です。EEPROM記憶、校正、適応、妨害点のような拡張機能の追加はコード量を最大5.7Kバイトに増加します。

```
void init_window_peripherals (void)
```

ホール効果位置感知器で使われるようにピン変化割り込みを初期化します(上昇端と下降端のための感性)。これは速度と電動機電流を測定するのに使われるタイマ/カウンタとA/D変換器も初期化します。

```
void init_window_parameters (signed char *go_down)
```

この関数は窓巻上げを初期化するために、EEPROMまたは既定値から窓巻上げパラメータを設定します。これらの値は窓寸法、感知器値、挟み込み閾値、挟み込み領域、最後の既知の位置などです。位置に於いて既定が見つかった場合、窓巻上げを最下端限界に初期化するために、下進行命令を求めることができます。

```
void init_window_size_position()
```

自動的に窓下げを操作し、その後に頂上と底の位置を検出し、妨害点と歯車遊びの識別を許します。これは適応ルーチンです。

```
void save_window_parameters(void)
```

この関数はEEPROMに窓巻上げパラメータを保存します。

```
U8 window_ctrl (signed char *up_cmde, signed char *down_cmde, U8 no_anti_pinch)
```

これは窓巻上げ状態機構を含みます。これは与えられた事象パラメータで窓操作を制御します。これは位置、上下端の限度、挟みこみ防止条件を監視します。これは窓巻上げの状態(get_window_state関数と同じ値)を返します。

```
__interrupt void hall_sensor_ISR (void)
```

この割り込みサブルーチンはホール感知器のエッジで実行されます。これは回転方向、位置、微分速度、電動機基準電流を計算します。これは連続する方向変更を計数することによってホール効果感知(が割り込みピンに接続されていない)での既定を検知することができます。

```
__interrupt void TIMER0_OVF_ISR (void)
```

この割り込みサブルーチンはA/D変換開始の計画のためにタイマ/カウンタ0溢れで実行されます。

```
signed char get_window_state (void)
```

窓巻き上げ状態機構の状態(window_ctrl関数で使われる値)を返します。

```
signed char force_window_state (signed char temp)
```

窓巻き上げ状態設定、強制操作(停止要求など)に有用です。

```
unsigned char mean (unsigned char)
```

最終8採取で平均を計算します。電動機電流の濾波に使われます。

```
void push_button (signed char *push)
```

この関数は押し釦を監視してwindow_ctrl関数へ伝達されるべき操作命令事象を生成します。

```
U8 blocking_point(signed char window_state)
```

この関数は電流値を基準と比較することによって妨害点を監視します。これは窓制御状態機構と同期化されるべきです。故に、呼ばれる前にパラメータで提供されるべきwindow_ctrlでの返される状態が必要です。

U8 update_point (void)

この関数は妨害点が丁度完全に検出されてしまった時に妨害点データ表を分類、作成、更新するために、blocking_pointルーチンによって呼ばれます。この妨害点が存在していた時はその事象計数器とその位置間隔を更新します。それが存在していなかったならば、ルーチンは妨害点表にそれを挿入します。

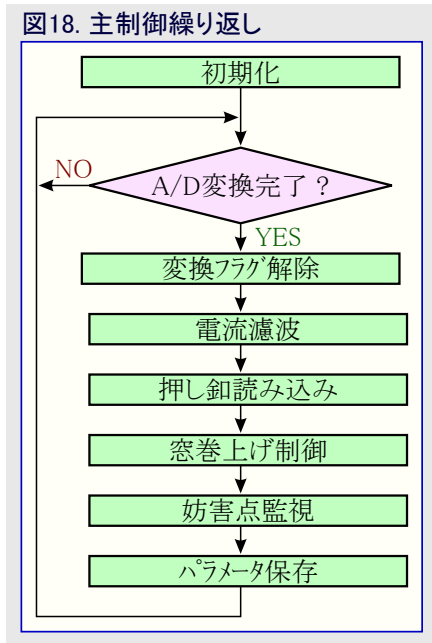
void clean_point(void)

このルーチンは各上方向操作の最後でblocking_pointルーチンによって呼ばれるべきです。これは解析された領域で妨害点事象計数器を減少する担当です。これは事象計数器が0に減少された妨害点を解除します(それらがそれ以上存在しない、またはそれが妨害や挟み込みであってそれ以上検出されないことを意味します)。

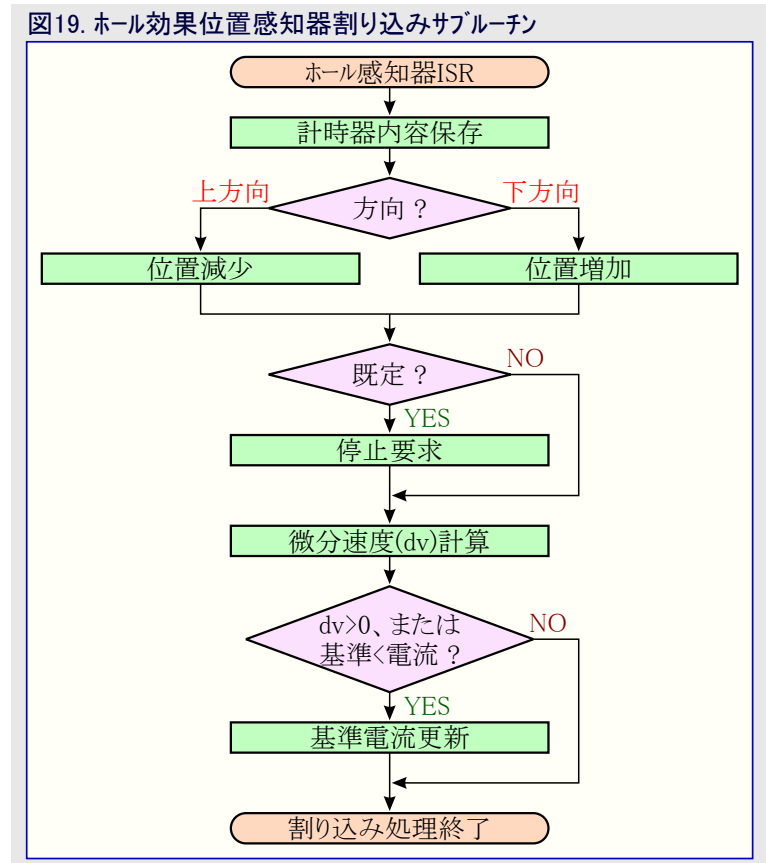
U8 get_block_point(U16 position)

この関数はパラメータで提供された位置で妨害点が確認された場合に挟み込み余裕値に追加するための対応する閾値を返します。さもなければ、その位置で妨害点が無い時に0を返します。

主制御繰り返し

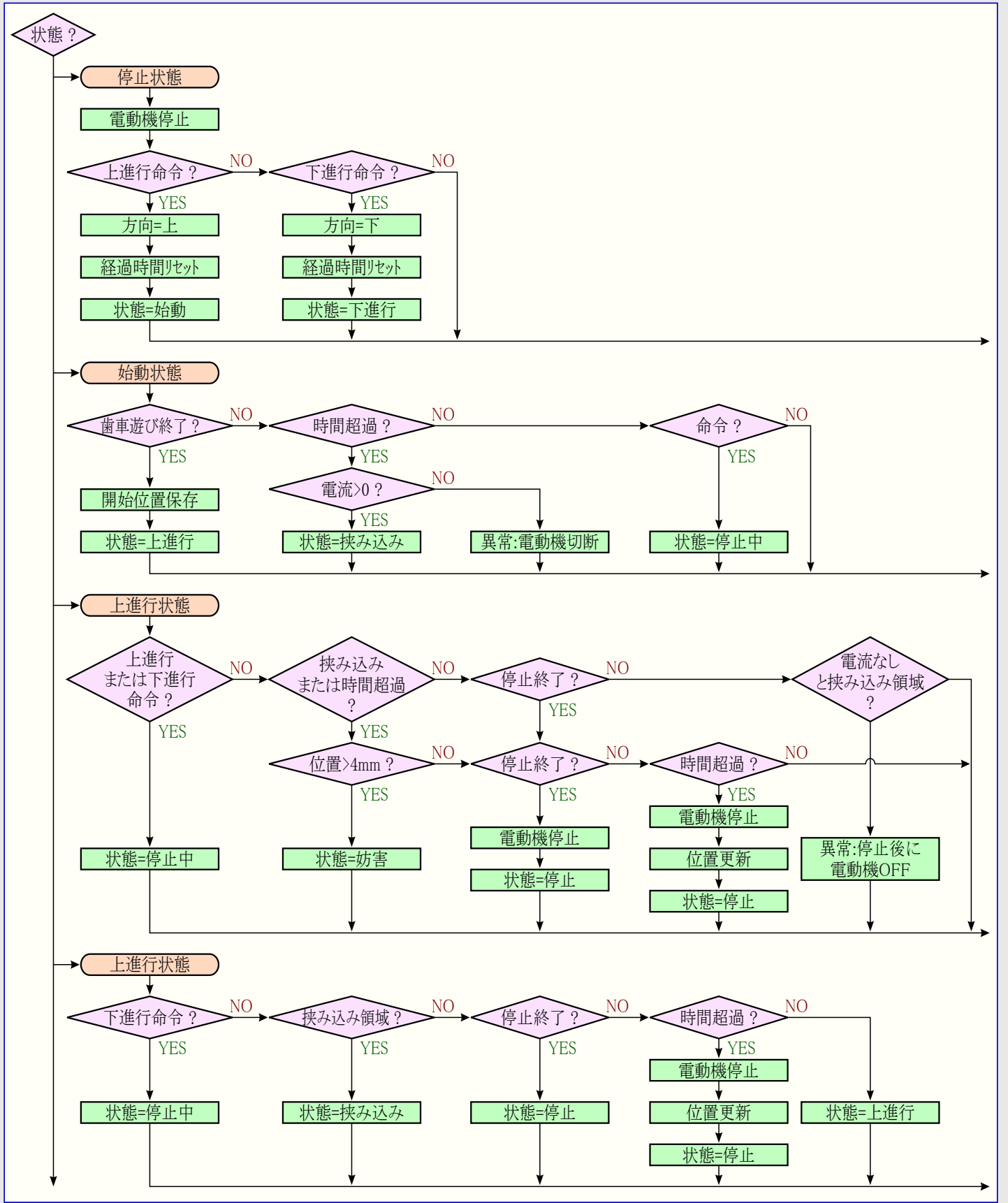


ホール効果位置感知器割り込みサブルーチン



窓制御状態機構実装

図20. 窓制御状態機構実装





本社

Atmel Corporation

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
TEL 1(408) 441-0311
FAX 1(408) 487-2600

国外営業拠点

Atmel Asia

Unit 1-5 & 16, 19/F
BEA Tower, Millennium City 5
418 Kwun Tong Road
Kwun Tong, Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2245-6100
FAX (852) 2722-1369

Atmel Europe

Le Krebs
8, Rue Jean-Pierre Timbaud
BP 309
78054 Saint-Quentin-en-Yvelines
Cedex
France
TEL (33) 1-30-60-70-00
FAX (33) 1-30-60-71-11

Atmel Japan

104-0033 東京都中央区
新川1-24-8
東熱新川ビル 9F
アトメル ジャパン株式会社
TEL (81) 03-3523-3551
FAX (81) 03-3523-7581

製造拠点

Memory

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
TEL 1(408) 441-0311
FAX 1(408) 436-4314

Microcontrollers

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
TEL 1(408) 441-0311
FAX 1(408) 436-4314

La Chantrerie
BP 70602
44306 Nantes Cedex 3
France
TEL (33) 2-40-18-18-18
FAX (33) 2-40-18-19-60

ASIC/ASSP/Smart Cards

Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex
France
TEL (33) 4-42-53-60-00
FAX (33) 4-42-53-60-01

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906, USA
TEL 1(719) 576-3300
FAX 1(719) 540-1759

Scottish Enterprise Technology Park
Maxwell Building
East Kilbride G75 0QR
Scotland
TEL (44) 1355-803-000
FAX (44) 1355-242-743

RF/Automotive

Theresienstrasse 2
Postfach 3535
74025 Heilbronn
Germany
TEL (49) 71-31-67-0
FAX (49) 71-31-67-2340

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906, USA
TEL 1(719) 576-3300
FAX 1(719) 540-1759

Biometrics

Avenue de Rochepleine
BP 123
38521 Saint-Egreve Cedex
France
TEL (33) 4-76-58-47-50
FAX (33) 4-76-58-47-60

文献請求

www.atmel.com/literature

お断り: 本資料内の情報はAtmel製品と関連して提供されています。本資料またはAtmel製品の販売と関連して承諾される何れの知的所有権も禁反言あるいはその逆によって明示的または暗示的に承諾されるものではありません。Atmelのウェブサイトには位置する販売の条件とAtmelの定義での詳しい説明を除いて、商品性、特定目的に関する適合性、または適法性の暗黙保証に制限せず、Atmelはそれらを含むその製品に関連する暗示的、明示的または法令による如何なる保証も否認し、何ら責任がないと認識します。たとえAtmelがそのような損害賠償の可能性を進言されたとしても、本資料を使用できない、または使用以外で発生する(情報の損失、事業中断、または利益の損失に関する制限なしの損害賠償を含み)直接、間接、必然、偶然、特別、または付随して起こる如何なる損害賠償に対しても決してAtmelに責任がないでしょう。Atmelは本資料の内容の正確さまたは完全性に関して断言または保証を行わず、予告なしでいつでも製品内容と仕様の変更を行う権利を保留します。Atmelはここに含まれた情報を更新することに対してどんな公約も行いません。特に別の方法で提供されなければ、Atmel製品は車載応用に対して適当ではなく、使用されるべきではありません。Atmel製品は延命または生命維持を意図した応用での部品としての使用に対して意図、認定、または保証されません。

© Atmel Corporation 2005. 不許複製 Atmel®、ロコとそれらの組み合わせ、AVR®とその他はAtmel Corporationの登録商標または商標またはその付属物です。他の用語と製品名は一般的に他の商標です。

© HERO 2021.

本応用記述はAtmelのAVR480応用記述(doc7559.pdf Rev.7559B-12/05)の翻訳日本語版です。日本語では不自然となる重複する形容表現は省略されている場合があります。日本語では難解となる表現は大幅に意識されている部分もあります。必要に応じて一部加筆されています。頁割の変更により、原本より頁数が少なくなっています。

必要と思われる部分には()内に英語表記や略称などを残す形で表記しています。

青字の部分はリンクとなっています。一般的に赤字の0,1は論理0,1を表します。その他の赤字は重要な部分を表します。