

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4618890号
(P4618890)

(45) 発行日 平成23年1月26日(2011.1.26)

(24) 登録日 平成22年11月5日(2010.11.5)

(51) Int.Cl.

HO2P 6/16 (2006.01)

F 1

HO2P 6/02 371N

請求項の数 12 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2000-575211 (P2000-575211)
 (86) (22) 出願日 平成11年7月23日 (1999.7.23)
 (65) 公表番号 特表2002-528029 (P2002-528029A)
 (43) 公表日 平成14年8月27日 (2002.8.27)
 (86) 國際出願番号 PCT/EP1999/005282
 (87) 國際公開番号 WO2000/021189
 (87) 國際公開日 平成12年4月13日 (2000.4.13)
 審査請求日 平成18年7月11日 (2006.7.11)
 (31) 優先権主張番号 198 45 626.3
 (32) 優先日 平成10年10月5日 (1998.10.5)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 598144281
 エーベーエムーパブスト ザンクト ゲオ
 ルゲン ゲーエムペーハー ウント コー
 . カーゲー
 ドイツ連邦共和国、D-78112 ザン
 クト ゲオルゲン、ヘルマンーパブストー
 シュトラーセ 1
 (74) 代理人 100080816
 弁理士 加藤 朝道
 (74) 代理人 100098648
 弁理士 内田 深人
 (74) 代理人 100080229
 弁理士 石田 康昌

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電子コミュニケーション式モータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ステータと、ロータ(39)と、モータのコミュニケーションを制御するのに用いる、プログラム制御されるマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ(11)（以下マイクロプロセッサと称する）とを有する電子コミュニケーション式モータであって、

ロータは、モータ作動時、複数のコミュニケーション角度領域を通過して回転し、該角度領域の各々においてロータが当該各角度領域を通過するとき1つのコミュニケーションが行われ、

各コミュニケーションの前に以下が実行される：

a) 当該コミュニケーションが実行されるべき関連付けられた以降のコミュニケーション角度領域と所与の角度関係を有する測定角度領域を通過するロータの回転、その際、ロータが該領域を通過して回転するのに必要な持続時間(t_H)に関する測定角度領域データが検出される；

b) 前記持続時間(t_H)から数値(t_ZW)を減算することにより第1時間間隔(t_{TI})が計算される計算領域を通過するロータの回転、但し、該数値はコミュニケーションの所望の進角時間の大きさによって決定される；

c) 前記第1時間間隔(t_{TI})に対応する時間が測定される時間測定ステップ、該ステップは前記関連付けられたコミュニケーション角度領域に関連付けられたロータの所与の角度方向に開始する；

d) 前記時間測定ステップの終了の際にトリガされる割込ルーチン、該割込ルーチンは

、モータが定常状態で作動しているとき、前記関連付けられたコミュニケーション角度領域の間に、時間進角されたコミュニケーションを制御するよう作用する。

【請求項 2】

モータ制御割込ルーチンは、検出された持続時間に依存する第1時間間隔(t_{TI})が、ロータが所与の角度経路を通過するのに実際に必要とする時間より大きい場合、コミュニケーションが作用を及ぼされることを阻止するプログラムステップを含む、

請求項1に記載のモータ。

【請求項 3】

所与のロータ位置においてロータ位置依存割込ルーチンをトリガする装置を更に含む、
請求項2に記載のモータ。

10

【請求項 4】

前記持続時間(t_{H})を検出するため、ロータ位置依存割込ルーチンにより制御可能なタイマが設けられる、

請求項3に記載のモータ。

【請求項 5】

前記タイマは、前記モータ制御割込ルーチンをトリガするようにも構成されている、
請求項4に記載のモータ。

【請求項 6】

前記タイマには、ロータ位置依存割込の間に、所与の第1計数値がロード可能であり、
該第1計数値は、検出された持続時間に依存する第1時間間隔(t_{TI})に相応し、

20

前記所与の第1計数値を計数した後、モータ制御割込が実行される、

請求項5に記載のモータ。

【請求項 7】

ロータ位置依存割込は、モータ制御割込よりも高い優先度を有する、
請求項3に記載のモータ。

【請求項 8】

作動時にタイマ値を生成する前記タイマには、モータ制御割込の間に、所与の計数値がロード可能であり、

当該ロード過程に統いて次のロータ位置依存割込まで計数を行うことにより、所与の計数値と次のロータ位置依存割込に達した際のタイマ値との差を形成することによって、これらの割込過程間の時間差を検出する、

30

請求項4に記載のモータ。

【請求項 9】

所与の計数値をロードするためにオートリロードレジスタを更に含み、
該オートリロードレジスタは、所与の第1計数値を記憶し、該計数値をモータ制御割込の間に所与の計数値としてタイマに供給する、

請求項8に記載のモータ。

【請求項 10】

ステータ(38)と、ロータ(39)と、モータ(M)のコミュニケーションを制御するために用いる、プログラム制御されるマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ(11)(以下、マイクロプロセッサと称する)と、ロータ位置発生器(40, 41)とを有する電子コミュニケーション式モータであって、

40

前記ロータ位置発生器の出力信号は、マイクロプロセッサ(11)による評価のために、該マイクロプロセッサの割込能力のある入力端子に供給され、該マイクロプロセッサで処理され、

マイクロプロセッサの少なくとも1つの出力端子にて、ロータ位置発生器(40, 41)の信号に対してシフト時間だけシフトされた制御信号(OUT1, OUT2)をモータの時間進角されたコミュニケーションのために送出し、

前記シフト時間の持続時間は回転数の所与の関数であり、

マイクロコントローラ(11)は割込能力のあるタイマ(CNT_HL)を少なくとも

50

1つ有し、

該タイマによって、制御信号の出力として機能するマイクロプロセッサの少なくとも1つの出力を制御する、

ことを特徴とする電子コミュニケーション式モータ。

【請求項 1 1】

タイマ (C N T _ H L) には所与の状態の際に自動的に値 (t _ A R) が後ロードされ、該タイマは新たにスタートされる、

請求項 1 0 記載の電子コミュニケーション式モータ。

【請求項 1 2】

マイクロプロセッサは、ロータ位置発生器 (4 0 , 4 1) の信号 (H A L L) の各変化の際に割込をトリガし、

当該モータにおいてはタイマ (C N T _ H L) と割込がホール長 (H L) の測定に使用される、請求項 1 0 または 1 1 記載の電子コミュニケーション式モータ。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【技術分野】

本発明は、電子コミュニケーション式モータ、とりわけ「早期点火」を行う電子コミュニケーション式モータに関する。早期点火とは、コミュニケーション（転流ないし整流）を、通常は回転数に依存して早期の時点にシフトさせることと理解されたい。もちろん電気モータでは「点火」されるわけではないが、そのわかりやすさから実際には（自動車技術から借用された）この概念が好んで使用され、従って「点火角シフト」と称される。従ってこの概念を、これが科学的には完全に正しいわけではないにしても以下で使用する。

【 0 0 0 2 】

【従来技術についての問題点】

早期点火を行う電子コミュニケーション式モータは例えば D E - A 1 9 7 0 0 4 7 9 . 2 (intern: D 2 0 1 i) から公知である。ここではコミュニケーションの精度が多くの場合に對して十分ではなく、プログラムを設定されたタイムスケームにしたがって実行しなければならない。しかしこのことは面倒であり、プロセッサの計算能力が、多くの場合不満足にしか使用されない。コミュニケーション過程はまた時間的にかなり変動する。このことはこのようなモータの騒音を高める。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

従って本発明の課題は、新たな電子コミュニケーション式モータ、およびこのようなモータの駆動方法を提供することである。

【 0 0 0 4 】

【解決手段】

この課題は本発明の第 1 側面によれば、請求項 1 記載の電子コミュニケーション式モータによって解決される。このようなモータはとりわけ高回転数で比較的良好な効率により動作する。なぜなら、コミュニケーションを回転数が上昇するとますます早期にシフトすることができるからである。割込ルーチンの使用によってコミュニケーション過程を時間的に正確に制御することができ、ひいてはモータの回転が静肅になる。

【 0 0 0 5 】

前記課題の別の解決手段は、請求項 1 1 記載の本発明の方法によって得られる。第 1 の時間の経過に續いてさらに第 2 の時間を測定することによって、この 2 つの時間と場合により補正係数を加算することにより非常に簡単に、モータの回転数に実質的に反比例する時間量が得られる。この時間量は後続のコミュニケーション過程において、更新された時間量として第 1 の時間に対する新たな数値を計算するのに使用できる。

【 0 0 0 6 】

ここで請求項 1 7 によればこの時間量は有利には、ロータ回転が第 1 および第 2 の時間の測定よりも後にあるコミュニケーション過程に対して使用する。なぜならこの場合に特に静

10

20

30

40

50

肅なモータの回転が得られるからである。例えば時間量が 0° e1 から 180° e1 の回転角領域で測定されるなら、この時間量は1回転後でのコミュニケーションの制御に対する基礎とすることができる。というのもこのコミュニケーションはほぼ同じ角度領域 0° e1 から 180° e1 で行われるからである。

【0007】

特に有利には、少なくとも1つの時間的にクリティカルでない方法ステップをサブルーチンとして構成する。このサブルーチンはプログラム実行中に、そのための処理時間が使用可能であるとき呼び出される。このことにより、固定タイムスケームによるプログラムとは異なり、プロセッサのリソースを最適に使用することができる。なぜならこの方法手段では、プロセッサが丁度することができないときにサブルーチンが処理されるからである。

10

【0008】

ここに、本発明の実施の形態をまとめて示す。

(形態1) ステータと、ロータと、モータのコミュニケーションを制御するのに用いる、プログラム制御されるマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ(以下マイクロプロセッサと称する)とを有する電子コミュニケーション式モータであって、

ロータは、モータ作動時、複数のコミュニケーション角度領域を通過して回転し、該角度領域の各々においてロータが当該各角度領域を通過するとき1つのコミュニケーションが行われ、

各コミュニケーションの前に以下が実行される：

a) 当該コミュニケーションが実行されるべき関連付けられた以降のコミュニケーション角度領域と所与の角度関係を有する測定角度領域を通過するロータの回転、その際、ロータが該領域を通過して回転するのに必要な持続時間に関する測定角度領域データが検出される；

20

b) 前記持続時間から数値を減算することにより第1時間間隔が計算される計算領域を通過するロータの回転、但し、該数値はコミュニケーションの所望の進角時間の大きさによって決定される；

c) 前記第1時間間隔に対応する時間が測定される時間測定ステップ、該ステップは前記関連付けられたコミュニケーション角度領域に関連付けられたロータの所与の角度方向に開始する；

d) 前記時間測定ステップの終了の際にトリガされる割込ルーチン、該割込ルーチンは、モータが定常状態で作動しているとき、前記関連付けられたコミュニケーション角度領域の間に、時間進角されたコミュニケーションを制御するよう作用する。(第1の視点)。

30

(形態2) 上記形態1のモータにおいて、モータ制御割込ルーチンは、検出された持続時間に依存する第1時間間隔が、ロータが所与の角度経路を通過するのに実際に必要とする時間より大きい場合、コミュニケーションが作用を及ぼされることを阻止するプログラムステップを含むことが好ましい。

(形態3) 上記形態2のモータにおいて、所与のロータ位置においてロータ位置依存割込ルーチンをトリガする装置を更に含むことが好ましい。

(形態4) 上記形態3のモータにおいて、前記持続時間を検出するために、ロータ位置依存割込ルーチンにより制御可能なタイマが設けられることが好ましい。

40

(形態5) 上記形態4のモータにおいて、前記タイマは、前記モータ制御割込ルーチンをトリガするようにも構成されていることが好ましい。

(形態6) 上記形態5のモータにおいて、前記タイマには、ロータ位置依存割込の間に、所与の第1計数値がロード可能であり、該第1計数値は、検出された持続時間に依存する第1時間間隔に相応し、

前記所与の第1計数値を計数した後、モータ制御割込が実行される、ことが好ましい。

(形態7) 上記形態3のモータにおいて、ロータ位置依存割込は、モータ制御割込よりも高い優先度を有することが好ましい。

(形態8) 上記形態4のモータにおいて、作動時にタイマ値を生成する前記タイマには、モータ制御割込の間に、所与の計数値がロード可能であり、

50

当該ロード過程に続いて次のロータ位置依存割込まで計数を行うことにより、所与の計数値と次のロータ位置依存割込に達した際のタイマ値との差を形成することによって、これらの割込過程間の時間差を検出することが好ましい。

(形態9) 上記形態8のモータにおいて、所与の計数値をロードするためにオートリードレジスタを更に含み、

該オートリードレジスタは、所与の第1計数値を記憶し、該計数値をモータ制御割込の間に所与の計数値としてタイマに供給することが好ましい。

(形態10) 電子コミュニケーション式モータを回転数に依存してコミュニケーションするための方法であって、該モータはステータとロータとを有し、さらにモータのコミュニケーションの制御に用いる、プログラム制御されるマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ(以下、マイクロプロセッサと称する)を有する形式のものである方法において、a) ロータの回転数に実質的に反比例する時間量を検出し；b) 該時間量から所定の計算規則に従って計数値を計算し；c) 所定の第1のロータ位置から始めて、前記計算された計数値に相応する第1の時間を測定し；d) 該第1の時間が経過した後、コミュニケーションをトリガし；e) これに続いて所定の第2のロータ位置に達するまでの第2の時間を測定し；f) 第1の時間と第2の時間を加算し、その和を少なくとも1つの補正係数により補正し又は補正することなく、モータの回転数に実質的に反比例する時間量として使用することを特徴とする(第2の視点)。

(形態11) 上記形態10の方法において、前記所定の計算規則は減算ステップを有し、該減算ステップでは、ロータの回転数に実質的に反比例する時間量から所定の時間を減算することが好ましい。

(形態12) 上記形態10又は11の方法において、前記計算された計数値に相応する第1の時間が、所定の第1のロータ位置と所定の第2のロータ位置との時間間隔よりも大きい場合、当該2つのロータ位置間の時間間隔を直接検出し、モータの回転数に実質的に反比例する時間量として用いることが好ましい。

(形態13) 上記形態10～12の方法において、モータの回転数に実質的に反比例する時間量を最小回転数に相応する所定の値と比較し、比較結果に相応する論理値を中間記憶し、当該論理値が所定の値である場合、第1の時間の経過後に行われるコミュニケーションのトリガを抑圧することが好ましい。

(形態14) 上記形態10～13の方法において、所定のロータ位置に達する際、ロータ位置に依存する割込を割込ルーチンにより実行し、当該割込ルーチンの開始時に、時間測定に用いるタイマを停止し、その瞬時値を変数に記憶することが好ましい。

(形態15) 上記形態14の方法において、ロータ位置に依存する割込ルーチンでは、時間測定に用いるタイマに、その停止より時間的に後で、所定の計算規則に従って前もって計算された計数値をロードし、そしてスタートさせることが好ましい。

(形態16) 上記形態14又は15の方法において、時間測定に用いるタイマの停止とそのスタートの間の時間間隔を補正係数として、モータの回転数に実質的に反比例する時間量を検出する際に使用することが好ましい。

(形態17) 上記形態10～16の方法において、所定の第1ロータ位置から測定され、計算された計数値に相応する第1の時間を、該第1の時間の実際の測定が行われる時点よりもほぼロータ1回転前の時点で検出された、ロータの回転数に実質的に反比例する時間量から計算することが好ましい。

(形態18) 上記形態10～17の方法において、時間的にクリティカルでない少なくとも1つの方法ステップをサブルーチンとして構成し、該サブルーチンは、プロセッサ時間が使用可能であるときプログラム経過に呼び出されることが好ましい。

(形態19) 上記形態18の方法において、モータの回転数に実質的に反比例する時間量の計算と、第1の時間の測定の基礎となる計数値の計算とを前記のようなサブルーチンで行なうことが好ましい。

(形態20) 上記形態10～19の方法において、計算に必要な少なくとも1つのパラメータを、モータに配属された不揮発性メモリからマイクロプロセッサのRAMにロー

10

20

30

40

50

ドすることが好ましい。

(形態21) 上記形態20の方法において、不揮発性メモリにはバスが配属されており、該バスを介して少なくとも1つのパラメータが不揮発性メモリで変更可能であることが好ましい。

(形態22) ステータとロータと、モータのコミュニケーションの制御に用いる、プログラム制御されるマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ（以下、マイクロプロセッサと称する）とを有する電子コミュニケーション式モータにおいて、少なくとも1つの所定のロータ位置で、タイマが所定のスタート値によりスタートし、該タイマは、スタート値に依存する時間の経過後、割込をマイクロプロセッサのプログラムにおいてトリガし、当該割込中にモータのコミュニケーションが行われることを特徴とする（第3の視点）。

(形態23) 上記形態22のモータにおいて、タイマのスタート値は回転数に依存する時間の関数であり、当該時間は、ロータがコミュニケーションに先行する時間領域において所定の回転角度だけ回転するのに要した時間であることが好ましい。

(形態24) 上記形態23のモータにおいて、スタート値を計算するために、所定の時間を回転数に依存する時間から減算することが好ましい。

(形態25) 電子コミュニケーション式モータにおける回転数に依存する量を検出する方法であって、該モータは、ステータと、永久磁石ロータと、該ロータにより制御される電流磁気(galvanomagnetisch)型センサと、マイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ（以下、マイクロプロセッサと称する）と、該マイクロプロセッサに配属された制御プログラムと、タイマとを有する形式のものである方法において、a)電流磁気型センサの出力信号を矩形信号に変換し；b)該矩形信号の所定の信号変化をマイクロプロセッサにより検出し、制御プログラムによりそれぞれロータ位置に依存する割込に変換し；c)ロータ位置に依存する割込の際に、タイマの第1の計数状態を保持し；d)後続のロータ位置に依存する割込の際に、タイマの第2の計数状態を保持し；e)前記2つの計数状態の差から回転数に依存する量として、ロータが所定の回転角度を回転通過するのに必要とする時間に相応する値を検出することを特徴とする（第4の視点）。

(形態26) ステータと、ロータと、モータのコミュニケーションを制御するために用いる、プログラム制御されるマクロプロセッサまたはマイクロコントローラ（以下、マイクロプロセッサと称する）と、ロータ位置発生器とを有する電子コミュニケーション式モータであって、前記ロータ位置発生器の出力信号は、マイクロプロセッサによる評価のために、該マイクロプロセッサの割込能力のある入力端子に供給され、該マイクロプロセッサで処理され、マイクロプロセッサの少なくとも1つの出力端子にて、ロータ位置発生器の信号に対してシフト時間だけシフトされた制御信号をモータのコミュニケーションのために送出し、前記シフト時間の持続時間は回転数の所定の関数であることを特徴とする電子コミュニケーション式モータ（第5の視点）。

(形態27) 上記形態26の電子コミュニケーション式モータにおいて、マイクロコントローラは割込能力のあるタイマを少なくとも1つ有し、該タイマによって、制御信号の出力として機能するマイクロプロセッサの少なくとも1つの出力を制御することが好ましい。

(形態28) 上記形態27の電子コミュニケーション式モータにおいて、タイマには所定の状態の際に自動的に値が後ロードされ、該タイマは新たにスタートされることが好ましい。

(形態29) 上記形態26又は27の電子コミュニケーション式モータにおいて、マイクロプロセッサは、ロータ位置発生器の信号の各変化の際に割込をトリガし、当該モータにおいてはタイマと割込がホール長の測定に使用されることが好ましい。

(形態30) ステータと、ロータと、モータのコミュニケーションを制御するのに用いる、プログラム制御されるマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ（以下マイクロプロセッサと称する）とを有する電子コミュニケーション式モータであって、ロータの回転数に実質的に反比例する時間量を検出するための装置と、前記時間量に依存する時間を計算するための装置と、モータ制御割込ルーチンを所定のロータ位置からの時間間隔でト

10

20

30

40

50

リガするための装置とを有し、前記時間間隔は、検出された時間量に依存する時間に相応し、前記モータ制御割込ルーチンは、モータのコミュニケーションに作用を及ぼす (Bewirken) プログラムステップを含むことを特徴とする電子コミュニケーション式モータ。

(形態 31) 上記形態 30 のモータにおいて、モータ制御割込ルーチンは、検出された時間量に依存する時間が、モータが実際に所定の角度経路を通過するのに必要な時間より大きい場合、コミュニケーションへ作用を及ぼすことを阻止するプログラムステップを含むことが好ましい。

(形態 32) 上記形態 31 のモータにおいて、ロータ位置に依存する割込ルーチンを所定のロータ位置でトリガする装置を有することが好ましい。

(形態 33) 上記形態 32 のモータにおいて、ロータの回転数に実質的に反比例する時間量を検出するために、ロータ位置に依存する割込ルーチンにより制御可能なタイマが設けられていることが好ましい。

(形態 34) 上記形態 33 のモータにおいて、タイマはモータ制御割込ルーチンをトリガするようにも構成されていることが好ましい。

(形態 35) 上記形態 34 のモータにおいて、タイマには、ロータ位置に依存する割込の間に第 1 の所定の計数値がロード可能であり、該計数値は、検出された時間量に依存する時間間隔に相応し、前記第 1 の所定の計数値を計数した後、モータ制御割込が作用を及ぼすことが好ましい。

(形態 36) 上記形態 30 ~ 35 のモータにおいて、ロータ位置に依存する割込はモータ制御割込よりも高い優先度を有することが好ましい。

(形態 37) 上記形態 33 ~ 36 のモータにおいて、タイマには、モータ制御割込の間に所定の計数値がロード可能であり、当該ロード過程に続いてロータ位置に依存する次の割込まで計数が行われ、これにより所定の計数値と、ロータ位置に依存する次の割込に達した際の計数状態との差を形成することによって、当該割込過程間の時間間隔が検出されることが好ましい。

(形態 38) 上記形態 37 のモータにおいて、前記所定の計数値をロードするためにオートリロードレジスタが設けられており、該オートリロードレジスタは第 1 の所定の計数値を記憶し、タイマにモータ制御割込の間に所定の計数値として供給することが好ましい。

本発明のさらなる詳細および有利な改善形態は以下の説明および図面に示された実施例、並びに従属請求項から明らかとなる。しかし実施例は本発明の限定として理解すべきではない。

【0009】

電子コミュニケーション式モータ (ECM) の概観

図 1 は、本発明の電子コミュニケーション式モータ (ECM) の有利な実施例の概略図である。このモータは、マイクロコントローラ (μ C) 11ないしマイクロプロセッサによって制御される。実施例で使用される μ C 11 (COP842CJ) の端子が図 2 に例として示されている。

【0010】

μ C 11 で実行されるプログラムは機能マネージャによって構造化される。この機能マネージャについては後で図 17 と図 18 に基づき説明する。

【0011】

μ C 11 は機能 "CTL EEPROM" 24 を介して不揮発性メモリ、ここでは EEPROM 26 にアクセスし、このメモリから μ C は動作パラメータを RAM 25 にロードする。 μ C はまた動作パラメータを RAM 25 および EEPROM 26 に記憶することができる。 μ C 11 は通信機能 COMM 28 とバスインターフェース 30 を介してデータを送受信することができる。受信されたデータを μ C はモータ制御のために使用し、または RAM 25 または EEPROM 26 に記憶することができる。EEPROM 26 とバスインターフェース 30 は図 16 に示されている。

【0012】

10

20

30

40

50

簡単な例として図1には、ただ1つの相巻線38を有する電子コミュニケーション式モータが示されている。このようなモータは例えばDE2346380Cに開示されている。この相巻線38の通電はトランジスタ段(ユニット)36により行われる。 μ C11の出力OUT1とOUT2は、Hブリッジ37として接続されたn-p-n型トランジスタ141, 142, 143, 144を制御する。OUT1がHIGHに、かつOUT2がLOWにセットされているか、またはその反対であるかに応じて、電流は固定子巻線38を通って一方または他方の方向に流れる。もちろん本発明は同じように、いずれの形式の電子コミュニケーション式モータにも、例えば3相モータ等にも適するものである。これは単なる実施例である。

【0013】

10

コミュニケーションは電子的に行われる。このために永久磁石ロータ39の位置がホールセンサ40を介して検出され、電子ホール回路41(これについては図3で詳細に説明する)を介して信号HALLに処理され、駆動機能部(ユニット)AF42にさらに供給される。この駆動機能部はホール割込ルーチンHIR(図8, 9)、タイマ割込ルーチンTIR(図11)、点火角計算ルーチンZWR(図10)、およびタイマCNT_HLを有する。タイマCNT_HLはこの実施例では、使用される μ C11の構成部材であるが、別個の構成部材とすることもできる。タイマは時間を高精度に測定するために使用し、 μ C11の命令によって制御可能である。

【0014】

20

駆動機能部42は、トランジスタ段36の正確なコミュニケーションと、例えばトランジスタ段36が過負荷される際の確実な駆動を行う。点火角シフトが行われない場合のコミュニケーションが図4に示されている。点火角シフトを行う場合のコミュニケーションは図6から図14(B)および図23に示されている。

【0015】

30

回転数制御器RGL43は実施例ではモータ回転数を制御する。(もちろんモータMは回転数制御器43なしでも駆動することができる。)回転数制御は例えばパルス幅変調発生器(PWM発生器)34により、またはブロック制御(Blocksteuerung)を介して行うことができる。ブロック制御は60に破線によって示されている。ブロック制御については例としてDE4441372.6(intern:D183i)を参照されたい。この刊行物はこのようなブロック制御の例を示している。

【0016】

PWM発生器34は三角波発生器35、制御電圧形成部45およびコンパレータ120を有し、図15に詳細に示されている。本発明はもちろん、回転数制御を行わないECMでも適用することができる。

【0017】

電流制限部“ $I < I_{max}$ ”44は、電流がただ1つの相巻線38で過度に大きくなる場合に、出力段36の通電を緩和する。これは例えばモータの始動時である。電流制限部44は図15に詳細に示されている。

【0018】

40

本明細書の終わりに、実施例の個々の図面で使用される電子構成素子に対する有利な値が示されるので、これを参照されたい。

【0019】

図2は、実施例で使用されるNational Semiconductors社のCOP842CJ型マイクロコントローラ(μ C)11のピン配列を示す。 μ C11内の説明はこのメーカーの説明に相応し、外側のそれぞれの線路の説明は専ら本明細書で使用される符号である。位置を表すために左上に四分円のマークが付されており、これ以降の図面にも示される。

【0020】

50

図3は、ホール回路41に対する構成部材の詳細な回路図である。このホール回路はホールセンサ40の信号を処理する。さらにクロック入力端子CK0とCK1の接続およびリセット入力端子RESの接続が示されている。その他の構成部材は図3には示されていない。

い。

【0021】

水晶発振子 97 が μ C11 の端子 CK0 と CK1 (図3 参照) に接続されている。この水晶発振子は例えば 10 MHz のクロック周波数を設定する。リセット入力端子 Res (図3) はコンデンサ 99 を介してアースと、また抵抗 101 を介して +Vcc と接続されている。これら 2 つの構成素子は通常のようにスイッチオン時にパワーアップリセットを形成する。

【0022】

ホール発生器 40 は電流供給のために抵抗 106 を介して +Vcc およびアース 100 と接続されている。その出力信号 uH はコンパレータ 110 の 2 つの入力端子に供給され、コンパレータの Vcc 入力端子にはろ波コンデンサ 110 が配属されている。コンパレータ 108 の出力端子はフィードバック抵抗 112 を介してコンパレータ 108 の非反転入力端子と、またいわゆるブルアップ抵抗 114 を介して +Vcc と接続されている。さらにコンパレータ 108 の出力端子は μ C11 のポート HALL (図3) に直接接続されている。これによりこのポートで、ロータマグネット 39 (図2) により制御される矩形信号 HALL が得られる。

10

【0023】

ホールセンサ 40 の信号およびコミュニケーション

図4は、信号 HALL (図3) と、「点火角シフト」が使用されない場合の所属のコミュニケーションの線図である。点火角シフトが使用されないので、コミュニケーションは信号 HALL により直接制御される。

20

【0024】

信号 HALL は、理想的な場合、 180° e1 のロータ回転の間、値 HALL = 0 を有し、引き続く 180° e1 の回転の間、値 HALL = 1 を有する。HALL = 1 から HALL = 0 への各変化、またはその反対の各変化は μ C11 での割込過程に作用する (作用を及ぼす)。この割込過程は図4の HALL - INT の欄に Y によって示されている。

【0025】

2つのホール変化間の時間、例えば時点 t_O と t_E との間の時間を以下、ホール長 HL またはホール時間 t_H と称し、図4には実際ホール長 HL として示されている。ホール長はモータの回転数に対する尺度である。これが短ければ短いほど、ロータ 39 (図1) の回転数は高い。(実際値とは、モータで測定された瞬時値である。)

30

【0026】

固定子巻線の通電はこの実施例では μ C11 の出力信号 OUT1 と OUT2 によって制御される (図1と図2)。これらの信号は図4に低回転数の場合の例として示されており、図23にも示されている。

【0027】

OUT1 が 1 (HIGH) であり、OUT2 が 0 (LOW) であれば、電流は (図1) プラス電圧 U_N からトランジスタ 144, 固定子巻線 38, トランジスタ 141 および測定抵抗 140 を介してアースへ流れる。

40

【0028】

これに対して OUT1 が 0 であり、OUT2 が 1 であれば、電流 (図1) はプラス電圧 U_N からトランジスタ 142 を介して、固定子巻線を反対方向に通り、トランジスタ 143 と測定抵抗 140 を介してアースへ流れる。固定子巻線 38 はこの場合、反対に通電される。

【0029】

点火角シフトが行われない場合、信号 HALL が変化する個所で、すなわち HALL 割込 Y において 2 つの値 OUT1 と OUT2 が μ C11 によって短時間ゼロにされる。これは例えば $50 \mu s$ であり、4つ全てのトランジスタ 141 ~ 144 が短時間阻止され、ブリッジ 37 での短絡が回避される。このことは図4に示されている。

【0030】

50

図4でのコミュニケーションに対する単純なホール割込が後の図22に示されている。

【0031】

回転数とホール長との関係

ホール長 HL が図4に示されている。回転数 n との関係を以下に示す。この関係はロータ39の極数 P の関数である。

【0032】

ホール長 HL' を秒で測定すれば、

$$HL' = T / P \quad (1)$$

が成り立つ。ここで

T = ロータ回転の持続時間(秒)

P = ロータ39の極数である。

10

【0033】

回転数を回転数/分で測定すれば、

$$HL' = 60 / (n \times P) \quad (2)$$

が成り立つ。ここで

n = 毎分の回転数、

P = ロータ39の極数である。

【0034】

ホール長 HL はこの実施例では μs で存在し、 HL' は秒であるから、 HL' を HL に再正規化する。

20

$$HL = 1000000 HL' \quad (3)$$

$P = 4$ 、すなわち4極に対しては

$$HL = 15000000 / n \quad (4)$$

反対に $P = 4$ であれば

$$n = 15000000 / HL \quad (5)$$

ここで

n = 毎分の回転数、

HL = μs でのホール長である。

【0035】

$n = 2870 \text{ min}^{-1}$ の回転数は、例えば4極ロータの場合、

30

$HL = 15000000 / 2870 = 5226 \mu s$ のホール長 HL に相当する。プロセッサ内部の16進表現ではこれは $0 \times 146A$ である(16進は先行桁の $0 \times$ によって示される)。

【0036】

点火角シフト

図1のモータでは、ロータ位置センサ40がステータのポールギャップ、すなわち $0^\circ e1$ に配置されており、信号 $HALL$ の変化は $0^\circ e1$ 、 $180^\circ e1$ 、 $360^\circ e1$ 等で形成される。これが図4に例として示されている。ホール発生器のこのような構成については、例としてDE-A19700479.2(Intern:D201i)、図1、部分(ないし部材)25を参照されたい。

40

【0037】

しかしモータが高速回転する際には、出力および効率の最適化が必要であり、電流の固定子巻線38におけるコミュニケーションをホール信号の変化前に実行すべきである。すなわち図4では時間的に t_0 と t_E の前で実行すべきである。このことは早期点火または進角点火と称することができる。このためにロータ位置センサ40をモータ39のステータに対して相対的にずらすことも可能であろう。しかしモータは通常、両方向に回転すべきであり、早期点火は両方向で回転数の上昇と共に増大すべきであるので、このようなことは役立たない。

【0038】

従って点火角シフトは電子的に制御される。このためにすでに説明した16ビットタイマ

50

CNT_HL (図1) が使用される。タイマCNT_HL には各ホール割込Yの際に(前に説明した)スタート値 t_{TI} がロードされ、続いて値0に達するまでカウントダウンされる。ゼロに達するとタイマCNT_HL は $\mu C 11$ でいわゆるタイマ割込をトリガし、タイマには自動的にいわゆるオートリロードレジスタAR(同様に $\mu C 11$ 内にある)の内容 t_{AR} が後ロード(追ロード)され、新たにスタートする。図11のS302を参照。

【0039】

ホール割込Yの際にタイマCNT_HL は、コミュニケーションを実行すべき時点でゼロに達し、これにより割込をトリガするように調整される。このタイマ割込が図5に T_N 、 T_{N+1} 等によって示されており、ホール割込は H_N 、 H_{N+1} 等によって示されている。

10

【0040】

タイマの動作は使用される μC によって設定される。この μC はタイマを含んでいる。ここでは場合により、タイマを μC のレジスタを介してコンフィギュレーションすることもできる。可能なコンフィギュレーションは例えば0に達した際の割込のトリガ、または0に達した際のタイマの自動再ロードである。

【0041】

付加的にここではタイマCNT_HL を有利にはホール長HL(図4)の測定に使用することができる。これは図5に t_{HN} により示されている。

【0042】

図5は、タイマスタート値 t_{TI} の計算を示す。示されているのは信号HALL、ホール割込 H_{N-1} 、 H_N 等、タイマ割込 T_{N-1} 、 T_N 等、ホール長 t_{HN-1} 、 t_{HN} 等である。信号HALLは $\mu C 11$ の入力端 H_{a11} (図2)に印加される。またホール長 t_{HN-1} 、 t_{HN} 等は実施例では、4極ロータ39が1/4回転、すなわち 180° に必要な時間を表す。

20

【0043】

ホール長HLとホール時間 t_{H} の概念は以下、同義に使用する。ホール時間 t_{HN+1} はそれぞれホール割込 H_N 後にこれを含まず始まり、後続のホール割込 H_{N+1} によりこれを含んで終了する。ホール割込およびタイマ割込には、これが生じるホール時間に従って番号が付される。つまりホール時間 t_{HN} にはタイマ割り込み T_N と、-この時間の終了時に-ホール割込 H_N が所属する。

30

【0044】

信号HALLの下に図5ではタイマCNT_HL の値がプロットされている。それぞれの値の間でタイマCNT_HL はカウンタダウンする。例えば t_{TI} から0までの時間310と、 t_{TI} から t_E までの時間312である。

【0045】

ホール時間 t_{HN+2} に対するタイマスタート値 t_{TI} は、この実施例ではホール長 t_{HN} から計算される。このことは300に象徴的に示されており、ホール時間 t_{HN+1} の間に値 t_{TI} が次式に従って計算される:

$$t_{TI} := t_{HN} - t_{ZW} \quad (6)$$

すなわち、ホール長 t_{HN} から(一定の)点火角時間 t_{ZW} が減算される。同じようにホール時間 t_{HN+3} に対する t_{TI} はホール長 t_{HN+1} から計算される。このことは301に象徴的に示されている。

40

【0046】

このようにして時点 T_N 、 T_{N+1} 、 T_{N+2} 等でコミュニケーションされる。 T_N は時間 t_{ZW} だけ H_N より早い時点にある。すなわちコミュニケーションは進まされる。同様に T_{N+1} は H_{N+1} より早期にある。時点 T_N 、 T_{N+1} 等は上に向いた矢印によって示されている。

【0047】

次に図19から図21に基づいて、4極ロータ39においてどのように非常に有利に、例えばコミュニケーション時点 T_{N+4} を時間的に先行するホール長 t_{HN} により決定することができ、これによりモータの特に静肅な回転が得られるのかを説明する。この変形は図5

50

に 304 によって示されており、一点鎖線 306, 308 により象徴されている。6 極ロータの場合は同様に、コミュニケーション時点 T_{N+6} がホール長 t_{-H_N} によって定められる。

【0048】

図6と図7は、ホール長 t_{-H} をタイマ CNT_HL により測定する際に発生し得る2つの可能な場合を示す。

【0049】

示されているのは、 μ C11の入力端 H a l 1 (図2)に印加される信号 H A L L、ホール割込 H_N と H_{N+1} 、タイマ割込 T_{N+1} (図7) であり、図7Aの時間軸にはタイマ CNT_HL のスタート値 t_{-B} とストップ値 t_{-E} が示されている。これらの値は、次のホール時間 $t_{-H_{N+2}}$ 中に初めて実行されるホール長 $t_{-H_{N+1}}$ の計算の際に使用される。 t_{-B} は(前に説明した)ホール割込 H_N の際のタイマ CNT_HL のスタート値 t_{-T_I} に相当し、 t_{-E} はホール割込 H_{N+1} の際のタイマ CNT_HL のストップ値に相当する。

10

【0050】

2つの場合が発生し得る。

【0051】

第1の場合(図6)は、モータが強く加速し、ホール割込 H_{N+1} が、タイマ CNT_HL が値0に達する前に発生する場合である。この場合、ホール割込 H_{N+1} によりトリガされるホール割込ルーチンでタイマ CNT_HL のストップ値が t_{-E} に記憶され(図8Aの S202)、モータがコミュニケーションされ、タイマ CNT_HL およびオートリロードレジスタ AR に新たにホール長 $t_{-H_{N+1}}$ から計算された値(図5)がロードされ、タイマ CNT_HL が新たにスタートされる(図9Bの S238)。従って図6ではホール時間 $t_{-H_{N+1}}$ の間にタイマ割込 T_{N+1} は発生しない。

20

【0052】

ホール長 $t_{-H_{N+1}}$ はこの場合、次式に従い計算される

$$t_{-H_{N+1}} := t_{-B} - t_{-E} + t_{-CORR} \quad (7)$$

ここで t_{-CORR} は、図10の S258 で詳細に説明する補正值であり、図6Bに示されている。

【0053】

第2の場合(図7A)では、タイマ CNT_HL がホール割込 H_{N+1} の発生前に0に達する。ゼロに達すると、図11に示したタイマ割込 T_{N+1} がトリガされる。タイマ CNT_HL にはタイマ割込 T_{N+1} の時に自動的にオートリロードレジスタ AR (図1)から値 t_{-AR} がリロードされ、新たにスタートされる。図11の S302 参照。 t_{-B} はここで t_{-T_I} と同じ値を有しており、従って t_{-AR} に相応する。

30

【0054】

このことを図7Bが示す。 H_N の直後の時点から T_{N+1} までの時間でタイマ CNT_HL は t_{-B} から0にカウントダウンし、値0でタイマ割込 T_{N+1} をトリガする。この割込の開始時にタイマ CNT_HL には新たに t_{-B} がロードされ、図11、S302 参照、そして H_{N+1} までの時間で新たにカウントダウンする。しかしこの場合、値0には達さず、値 t_{-E} に達するだけである。ホール割込 H_{N+1} の際にタイマ CNT_HL には新たに値 $t_{-B'}$ がロードされ、全てのプロシージャが繰り返される。

40

【0055】

タイマ割込 T_{N+1} の発生により呼び出されたタイマ割込ルーチンでは、点火角シフトが投入されている限り、コミュニケーションが実行される。図11、S318, S320, S322 参照。そしてフラグ KD (コミュニケーション実行) が1にセットされる。図11, S324 参照。

【0056】

これに続くホール割込 H_{N+1} の際に、タイマ CNT_HL は新たにストップされ、その終了時間 t_{-E} が記憶される。図8A、S202 参照。ホール長 $t_{-H_{N+1}}$ (図7) はセットされたフラグ KD (図10, S252) に基づいて、図10のステップ S254 と S2

50

58で次のように計算される：

$$t_1 := t_B - t_E \quad (8)$$

$$t_H_{N+1} = t_B + t_1 + t_CORR \quad (9)$$

【0057】

ここでは t_1 が図7に示すように、タイマ割込 T_{N+1} とホール割込 H_{N+1} との間の時間である。ホール長 t_H_{N+1} を計算するために、値 t_1 に値 t_B を加算しなければならない。なぜなら、タイマ CNT_HL はホール割込 H_N とタイマ割込 T_{N+1} との間でこの値をゼロまでカウントダウンしているからである。さらに場合により例えば $40 \mu s$ である補正值 t_CORR を加算する。これは図7Bに示されており、後で図10、S258でさらに詳細に説明する。ホール割込 H_{N+1} と回転数計算（図10のS274）の後、フラグ KD を再びリセットしなければならない（ $KD := 0$ 、図10のS272参照）。

【0058】

図7についての数値例

H_N ではタイマ CNT_HL が例えば（前に図5のステップ303で計算された）値 $t_TI = t_B = 9800$ にセットされる。従って t_B は計算の際に値 $9800 \mu s$ を有する。 T_{N+1} では、タイマ CNT_HL が値 0 に達すると、タイマ割込が発生し、新たに 9800 がロードされ、スタートされる（図11のS302）。 H_{N+1} では、タイマ CNT_HL が値 $t_E = 9640$ に達する。値 t_CORR は $40 \mu s$ である。次に式(8)と(9)に従い

$$t_1 := 9800 - 9640 = 160 \mu s$$

$$t_H_{N+1} := 9800 + 160 + 40 = 10000 \mu s$$

従ってホール長 t_H_{N+1} はこの例では $10000 \mu s$ の長さであり、 $n_i = 15000000 / t_H_{N+1} = 15000000 / 10000 = 1500$ 回転／分の回転数（式5；4極ロータ）に相応する。

【0059】

続いて H_{N+1} の直後に、タイマ CNT_HL に新たな値 t_B' がロードされる。この値は（前に計算された）値 t_TI' に相当する。図5のステップ300参照。

【0060】

図8Aと図9Bは、有利なホール割込ルーチンの有利な実施形態のフローチャートを示す。すなわちロータ位置に依存する割込ルーチンのフローチャートである。この割込ルーチンは所定のロータ位置に達する際にトリガされ、ホール長 t_H_N の検出を行う。さらにコミュニケーションがタイマ割込ルーチンで実行されなかった場合にはコミュニケーションも実行する。後に説明するレジスタおよび変数全ては実施例では16ビットの大きさである。

【0061】

S302でタイマ CNT_HL がストップされ、タイマ CNT_HL のストップ時間が t_E に記憶される。

【0062】

後続のステップS204～S208では、 $\mu C 11$ で次のホール割込に対するエッジが調整される。このためにS204で、 $HALL = 1$ であるか否かが検査される。1である場合S206で、次のホール割込でトリガされるべきエッジが下降エッジ（HIGH LOW）にセットされる。それ以外の場合はS208で、エッジが上昇エッジ（LOW HIGH）にセットされる。

【0063】

次のS210ではフラグ DE （回転数到達）に基づいて2つの場合が区別される：

- $DE = 1$ であれば、タイマ割込が発生しないか、またはタイマ割込が発生し、かつ点火角シフトが投入されている。両者とも、後で詳細に説明するようにモータがその回転数に達した徵候である。
- $DE = 0$ であれば、点火角シフトが遮断されており（ $SZW = 0$ ）、かつタイマ割込が発生した。このことは後で説明するように、点火角シフトが投入される最小回転数 n_m

10

20

30

40

50

i n にまだ達していない徵候である。

【0064】

D E = 0 の場合に対してはコミュニケーションが実行され、タイマ *C N T_H L* が固定値 *t_max* (最大ホール長) にセットされる。この固定値は最小回転数 *n_min* に相当する。例えば最小回転数が 300 回転 / 分であれば、式 (4) に従い

$$t_{max} = 15000000 / 300 = 50000 \mu s$$

である。

【0065】

このために *S 3 1 2* で *OUT 1* と *OUT 2* が 0 にセットされる。

【0066】

S 2 1 4 ではオートリロードレジスタ *AR* とカウンタ *C N T_H L* が *t_max* (例えば 50000) にセットされる。タイマ *C N T_H L* はこの実施例では 1 μs の分解能で動作する。 *C N T_H L* を 50000 μs の長さにセットすることは、300 回転 / 分の回転数に相当する。これに基づきタイマ *C N T_H L* がスタートされる。

10

【0067】

S 2 1 6 でフラグ *D E* (0 であった) が 1 にセットされ、*S 2 1 8* ~ *S 2 2 2* でコミュニケーションが実行される。*S 2 1 8* で *H A L L* = 1 であれば、*S 2 2 0* で *OUT 1* が *H I G H* に、それ以外の場合は *S 2 2 2* で *OUT 2* が *H I G H* にセットされる。*S 2 1 2* でのポート *OUT 1* と *OUT 2* のスイッチオフと、*S 2 2 0* ないし *S 2 2 2* での *OUT 1* ないし *OUT 2* のスイッチオンとの間で実行されるプログラムステップ *S 2 1 4* ~ *S 2 1 8* のためにプログラムは所定の時間を必要とする。従って十分なコミュニケーションギャップ (図 23 : *t_G*) が維持される。これは例えば 50 μs である。

20

【0068】

そして *S 2 2 4* でホール割込を去る。

【0069】

S 2 1 0 で *D E* = 1 であった場合には、*S 2 3 0* でホール長 *t_H* と新たなタイマ値 *t_T I* の計算が点火角シフトのために要求される。メインプログラムは機能マネージャによって形成されており、これについては図 17 で詳細に説明する。機能マネージャによって、フラグのセットによりルーチンが要求され、フラグのリセットにより要求が解除されるようになる。計算を要求するために *S 2 3 0* でフラグ *F C T_Z W V* が 1 にセットされる。

30

【0070】

S 2 3 0 に対する可能な他の実施例では、計算をホール割込ルーチン (図 8) で直接実行する。このことは *S 2 3 2* によって示されている。計算が *S 2 3 2* で実行されれば、ホール時間 *t_H_N* (例えば *t_H_5*) に所属するタイマ割込時間 *t_T I* の計算に対してホール時間 *t_H_{N-1}* (例えば *t_H_4*) を使用することができる。*S 2 3 0* が使用されれば、ホール時間 *t_H_{N-2}* (例えば *t_H_3*) が使用されるか、またはさらに早期のホール時間が図 19 から図 21 に示すように使用される。計算がホール割込 (*S 2 3 2*) で実行されれば、*S 2 3 0* は省略される。後の説明は *S 2 3 2* のない実施例に関するものである。

【0071】

40

S 2 3 4 (図 9B) では、フラグ *K D* = 1 であるか否かが検査される (*K D* = コミュニケーション実行)。*K D* = 1 である場合には、ホール割込に所属するホール時間内でタイマ割込が発生しており (図 7A に *H_{N+1}* について示したように)、かつ点火角シフトが投入されている。この場合、コミュニケーションはすでにタイマ割込 (図 7A の *T_{N+1}*) で実行されており、直接 *S 2 3 8* ヘジャンプする。

【0072】

S 2 3 4 で *K D* = 0 であれば、ホール割込に所属するホール時間内にタイマ割込が発生していない。すなわち図 6 の状況である。コミュニケーションギャップ (図 23 の *t_G*) が *S 2 3 6* で 2 つのポート *OUT 1* と *OUT 2* のゼロへのセットによりスタートされる。すなわち固定子巻線 38 (図 1) には短時間エネルギーが供給されない。しかしタイマ割込

50

が発生したが、点火角シフトが非アクティブであるためこの割込ではコミュニケーションされなかった場合については、 $D E = 0$ に対するS 2 1 0の下の分岐でこれが考慮される(図8 A)。

【0073】

S 2 3 8では、オートリロードレジスタA RとタイマC N T _ H Lに、後で説明する点火角計算(図10または図21)で計算された値 $t_T I$ がロードされ、タイマC N T _ H Lがスタートする。

【0074】

S 2 4 0では、点火角シフトがフラグ $S Z W : = 1$ のセットによりアクティブにセットされる。なぜならこの場合は、例えば回転数300回転/分という、必要な回転数に達しているからである。

10

【0075】

S 2 4 2では再び、フラグK D(コミュニケーション実行)に基づいて、コミュニケーションがすでに行われたか否かが検査される。行われていない場合($K D = 0$)、S 2 4 4で信号H A L Lに基づいて、S 2 4 6でO U T 1がH I G Hにセットされたか、またはS 2 4 8でO U T 2がH I G Hにセットされたかが検査される。コミュニケーションギャップ(図23の t_G)はここでは、ポートO U T 1およびO U T 2のスイッチオフ(S 2 3 6)と、ステップS 2 3 8からS 2 4 4でのスイッチオンとの間で形成される。

【0076】

S 2 5 0でホール割込ルーチンを去る。

20

【0077】

図10は、点火角計算のための例としてのルーチンのフローチャートを示す。この点火角計算は、最小回転数に達する際に各ホール割込ルーチン(図8)で、要求ビットF C T _ Z W V(図17)のセットにより要求される。図8 AのS 2 3 0参照。点火角計算は、比較的に優先度の高いタスクが要求されないとき、機能マネージャ190(図17)により呼び出される。従っていつこの計算が行われるかを正確に言うことはできない。従って点火角計算が実行される時点 B_N (例えば図13 Aと図14 B)は正確には設定されず、例としての時点が示されている。

【0078】

ホール長 t_H の計算は常に先行のホール時間に対して当てはまるに注意すべきである。例えばホール時間 t_H_N の間に、ホール長 t_H_{N-1} が計算される。

30

【0079】

S 2 5 2ではフラグK Dに基づいて、タイマ割込(例えば図7の T_{N+1})でコミュニケーションが実行されたか否かが検査される。図9 BのS 2 3 4参照。肯定の場合($K D = 1$)S 2 5 4に従い、図7に示し、そこの記述されているようにホール長 t_H がスタート時間 t_B と時間 t_1 から得られる。この時間 t_1 は t_B と t_E の差である。否定の場合($K D = 0$)S 2 5 6に従い、ホール長 t_H は t_B と t_E の差から得られる。図6参照。

【0080】

S 2 5 8ではホール長 t_H に対して補正時間 $t_C O R R$ が加算される。このことは、タイマC N T _ H Lをホール割込(図8 Aと図9 B)の開始時にS 2 0 2で停止し、その後S 2 3 2で初めてスタートされることにより行われる。それまでにホール割込ルーチンは、 $t_C O R R$ (例えば $40 \mu s$)として加算される所定の時間が、S 2 5 8で正確なホール長 t_H を得るために必要である。

40

【0081】

S 2 6 0で瞬時のホール長 t_H が実際ホール値 t_i に記憶される。これにより瞬時の実際ホール値が他の全てのプログラム部分(例えば制御)で瞬時の回転数に対する尺度として使用される。

【0082】

S 2 6 2でタイマC N T _ H Lの瞬時スタート時間が t_B に記憶される。これによりこ

50

の時間を t_{TI} の計算のために次のホール時間で使用することができる。

【0083】

回転数の検査が行われる。なぜなら例えば 300 回転 / 分である所定の最小回転数から点火角シフトを実行すべきだからである。このために S264 で、 $t_{\text{H}} > t_{\text{ZW}}$ であるかが比較される。 t_{ZW} (例えば $49664 \mu\text{s}$ であり、これは $0 \times C200$ に相当する) は点火角シフトを実行すべき時までの最大ホール長である。 t_{H} が t_{ZW} より大きければ、モータは過度に緩慢であり、S266 で $\text{ZW} := 0$ により点火角シフトが遮断される。

【0084】

S268 でコミュニケーション時点 t_{TI} 、すなわちタイマ割込をトリガすべき時点が計算される。このために S268 で値 t_{ZW} 、すなわちコミュニケーション時点を早期にシフトすべき時間が減算される。この時間は例えば $200 \mu\text{s}$ である。この値は一定でも良いが、モータパラメータに依存する値でも良い。バス 30 (図 16) を介してこの値 t_{ZW} は外部から変更できる。 $t_{\text{ZW}} = 0$ であれば、点火角シフトは遮断される。

10

【0085】

次に点火角計算ルーチンが処理される。要求ビット $\text{FC}\text{T}_{\text{ZWV}}$ (図 17) が S270 で 0 にセットされ、S272 でフラグ KD が再び 0 にセットされる。これにより後続のホール時間を使用することができ、S274 でモータ制御の要求ビット $\text{FC}\text{T}_{\text{RGL}}$ (図 17) がセットされ、これによりモータ制御が要求される。

20

【0086】

従って図 10 の点火角計算ルーチンの主たるタスクは、先行するホール長の持続時間の検出 (S258) 、後続のホール時間に対するコミュニケーション時点の計算 (S268) 、および制御の要求 (S274) である。

【0087】

図 11 は、例としてのタイマ割込に対するフローチャートを示す。このタイマ割込はモータ制御に使用され、先行するホール割込で初期化され、スタートされたタイマ CNT_{HL} が、次のホール割込のトリガされる前に 0 にカウントダウンした場合にトリガされる。図 7A と図 7B 参照。

【0088】

値 0 に達するとタイマ CNT_{HL} に S302 で、オートリロードレジスタ AR の値 t_{AR} がロードされ、新たにスタートされる。なぜならタイマは同時にホール長 t_{HL} の計算にも使用されるからである。このステップは $\mu\text{C}11$ により、0 に達したときこのカウンタに対して自動的に実行されるものであり、明瞭にするためにこのフローチャートに取り入れた。

30

【0089】

S304 ではフラグ ZW に基づいて、点火角シフトがアクティブであるか否かが検査される。これがアクティブでなければ、モータは最小回転数よりも緩慢に回転している。このことが明らかとなるのは、タイマ割込が行われた時に点火角シフトがアクティブでない場合、ホール割込ルーチンの S214 でオートリロードレジスタ AR とタイマ CNT_{HL} が最小回転数 n_{min} に相当する最大ホール長 t_{max} にセットされるからである。それにもかかわらずタイマ割込 (図 7 の T_{N+1}) がホール割込 (図 7 の H_{N+1}) の前に生じると、最小回転数 n_{min} には達せず、フラグ DE (回転数に到達) が 0 にセットされ、S308 でタイマ割込ルーチンを去る。

40

【0090】

点火角シフトがアクティブである場合 ($\text{ZW} = 1$) 、S304 から S310 へジャンプする。ここでは 2 つのポート $\text{OUT}1$ と $\text{OUT}2$ がコミュニケーションギャップの開始時に 0 にセットされる。

【0091】

ステップ S312 から S316 は、十分な長さのコミュニケーションギャップ (図 23 の t_{G}) を生じさせるプログラムループを形成する。このために S312 でタイマ DEL_{G}

50

CNTに遅延値 t_DEL が配属される。これは例えば数5である。S314でカウンタ DEL_CNTは1だけ減分され、S316でDEL_CNTがすでに値0に達しているか否か、すなわち遅延ループが完全に処理されたか否かが検査される。

【0092】

否定の場合、再びS314ヘリターンジャンプし、ループが継続される。ループを通過するのに例えば $10\ \mu s$ 必要であれば、上に述べた値により $50\ \mu s$ の遅延が得られ、その間、ポートOUT1とOUT2は両方とも出力信号が0である。このことはコミュニケーションギャップ t_G に作用を及ぼす。

【0093】

続いて通常のように、すでに図8AのS218からS224で説明したようにコミュニケーションが行われる。S318でホール値 $HALL = 1$ であれば、S320でOUT1がHIGHにセットされ、それ以外の場合S322でOUT2がHIGHにセットされる。従ってコミュニケーションは点火角シフトにより、タイマ割込で、すなわちホール割込の前に実行される。これは図7ではホール割込 H_{N+1} の前の時点 T_{N+1} である。

10

【0094】

S324ではフラグKD(コミュニケーション実行)が1にセットされ、これによりホール割込と点火角計算ルーチンをこれが識別することができ、これに基づいてホール割込ルーチンをS326で去る。

【0095】

図12は例として本発明のモータが起動する際の信号HALL、ホール割込 H_N およびタイマ割込 T_N の時点を示す。ホール時間 t_H_N はそれぞれホール割込 H_{N-1} と H_N の間の時間であり、次第に短くなる。なぜならモータが加速するからである。各ホール時間中にタイマ割込は発生しない。この例では t_H_2 および後続のホール時間で点火角計算が実行されるが、モータの加速に基づきこの例ではタイマ割込 T_1 、 T_{10} および T_{11} しか発生しない。なぜなら回転数は t_H_8 から初めてある程度一定になるからである。

20

【0096】

図13(A)と14(B)には図12の経過が拡大して示されており、付加的説明も付されている。

【0097】

図13(A)と14(B)は本発明のモータがスタートする際の時間的経過を例として示す。この経過はホール割込、点火角計算およびタイマ割込との関連を明らかにする。

30

【0098】

図13(A)と14(B)では以下の変数が使用される:

DEL :	フラグ“回転数到達”
KD :	フラグ“コミュニケーション実行”
SZW :	フラグ“スタート点火角シフト”
t_AR :	オートリロードレジスタARの値(図1)
CNT_HL :	タイマ割込およびホール長計算のためのタイマ
t_E :	ストップ時間(終了の時点)
t_H :	ホール長(ホール時間)
t_B :	スタート時間(開始の時点)
$OUT1$:	モータ通電のための $\mu C11$ のポート
$OUT2$:	モータ通電のための $\mu C11$ のポート

40

【0099】

$\mu C11$ の入力側における信号HALLがプロットされている。ホール長 t_H はこれを取り囲むホール割込間にそれぞれあり、例えば $t_H_2 = 40\ ms$ は H_1 と H_2 の間に、 $t_H_3 = 35\ ms$ は H_2 と H_3 の間にある。ホール割込はそれぞれ H_N により、タイマ割込は T_N により、そして点火角計算の実行は B_N により示されている。ここで N は所属するホール割込 t_H_N の指数である。

【0100】

50

信号 H A L L の下にはいくつかの重要な変数がある。これらの変数は μ C 1 1 で実行されるプログラムに使用される。時間の表示はスペースの理由から m s で示されているが、プログラム内部では μ s 時間で処理される。モータのスタート時に、複数の変数は初期化される(列 I N I T)。t _ T I と t _ B は 5 0 m s により初期化される。これは 3 0 0 回転 / 分の回転数に相応し、この回転数から初めてこの実施例では点火角シフトが投入される。D E と K D は 0 にセットされる。なぜなら所要の回転数に始めは達していないからである。そして S Z W も 0 により初期化される。なぜなら点火角シフトが遮断されているからである。

【 0 1 0 1 】

第 1 のホール割込 H₀ でオートリロードレジスタ A R とタイマ C N T _ H L に初めて 5 0 m s がロードされ、タイマ C N T _ H L がスタートされる。ホール長 t _ H₁ は 6 0 m s であるから、タイマ割込 T₁ はホール割込 H₁ の前に発生する。 10

【 0 1 0 2 】

点火角シフトは遮断されているから (S Z W = 0) 、タイマ割込ルーチンではただ 1 つ値 D E が 0 にセットされる(図 1 1 の S 3 0 6)。これはホール割込に、モータがまだ最小回転数 n _ m i n に達していないことを指示する。なぜならホール長 t _ H₁ が最小回転数 n _ m i n に相当する最大ホール長 t _ m a x より大きいからである。タイマ C N T _ H L には自動的に 5 0 m s のオートリロード値 t _ A R がロードされ、スタートする。

【 0 1 0 3 】

ホール割込 H₁ によりホール割込ルーチン(図 8)が呼び出される。4 0 m s のストップ時間 t _ E が確保される。このストップ時間は、タイマ C N T _ H L が新たに 5 0 m s にセットされたタイマ割込 T₁ とホール割込 H₁ の間で 1 0 m s が経過したことにより生じる。D E = 0 であるから、コミュニケーションが時点 H₁ で実行され、t _ A R と C N T _ H L に 5 0 m s がロードされ、タイマ C N T _ H L がスタートされる。D E は 1 にセットされる。計算は要求されない。 20

【 0 1 0 4 】

ホール長 t _ H₂ の間にモータは初めて平均として 3 0 0 回転 / 分の最小回転数に達する。従ってタイマ C N T _ H L がゼロにカウントダウンする前にホール割込 H₂ がトリガされる。従ってタイマ割込 T₂ は発生しない。

【 0 1 0 5 】

ホール変化 H₂ の際のホール割込ルーチンでは、タイマ C N T _ H L の 1 0 m s のストップ時間 t _ E が確保される。D E は、ホール長 t _ H₂ の間にタイマ割込が発生しなかつたことからその値 D E = 1 を保持している。このことによりホール割込ルーチンは、3 0 0 回転 / 分の回転数を上回ったことを識別する。ホール割込ルーチンでは点火角計算ルーチン(図 1 0)が要求され、点火角シフトが S Z W : = 1 によりアクティブ化される。ホール長 t _ H₂ 内ではまだコミュニケーションされていないから (K D = 0) 、コミュニケーションがホール割込ルーチン中に時点 H₂ で実行される。オートリロードレジスタ A R とタイマ C N T _ H L には、モータのスタート時に 5 0 に初期化された値 t _ T I がロードされる。なぜならまだ点火角計算が実行されていないからである。そしてタイマ C N T _ H L は新たにスタートする。 40

【 0 1 0 6 】

ホール長 t _ H₃ の間に点火角シフトの計算が初めて実行される。タイマ割込は発生していないから (K D = 0) 、ホール長 t _ H₃ の間に計算されるホール長 t _ H₂ は、t _ B = 5 0 m s と t _ E = 4 0 m s から生じる。ここから点火角シフト時間が t _ Z W = 0 . 2 m s の場合は、3 9 . 8 m s のタイマ割込時間が生じる。ホール時間 t _ H₃ のタイマスタート時間は t _ B に確保される。

【 0 1 0 7 】

ホール割込 H₃ までのホール割込ルーチンは、ホール割込 H₂ までのホール割込ルーチンと同様に経過する。なぜならモータはさらに加速し、ホール割込はタイマ C N T _ H L が値 0 に達する前に発生するからである。従ってこのホール時間にはタイマ割込は発生しない 50

。このことは同様にホール割込 H_4 、 H_5 、 H_6 、および H_7 でも生じる。点火角計算ルーチン B_4 、 B_5 、 B_6 、および B_7 も同様にそれぞれのホール時間で呼び出される。

【0108】

ホール時間 t_{H_8} でモータは最終的に 1500 回転 / 分の目標回転数に達する。この回転数は 10 ms のホール長に相当する。この実施例では、ホール時間 t_{H_N} に対するタイマ割込時間 t_{T1} は常にホール時間 $t_{H_{N-1}}$ の間にホール長 $t_{H_{N-2}}$ から計算されるから、2つのホール時間の“遅れ”が存在する。すなわちタイマ CNT_HL が正しいタイマ割込時間 t_{T1} によりスタートされる第1のホール時間は $t_{H_{10}}$ である。なぜならホール時間 t_{H_8} は 10 ms の第1のホール時間であったからであり、 t_{H_8} のホール時間のホール長計算からの結果は $t_{H_{10}}$ で初めて使用されるからである。

10

【0109】

ホール時間 $t_{H_{10}}$ の間に、点火角計算 B_{10} が再度実行される。オートリロードレジスタ AR とタイマ CNT_HL に対するスタート値 t_{T1} は H_9 へのホール割込ルーチンの間は 9.8 ms であった。

【0110】

従ってホール割込 H_9 後の 9.8 ms でタイマ割込 T_{10} をトリガしなければならない。タイマ CNT_HL には自動的に値 t_{AR} (9.8 ms) がロードされ、新たにスタートされる。点火角シフトは投入される ($SZW = 1$)。その結果タイマ割込 (T_{10}) でコミュニケーションされる。フラグ KD は 1 にセットされ、これにより H_{10} での以降のホール割込ルーチンと点火角計算に対し、コミュニケーションが行われたことを指示する。

20

【0111】

ホール割込 H_{10} でのホール割込ルーチンでは、タイマ CNT_HL のストップ値が t_E に確保され、点火角計算ルーチンが要求され、オートリロードレジスタ AR とタイマ CNT_HL がロードされ、タイマ CNT_HL がスタートされる。コミュニケーションはすでにタイマ割込ルーチンでタイマ割込 T_{10} の時点で行われているから、それ以上コミュニケーションされない。

【0112】

後続のホール時間 $t_{H_{11}}$ 等は、モータの実際回転数または目標回転数が変化しない限り $t_{H_{10}}$ と同様に経過する。

【0113】

30

モータの制御

図 15 はモータの制御および駆動に重要な回路部分を示す。先行図面と同じ部材または同じに作用する部材には同じ参照符号が付してあり、通常は再度説明しない。

【0114】

$\mu C 11$ の端子割り当ては図 3 に示されている。 $\mu C 11$ の出力端子 $OUT1$ と $OUT2$ は H ブリッジ回路 37 として接続された $n-p-n$ トランジスタ 141, 142, 143 および 144 を制御する。

【0115】

$\mu C 11$ の出力端子 RGL は抵抗 123 を介してコンデンサ 124 に接続されている。 RGL が $HIGH$ にセットされると、コンデンサ 124 は充電され、 RGL が LOW になるとコンデンサは放電され、 RGL が $TRISTATE$ (トリリーストート) であると、コンデンサ 124 は RGL から遮断され、その電圧を維持する。下でさらに説明する電流制限部 44 がなければ、点 125 をコンパレータ 120 の非反転入力端子 (+) と直接接続することができる。

40

【0116】

$n-p-n$ トランジスタ 150 が非導通であれば、すなわち電流制限部 44 が非アクティブであれば、抵抗 126 を介して比較的に小さなコンデンサ 127 にコンデンサ 124 と同じ電圧が調整される。従って $\mu C 11$ の出力端子 RGL を介してコンパレータ 120 の非反転入力端子 (+) における電圧を制御することができる。

【0117】

50

コンパレータ120の反転入力端子(-)には、三角波発振器35により形成された三角信号が印加される。三角波発振器35はコンパレータ130を有する。コンパレータ130の出力端子P3から正帰還結合抵抗132がその非反転入力端子(+)に接続されており、同様にコンパレータ130の出力端子P3から負帰還結合抵抗131がコンパレータ130の反転入力端子に接続されている。コンデンサ135がコンパレータ130の反転入力端子とアース100との間に接続されている。コンパレータ130の出力端子はさらに抵抗133を介して+Vccと接続されている。コンパレータ130の非反転入力端子は2つの抵抗134と136を介して+Vccないしアース100と接続されている。

【0118】

三角波発振器35の作用と μ C11の出力RGLを μ C11により制御することについてはDE19836882.8(Intern:D216)を参照されたい。 10

【0119】

コンパレータ120の反転入力端子における三角信号の電圧がコンパレータ120の非反転入力端子における基準信号の電圧よりも低いと、コンパレータ120の出力端子OFFはHIGHであり、下方のトランジスタ141ないし143は論理AND素子147ないし148を介してOUT1ないしOUT2によりスイッチオン・オフすることができる。三角信号の電圧が基準信号より上にあれば、コンパレータ120の出力OFFはLOWであり、従って固定子巻線38に通電することはできない。

【0120】

コンデンサ124の電圧、およびひいてはコンデンサ127の電圧を介していわゆるデューティ比が調整される。デューティ比は、コンパレータ120の出力が三角信号の期間中にHIGHである持続時間と全体期間との比である。このデューティ比は0%から100%の間とすることができます。モータ回転数が例えば過度に高ければ、コンデンサ124はRGLを介して放電され、これによりデューティ比は縮小される。これは全体的にパルス幅変調(PWM)と称される。プルアップ抵抗128は、コンパレータ120のオープンコレクタ出力端子OFFをHIGHの際に+Vccに引き上げるのに用いる。 20

【0121】

スイッチオンの際にモータを始動することができるようにするため、コンデンサ124は初期化の際に所定の持続時間、RGLを介して充電される。これによりコンデンサ127における電圧はコンパレータ120とひいてはブリッジ37をスイッチオンするに必要な最小値に達する。 30

【0122】

電流制限部44は次のようにして実現される。すなわち電流が固定子巻線38で測定抵抗140を介してアース100に流れることによって実現される。抵抗140を流れる電流が高めれば高いほど、その抵抗での電圧も高く、従って点129の電位も高い。

【0123】

149の電位が所定の値に達すると、トランジスタ150が導通し、コンデンサ127の電圧が低減され、これによりコンパレータ120の出力端子におけるデューティ比が縮小する。抵抗126は、大きなコンデンサ124が電流制限の際に同じように放電し、これが電流制限を促進するのを阻止する。なぜなら、小さいコンデンサ127はより急速に放電することができるからである。電流制限の作用が終了すると、比較的に小さなコンデンサ127は大きなコンデンサ124によって再び充電され、その電圧におかれる。従って抵抗126とコンデンサ127は、電流制限部44が制御よりも高い優先度を有するよう 40 に作用する。

【0124】

電流制限部44は、抵抗151と、アースに対するコンデンサ152とからなるフィルタ素子を有する。このフィルタ素子はn-p-nトランジスタ150により作用するものであり、このトランジスタはそのベースでの電圧が十分に高いときコンパレータ120の非反転入力端子(+)をアース100に引き込む。その後方には、抵抗153と155、およびコンデンサ154からなるろ波素子が配置されている。 50

【0125】

電流制限部の他の形態については D E 1 9 8 2 6 4 5 8 . 5 (Intern:D215) を参照されたい。この電流制限部はコンパレータにより形成することができ、プログラム制御することができる。

【0126】

E E P R O M 機能

図 16 は、 E E P R O M 2 6 およびバスインターフェース 3 0 に関する回路の一部を示す。 μ C 1 1 のピン配置は図 3 に示されている。先行図面と同じ部材または同じに作用する部材には同じ参照符号が付してある。 E E P R O M 2 6 は例えばタイプ “ 2-Wire Serial CMOS EEPROM AT24C01A ” (A T M E L) である。

10

【0127】

E E P R O M 2 6 はそのデータ入力端 S D A に μ C 1 1 の信号 E S D A (図 2) を受け取り、その入力端 S C L に信号 E S C L を受け取る。 2 つの線路は抵抗 1 7 2 , 1 7 3 を介して + V c c と接続されている。

【0128】

E E P R O M 2 6 の書き込み保護入力端 W P は μ C 1 1 のピン C S (チップセレクト) と接続されている。 C S が H I G H であれば、 E E P R O M 2 6 は書き込み保護され、 C S は L O W であれば、データを E E P R O M 2 6 に書き込むことができる。 E E P R O M 2 6 の端子 V S S , A 0 , A 1 および A 2 はアース 1 0 0 と接続されており、 E E P R O M 2 6 の端子 V C C は + V c c と接続されている。

20

【0129】

従って線路 E S D A と E S C L は、 μ C 1 1 と E E P R O M 2 6 との間のシリアルバスである。このバスはここでは I I C バスとしてドライブされる。

【0130】

通常 E E P R O M 2 6 は工場で一度、バスインターフェース 3 0 を介してプログラミングされる。しかし再プログラミングはいつでも可能である。あるいはモータはバス 3 0 がなくても駆動することができる。その場合 E E P R O M 2 6 は、モータを使用する前に公知の装置によってプログラミングされる。

【0131】

バスインターフェース 3 0 は I I C バスと共に動作する。バスは端子 1 6 0 を備えるデータ線路 D A T A を有し、この線路は抵抗 1 6 2 を介して μ C 1 1 の端子 S D A に接続されている。端子 S D A からは抵抗 1 6 5 が + V c c に、またコンデンサ 1 6 7 がアース 1 0 0 に接続されている。さらに端子 S D A は p n p トランジスタ 1 6 8 のエミッタと接続されており、そのコレクタはアース 1 0 0 と、そのベースは抵抗 1 6 9 を介して μ C 1 1 の端子 N 1 6 と接続されている。

30

【0132】

さらにバスインターフェース 3 0 は、端子 1 6 1 を備えるクロック線路 C L O C K を有する。このクロック線路は抵抗 1 6 3 を介して μ C 1 1 の端子 S C L に接続されている。 μ C 1 1 の端子 S C L からは抵抗 1 6 4 が + V c c に、コンデンサ 1 6 6 がアース 1 0 0 に接続されている。

40

【0133】

p n p トランジスタ 1 6 8 を有する回路は、 μ C 1 1 の出力端 N 1 6 と入力端 S D A とを I I C バスの双方向線路 D A T A に接続するために用いる。

【0134】

E E P R O M 2 6 , バスインターフェース 3 0 およびそのプログラミングについてのそれ以上の説明は D E 1 9 8 2 6 4 5 8 . 5 (intern:D215) を参照されたい。

【0135】

バスインターフェース 3 0 により、 E E P R O M 2 6 内の値を変更することができる。従って点火角によるコミュニケーションを投入すべき最小回転数 n _ m i n を、 E E P R O M で値 t _ S Z W をセットすることにより変更でき、従ってモータの設定 (コンフィグレーション)

50

ヨン)を変更することができる。同様に例えば点火角時間 $t_{Z W}$ も変更できる。

【0136】

機能マネージャ

図17は、 $\mu C11$ で実行される全体プログラムの可能な実施形態によるフローチャートを示す。ファンのスイッチオン後、 $\mu C11$ で内部リセットがトリガされる。S600で $\mu C11$ の初期化が行われる。例えばパラメータがEEPROM26から $\mu C11$ のRAMに伝送される。

【0137】

初期化の後、すでに述べた機能マネージャ190へジャンプする。この機能マネージャはS602でスタートする。この機能マネージャは個々のサブプログラムを制御し、それらの優先度を定める。

10

【0138】

まず最初に時間的にクリティカルで各ループ実行の際に処理しなければならない機能が処理される。これにはS602でのコミュニケーション機能COMMが所属する。なぜならIICバス(図16)は例えば2kのポート速度の場合、各250μs毎に検査しなければならないからである。

【0139】

図18は例としての機能レジスタ195を示し、このレジスタには別の機能のために1ビットがリザーブされている。

【0140】

20

この実施例では機能レジスタ195は1バイトの大きさであり、最下位ビット(LSB)から始まって下に説明する要求可能な機能に対して次の要求ビットが定義されている：

- ・ビット1：点火角計算ルーチンに対する FC_{T_ZWV} 、
- ・ビット2：任意の形式の制御ルーチンに対する FC_{T_RGL} 。

【0141】

残りのビットは、必要に応じて機能マネージャ190に追加することのできる付加的な要求可能機能のためにリザーブされている。

【0142】

所定の要求可能な機能が別の機能または割込ルーチンによって要求されると、要求すべき機能のビットが1にセットされる。次回、機能マネージャ190がループ実行の際に比較的に優先度の高い別の要求可能な機能を呼び出さなければ、この機能が実行される。

30

【0143】

要求された機能が処理されれば、これはそのビット(図18)を再び0にセットする。例えば $FC_{T_RGL} := 0$ 。

【0144】

図17ではS602の後、所定の順序で最も重要な要求可能機能から始まって、それらの要求ビットがセットされているか否かがそれぞれ検査される。これが機能の場合はその機能が実行され、これに基づいて再び機能マネージャ190の開始S602へジャンプする。機能レジスタ195の検査順序は要求可能な機能の優先度を設定する。このような機能が機能マネージャにおいて高ければ高いほど、その優先度は高い。

40

【0145】

呼び出される機能の処理時間は、それを常に実行される機能(ここではS602)と割込ルーチンとに加算したときに、IICバス40の2つの問い合わせ間の最大許容時間を上回ってはならない。ポート速度が2kである上記例で最大許容時間が250μsである場合、S610とS614で呼び出される機能に対する最大処理時間は約100μsである。

【0146】

S610で、点火角シフトに対する要求ビット FC_{T_ZWV} がセットされているか否か、すなわち値1を有するか否かが検査される。セットされている場合、S612の後にジャンプし、点火角計算ルーチン(図10または図21)が実行される。終了の前に点火角計算ルーチンはその要求ビット FC_{T_ZWV} をリセットし、S274で要求ビット FC

50

T_R_G_Lのセットにより制御ルーチンを要求する。

【0147】

S610でFCT_ZWVがセットされていなければ、S614でFCT_RGLがセットされているか否かが検査される。セットされていれば、S618でモータ回転数の制御のための制御ルーチンが呼び出される。

【0148】

S610でもS614でも検査されるビットがセットされていなければ、再びS602にジャンプし、機能マネージャ190の各ループ実行の際に実行される機能が新たに呼び出される。

【0149】

図17は620に象徴的にホール割込を示す。このホール割込は最高優先度L1（レベル1）を有している。ホール割込がこの高い優先度を有するのは、ホール信号の正確な検出がモータ39の静肅な回転に対して非常に重要だからである。ホール割込は、矢印621により象徴的に示すように機能マネージャ190の全てのプロセスを中断する。

【0150】

ホール割込の下には622にタイマ割込が示されている。このタイマ割込はこれより低い優先度L2を有し、矢印623により示すように自分より下位のプロセスを全て中断する。正確なコミュニケーションは同様にモータの静肅な回転に対して非常に重要だからである。従ってタイマ割込622は2番目に高い優先度を有する。

【0151】

ホール割込とタイマ割込が同時に要求される場合には、これらはその優先度の順序に従って処理される。

【0152】

機能COMMは次に低い優先度L3を有する。なぜなら、コミュニケーションの際にバス30を介してデータが失われてはならないからである。

【0153】

機能ZWVは次に低い優先度L4を有する。この機能はS230で要求することができ、図10（または図21）に示されている。

【0154】

最低位の優先度を有するのは機能RGL（S614）である。なぜならモータの回転数はその機械的慣性のため通常は緩慢に変化するからであり、従って制御機能は通常、時間的にクリティカルでない。しかしステップS610とS614の順序、従ってそれらの優先度を入れ替えることもできる。

【0155】

このようにしてモータ39の種々異なる“必要性”が所定の階層に配属され、μC11のリソースがモータの駆動のために理想的に使用される。

【0156】

ロータ39の磁化工ラーを考慮した点火角シフト

図19は、4極アウタロータ39を示す。このロータは半径方向に磁化されたポール534, 535, 536, 537を有し、これらのポールは図示のように（象徴的に示した）移行（境界）領域530～533により相互に分離されている。例としていわゆる台形上の磁化が前提とされている。図20A参照。

【0157】

磁化材料の不均質性と磁化装置における不可避の誤差（図示せず）のため磁束密度の経過はとりわけ移行領域530～533で正確には規定されず、ロータ毎にやや異なる。

【0158】

ロータ39が矢印540の方向にホール発生器40の前を通過して回転すると仮定すると、ホール発生器40でホール電圧uHが得られる。このホール電圧の経過は図20Aに分かり易くするため誇張して図示されている。このホール電圧uHの部分534'がロータポール534（N極）により形成されたものであり、やや短い。すなわちこのホール電圧

10

20

30

40

50

のゼロ通過は 0° e 1 とほぼ 170° e 1 である。しかし所望の角度は 0° e 1 と正確に 180° e 1 である。

【 0 1 5 9 】

ホール電圧の部分 535' はロータポール 535 により生成される。この部分は 170° e 1 で始まり、ほぼ 370° e 1 で終了する。すなわち過度に長い。

【 0 1 6 0 】

部分 536' はロータポール 536 により生成され、ほぼ 370° e 1 からほぼ 550° e 1 に伸びている。すなわち正しい長さを有するが、位相位置は精確でない。

【 0 1 6 1 】

部分 537' はロータポール 537 により生成され、ほぼ 550° e 1 から 720° e 1 に伸びている。すなわち過度に短い。 720° e 1 はこのモータでは再び 0° e 1 に相当する。なぜならロータ 39 が完全に 1 回転するからである。そして電圧経過は図 20 A の 534' A に示すように繰り返される。

【 0 1 6 2 】

図 20 B は所属の信号 H A L L を示す。この信号は今説明した磁化工ラーを反映するものである。すなわちその第 1 部分 534" は過度に短く、第 2 部分 535" は過度に長く、第 3 部分 536" は位相がずれており、第 4 部分 537" は過度に短い。角度 720° e 1 の後、部分 534" A が始まるが、この部分は回転数が一定の場合、部分 534" に相当する。

【 0 1 6 3 】

部分 534" と 537" は回転数が過度に高いことと間違えられ、部分 535" は回転数が過度に低いことと間違えられる。

【 0 1 6 4 】

部分 534" を、部分 536" に対する時間 $t_{\text{--T}} I$ の計算に使用すれば、前の実施例で説明したように部分 536" では過度に早期にコミュニケーションされる。

【 0 1 6 5 】

部分 535" を、部分 537" に対する時間 $t_{\text{--T}} I$ の計算に使用すれば、そこでは過度に遅くコミュニケーションされる。

【 0 1 6 6 】

このことはモータの不規則な回転につながり、モータノイズが上昇する。

【 0 1 6 7 】

従って本発明によれば有利には、信号 H A L L の部分のホール長が、1 ロータ回転後の部分に対する時間 $t_{\text{--T}} I$ の計算に使用される。これは図 5 に参照符号 304, 306, 308 により 4 極ロータに対して象徴的に例として示されている。例えば図 20 B では部分 534" のホール長 $t_{\text{--H}} N$ は、部分 534" A に対する時間を計算するのに使用される。これは象徴的に例として 542, 544, 546 で示されている。そうすればこのようなエラーは発生しない。なぜなら回転数が一定の場合、例えば部分 534" と部分 534" A は等しく、従ってエラーが加算されることはないからである。

【 0 1 6 8 】

図 21 は、点火角シフトによるコミュニケーションに対して相応に変更された点火角計算ルーチンを示す。ここでは前記のように有利にはロータ 39 の磁化工ラーの補償が行われる。すでに図 10 に現れた全ての部材は同じ参照符号を有しており、従って再度説明しない。読者はその説明を参照されたい。

【 0 1 6 9 】

ステップ 268' で、タイマスタート値 $t_{\text{--T}} I$ の直接計算（図 10 の S268 参照）の代わりに、2 つの変数 $t_{\text{--4}}$ と $t_{\text{--3}}$ が付加的に使用され、計算されたタイマスタート値 $t_{\text{--T}} I$ を中間記憶する。後続のホール時間 $t_{\text{--H}} N$ に対して使用されるタイマスタート値 $t_{\text{--T}} I$ にはホール長 $t_{\text{--H}} N_{\text{--4}}$ から計算されたタイマスタート値 $t_{\text{--4}}$ が配属される。

【 0 1 7 0 】

10

20

30

40

50

続いて計算されたタイマスタート値がシフトされ、これによりこのタイマスタート値は次の点火角計算に対する正しい変数となる。ホール長 t_H_{N-3} から計算された値 t_3 は t_4 の後にシフトされ、瞬時の点火角計算で計算されたタイマスタート値 ($t_H - t_ZW$) は t_3 に記憶される (ここで t_H はホール長 t_H_{N-2} である)。

【0171】

さらにステップ S 267 が新たに挿入される。メモリ変数 t_4 と t_3 は点火角シフトの遮断の際に (S 266 : SZW : = 0)、値 50000 にセットされ、これによりこの変数は一義的な状態を有する。

【0172】

図 22 は、点火角シフトが行われない場合の本発明のコミュニケーションに対するホール割込ルーチンの例を示す。これは図 4 に示されたものと同様のものである。各ホール割込の際 (図 4 の Y) に、ちょうど実行中のプログラムは中断され、μC11 のいわゆる環境 (例えばスタックポインタおよびレジスタ) が記憶され、この割込に所属する割込ルーチンが呼び出される。割込ルーチンが処理されると、このルーチンは命令 RETI (Return From Interrupt) を出力する。これに基づき μC11 の環境が、割込前と同じように再び形成され、中断されたプログラムがさらに処理される。

【0173】

この実施例ではホール長 H_L (図 4) の測定に対して同様に 16 ビットタイマ CNT_H が使用される。このタイマは所定のスタート値から始まって連続的にカウントダウンし、0 に達すると計数を継続する場合には再びその最大値にジャンプする。このようにしてリングカウンタのように動作する。このタイマはまた μC11 の構成部材でもある。ホール長 H_L はここでは回転数制御に対して使用することができる。

【0174】

S 702 で実際ホール長 H_L (図 4 参照) が検出される。実際タイマ値 t_E (図 4) がタイマ CNT_H から読み出され、記憶された「古い」タイマ値 t_O の減算により (図 4 : 先行するタイマ割込 Y の時点) ホール長 H_L が計算される。このために $t_E - t_O$ が計算され、結果から二重補数 (Zweierkomplement) が形成される。このようにしてタイマがその最大値の半分以上をさらに経過しない場合には常に正しい計数差が得られる。

【0175】

これに基づき瞬時のタイマ値 t_E が t_O に記憶される (S 702)。この実施例で使用されたタイマ CNT_H の分解能は 1 μs であり、従ってホール長 H_L は μs 単位で存在する。

【0176】

例えば $t_O = 45000$ で $t_E = 35000$ であれば、ホール長 $H_L = (45000 - 35000) = 10000$ が得られ、これは 10000 μs に相当する。

【0177】

次のステップではコミュニケーションが実行される。S 704 で $HALL = 1$ (HIGH) か否かが検査される。 $HALL = 1$ であれば S 710 で OUT2 が LOW にセットされる。今や OUT1 と OUT2 が LOW であるから、S 712 で時間的なコミュニケーションギャップが挿入される。これはコミュニケーションの際にプリッジ回路 37 での短絡を回避するためである。コミュニケーションギャップは例えば 50 μs の持続時間有する。S 714 で OUT1 が HIGH にセットされる。S 716 では続いて μC11 のポート $HALL$ が、これがどちらのエッジでホール割込 $HALL_INT$ をトリガすべきであるかがコンフィギュレートされる。このエッジは、HIGH から LOWへの移行時 (下降エッジ)、または LOW から HIGHへの移行時 (上昇エッジ) に割込をトリガするように調整できる。分岐 S 710 から S 716 でホール信号は HIGH であるから、ポート $HALL$ は下降エッジ、すなわち HIGH から LOWへの移行時の割込に調整しなければならない。これにより次のホール変化の際に再びホール割込がトリガされる。このことは S 716 で行われる。

10

20

30

40

50

【0178】

S704でHALL = 0 (LOW) であれば、S720, S722, S724で同様に反対のコミュニケーションが行われ、S726でHALL_INTが反対にセットされる。S730で図20に従いホール割込ルーチンを去る。

【0179】

図23はn > 300回転/分の場合、例えば2000回転/分の場合のコミュニケーション経過を概略的に示す。従ってこの場合は点火角シフトが行われる。

【0180】

図23Aにはロータ位置信号HALLが示されている。この信号はそれぞれ位置H_N、H_{N+1}、H_{N+2}でロータ位置に依存する割込(図8)をトリガする。すなわちホール割込は図4のYで出力される。

10

【0181】

ホール割込H_Nから始まってタイマCNT_HLにより時間t_TIが測定される。この時間は式(6)にしたがって値t_HNとt_ZWから計算されたものである。値t_ZWはすでに述べたようにバス30を介して変更することができる。

【0182】

時点T_{N+1}でタイマCNT_HLは値0に達し、図11に従いモータ制御割込ルーチン、すなわちタイマ割込をトリガする。

【0183】

図11のS310に従い、時点T_{N+1}でOUT2(図21B)とOUT1(図21C)の両方がゼロにされる。すなわち巻線38は電流供給から分離され、コミュニケーションギャップt_Gの後、(プログラムステップS312, S314, S316により作用され)S322で信号OUT1がHIGHにセットされる。なぜならHALL = 1だからである。一方、OUT2はステップS310で記憶されたようにLOWに留まる。OUT1 = HIGHの意味するのは、図1のトランジスタ141と144が導通することである。

20

【0184】

同じように時点T_{N+2}で、図11のルーチンのステップS310により2つの信号OUT1とOUT2がLOWにセットされる。そして引き続きコミュニケーションギャップt_Gの後、値OUT2がHIGHにセットされる。なぜならHALL = 0だからである。図11のステップS318, S322参照。これに対しOUT1はステップS310で記憶された値LOWに留まる。このようにして図1のトランジスタ142と143が導通する。

30

【0185】

図24は下部に信号HALLを、上部にただ一つの固定子巻線38の電流i_Mを示す。図24では点火角シフトが遮断される。すなわちt_ZW = 0である。コミュニケーションの後、時点H_N(信号HALLの変化)で電流i_Mが緩慢に変化することがわかる。従ってこの電流はこの場合小さな振幅にしか達せず、すなわちモータMの形成する出力は低い。

【0186】

図25も下部に信号HALLを、上部に電流i_M(図1)を示す。しかしこの場合は早期のコミュニケーション(早期点火)が行われる。すなわち電流i_Mは時間t_ZWだけホール変化H_Nより進んでコミュニケーションされる。電流i_Mはコミュニケーションの後、直ちに非常に迅速に変化し、図24の場合よりも格段に大きな振幅に達することが明らかである。すなわちモータMはこの場合、比較的に大きな出力を形成し、従って比較的に高い回転数に達することができる。コミュニケーションは図25の場合、信号HALLの変化より約15°e1進んでいる。

40

【0187】

使用された構成部材の値に対する典型的な例を表で示す:

コンデンサ:

135

1.5nF

127, 152

10nF

50

9 9 , 1 1 0 , 1 6 6 , 1 6 7	3 3 n F	
1 5 4	1 0 0 n F	
タンタルコンデンサ	3 . 3 μ F	
抵抗 :		
1 4 0	3	
1 6 2 , 1 6 3	4 7	
1 5 3 , 1 5 5	1 k	
1 3 3 , 1 3 6	2 . 2 k	
1 0 6	3 . 3 k	
1 6 4 , 1 6 5	4 . 7 k	10
1 2 3 , 1 3 1 , 1 3 2	1 0 k	
1 7 2 , 1 7 3	2 2 k	
1 1 4 , 1 2 6	3 3 k	
1 3 4	4 7 k	
1 0 1 , 1 1 2 , 1 2 8 , 1 6 9	1 0 0 k	
n p n トランジスタ 1 5 0	B C 8 4 6	
p n p トランジスタ 1 6 8	B C 8 5 6 B	
コンパレータ 1 0 8 , 1 2 0 , 1 3 0	L M 2 9 0 1 D	
ホールセンサ 4 0	H W 1 0 1 A	
E E P R O M 2 6	2-Wire Serial CMOS EEPROM	20
A T 2 4 C 0 1 (A T E M E L)		
マイクロコントローラ 1 1 (Nat. Semicond.)	C O P 8 4 2 C J	

【図面の簡単な説明】

- 【図 1】 図 1 は、本発明の実施例の例としての概観図である。
- 【図 2】 図 2 は、 μ C C O P 8 4 2 C J のピン配列図である。
- 【図 3】 図 3 は、ホール信号を処理するための構成部材を示す回路図である。
- 【図 4】 図 4 は、点火角シフトを行わない際のホール信号とコミュニケーションの線図である。
- 【図 5】 図 5 は、信号 H A L L から導出された値に基づき（早期）コミュニケーション時点 T_N の計算を行うことを説明するための概略図である。 30
- 【図 6】 図 6 A と図 6 B は、タイマ割込が行われないときのホール長の計算を示す線図である。
- 【図 7】 図 7 A と図 7 B は、タイマ割込が存在する際のホール長の計算を示す線図である。
- 【図 8】 図 8 (A) は図 9 (B) と共に、点火角シフトによるホール割込ルーチンのフローチャートである。
- 【図 9】 図 9 (B) は、図 8 A に続き、点火角シフトによるホール割込ルーチンのフローチャートである。
- 【図 10】 図 10 は、点火角計算ルーチンのフローチャートである。 40
- 【図 11】 図 11 は、点火角計算によるタイマ割込ルーチンのフローチャートである。
- 【図 12】 図 12 は、モータ起動時のホール信号の線図である。
- 【図 13】 図 13 (A) は図 14 (B) と共に、ホール信号と、駆動機能の所属の変数とを示す図である。
- 【図 14】 図 14 (B) は、図 13 (A) に続き、ホール信号と、駆動機能の所属の変数とを示す図である。
- 【図 15】 図 15 は、電子コミュニケーション式モータの制御と駆動に重要な部分を示す回路図である。
- 【図 16】 図 16 は、E E P R O M の制御と、バス 3 0 を介したデータ接続に重要な部分を示す回路図である。 50

【図17】 図17は、機能マネージャの有利な実施例の概略図である。

【図18】 図18は、機能マネージャで使用される機能レジスタの概略図である。

【図19】 図19は、4極アウタロータの永久磁石の概略図である。

【図20】 図20AとBは、図19のアウタロータの磁化エラーの作用を説明するための概略図である。

【図21】 図21は、図10と同様の、しかし有利な形態に変形された点火角計算のフローチャートである。

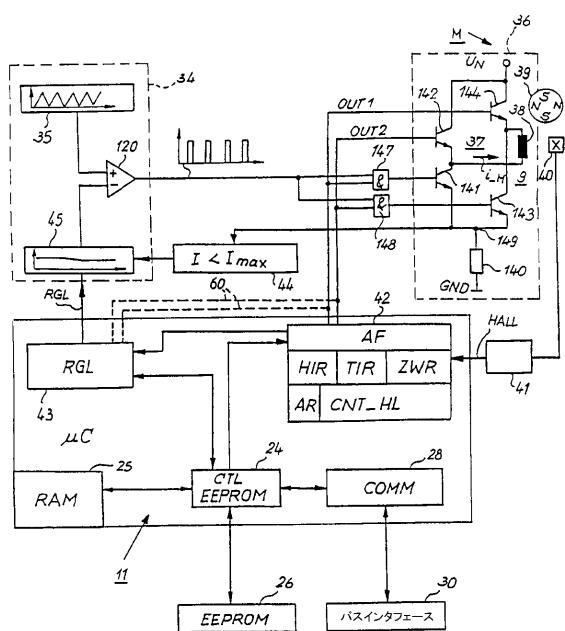
【図22】 図22は、図4に示したようなコミュニケーションに対するホール割込ルーチンのフローチャートである。

【図23】 図23は、コミュニケーション時点が電子的に早期にシフトされた場合に対するコミュニケーション経過の概略図である。

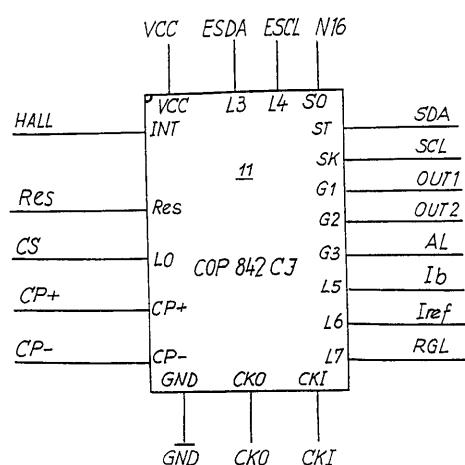
【図24】 図24は、信号HALLとモータ巻線の電流*i_M*の時間経過を示す線図であり、ここではコミュニケーション時点の早期方向へのシフトを行わない。

【図25】 図25は、信号HALLとモータ巻線の電流*i_M*の時間経過を示す線図であり、ここではコミュニケーション時点の早期方向へのシフトを行う。

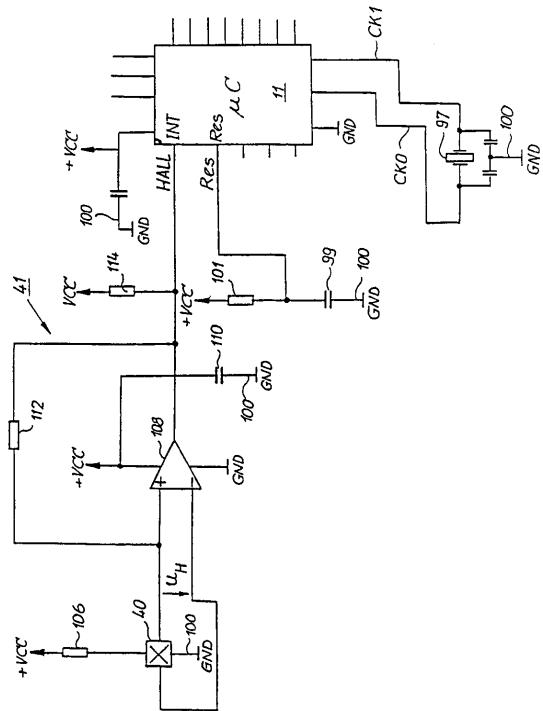
(1)



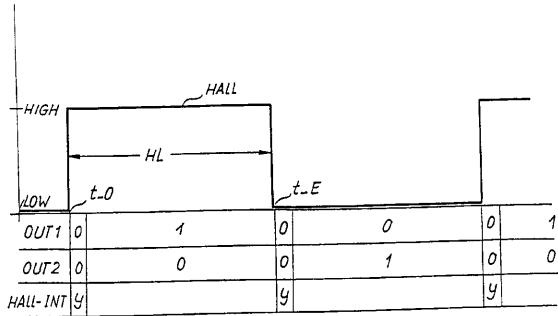
〔 2 〕



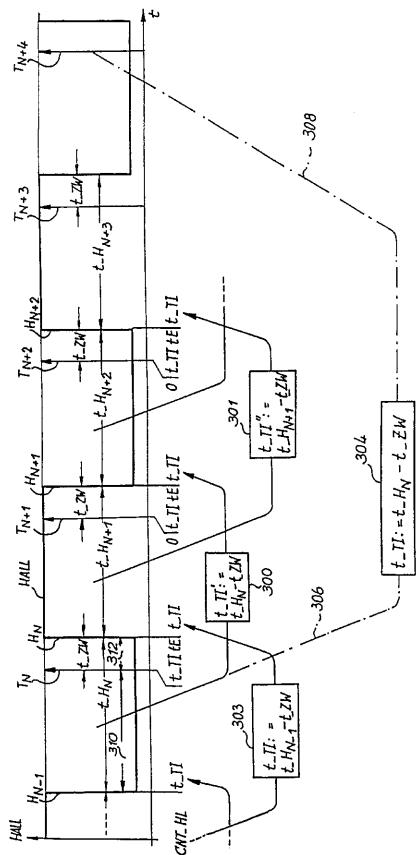
【 义 3 】



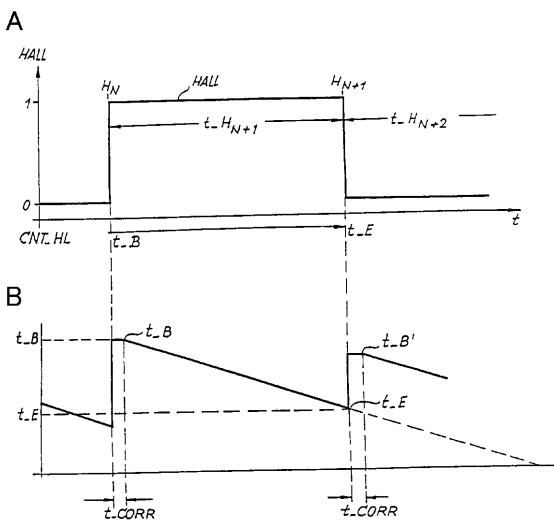
【 図 4 】



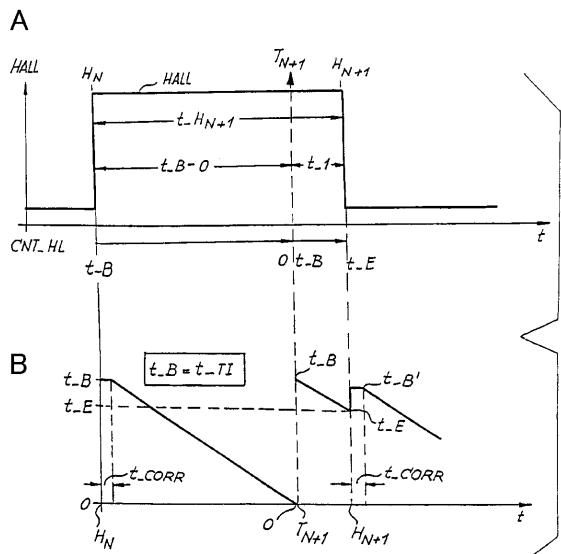
【図5】



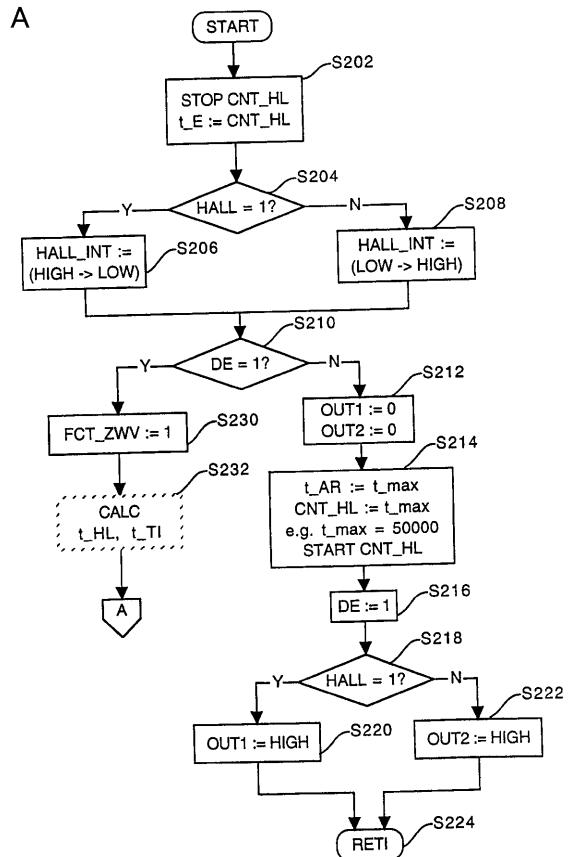
【 四 6 】



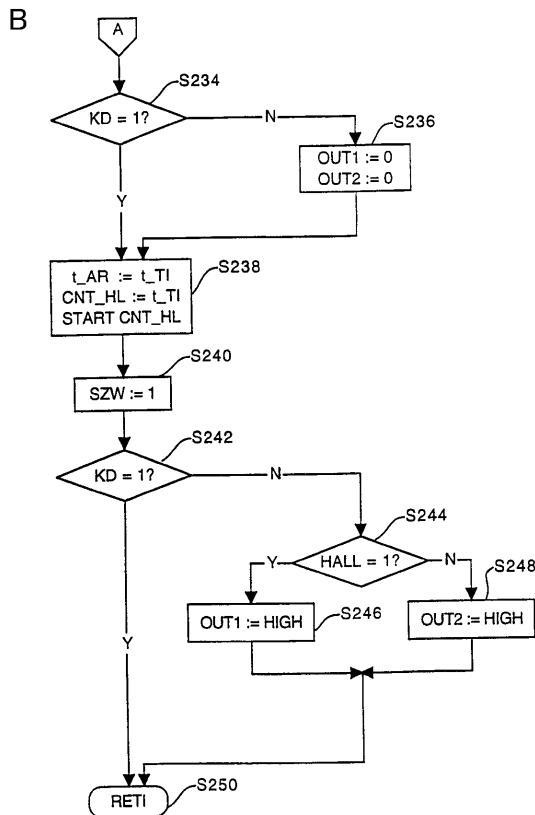
【図7】



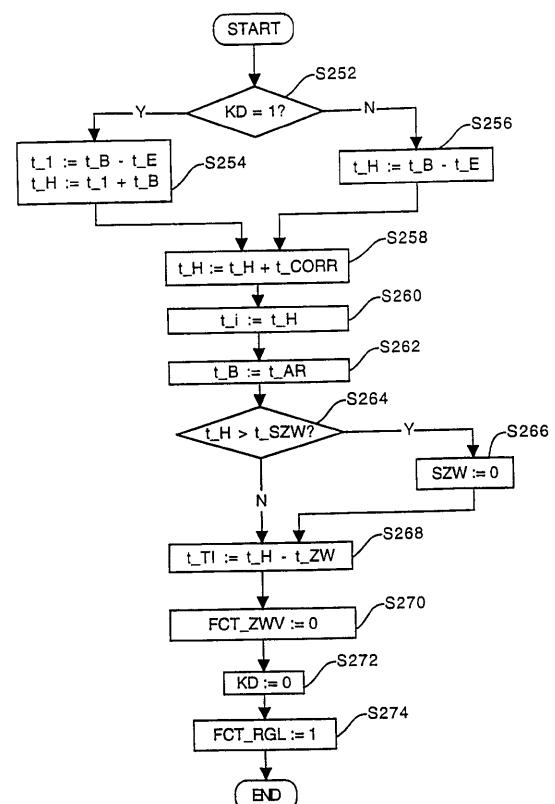
【図8】



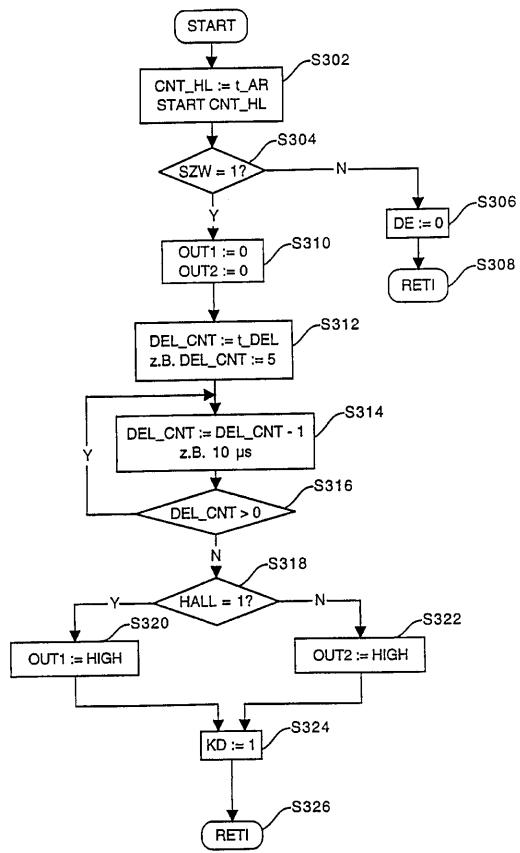
【図9】



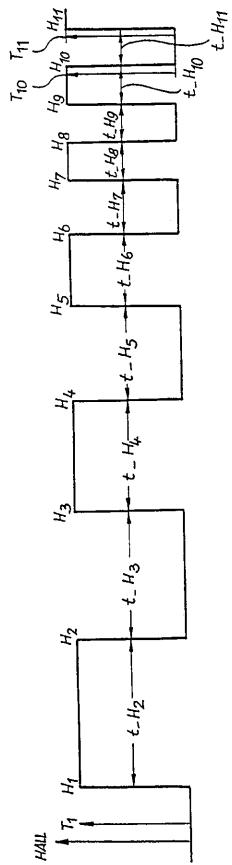
【図10】



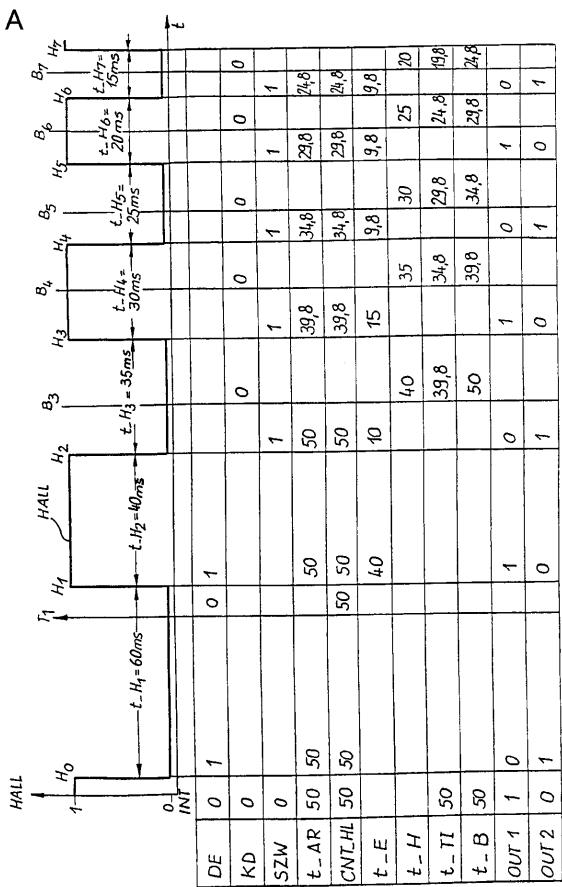
【 図 1 1 】



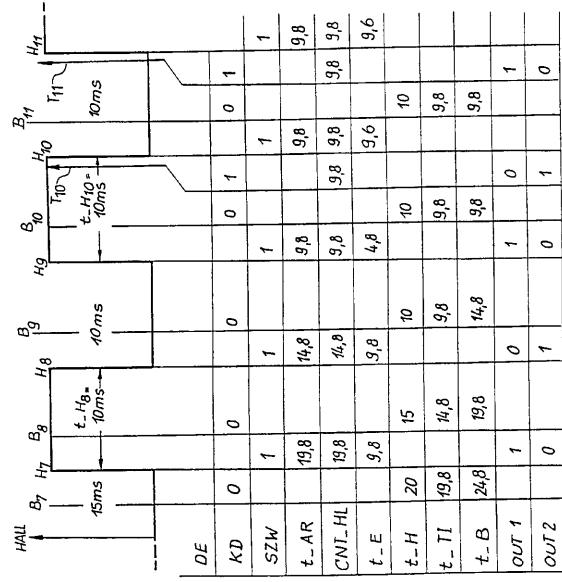
【図12】



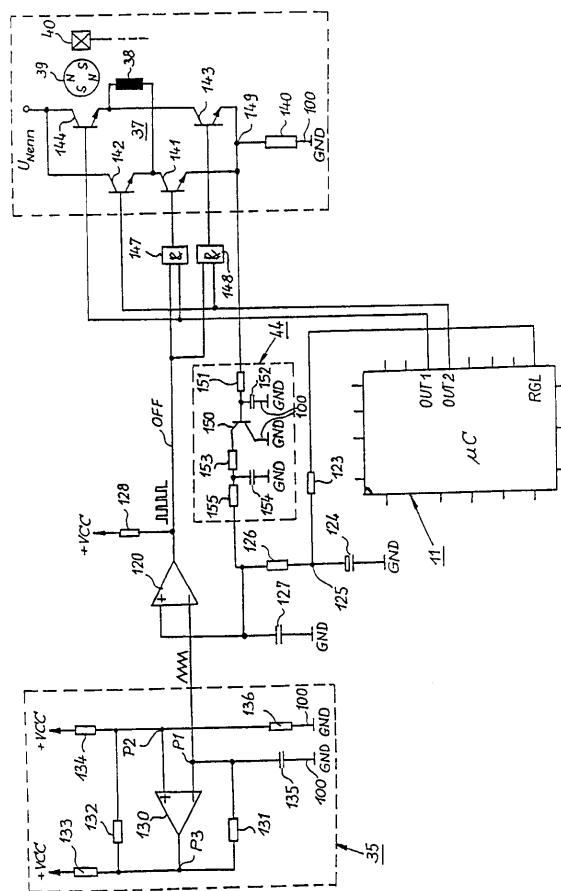
【図13】



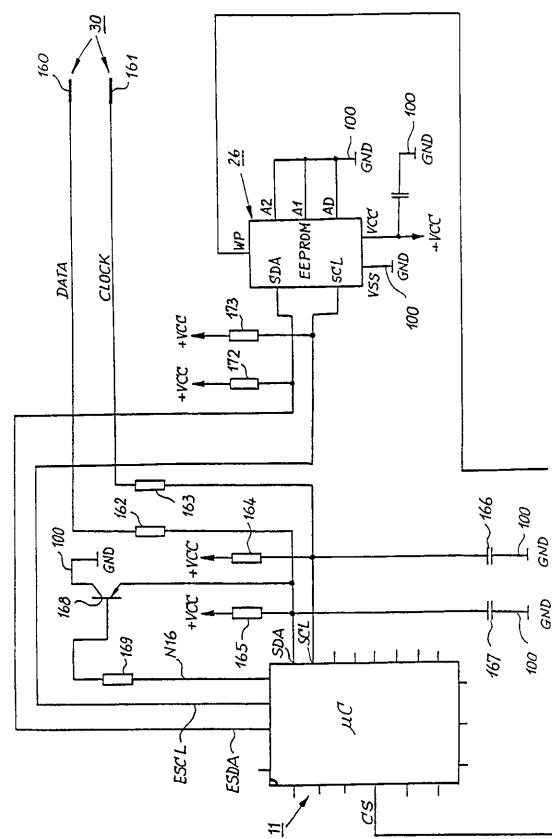
【図 1 4】



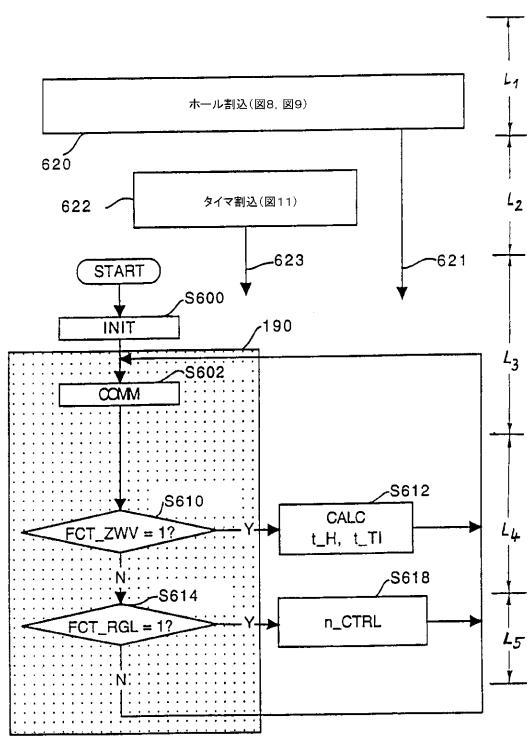
【図15】



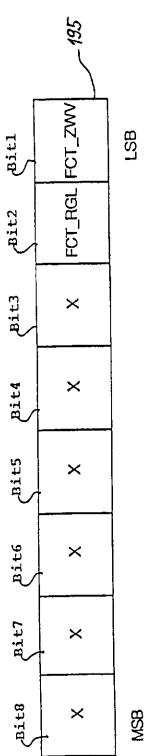
【図16】



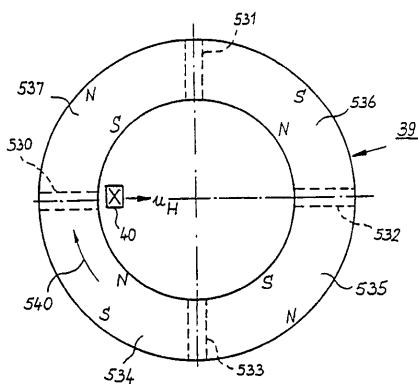
【図17】



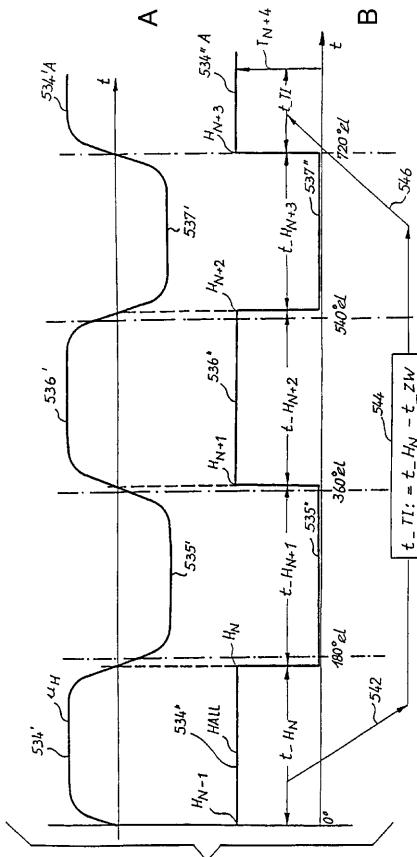
【 図 1 8 】



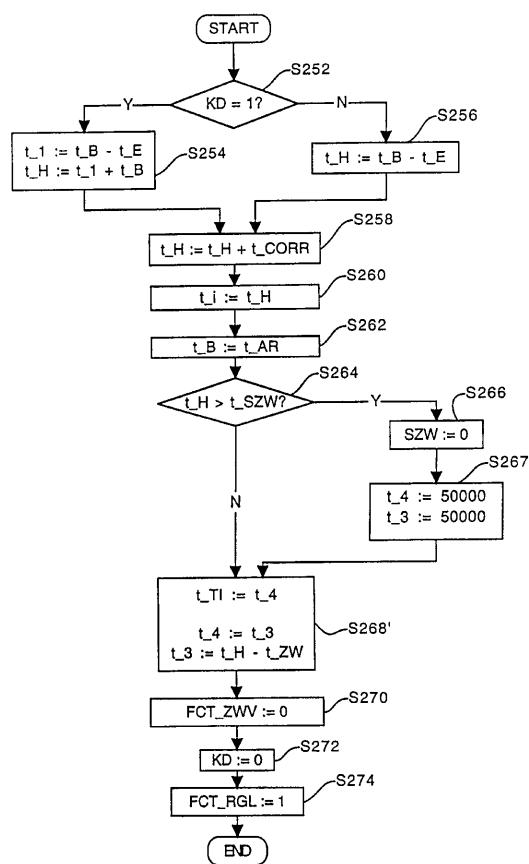
【図19】



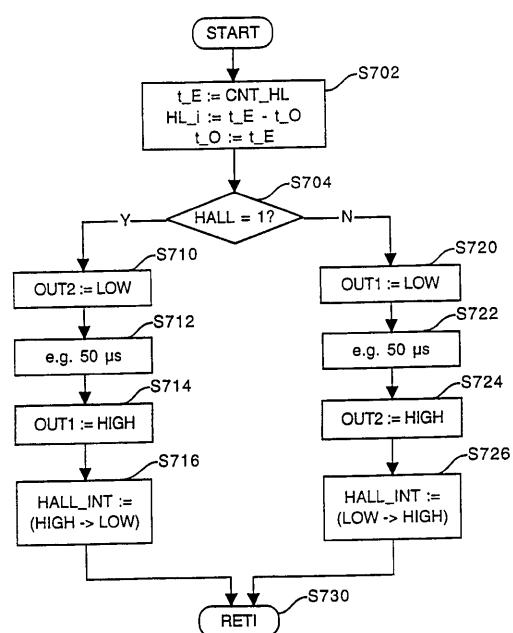
【 図 2 0 】



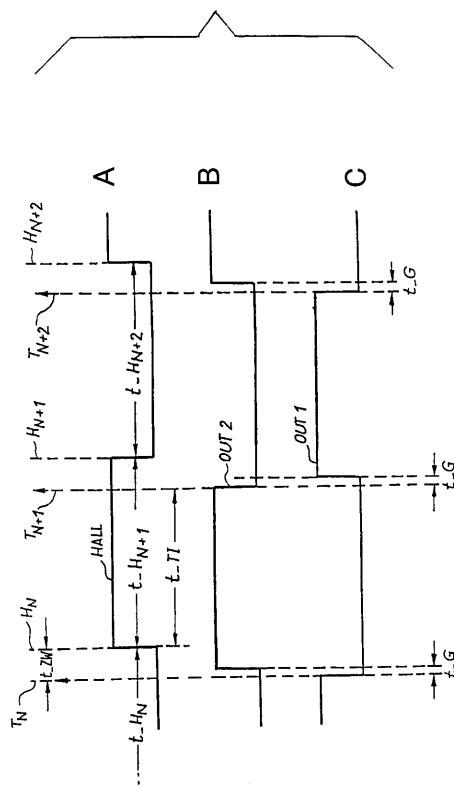
【図21】



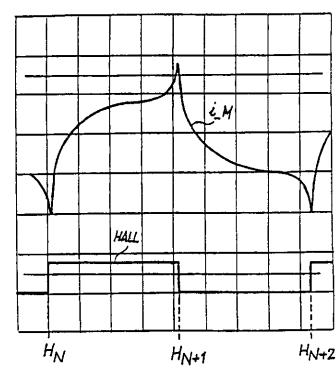
【 図 2 2 】



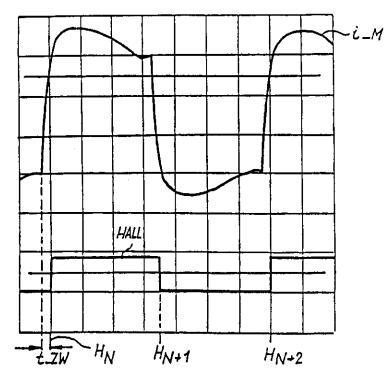
【図23】



【図24】



【図25】



フロントページの続き

(72)発明者 ドゥフナー、トーマス
ドイツ連邦共和国 D - 7 8 1 3 6 ショナッハ コンラート - アデナウアー - シュトラーセ 1
7

(72)発明者 ホルンバーガー、イエルク
ドイツ連邦共和国 D - 7 2 2 8 0 ドルンシュテッテン ノッテンタール 1

(72)発明者 イエスケ、フランク
ドイツ連邦共和国 D - 7 8 1 1 2 ザンクト ゲオルゲン フリー・トリッヒ - エバート - シュトラーセ 13

(72)発明者 ラッペンエッカー、ハーマン
ドイツ連邦共和国 D - 7 8 1 4 7 フェーレンバッハ クランケンハウスシュトラーセ 26

(72)発明者 カルヴァート、アルノ
ドイツ連邦共和国 D - 7 8 6 2 8 ロットヴァイル グロスホーフェンシュトラーセ 10

審査官 天坂 康種

(56)参考文献 特開平07-184384(JP, A)
特開平08-223973(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 6/16

H02P 6/18