お客様各位

カタログ等資料中の旧社名の扱いについて

2010年4月1日を以ってNECエレクトロニクス株式会社及び株式会社ルネサステクノロジが合併し、両社の全ての事業が当社に承継されております。従いまして、本資料中には旧社名での表記が残っておりますが、当社の資料として有効ですので、ご理解の程宜しくお願い申し上げます。

ルネサスエレクトロニクス ホームページ（http://www.renesas.com）

2010年4月1日
ルネサスエレクトロニクス株式会社

【発行】ルネサスエレクトロニクス株式会社（http://www.renesas.com）

【問い合わせ先】http://japan.renesas.com/inquiry

ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したものですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。

   標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット

   高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）

   特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社がその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

User's Manual

RENESAS

M3T-MR308 V.1.20

ユーザーズマニュアル

M32C/80,M16C/80,70 シリーズ用リアルタイムOS

ルネサス エレクトロニクス
www.renesas.com

Rev.2.00　2003.09

※Microsoft、MS、MS-DOS、Windows、WindowsNT は、米国 Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標です。

※UNIX は、X/Open Company Limited が独占的にライセンスしている米国ならびに他の国における登録商標です。

※ Solaris は、米国 Sun Microsystems,Inc.の登録商標です。

※Sun、SunOS は、米国およびその他の国における米国 Sun Microsystems, Inc.の登録商標です。

※IBM、AT は、米国 International Business Machines Corporation の登録商標です。

※ PC-9800 は、日本電気株式会社の商標です。

※SPARC、SPARCstation は、米国 SPARC International,Inc.の登録商標です。

※HP9000、HP-UX は、米国 Hewlett-Packard Company の米国およびその他の国における登録商標です。

安全設計に関するお願い

- **弊社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品は故障が発生したり、誤動作する場合があります。弊社の半導体製品の故障又は誤動作によって結果として、人身事故火災事故、社会的損害などを生じさせないような安全性を考慮した冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計などの安全設計に十分ご留意ください。**

本資料ご利用に際しての留意事項

- **本資料は、お客様が用途に応じた適切なルネサス テクノロジ製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報について株式会社ルネサス テクノロジおよび株式会社ルネサス ソリューションズが所有する知的財産権その他の権利の実施、使用を許諾するものではありません。**
- **本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例の使用に起因する損害、第三者所有の権利に対する侵害に関し、株式会社ルネサス テクノロジおよび株式会社ルネサス ソリューションズは責任を負いません。**
- **本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他全ての情報は本資料発行時点のものであり、株式会社ルネサス テクノロジおよび株式会社ルネサス ソリューションズは、予告なしに、本資料に記載した製品又は仕様を変更することがあります。ルネサス テクノロジ半導体製品のご購入に当たりましては、事前に株式会社ルネサス テクノロジ、株式会社ルネサス ソリューションズ、株式会社ルネサス販売又は特約店へ最新の情報をご確認頂きますとともに、ルネサス テクノロジホームページ（http://www.renesas.com）などを通じて公開される情報に常にご注意ください。**
- **本資料に記載した情報は、正確を期すため、慎重に制作したものですが万一本資料の記述誤りに起因する損害がお客様に生じた場合には、株式会社ルネサス テクノロジおよび株式会社ルネサス ソリューションズはその責任を負いません。**
- **本資料に記載の製品データ、図、表に示す技術的な内容、プログラム及びアルゴリズムを流用する場合は、技術内容、プログラム、アルゴリズム単位で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。株式会社ルネサス テクノロジおよび株式会社ルネサス ソリューションズは、適用可否に対する責任は負いません。**
- **本資料に記載された製品は、人命にかかわるような状況の下で使用される機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。本資料に記載の製品を運輸、移動体用、医療用、航空宇宙用、原子力制御用、海底中継用機器あるいはシステムなど、特殊用途へのご利用をご検討の際には、株式会社ルネサス テクノロジ、株式会社ルネサス ソリューションズ、株式会社ルネサス販売又は特約店へご照会ください。**
- **本資料の転載、複製については、文書による株式会社ルネサス テクノロジおよび株式会社ルネサス ソリューションズの事前の承諾が必要です。**
- **本資料に関し詳細についてのお問い合わせ、その他お気付きの点がございましたら株式会社ルネサス テクノロジ、株式会社ルネサス ソリューションズ、株式会社ルネサス販売又は特約店までご照会ください。**

製品の内容及び本書についてのお問い合わせ先

インストーラが生成する以下のテキストファイルに必要事項を記入の上、ツール技術サポート窓口 support_tool@renesas.com **まで送信ください。**

¥SUPPORT¥**製品名**¥SUPPORT.TXT

株式会社ルネサス ソリューションズ マイコンツール部
ツール技術サポート窓口 support_tool@renesas.com
ユーザ登録窓口 regist_tool@renesas.com
ホームページ http://www.renesas.com/jp/tools

はじめに

MR308 は M16C/80 シリーズ用のリアルタイム・オペレーティングシステム[1]です。MR308 はμITRON 仕様[2]に準拠しています。

本マニュアルは MR308 を使用したプログラムの作成手順および作成上の注意事項について説明します。各システムコールの詳細な使用方法については「MR308 リファレンスマニュアル」を参照してください。

MR308 を使うために必要なこと

MR308 を使用したプログラムを作成するには弊社下記製品を別途御購入して頂く必要があります。

- M16C/80 **シリーズ**用リロケータブルアセンブラ AS308
  また弊社では下記関連製品を用意しています。

- M16C/80 **シリーズ**用 C コンパイラ NC308
  これらの製品をあわせて御使用頂ければ、より効率の良いプログラム開発がおこなえます。

ドキュメント一覧

MR308 に添付されているドキュメントは以下の３種類あります。

- リリースノート
  ソフトウェアの概要やユーザーズマニュアル、リファレンスマニュアルの訂正などを記載したドキュメントです。

- ユーザーズマニュアル (PDF ファイル)
  MR308 を使用したプログラムの作成手順や作成上の注意事項を記載したドキュメントです。

- リファレンスマニュアル (PDF ファイル)
  MR308 のシステムコールの使用方法や使用例を記述したドキュメントです。
  本マニュアルを読む前に必ずリリースノートをお読みください。

ソフトウェアの使用権

ソフトウェアの使用権はソフトウェア使用権許諾契約書に基づきます。MR308 はお客様の製品開発の目的でのみ使用できます。その他の目的での使用はできませんのでご注意ください。

また、本マニュアルによってソフトウェアの使用権の実施に対する保証及び使用権の実施の許諾を行うものではありません。

---

[1] 以降リアルタイム OS と略します。

[2] μITRON 仕様は、東京大学理学部坂村健博士とその研究室により考案されたものです。したがって、μITRON 仕様の著作権は同氏に属しています。MR308 は同氏に承認を得て、μITRON 仕様に基づき製作されたものです。

MEMO

目次

図目次

表目次

第 1 章　　ユーザーズマニュアルの構成

MR308 ユーザーズマニュアルは、９つの章から構成されています。

- 第 2 章 概要
  MR308 の目的や、概略の機能、位置づけなどを説明します。
- 第 3 章 MR308 入門
  MR308 を使用する上で必要となる考え方や用語などを説明します。
- 第 4 章 アプリケーション作成手順概要
  MR308 を使用してアプリケーションプログラムを作成する場合の開発手順の概要を説明します。
- 第 5 章 アプリケーション作成手順詳細
  MR308 を使用してアプリケーションプログラムを作成する場合の開発手順を詳細に説明します。
- 第 6 章 コンフィグレータの使用方法
  コンフィグレーションファイルの記述方法、および、コンフィグレータの使用方法を詳細に説明します。
- 第 7 章 アプリケーション作成の手引き
  MR308 を使用してアプリケーションプログラムを作成する際に知っておいたほうがよい事項や、注意事項について説明します。
- 第 8 章 サンプルプログラムの説明
  製品にソースファイル形式で含まれている MR308 サンプルアプリケーションプログラムについて説明します。
- 第 9 章 別 ROM 化について
  別 ROM 化の方法について説明します。

第 2 章　　概要

2.1 MR308 のねらい

近年マイクロコンピュータの急激な進歩にともない、マイクロコンピュータ応用製品の機能が複雑化してきています。これにともない、マイクロコンピュータのプログラムサイズが大きくなってきています。また製品開発競争が激化しマイクロコンピュータ応用製品を短期間に開発しなければなりません。すなわち、マイクロコンピュータのソフトウェアを開発している技術者は今までより大きなプログラムを今までより短期間で開発することが要求されてきます。そこでこの困難な要求を解決するためには以下のことを考えていかなければなりません。

1. **ソフトウェアの再利用性を高めて、 開発すべきソフトウェアの量を削減する。**

   このためにはソフトウェアをできるだけ機能単位で独立したモジュールに分割して再利用できるようにする方法があります。すなわち、汎用サブルーチン集などを多く蓄積してそれをプログラム開発時に使用します。ただこの方法では、時間やタイミングに依存したプログラムは再利用するのは困難です。ところが実際の応用プログラムは時間やタイミングに依存したプログラムがかなりの部分を占めていてこのような手法で再利用できるプログラムはあまり多くありません。

2. **チームプログラミングを推進し、1 つのソフトウェアを何名かの技術者でおこなうようにする。**

   チームプログラミングをおこなうには色々な問題があります。1 つはデバッグ作業をおこなうにあたり、チームプログラミングをおこなっている技術者全員のソフトウェアがデバッグできる状態にないとデバッグに入れません。また、チーム内の意志統一を十分におこなう必要があります。

3. **ソフトウェアの生産効率を向上させ、技術者 1 名あたりの開発可能量を増加させる。**

   このためは 1 つは技術者の教育をおこない技術者のスキルアップをはかる方法があります。また、構造化記述アセンブラや C コンパイラなどを用いることによりより簡単にプログラムを作成できるようにする方法があります。また、ソフトウェアのモジュール化を推進してデバッグの効率を向上させる方法等があります。

しかし、このような問題を解決するには従来の手法では限界があります。そこでリアルタイム OS[3]という新しい手法の導入が必要になってきます。

そこで、弊社はこの要求に答えるべく 16 ビットマイクロプロセッサ M16C/80 **シリーズ**用にリアルタイム OS MR308 を開発しました。MR308 を導入することにより以下のような効果があります。

1. **ソフトウェアの再利用が容易になります。**

   リアルタイム OS を導入することにより、タイミングをリアルタイム OS を介してとることにより、タイミングに依存したプログラムが再利用できるようになります。

   また、プログラムをタスクというモジュールに分割しますので、自然と構造化プログラミングをおこなうようになります。すなわち再利用可能なプログラムを自然に作成するようになります。

2. **チームプログラミングがおこないやすくなります。**

   リアルタイム OS を導入することにより、プログラムがタスクという機能単位のモジュールに分割されますので、タスク単位で開発をおこなう技術者を振り分け開発からタスク単位でデバッグまでできるようになります。とくにリアルタイム OS を導入すると、プログラムが全てでき上がっていなくてもタスクさえ出来ていればその部分のデバッグを初めることが容易にできます。またタスク単位で技術者を割り振ることができますので、作業分担が容易におこなえます。

3. **ソフトウェアの独立性が高くなり、 プログラムをデバックしやすくなります。**

   リアルタイム OS を導入することにより、プログラムをタスクという独立した小さなモジュールに分割できますので、プログラムをデバッグする際ほとんどはその小さなモジュールに着目するだけでデバッグすることができます。

4. **タイマ制御が簡単になります。**

   従来例えば、10ms ごとにある処理を動作させるためには、マイクロコンピュータのタイマ機能を用いて定期的に割り込みを発生させて処理させていました。ところが、マイクロコンピュータのタイマの数には限りがありますのでタイマが足らなくなったら 1 本のタイマを複数の処理に使用するなどの手法を用いて解決していました。

[3] OS：Operating System

ところがリアルタイム OS を導入することにより、リアルタイム OS の時間管理機能を使用して一定時間毎にある処理をさせるというプログラムを、マイクロコンピュータのタイマ機能を特に意識せずに作成することができます。また、同時にプログラマから見たとき疑似的にマイクロコンピュータに無限本数のタイマが搭載されたようにプログラムを作成することができます。

5. **ソフトウェアの保守性が向上します。**

リアルタイム OS を導入することにより開発したソフトウェアが小さなタスクと呼ばれるプログラムの集合で構成されます。これにより開発完了後保守をおこなう場合、小さなタスクだけを保守すればよくなり保守性が向上します。

6. **ソフトウェアの信頼性が向上します。**

リアルタイム OS を導入することにより、プログラムの評価、試験などがタスクという小さなモジュール単位でおこなえますので評価、試験が容易になりひいては信頼性が向上します。

7. **マイクロコンピュータの性能を最大限生かすことができます。これにより応用製品の性能向上が望めます。**

リアルタイム OS を導入することにより、入出力待ちなどのマイクロコンピュータのむだな動作を減少させることができます。これによりマイクロコンピュータの能力を最大限に引き出すことができます。ひいては応用製品の性能向上につながります。

2.2 TRON 仕様と MR308

TRON 仕様とは The Realtime Operating system Nucleus 仕様の略で、リアルタイム・オペレーティングシステムの核となる部分の仕様を意味します。TRON 仕様の設計を中心とした TRON プロジェクトは、東京大学理学部 坂村健博士を中心として進められています。

この TRON プロジェクトで推進されているものの 1 つに ITRON 仕様があります。ITRON 仕様は Industrial TRON 仕様の略で、産業用組み込みシステムをターゲットとしたリアルタイム・オペレーティングシステムの仕様です。

ITRON 仕様は広い分野の応用に十分対応できるように数多くの機能を有しています。このため ITRON システムは比較的大きなメモリ容量と処理能力を必要とします。μITRON 仕様 V.2.0 は、この ITRON 仕様を処理速度を向上させるため仕様を整理し、必要十分な機能のみにサブセット化されたものです。μITRON 仕様 V.2.0 は以下の項目において ITRON 仕様のサブセットになっています。

1. **システムコールのタイムアウト機能がありません。**

2. **タスク、セマフォ等のオブジェクトは、システム作成時のみに生成[4]することができます。システム起動後に生成[5]することはできません。**

3. **メモリプールは固定長のみで、可変長のメモリプールは扱えません。**

4. **システムコール例外管理機能および CPU 例外管理機能がありません。**

現在、μITRON 仕様 V.3.0 が規定されています。このμITRON 仕様 V.3.0 はμITRON 仕様 V.2.0 と ITRON 仕様を統合し、接続機能を追加したものです。

MR308 は、このμITRON 仕様[6]に従って 16 ビットマイクロプロセッサ M16C/80 シリーズ用に開発された、リアルタイム・オペレーティングシステムです。

μITRON 仕様 V.3.0 では、各システムコールは、レベル R、レベル S、レベル E、レベル C に分けられています。

MR308 は、μITRON 仕様 V.3.0 で規定されたシステムコールのうち、レベル R、レベル S の全部と、レベル E の一部をインプリメントしています。

MR308 の概略仕様を表 2.1に示します。

[4] 静的オブジェクト生成
[5] 動的オブジェクト生成
[6] MR308 V.1.00 はμITRON 仕様 V3.0 に準拠しています。

表 2.1　MR308 概略仕様

項目	仕様
ターゲットマイクロプロセッサ	M32C/80,M16C/80,M16C/70 シリーズ
最大タスク数	255
タスクの優先度数	255
最大イベントフラグ数	255
イベントフラグの幅	16 ビット
最大セマフォ数	255
セマフォの形式	計数型
最大メイルボックス数	255
メッセージサイズ	16 ビット or 32 ビット
メイルボックスのバッファサイズ	0 バイト以上
最大固定長メモリプール数	255
最大可変長メモリプール数	1
システムコール数	61
OS 核コードサイズ OS 核データサイズ OS 核記述言語	約 1.5K～10.0K バイト 最小 18 バイト、1 タスクあたり（スタックを除く）13 バイト増加。なお、タイムアウト機能を使用した場合は、17 バイト増加 C 言語、アセンブリ言語

2.3 MR308 の特長

MR308 は以下に示す特長を持っています。

1. **µITRON 仕様に準拠したリアルタイム・オペレーティングシステム**

   MR308 は ITRON 仕様をワンチップマイクロコンピュータでも実装できるように機能を整理した µITRON 仕様に基づいて開発されました。

   µITRON 仕様は ITRON 仕様のサブセットですので ITRON 教科書として出版されている文献や ITRON セミナー等で得た知識をほとんどそのまま役立てることができます。また、ITRON 仕様に準拠したリアルタイム OS を用いて開発したアプリケーションプログラムを MR308 に移行するのは比較的容易に行えます。

2. **高速処理を実現**

   マイコンのアーキテクチャを活用し、高速処理を実現しています。

3. **必要モジュールのみを自動選択することにより常に最小サイズのシステムを構築**

   MR308 は M16C シリーズオブジェクトライブラリ形式で供給されています。

   したがって、リンケージエディタ LN308 のもつ機能により、数ある MR308 の機能モジュールのなかで使用しているモジュールのみを自動選択してシステムを生成します。このため、常に最小サイズのシステムが自動的に生成されます。

4. **C コンパイラ NC308 を用いて C 言語でアプリケーションプログラムが開発可能**

   C コンパイラ NC308 を用いて、MR308 のアプリケーションプログラムを C 言語で開発できます。また C 言語から MR308 の機能を呼び出すためのインターフェースライブラリがソフトウェアディスクに添付されています。

5. **上流工程ツール "コンフィグレータ" により、容易な開発手順**

   ROM 書き込み形式ファイルまでの作成を簡単な定義のみでおこなえるコンフィグレータを装備しています。これにより、どんなライブラリを結合する必要があるかなどを特に気にする必要はありません。

第 3 章　　MR308 入門

3.1 リアルタイム OS の考え方

本節では、リアルタイム OS の基本概念について説明します。

3.1.1 リアルタイム OS の必要性

近年半導体技術の進歩にともなってシングルチップマイクロコンピュータ (マイコン)の ROM 容量が増大してきています。

このような大 ROM 容量のマイクロコンピュータの出現によりそのプログラム開発が従来の方法では困難になってきています。図 3.1にプログラムサイズと開発期間 (開発の困難さ) との関係を示します。この図 3.1はあくまでイメージ図ですが、プログラムのサイズが大きくなるに従い開発期間が指数関数的に長くなってきます。

例えば 32K バイトのプログラムを 1 個開発するより、8K バイトのプログラムを 4 個開発する方が簡単です。[7]

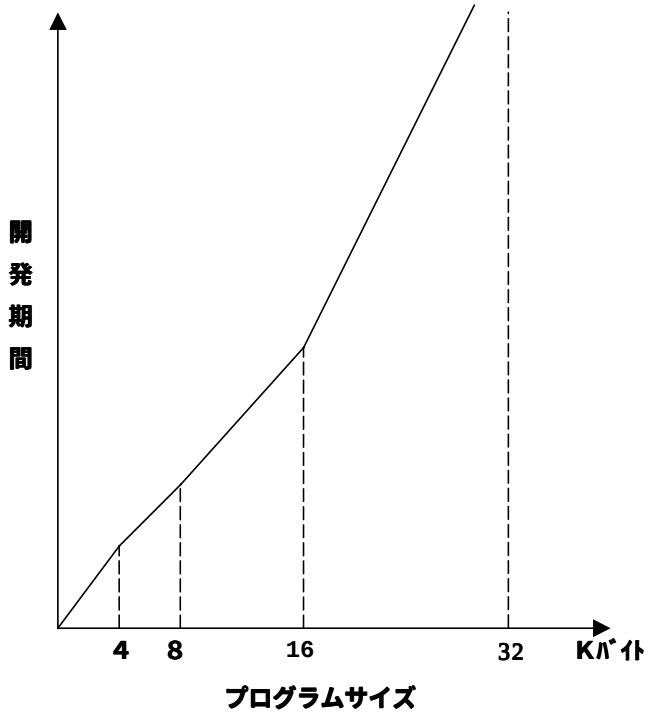


図 3.1 プログラムサイズと開発期間

そこで大きなプログラムを短期間に簡単に開発するための手法が必要になってきます。この方法として小さな ROM 容量のマイクロコンピュータを多く使う方法があります。たとえば、図 3.2にオーディオ機器システムを複数のマイクロコンピュータで構成した例を示します。

[7] ROM 詰めの必要がないことを前提とします

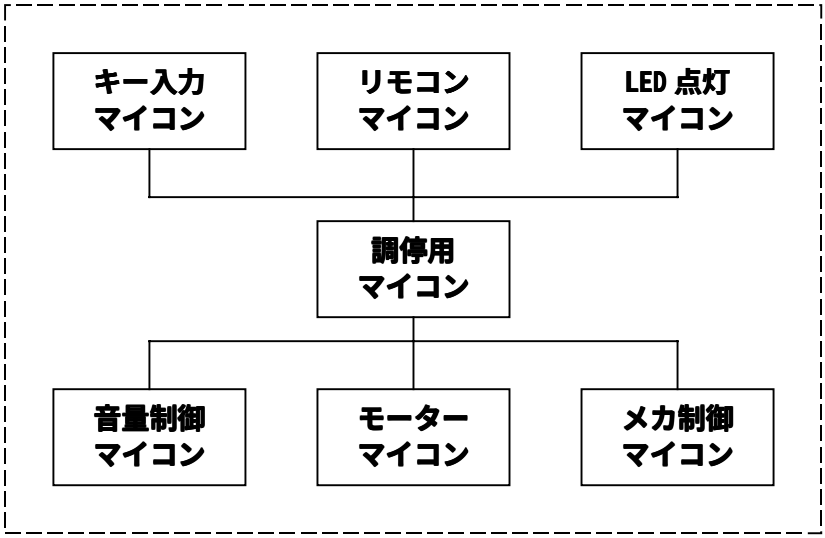


図 3.2　マイコンを多く使ったシステム例 (オーディオ機器)

このように機能単位で別々のマイクロコンピュータを用いることは以下の利点があります。

1. **ひとつひとつのプログラムが小さくなり、プログラム開発が容易になる。**
2. **一度開発したソフトウェアを再利用することが非常に容易になる。**[8]
3. **完全に機能ごとにプログラムが分離するので複数の技術者でプログラム開発が容易にできる。**

この反面以下のような欠点があります。

1. **部品点数が多くなり製品の原価を上昇させる。**
2. **ハードウェア設計が複雑になる。**
3. **製品の物理的サイズが大きくなる。**

そこでそれぞれのマイクロコンピュータで動作しているプログラムを、1 つのマイクロコンピュータでソフトウェア的に、別々のマイクロコンピュータで動作しているように見せることのできるリアルタイム OS を採用すれば、上記の利点を残したままで欠点をすべて無くすことができます。
図 3.3に、図 3.2に示したシステムにリアルタイム OS を導入した場合のシステム例を示します。

[8] 例えば、図 3.2において、リモコンマイコンを別の製品にそのまま使用することができる。

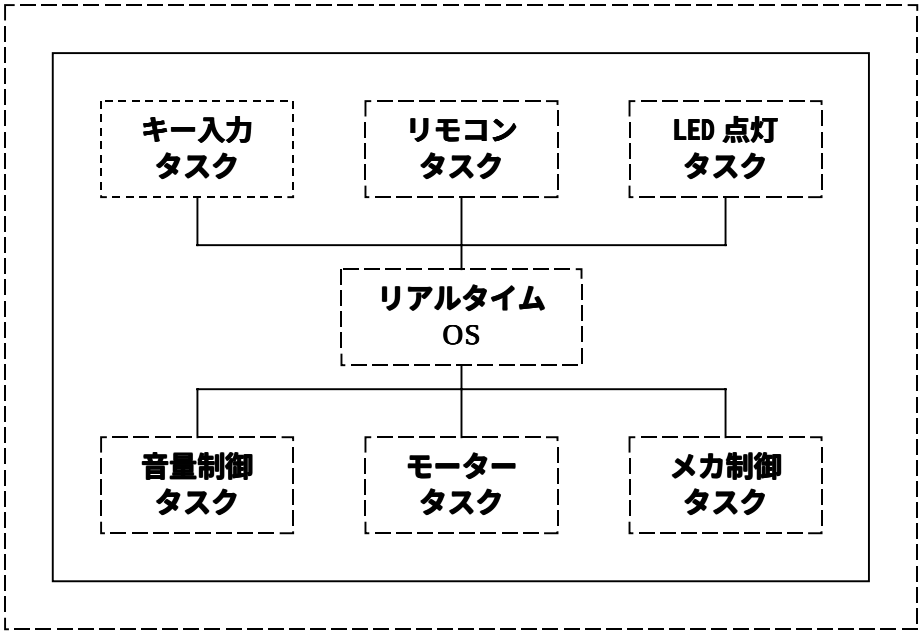


図 3.3　リアルタイム OS の導入システム例 (オーディオ機器)

すなわちリアルタイム OS とは 1 個のマイクロコンピュータを、あたかも複数のマイクロコンピュータが動作しているように見せるソフトウェアです。複数のマイクロコンピュータに相当するひとつひとつのプログラムをリアルタイム OS 用語でタスクと呼びます。

3.1.2 リアルタイム OS の動作原理

リアルタイム OS は 1 個のマイクロコンピュータを、あたかも複数のマイクロコンピュータが動作しているように見せることのできるソフトウェアです。では 1 個のマイクロコンピュータをどのようにして複数あるように見せかけるのでしょうか？

それは、図 3.4に示すようにそれぞれのタスクを時分割で動作させるからです。つまり実行するタスクを一定時間ごとに切り替えて、複数のタスクが同時に実行しているように見せるのです。

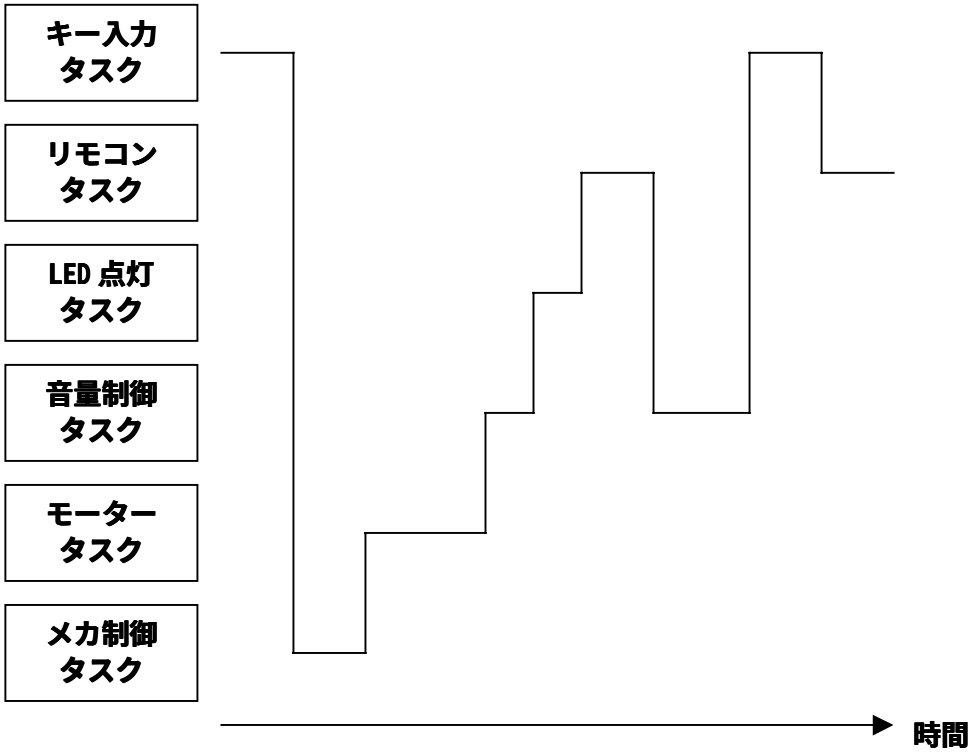


図 3.4 タスクの時分割動作

このようにタスクを一定時間ごとに切り替えて実行しています。このタスクを切り替えることをリアルタイム OS 用語でディスパッチと呼ぶこともあります。タスク切り替え (ディスパッチ)が発生する要因として以下のものがあります。

- 自分自身で切り替えを要求する。
- 割り込みなどの外的要因で切り替わる。

タスク切り替えが発生し、再度、そのタスクを実行するときには、中断していたところから再開します。 (図 3.5参照)

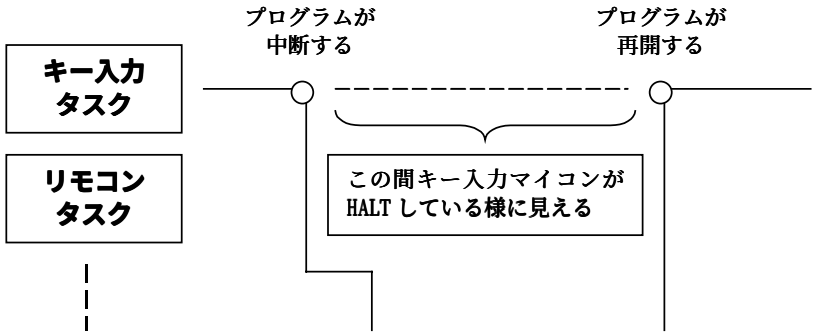


図 3.5　タスクの中断と再開

図 3.5においてキー入力タスクは、 他のタスクに実行制御が移っている間、プログラマから見ればプログラムが中断しそのマイコンが HALT しているようにみえます。

タスクの実行は、中断した時点のレジスタ内容を復帰することにより、中断した時点の状態で再開されます。すなわちタスクの切り替えとは、現在実行中のタスクのレジスタの内容をそのタスクを管理するメモリ領域に退避し、切り替えるタスクのレジスタ内容を復帰することです。

すなわちリアルタイム OS を実現するには、タスクごとにレジスタを管理し、切り換えが発生する度にそのレジスタ内容を入れ換えることにより複数のマイクロコンピュータが存在しているように見せてやればよいということになります。 (図 3.6参照) 。

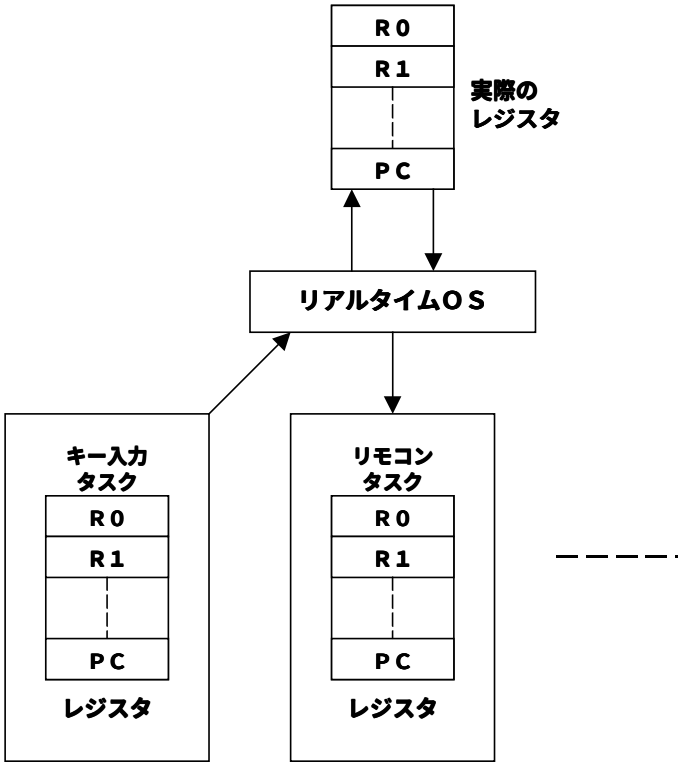


図 3.6　タスクの切り替え

図 3.7は各タスクのレジスタをどのように管理しているか具体的に示したものです。

実際にはタスクごとに持つ必要のあるのはレジスタだけでなく、スタック領域もタスクごとに持つ必要があります。

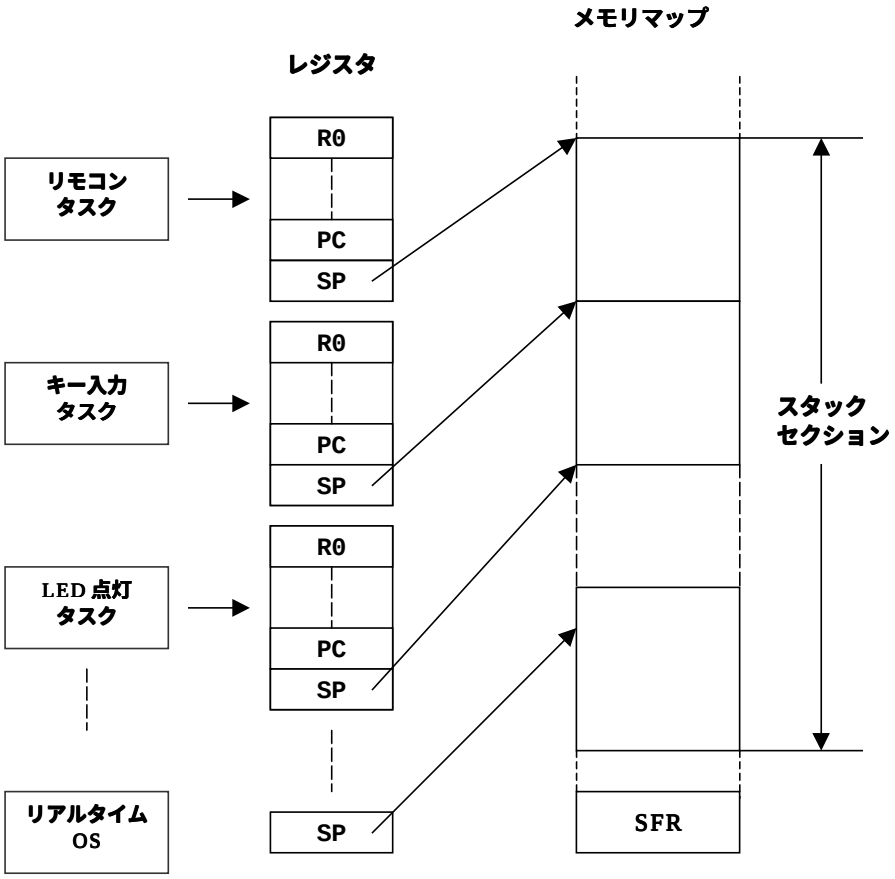


図 3.7　タスクのレジスタ領域

図 3.8は各タスクのレジスタおよびスタック領域を詳細に説明したものです。MR308 では各タスクのレジスタは図 3.8に示すようにスタック領域の中に格納され管理されています。図 3.8は、レジスタ格納後の状態を示しています。

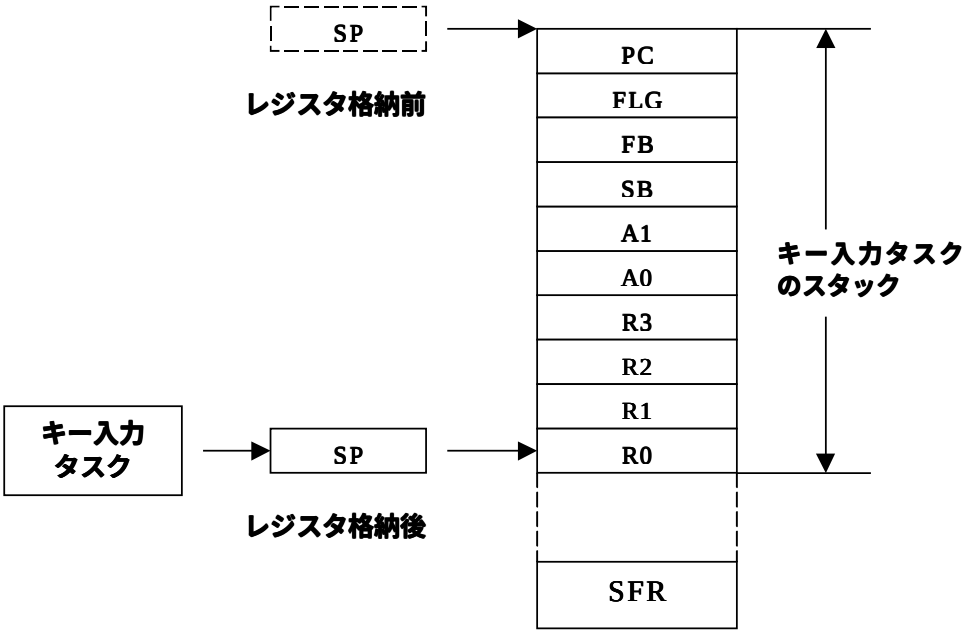


図 3.8　実際のレジスタとスタック領域の管理

3.2 システムコール

リアルタイム OS をプログラマはプログラム中でどのように使用するのでしょうか?

これにはリアルタイム OS の機能をプログラムから何らかの形で呼び出すことが必要です。このリアルタイム OS の機能を呼び出すことをシステムコールといいます。すなわちシステムコールのにより、タスクの起動などの処理を行なうことができます (図 3.9参照)。

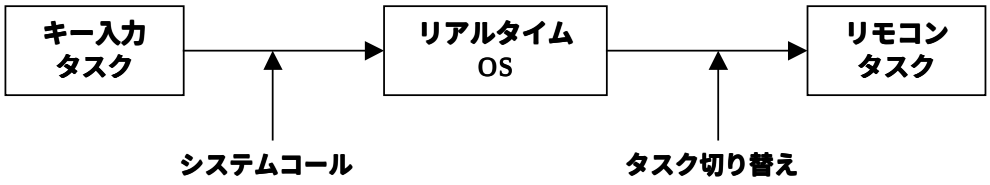


図 3.9 システムコール

このシステムコールは、C 言語で応用プログラムを記述する場合は関数呼び出しで実現します。すなわち、

```
sta_tsk(ID_main,3);
```

またアセンブリ言語で応用プログラムを記述する場合はアセンブラマクロ呼び出しにより実現します。すなわち、

```
sta_tsk #ID_main,#3
```

3.2.1 システムコール処理

システムコールが発行されると以下の手順により処理がおこなわれます。[9]

1. **現レジスタ内容を退避します。**
2. **スタックポインタをタスクのものからリアルタイム OS(システム)のものへ切り替えます。**
3. **システムコール要求にしたがった処理を行います。**
4. **次に実行するタスクの選択をおこないます。**
5. **スタックポインタをタスクのものに切り替えます。**
6. **レジスタ内容を復帰してタスクの実行を再開します。**

システムコールが発生してからタスク切り替えまでの処理の流れを図 3.10に示します。

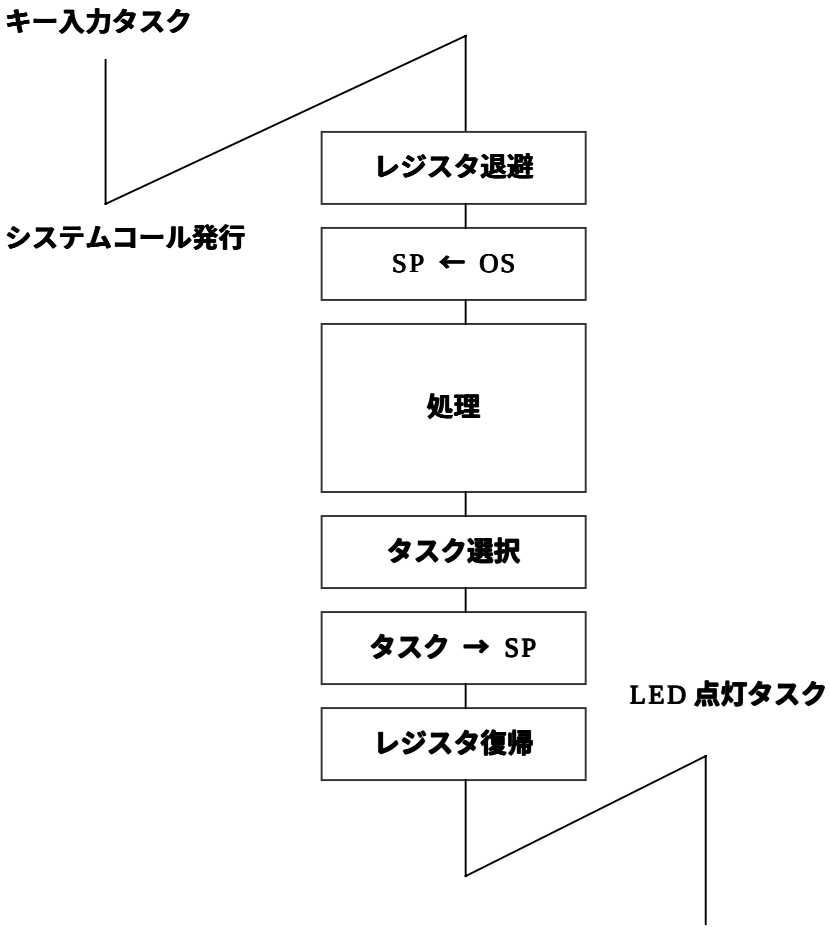


図 3.10 システムコールの処理の流れ

[9] タスク切り替えの発生しないシステムコールはこの限りではありません。

3.2.2 システムコールにおけるタスクの指定方法

各タスクの識別は、リアルタイム OS MR308 の内部では ID 番号でおこないます。
すなわち、"タスク ID 番号 1 のタスクを起動する"などというように管理されています。
しかし、プログラム中にタスクの番号を直接書き込むと非常に可読性の低いプログラムになってしまいます。たとえば、

```
sta_tsk(2,1);
```

とプログラム中に記述するとプログラマは絶えず ID 番号の 2 番のタスクは何かを知っている必要があります。また、他人がこのプログラムを見たときに ID 番号の 2 番のタスクが何かが一目では分かりません。
そこで MR308 ではタスクの識別をそのタスクの名前 (関数もしくはシンボルの名前) で指定し、その名前からタスクの ID 番号への変換を MR308 に付属しているプログラム"コンフィグレータ cfg308"が自動的におこないます。図 3.11にその様子を示します。

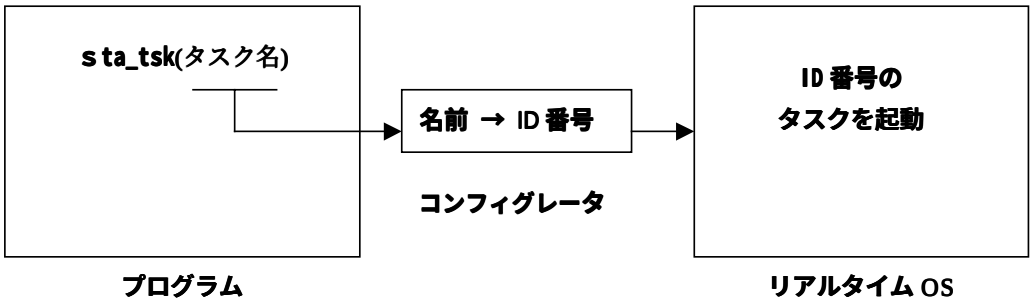


図 3.11 タスクの識別

これによりタスクの指定を以下のようにおこなえます。

```
sta_tsk(ID_task,1);
```

この例では、関数名"task()"もしくはシンボル名"task:"のタスクを起動するように指定しています。
なお、タスクの名前か ID ら番号への変換は、プログラムを生成するときにおこないます。したがって、この機能による処理速度の低下はありません。

3.3 タスク

本節ではタスクをリアルタイム OS MR308 がどのように管理しているかを説明します。

3.3.1 タスクの状態

リアルタイム OS ではタスクを実行するべきか否かを、タスクの状態を管理することにより制御しています。例えば、図 3.12にキー入力タスクの実行制御と状態の関係を示します。キー入力が発生した場合はそのタスクを実行しなければなりません。すなわち、キー入力タスクが実行状態となります。またキー入力を待っているときはタスクを実行する必要はありません。すなわち、キー入力タスクは待ち状態になっています。

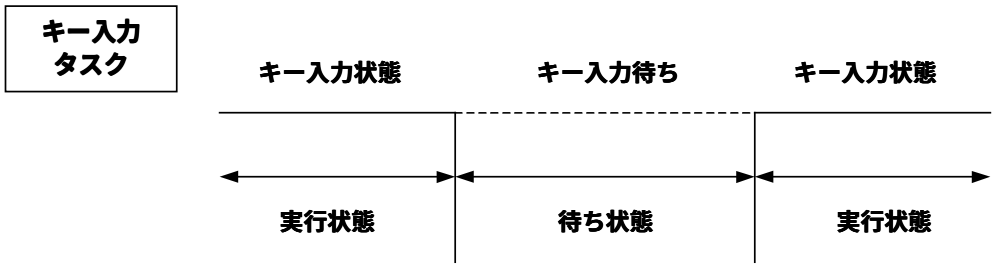


図 3.12 タスクの状態

MR308 では実行状態、待ち状態を含め以下の 6 つの状態を管理しています。

1. **実行状態 (RUN 状態)**
2. **実行可能状態 (READY 状態)**
3. **待ち状態 (WAIT 状態)**
4. **強制待ち状態 (SUSPEND 状態)**
5. **二重待ち状態 (WAIT-SUSPEND 状態)**
6. **休止状態 (DORMANT 状態)**

タスクは上記の 6 つの状態を遷移していきます。図 3.13に、タスクの状態遷移図を示します。

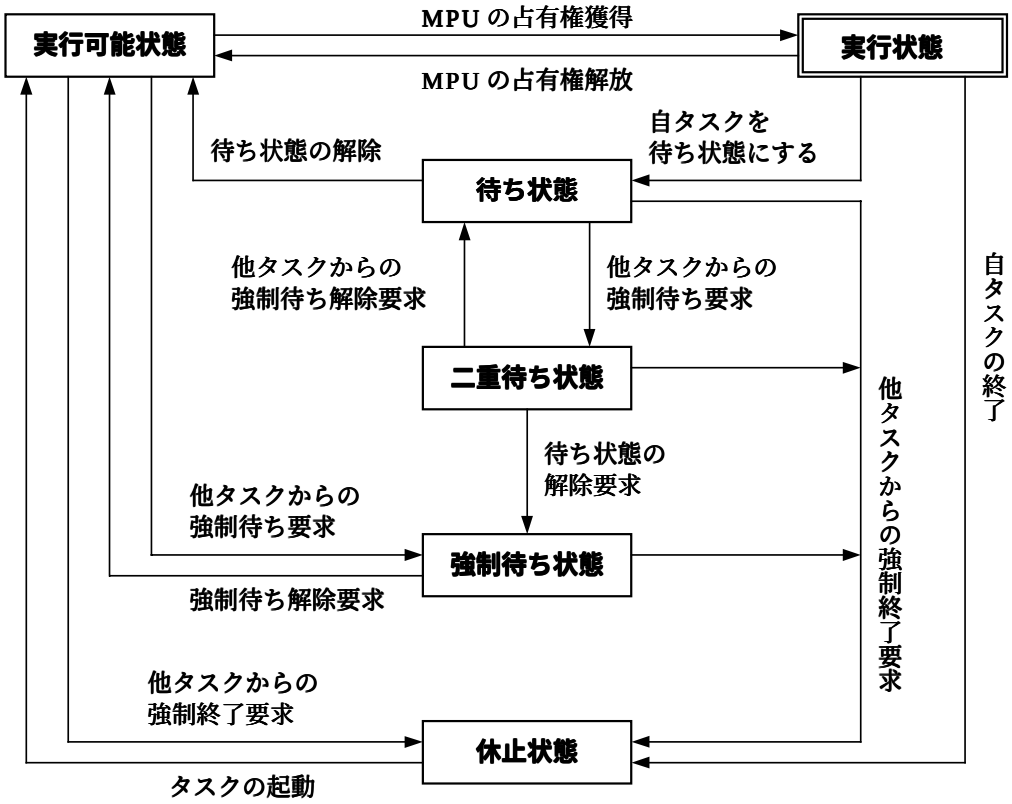


図 3.13 MR308 のタスク状態遷移図

1. 実行状態 (RUN 状態)

タスクが、まさに現在実行中の状態を実行状態といいます。マイクロコンピュータは 1 つしかないのですから当然実行状態にあるのは常に 1 つだけです。

現在実行状態のタスクが他の状態に移行するには、以下の事象のうちどれかが発生した場合です。

- 自分で自タスクを正常終了させた場合[10]
- 自分で待ち状態に入った場合[11]
- 割り込み等の事象の発生により、その割り込みハンドラによって自タスクより優先度の高いタスクが実行可能状態になった場合
- 自タスクの優先度を変更することにより他の実行可能状態のタスクが自タスクより優先度が高くなった場合[12]
- 割り込み等の事象の発生により自タスクもしくは他の実行可能状態のタスクの優先度が変更され、そのため他の実行可能状態のタスクが自タスクより優先度が高くなった場合[13]

上記の事象が発生すると再スケジュールされて実行状態と実行可能状態にあるタスクのなかで最も優先度の高いタスクが実行状態に移され、そのタスクのプログラムが実行されます。

2. 実行可能状態 (READY 状態)

タスクが実行される条件は整っているが、そのタスクより優先度の高いタスクもしくは同一優先度のタスクが実行されているために実行できずに実行待ち状態になっている状態を実行可能状態といいます。

実行可能状態であるタスクで、レディキュー[14]では 2 番目に実行される可能性のあるタスクが実行状態になるのは、以下の事象の内いずれかが発生した場合です。

---

[10] ext_tsk システムコールによる
[11] dly_tsk, slp_tsk, tslp_tsk, wai_flg, twai_flg, wai_sem, twai_sem, rcv_msg, trcv_msg システムコールによる
[12] chg_pri システムコールによる
[13] ichg_pri システムコールによる
[14] レディーキューについては次節参照

- 実行状態のタスクが自分で正常終了した場合[15]
- 実行状態のタスクが自分で待ち状態に入った場合[16]
- 実行状態のタスクが自分で優先度を変更することにより実行可能状態のタスクが実行状態のタスクより優先度が高くなった場合[17]
- 割り込み等の事象の発生により実行状態のタスクの優先度が変更され、そのため実行可能状態のタスクが実行状態のタスクより優先度が高くなった場合[18]

3. 待ち状態 (WAIT 状態)

実行状態のタスクが自分自身を待ち状態に移行させる要求を出すことにより、タスクは実行状態から待ち状態に移行することができます。待ち状態は通常入出力装置の入出力動作完了待ちや他のタスクの処理待ちなどの状態として使用されます。

実行待ち状態に移行するには以下の方法があります。

- slp_tsk システムコールにより単純に待ち状態に移行します。この場合、他のタスクから明示的に待ち状態から解除されないと実行可能状態に移行しません。
- dly_tsk システムコールにより一定時間待ち状態に移行します。この場合、指定時間経過するかもしくは他のタスクから明示的に待ち状態を解除することにより実行可能状態に移行します。
- wai_flg、wai_sem、rcv_msg システムコールにより要求待ちで待ち状態に移行します。この場合、要求事項が満たされるかもしくは他のタスクから明示的に待ち状態を解除することにより実行可能状態に移行します。
- tslp_tsk、twai_flg、twai_sem、trcv_msg システムコールは、slp_tsk、wai_flg、wai_sem、rcv_msg システムコールにタイムアウトを指定したシステムコールです。各システムコールの要求待ちで待ち状態に移行します。この場合、要求事項が満たされるかもしくは、指定時間が経過した場合、実行可能状態に移行します。
- タスクが wai_flg、wai_sem、rcv_msg システムコール[19]により要求待ちで待ち状態になると、その要求事項により次の待ち行列のいずれかにつながります。

- イベントフラグ待ち行列 (Event Flag Queue)
- セマフォ待ち行列 (Semaphore Queue)
- メイルボックス待ち行列 (Mailbox Queue)

4. 強制待ち状態 (SUSPEND 状態)

実行状態のタスクから sus_tsk システムコールが発行される、もしくはハンドラから isus_tsk システムコールが発行されると、システムコールにより指定された実行可能なタスクもしくは実行中のタスクは強制待ち状態になります。なお待ち状態のタスクが指定された場合は二重待ち状態になります。

強制待ち状態は入出力エラー等の発生により実行可能なタスクもしくは実行中のタスク[20]が処理を一時的に中断させるためにスケジューリングから外された状態です。すなわち実行可能状態のタスクに対して強制待ち要求が出された場合、そのタスクは実行待ち行列から外されます。

なお、強制待ち要求のキューイングは行いません。したがって強制待ち要求は実行状態、実行可能状態、待ち状態[21]にあるタスクにのみ行えます。すでに強制待ち状態にあるタスクに強制待ち要求した場合には、エラーコードが返されます。

5. 二重待ち状態 (WAIT-SUSPEND 状態)

待ち状態にあるタスクに強制待ちの要求が出された場合、タスクは二重待ち状態になります。wai_flg、wai_sem、rcv_msg システムコールによる要求待ちで待ち状態にあるタスクに対して強制待

[15] ext_tsk システムコールによる
[16] dly_tsk, slp_tsk, tslp_tsk, wai_fg, twai_flg, wai_sem, twai_sem, rcv_msg, trcv_msg システムコールによる
[17] chg_pri システムコールによる
[18] icg_pri システムコールによる
[19] twai_flg,twai_sem,trcv_msg システムコールも含まれます。
[20] ハンドラから isus_tsk システムコールにより実行タスクを強制待ち状態にする場合は、実行状態から直接強制待ち状態に移行されます。例外的にこの場合のみ実行状態から強制待ち状態に移行する場合はあることに注意してください。
[21] 待ち状態にあるタスクに対して強制待ち要求をおこなうと二重待ち状態になります。

ち要求が出された場合、そのタスクは要求待ち行列から外されず単にそのタスクが二重待ち状態に移行するだけです。

また、二重待ち状態のタスクは待ち条件が解除されると強制待ち状態になります。待ち条件が解除されるには以下の場合が考えられます。

- wup_tsk、iwup_tsk システムコールにより起床する場合
- dly_tsk、tslp_tsk システムコールにより待ち状態になったタスクが時間経過により起床される場合
- wai_flg、wai_sem、rcv_msg、twai_flg、twai_sem、trcv_msg システムコールにより待ち状態になったタスクの要求が満たされた場合
- rel_wai、irel_wai システムコールにより待ち状態が強制解除される場合二重待ち状態のタスクに強制待ち解除要求[22]がだされると待ち状態になります。なお、強制待ち状態にあるタスクが自分自身を待ち状態にする要求は出せないため、強制待ち状態から二重待ち状態への移行は発生しません。

6. 休止状態 (DORMANT 状態)

通常は、MR308 システムに登録されているが起動していない状態です。この状態になるには以下の 2 つの場合があります。

- タスクが起動をかけられるのを待っている場合
- タスクが正常終了[23]もしくは強制終了[24]により終了した場合

[22] Rsm_tsk, irsm_tsk システムコール
[23] ext_tsk システムコール
[24] ter_tsk システムコール

3.3.2 タスクの優先度とレディキュー

リアルタイム OS では実行したいタスクが同時にいくつも発生することがあります。

このときにどのタスクを実行するかを判断することが必要になります。そこでタスクに実行の優先度をつけ、優先度の高いタスクから実行するようにします。すなわち、処理を素早くおこなう必要のあるタスクの優先度を高くしておけば実行したいときに素早く実行することができるようになります。

MR308 では同一の優先度を複数のタスクに与えることができます。そこで、実行可能になったタスクの実行順を制御するためにタスクの待ち行列 (レディキュー)を生成します。

図 3.14[25]にレディキューの構造を示します。レディキューは優先度ごとに管理され、タスクが接続されている最も優先度の高い待ち行列の先頭タスクを実行状態にします。[26]

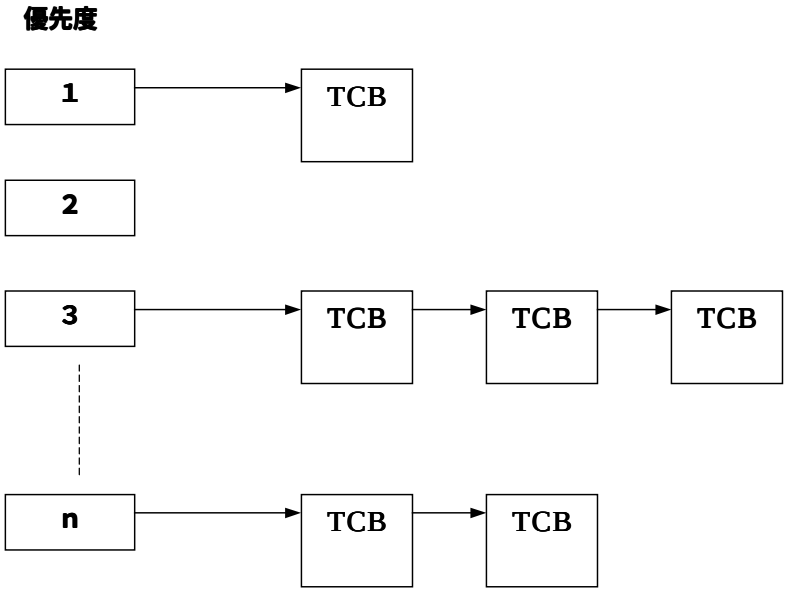


図 3.14 レディーキュー（実行待ち状態）

[25] TCB:タスクコントロールブロックについては次節で述べます。

[26] 実行状態のタスクはレディキューにつながれたままです。

3.3.3 タスクコントロールブロック (TCB)

タスクコントロールブロック (TCB)とは、リアルタイム OS がそれぞれのタスクの状態や優先度などを管理するデータブロックのことを言います。

MR308 ではタスクの以下の情報をタスクコントロールブロックとして管理しています。

- タスク接続ポインタ
  レディキューなどを構成するときに使用するタスク接続用ポインタ
- タスクの状態
- タスクの優先度
- タスクのレジスタ情報など[27]を格納したスタック領域のポインタ (現在の SP レジスタの値)
- 起床要求カウンタ
  タスクの起床要求カウンタを蓄積する領域
- タイムアウトカウンタ、待ちフラグパターン
  タスクがタイムアウト待ち状態である時は、残りの待ち時間が格納され、フラグ待ち状態であれば、フラグの待ちパターンがこの領域に格納されます。
- フラグ待ちモード
  イベントフラグ待ちの時の待ちモード
- タイマキュー接続ポインタ
  タイムアウト機能を使用した場合に使用する領域です。タイマキューを構成する時に使用するタスクの接続用ポインタを格納する領域です。
- フラグ待ちパターン
  タイムアウト機能を使用した場合に使用する領域です。
  タイムアウト機能付きのイベントフラグ待ちのシステムコール (twai_flg)を使用した場合に、フラグ待ちパターンが格納されます。なお、この領域は、イベントフラグを使用しない場合は、確保されません。

タスクコントロールブロックを図 3.15に示します。

[27] これをタスクコンテキストと呼びます。

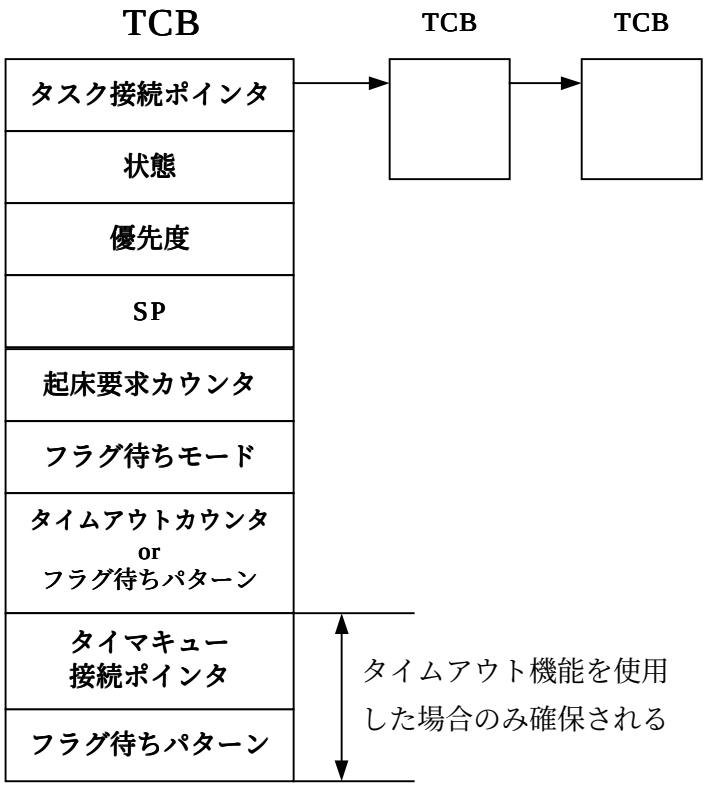


図 3.15 タスクコントロールブロック

3.4 ハンドラ

3.4.1 タスクとハンドラの違い

タスクは MR308 が実行制御するプログラムの単位ですから、タスクはそれぞれ独立したコンテキスト (プログラムカウンタ、スタックポインタ、ステータスレジスタ、その他のレジスタ)を持っています。したがってあるタスクからあるタスクに実行を移す[28]にはこのコンテキストを切り替える必要があります。この処理には時間を要します。

割り込みなどの処理は、高速に応答する必要がありますので MR308 にはコンテキストを切り替えずに処理する機能があります。すなわち割り込まれたタスクのコンテキスト (レジスタ) をそのまま使用してプログラムを動作させることができます。このプログラムのことをハンドラと呼びます。ハンドラは割り込まれたタスクのコンテキスト (レジスタ)をそのまま使用しますので必ずハンドラの先頭で割り込まれたタスクのコンテキストをメモリに退避し、タスクに復帰するときにはその退避したコンテキストをもとに戻さなくてはなりません。

また、アセンブリ言語で記述する場合、割り込みハンドラからの復帰には ret_int システムコールを通常は使用してください。 (5.2.2節を参照)ただし割り込みハンドラ処理内で MR308 のシステムコールを使用していない場合は、reit 命令で復帰してもかまいません。 (5.2.3節を参照してください。)

ハンドラには以下のものがあります。

1. **割り込みハンドラ**

   ハードウェア割り込みにより起動されるプログラムを割り込みハンドラと呼びます。割り込みハンドラの起動には MR308 は全く関与しません。したがって割り込みハンドラの入り口アドレスを割り込みベクターテーブルに直接書き込みます。

   割り込みハンドラには、OS 独立割り込み、OS 依存割り込みの 2 種類があります。各割り込みについては、5.5節を参照して下さい。

2. **周期起動ハンドラ**

   周期起動ハンドラはあらかじめ設定された時間毎に周期的に起動されるプログラムです。 設定された周期起動ハンドラを無効にするか有効にするかは周期起動ハンドラの活性状態の変更[29]によりおこないます。

3. **アラームハンドラ**

   アラームハンドラは、 指定した時刻に起動されるハンドラです。

   なお、set_tim システムコールにより、既に実行されたアラームハンドラの起動時刻よりも前の時刻にシステムクロックの値を戻しても、そのアラームハンドラが再び起動されることはありません。また、まだ起動されていないアラームハンドラの起動時刻よりも後の時刻を設定した場合は、すべてのアラームハンドラが起動されなくなります。

周期起動ハンドラとアラームハンドラはシステムクロック割り込み (タイマ割り込み)ハンドラからサブルーチンコールで呼び出されます (図 3.16参照)。したがって、周期起動ハンドラ、アラームハンドラはシステムクロック割り込みハンドラの一部として動作します。なお、周期起動ハンドラ、アラームハンドラが呼び出されるときは、システムクロック割り込みの割り込み優先レベルの状態で実行されます。

[28] このことをディスパッチもしくはタスク切り替えと呼びます。

[29] act_cyc システムコール

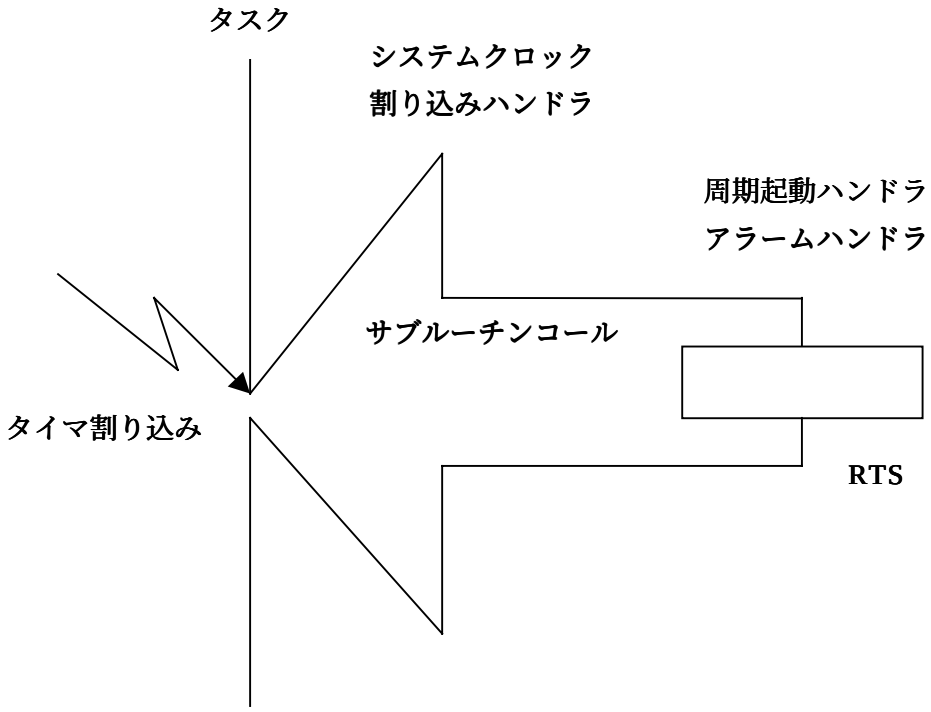


図 3.16 周期起動ハンドラ、アラームハンドラの起動

3.4.2 ハンドラ専用のシステムコール

MR308 では以下に示すシステムコールはハンドラからのみ発行できます。

なお、ret_int システムコールは、割り込みハンドラ専用です[30]。したがって周期起動ハンドラ、アラームハンドラからは発行できません。

表 3.1 ハンドラから発行できるシステムコール

システムコール名		機能
ichg_pri	Change Task Priority	タスクの優先度を変更する
irot_rdq	Rotate Ready Queue	タスクのレディキューを回転する
irel_wai	Release Task Wait	タスクの待ち状態を強制解除する
isus_tsk	Suspend Task	タスクを強制待ち状態へ移行する
irsm_tsk	Resume Task	強制待ち状態のタスクを再開する
iwup_tsk	Wakeup Task	待ち状態のタスクを起床する
iset_flg	Set EventFlag	イベントフラグをセットする
isig_sem	Signal Semaphore	セマフォに対する信号操作
isnd_msg	Send Message to Mailbox	メッセージを送信する
ista_tsk	Start Task	タスクを起動する
ret_int	Return from Interrupt Handler	割込みハンドラから復帰する

[30] #pragma INTHANDLER で割り込みハンドラを指定した場合（C 言語)、このシステムコールを記述する必要はありません。

3.5 MR308 カーネルの構成

3.5.1 モジュール構成

MR308 カーネルは、図 3.17に示すモジュールから構成されています。これらの個々のモジュールはそれぞれのモジュールの機能を実現する関数群より構成されています。

MR308 カーネルはライブラリ形式で提供されシステム生成時に必要な機能のみがリンクされます。すなわちこれらのモジュールを構成する関数群の中で使用している関数のみをリンケージエディタ LN308 の機能によりリンクします。ただし、スケジューラとタスク管理の一部および時間管理の一部は必須機能関数ですので常時リンクされます。

アプリケーションプログラムはユーザーが作成するプログラムで、タスク・割り込みハンドラ・アラームハンドラおよび周期起動ハンドラ[31]から構成されます。

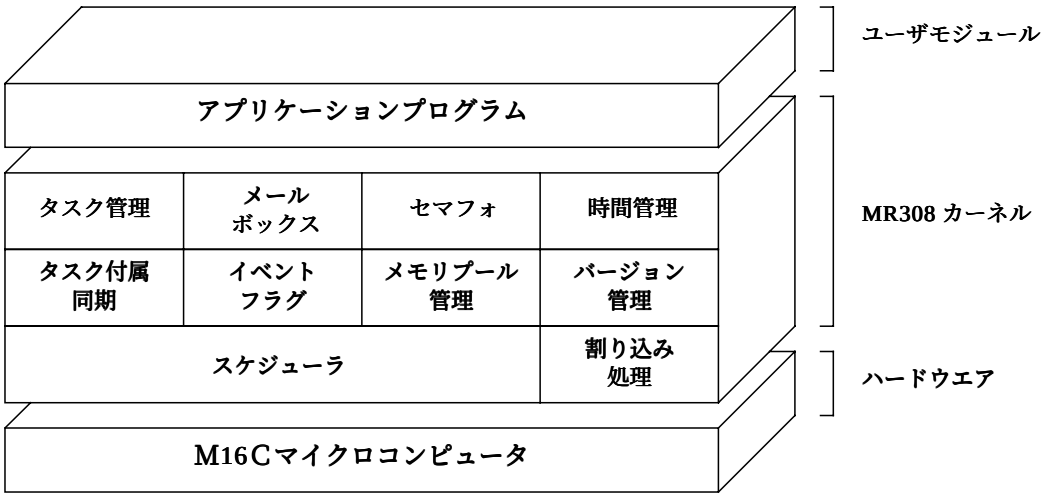


図 3.17 MR308 の構成

[31] 詳細は第3.5.10節を参照。

3.5.2 モジュール概要

MR308 カーネルを構成する各モジュールの概要を説明します。

- スケジューラ
  タスクの持つ優先度に基づいて、タスクの処理待ち行列を形成し、その待ち行列の先頭にある優先度の高い (優先度の値の小さい)タスクの処理を実行するよう制御をおこないます。

- タスク管理
  実行・実行可能・待ち・強制待ち等のタスク状態の管理をおこないます。

- タスク付属同期
  他タスクからタスクの状態を変化させることによりタスク間の同期をとります。

- 割り込み管理
  割り込みハンドラからの復帰処理をおこないます。

- 時間管理
  MR308 カーネルで使用するシステムタイマの設定、タイムアウトの処理、ユーザーの作成したアラームハンドラ[32]、周期起動ハンドラ[33]の起動をおこないます。

- バージョン管理
  MR308 カーネルのバージョン番号等の情報を報告します。

- 同期・通信
  タスク間の同期をとったりタスク間の通信をおこなうための機能です。以下の 3 つの機能モジュールが用意されています。
  - イベントフラグ
    MR308 内部で管理されているフラグが立っているか否かによりタスクを実行するかしないかを制御します。これによりタスク間の同期をとることができます。
  - セマフォ
    MR308 内部で管理されているセマフォカウンタ値によりタスクを実行するかしないかを制御します。これによりタスク間の同期をとることができます。
  - メイルボックス
    タスク間のデータの通信をデータの先頭アドレスを渡すことによりおこないます。

- メモリプール管理
  タスクまたはハンドラが使用するメモリ領域の動的な獲得および解放を行います。

[32] 指定時刻に一回のみ起動されるハンドラです。
[33] 周期的に起動されるハンドラです。

3.5.3 タスク管理機能

タスク管理機能とは、タスクの起動・終了・優先度の変更等のタスク操作をおこなう機能です。
MR308 カーネルが提供するタスク管理機能のシステムコールには、次のものがあります。

- タスクを起動する (sta_tsk)
  あるタスクから、他タスクを起動することにより、起動対象となるタスクの状態を休止状態から実行可能状態もしくは実行状態に移行します。

- ハンドラからタスクを起動する (ista_tsk)
  ハンドラからタスクを起動することにより、起動対象となるタスクの状態を休止状態から実行可能状態に移行します。

- 自タスクを終了する (ext_tsk)
  自タスクを終了するとタスクの状態が休止状態になります。これにより再起動されるまではこのタスクは実行しません。

- 他タスクを強制的に終了させる (ter_tsk)
  休止状態以外の他のタスクを強制的に終了させ休止状態にします。
  タスクを強制的に終了させた後に再度そのタスクを起動するとそのタスクがリセットしたように振る舞います。 (図 3.18参照)

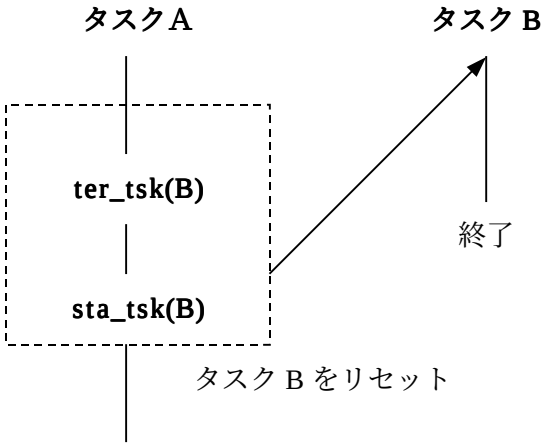


図 3.18 タスクのリセット

- タスクの優先度を変更する (chg_pri, ichg_pri)
  タスクの優先度を変更するとそのタスクが実行可能状態もしくは実行状態であるときは、レディキューも更新されます。 (図 3.19参照)

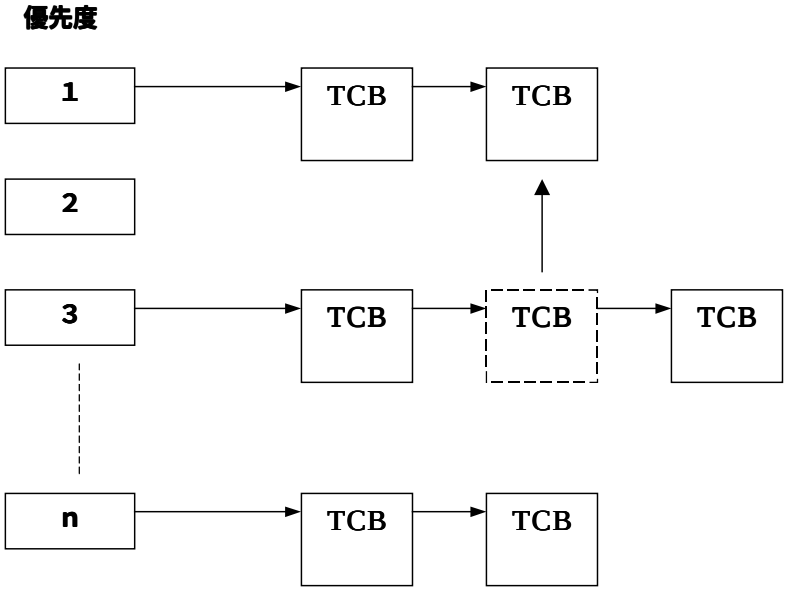


図 3.19 優先度の変更

- タスクの実行待ち行列を回転する (rot_rdq, irot_rdq)
  本システムコールにより TSS(タイムシェアリングシステム) を実現することができます。すなわち、一定周期でレディキューを回転すれば、TSS で必要なラウンドロビンスケジューリングを実現することができます。 (図 3.20参照)

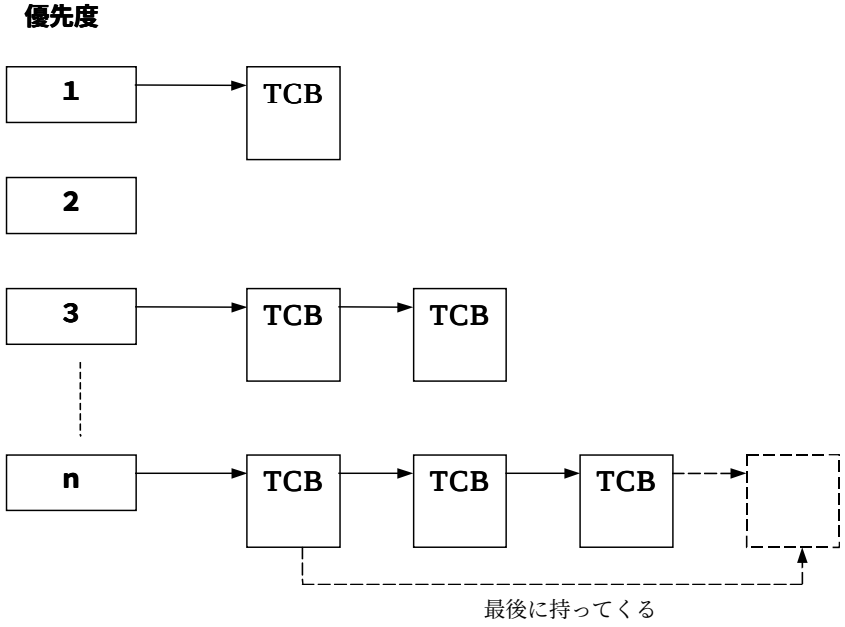


図 3.20 rot_rdq システムコールによるレディキューの操作

- タスクの待ち状態を強制解除する (rel_wai, irel_wai)
  タスクの待ち状態を強制的に解除します。解除される待ち状態は以下の条件により待ちに入ったタスクです。
  - タイムアウト待ち状態
  - slp_tsk システムコールによる (+タイムアウト有)待ち状態
  - イベントフラグ (+タイムアウト有)待ち状態
  - セマフォ(+タイムアウト有) 待ち状態
  - メッセージ (+タイムアウト有)待ち状態

- 自タスクの ID を得る (get_tid)
  自タスクの ID 番号を得ます。ハンドラから発行した場合は、ID 番号の替わりに 0(ゼロ)が得られます。

- タスクの状態を参照する (ref_tsk)
  対象タスクの状態およびその優先度等を参照します。

3.5.4 タスク付属同期機能

タスク付属同期機能とは、タスク間の同期をとるためにタスクを待ち状態 (もしくは強制待ち状態・二重待ち状態)にしたり、待ち状態になったタスクを起床させたりする機能です。

MR308 カーネルが提供するタスク付属同期システムコールには次のものがあります。

- タスクを強制待ち状態に移行する (sus_tsk, isus_tsk)
- 強制待ち状態のタスクを再開する (rsm_tsk, irsm_tsk)

  タスクの実行を強制的に待たせたり、実行を再開したりします。実行可能状態のタスクを強制待ちすれば強制待ち状態になり、待ち状態のタスクを強制待ちすれば二重待ち状態になります。 (図 3.21 参照)

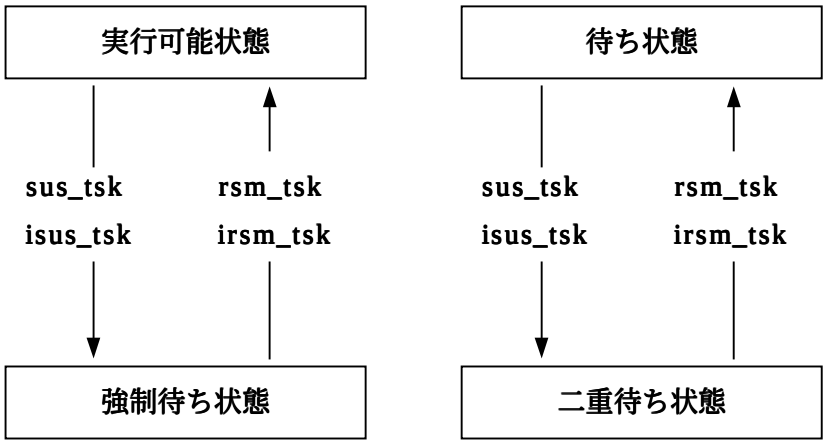


図 3.21 タスクの強制待ちと再開

- タスクを待ち状態に移行する (slp_tsk,tslp_tsk)
- 待ち状態のタスクを起床する (wup_tsk, iwup_tsk)

  slp_tsk、tslp_tsk システムコールにより待ち状態に入ったタスクを起床させます。

  slp_tsk、tslp_tsk システムコール以外の条件で待ち状態にあるタスクは起床できません。[34]

  slp_tsk、tslp_tsk システムコール以外の条件で待ちに入ったタスクや休止状態を除く他の状態のタスクに対して wup_tsk、iwup_tsk システムコールにより起床要求をおこなうと、この起床要求だけが蓄積されます。

  したがって、例えば実行状態のタスクに対して起床要求をおこなうと、この起床要求が一時的に記憶されます。そして、その実行状態のタスクが slp_tsk、tslp_tsk システムコールにより待ち状態に入ろうとした時、蓄積された起床要求が有効になり、待ち状態にならずに再び実行を続けます。(図 3.22 参照)
- タスクの起床要求を無効にする (can_wup)

  蓄積された起床要求をクリアします。 (図 3.23参照)

[34] 待ち状態であっても以下の条件で待っているタスクは起床されませんのでご注意ください。
- イベントフラグ待ち状態
- セマフォ待ち状態
- メッセージ待ち状態
- タイムアウト待ち状態

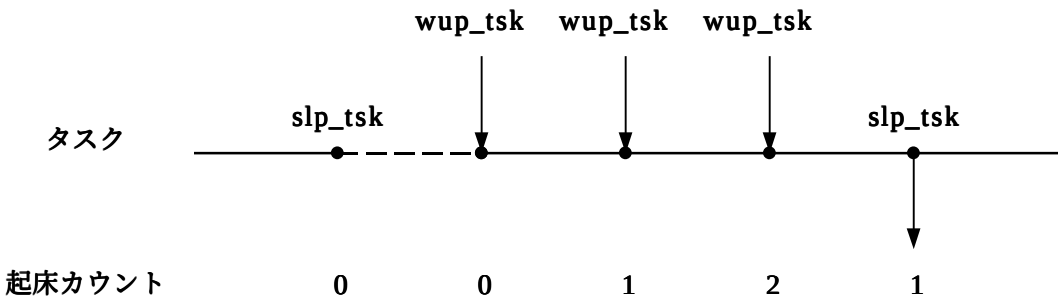


図 3.22 起床要求の蓄積

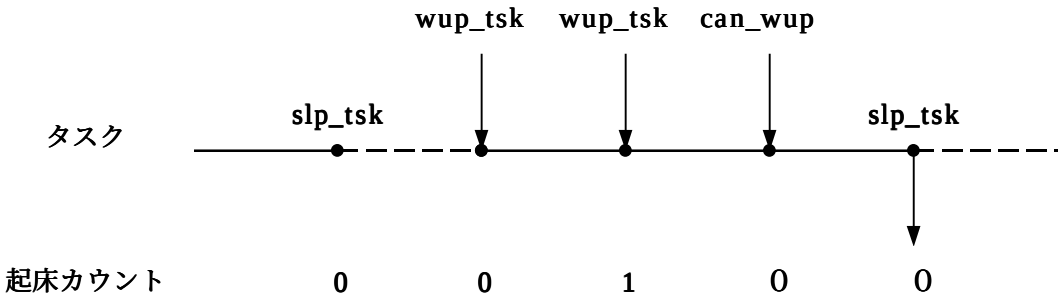


図 3.23 起床要求のキャンセル

3.5.5 同期・通信機能 (イベントフラグ)

イベントフラグは複数のタスクの実行の同期をとるための MR308 内部に持つ機構です。イベントフラグは、フラグ待ちパターンと 16 ビットのビットパターンによりタスクの実行制御をおこないます。タスクは、設定したフラグ待ちの条件が満たされるまで待ちます。

MR308 カーネルが提供するイベントフラグのシステムコールには次のものがあります。

- イベントフラグをセットする (set_flg, iset_flg)
  イベントフラグをセットします。これにより、このイベントフラグの待ちパターンを待っていたタスクは待ち解除されます。

- イベントフラグをクリアする (clr_flg)
  イベントフラグをクリアします。

- イベントフラグを待つ (wai_flg, twai_flg)
  イベントフラグがあるパターンにセットされるのを待ちます。イベントフラグを待つ時のモードは、以下に示す 3 種類があります。
  - ♦ AND 待ち
    指定されたビットが全てセットされるのを待ちます。
  - ♦ OR 待ち
    指定されたビットの内いずれか 1 ビットがセットされるのを待ちます。
  - ♦ クリア指定
    AND 待ちか OR 待ちの条件が満たされた場合にフラグをクリアします。

- イベントフラグを得る (pol_flg)
  イベントフラグがあるパターンになっているか否かを調べます。このシステムコールではタスクは待ち状態に移行しません。

- イベントフラグの状態を得る (ref_flg)
  対象イベントフラグのビットパターンや待ちタスクの有無を参照します。

図 3.24に wai_flg と set_flg システムコールを使用したイベントフラグによるタスクの実行制御の例を示します。

イベントフラグは複数のタスクを一度に起床できるという特徴があります。

図 3.24では、タスク A からタスク F までの 6 個のタスクがつながっています。

そして、set_flg システムコールによって、フラグパターンを 0x0F にすると、待ち条件にあっているタスクがキューの前から順にはずされていきます。この図で待ち条件を満たすタスクはタスク A、タスク C、タスク E、タスク F です。このうち、タスク A、タスク C、タスク E はキューからはずされますが、タスク E は、クリア指定で待っていますので、タスク E がキューからはずされた時点でフラグがクリアされます。したがって、タスク F はキューからはずされません。

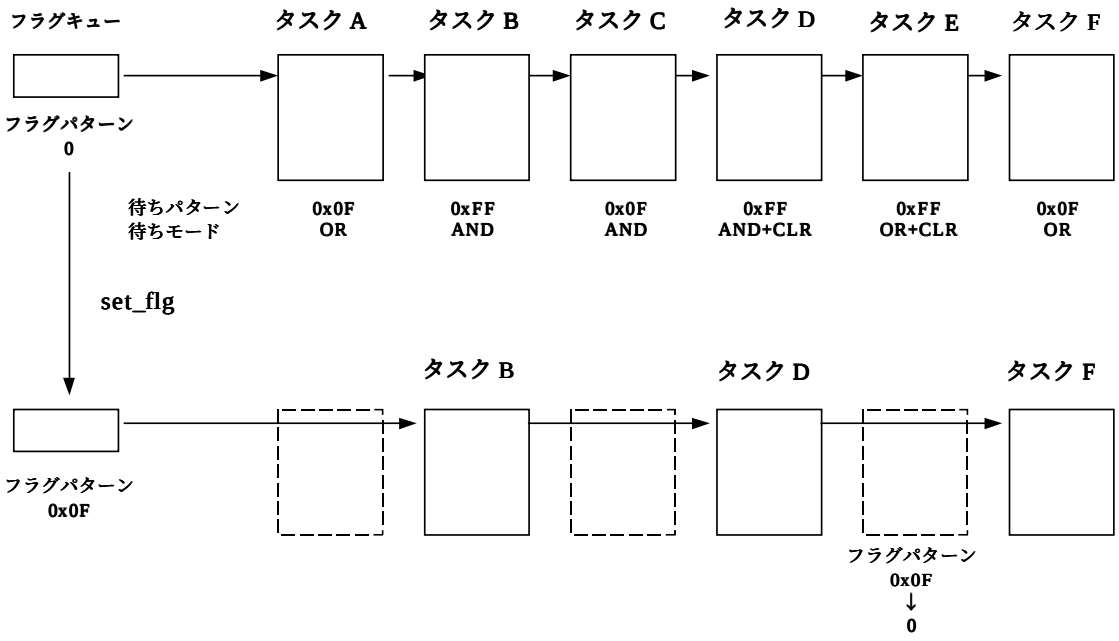


図 3.24 イベントフラグによるタスクの実行制御

3.5.6 同期・通信機能 (セマフォ)

セマフォは複数のタスクで共有する装置などの資源の競合を防ぐための機能です。例えば図 3.25に示すような場合、すなわち通信回線が３本しかないシステムに４つのタスクが回線を獲得しようと競合した場合に、通信回線を競合することなくタスクに接続することがセマフォを用いるとできます。

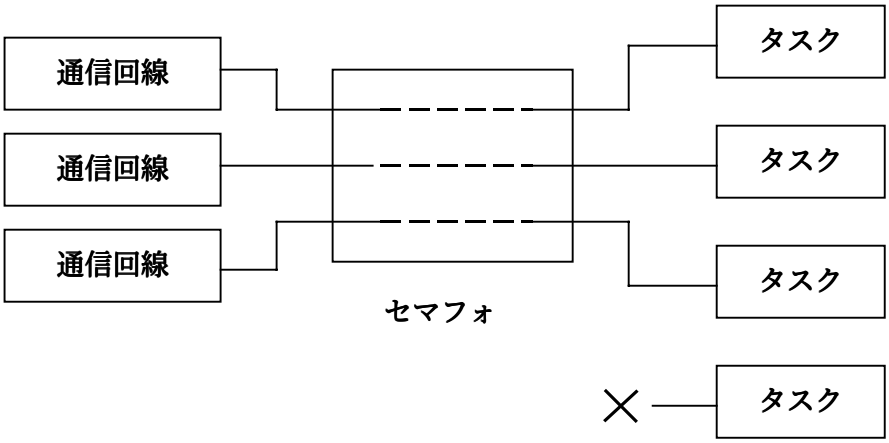


図 3.25 セマフォによる排他制御

セマフォは内部にセマフォカウンタと呼ばれる計数値を持っており、そのセマフォカウンタに基づきセマフォを獲得・解放をおこなうことによって資源の競合を防ぎます。 (図 3.26参照)

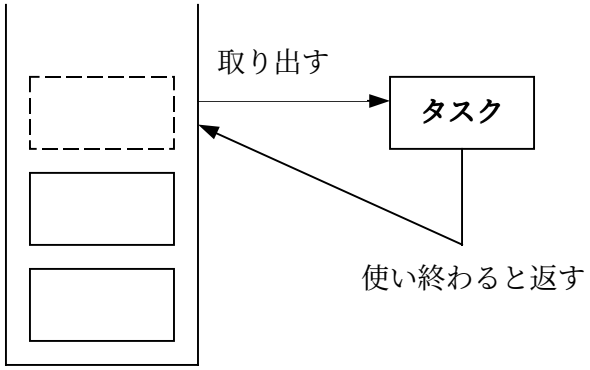


図 3.26 セマフォカウンタ

MR308 カーネルが提供するセマフォ同期のシステムコールには次のものがあります。

- セマフォに対する信号操作 (sig_sem, isig_sem)
  セマフォに信号をおくります。すなわち、セマフォを待っているタスクがあればそのタスクを起床し、なければセマフォカウンタを１増やします。

- セマフォ獲得操作 (wai_sem, twai_sem)
  セマフォを待ちます。セマフォカウンタが０であればセマフォを得ることができませんので待ち状態になります。

- セマフォ獲得操作 (preq_sem)
  セマフォを得ます。得るべきセマフォがなければ待ち状態に入らずにエラーコードをかえします。

- セマフォの状態を参照する (ref_sem)
  対象セマフォの状態を参照します。対象セマフォのカウント値や待ちタスクの有無を参照します。
  wai_sem、sig_sem システムコールを用いたタスクの実行制御の例を図 3.27に示します。

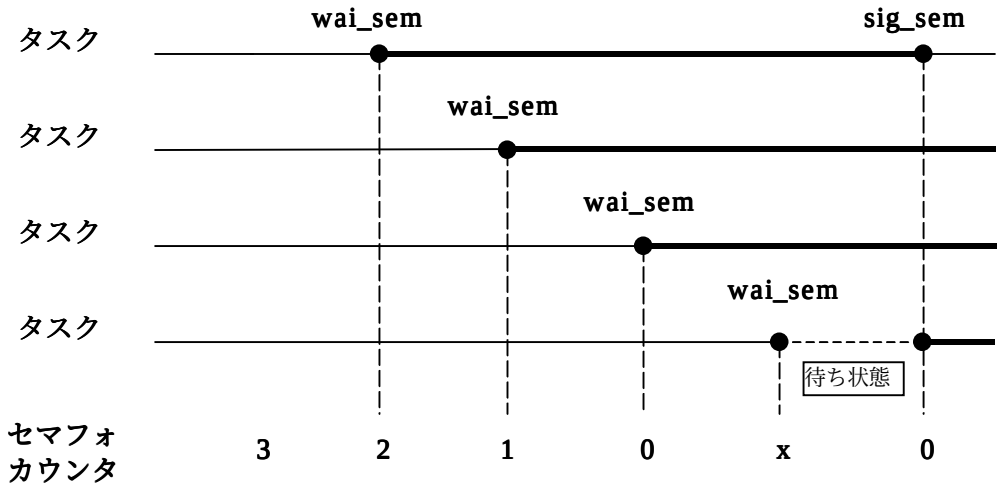


図 3.27 セマフォによるタスクの実行制御

3.5.7 同期・通信機能 (メイルボックス)

メイルボックスとはタスク間でデータの通信をおこなう機構です。例えば、図 3.28においてタスクAがメッセージをメイルボックスに投函しタスクBがそのメッセージをメイルボックスから取り出すことができます。

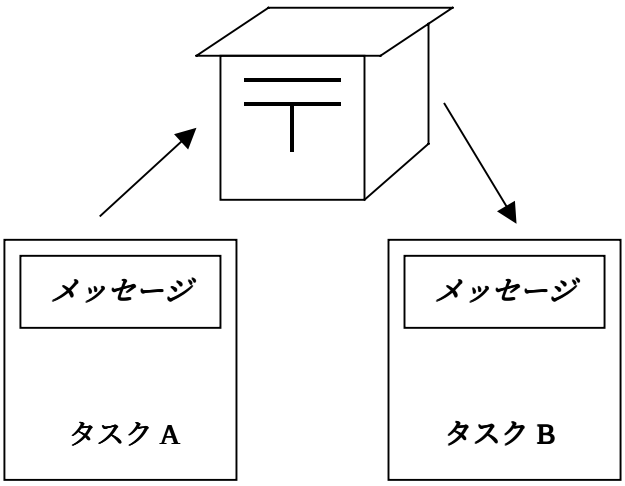


図 3.28 メイルボックス

このメイルボックスに投函できるメッセージは 16 ビットあるいは 32 ビットのデータです[35]。

MR308 では、このデータをメッセージパケットの先頭アドレスとして使用することを標準としていますが[36]、単なるデータとして使用することも可能です[37]。

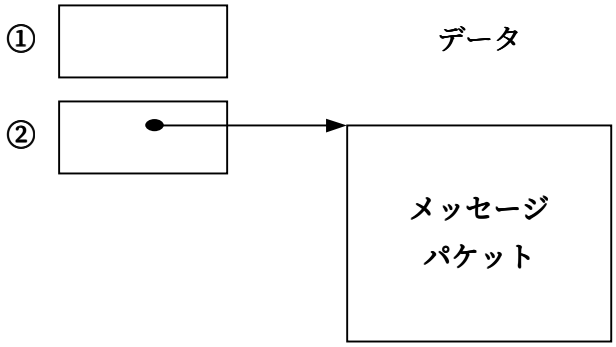


図 3.29 メッセージの意味

メイルボックスにはメッセージを蓄積する機能があります。蓄積されたメッセージは FIFO[38]でメッセージが取り出されます。ただし、メイルボックスに蓄積できるメッセージの数には制限があります。

このメイルボックスに蓄積できるメッセージの最大数をメッセージキューのサイズと呼びます。 (図 3.30参照)

[35] メッセージサイズの指定は、コンフィグレーションファイルのシステム定義で行います。
[36] ITRON 仕様では、メッセージパケットの先頭アドレスとして使用することを標準としています。
[37] この場合、システムコールの引数であるデータにキャストして、ポインタに型変換しなければなりません
[38] ファーストインファーストアウト

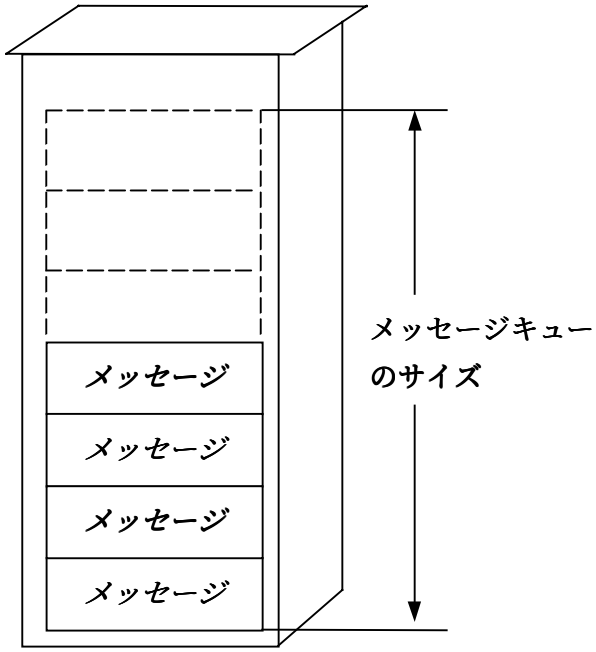


図 3.30 メッセージキューのサイズ

MR308 カーネルが提供するメイルボックスのシステムコールには次のものがあります。

- メッセージを送信します (snd_msg, isnd_msg)
  メッセージを送信します。すなわち、メッセージをメイルボックスに投函します。

- メッセージを受信します (rcv_msg, trcv_msg)
  メッセージを受信します。すなわち、メッセージをメイルボックスから取り出します。このときメッセージがメイルボックスに投函されていなければ、投函されるまで待ち状態になります。

- メッセージを受信します (prcv_msg)
  メッセージを受信します。rcv_msg システムコールと異なるのは、メイルボックスにメッセージがない場合は待ち状態にならずにエラーコードを返すところです。

- メイルボックスの状態を参照します (ref_mbx)
  対象メイルボックスにメッセージが入るのを待っているタスクの有無やメイルボックスに入っている先頭のメッセージを参照します。

3.5.8 割り込み管理機能

割り込み管理機能は外部割り込みの発生に対して、実時間で処理をおこなう機能を提供します。
MR308 カーネルが提供する割り込み管理システムコールには次のものがあります。

- 割り込みハンドラから復帰します (ret_int)
  ret_int システムコールは、割り込みハンドラから復帰するとき、必要ならばスケジューラを起動し、タスク切り替えをおこないます。
  本機能は、C 言語を用いた場合[39]、ハンドラ関数の終了時に自動で呼び出されます。従って、この場合、本システムコールを呼び出す必要はありません。

- 割り込みおよびタスクのディスパッチを禁止します (loc_cpu)
  loc_cpu システムコールは、OS 依存の外部割り込みとタスクのディスパッチを禁止します。

- 割り込みおよびタスクのディスパッチを許可します (unl_cpu)
  unl_cpu システムコールは、OS 依存の外部割り込みとタスクのディスパッチを許可します。従って、loc_cpu システムコールによる割り込み、およびディスパッチの禁止状態がこのシステムコールの発行により解除されます。

図 3.31に割り込み処理の流れをしめします。なお、タスク選択からレジスタ復帰までの処理をスケジューラと呼びます。

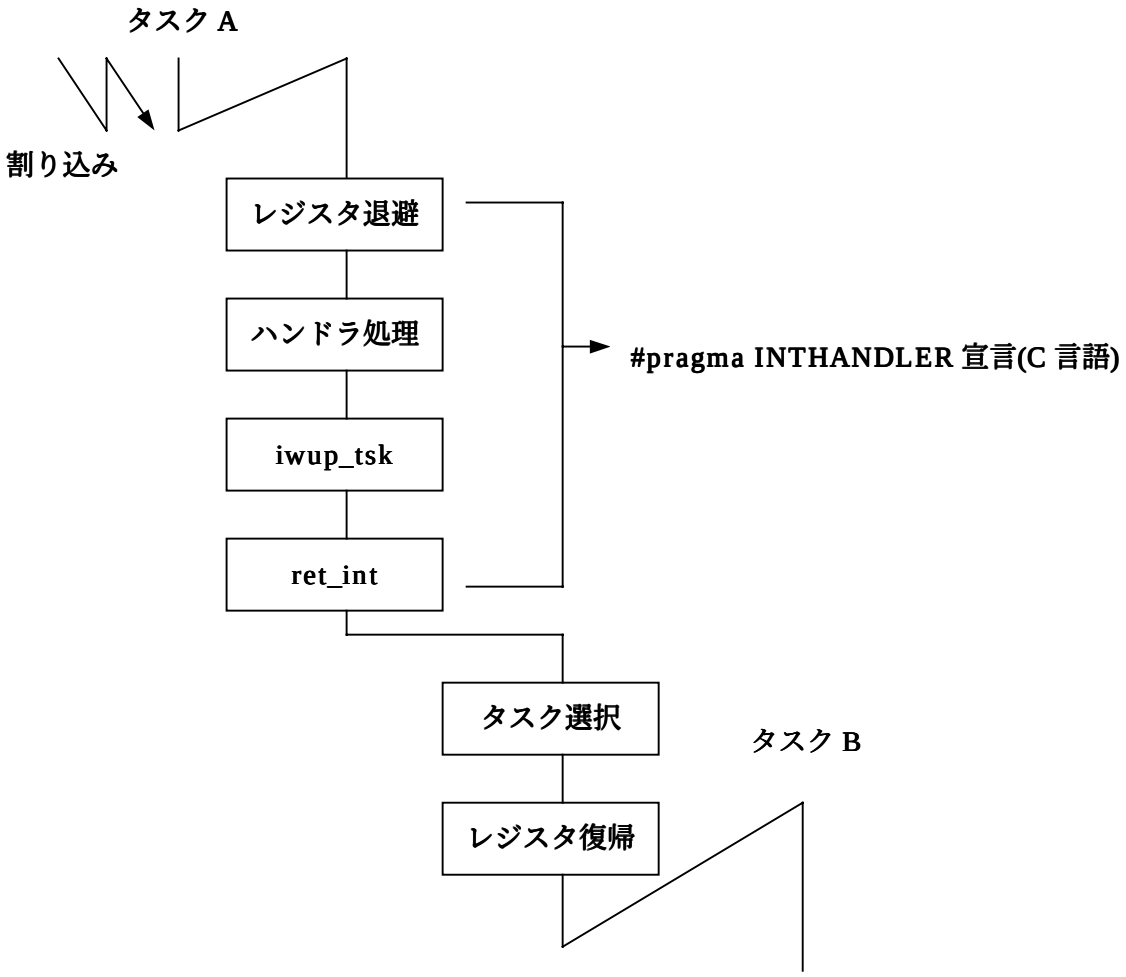


図 3.31 割り込み処理の流れ

[39] 割り込みハンドラを、#pragrma INTHANDLER で指定した場合

3.5.9 メモリプール管理機能

メモリプール管理機能はシステムのメモリ空間 (RAM 空間) を動的に管理する機能を提供します。
特定のメモリ領域 (メモリプール)を管理し、そのメモリプールからタスクあるいはハンドラの必要とするメモリブロックを動的に確保し、また不用になったメモリブロックをメモリプールに解放します。
MR308 では、固定長と可変長の 2 つのメモリプール管理機能をサポートしています。

固定長メモリプール管理機能
メモリプールから獲得できるメモリブロックサイズが決まっていることを固定長といいます。
獲得するメモリブロックサイズは、コンフィグレーションファイルで指定します。
MR308 カーネルが提供する固定長メモリプール管理システムコールには次のものがあります。

- メモリブロックを獲得する (pget_blf)
- メモリブロックを解放する (rel_blf)

図 3.32で示されるようにタスク C からメモリブロックの獲得要求がだされるとメモリプールからメモリブロック 3 がタスク C に渡されます。メモリブロック 1、メモリブロック 2 はそれぞれタスク A、タスク B により使用されていると仮定しています。

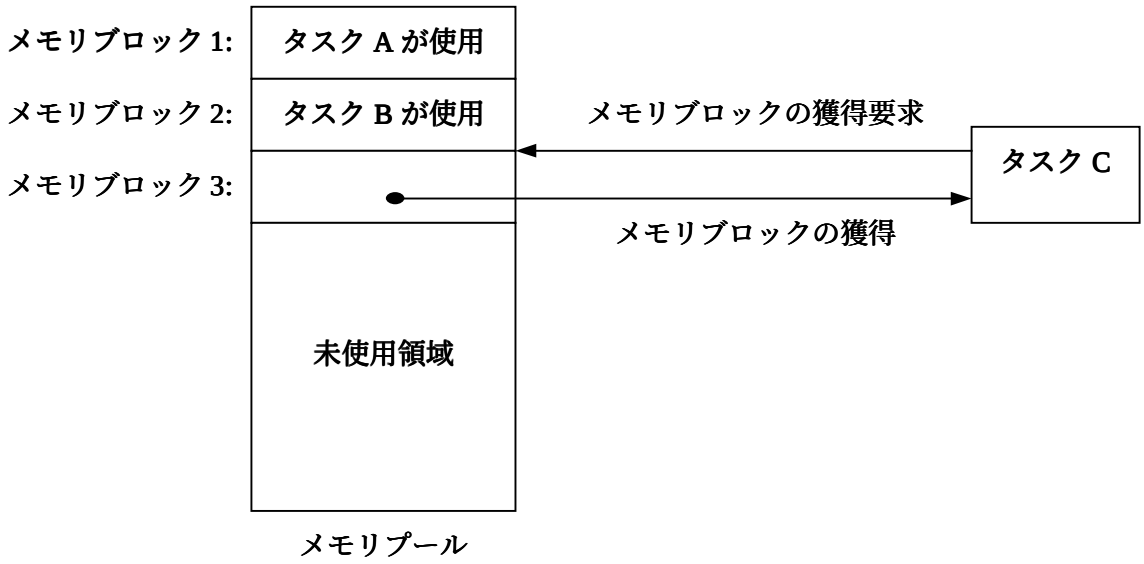


図 3.32 メモリプール管理

- メモリプールの状態を参照する (ref_mpf)
  対象メモリプールの空きブロック数やブロックサイズを参照します。

可変長メモリプール管理機能

メモリプールから獲得できるメモリブロックサイズが任意に指定可能なことを可変長といいます。

MR308 では、メモリを 4 種類の固定長ブロックサイズで管理しています。

4 種類の各々のサイズは、ユーザーが獲得するメモリブロックの最大サイズから MR308 が計算します。メモリブロックの最大サイズは、コンフィグレーションファイルで指定します。

例

```
variable_memorypool[]{
    max_memsize = 400; <---- 最大獲得サイズ
    heap_size = 5000;
};
```

上記のように、可変長メモリプール定義を行った場合、4 種類の固定長ブロックサイズは、 max_memsize 定義値から 56,112,224,448 となります。

ユーザーが要求したメモリは、指定サイズをもとに MR308 が計算を行い 4 種類の固定長メモリブロックサイズの中から最適なサイズを選択し、メモリを割り当てます。この 4 種類以外のサイズのメモリブロックを割り当てることはありません。

MR308 カーネルが提供する可変長メモリプール管理システムコールには次のものがあります。

- メモリブロックを獲得する (pget_blk)

  ユーザーが指定したブロックサイズは、 4 種類のブロックサイズのうちから最適なブロックサイズに丸めて、丸めたサイズ分のメモリをメモリプールから獲得します。

  4 種類のブロックサイズ(下記 a,b,c,d）は下記の計算式から算出されます。

  a = (((max_memsize+(X-1))/(X×8))+1) ×X
  b = a × 2
  c = a × 4
  d = a × 8

  max_memsize : コンフィグレーションファイルで指定した値
  X : ブロック管理用データサイズ（8 バイト)

  例えば、ユーザーが 200 バイトのメモリを要求した場合 224 バイトに丸めて、224 バイト分のメモリを獲得します。

  メモリが獲得できた場合、獲得したメモリの先頭アドレスとエラーコード E_OK を返します。 獲得できなかった場合には、エラーコード E_TMOUT を返します。

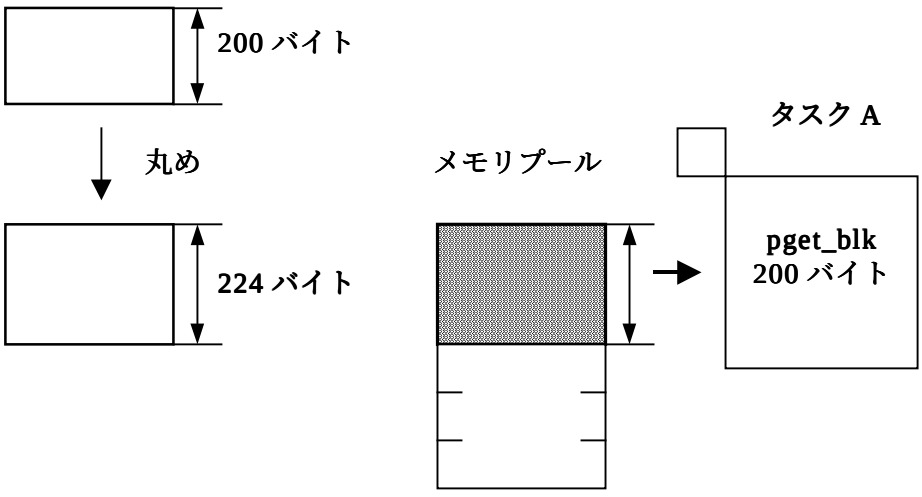


図 3.33 pget_blk 処理

- メモリブロックを解放する (rel_blk)
  pget_blk で獲得したメモリブロックを解放します。

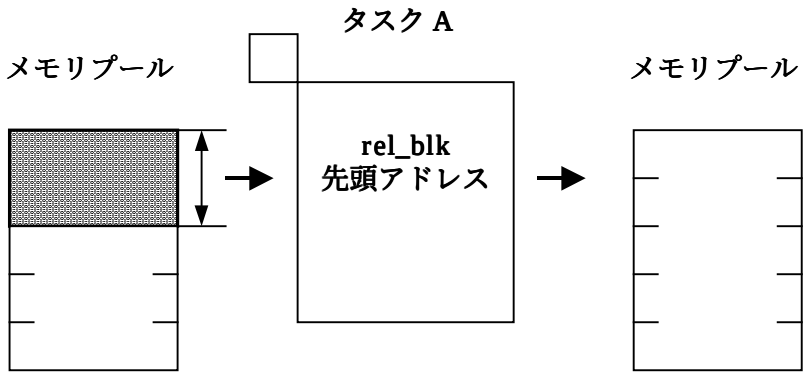


図 3.34 rel_blk 処理

- メモリプールの状態を参照する (ref_mpl)
  メモリプールの空き領域の合計サイズやすぐに獲得できる最大の空き領域のサイズを参照します。

3.5.10 時間管理機能

時間管理機能はシステムの時刻を管理し、時刻の読みだし[40]、時刻の設定[41]機能、タイムアウトの処理や特定時刻に起動するアラームハンドラや定期的に起動する周期起動ハンドラの機能を提供します。

MR308 カーネルはシステムタイマとして M16C マイクロコンピュータの持つハードウェアタイマを一つ占有します。どのタイマを使用するかはコンフィグレーションファイルで設定します。

MR308 カーネルが提供する時間管理システムコールには次のものがあります。

- タスクを一定時間待ち状態に移行します (dly_tsk)

  タスクを一定時間待たせます。図 3.35に dly_tsk システムコールにより 10ms 間タスクの実行を待たせる例を示します。

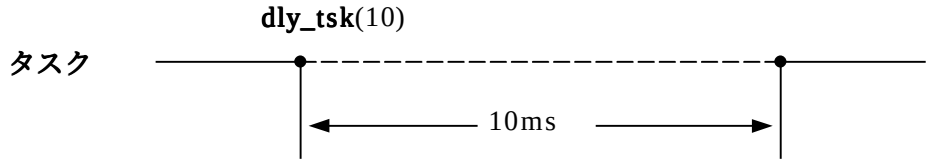


図 3.35 dly_tsk システムコール

- 待ち状態にタイムアウト値を指定すれば、一定時間待ち状態に移行します

  タスクを待ち状態に移行するシステムコール[42]にタイムアウトを指定することができます。システムコール名は、tslp_tsk、twai_flg、twai_sem、trcv_msg です。タイムアウトの指定時間が経過するまでに待ち解除条件が満たされない場合、エラーコード E_TMOUT を返し、待ち状態が解除されます。待ち解除条件が満たされた場合は、エラーコードは E_OK を返します。(図 3.36参照)

  タイムアウトの基準時間は、MR308 のシステムクロックの時間を基準としています。

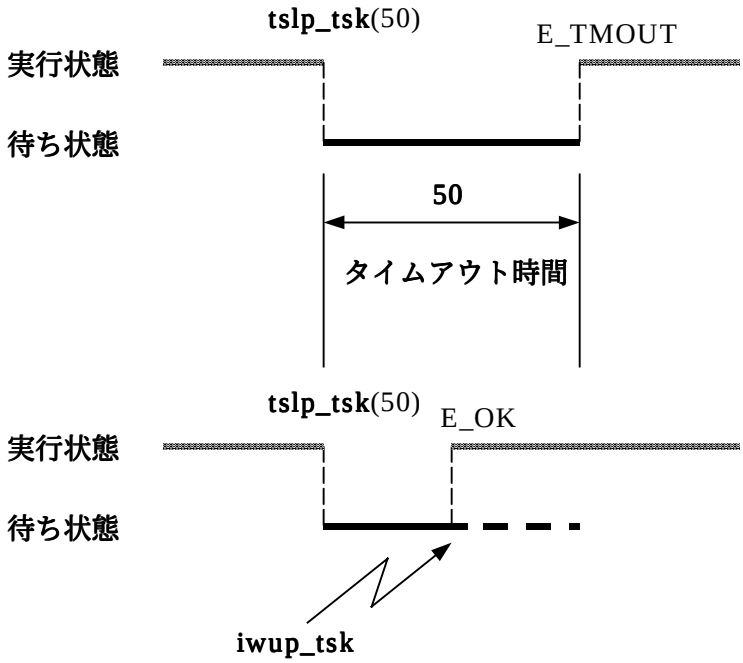


図 3.36 タイムアウト処理

[40] get_tim システムコール
[41] set_tim システムコール
[42] 強制待ち状態を除きます。

- システム時刻を設定する (set_tim)

- システム時刻の値を読みだす (get_tim)
  システム時刻はリセット後のシステムクロック割り込みの発生回数をカウントし、48 ビットのデータで表します。

- 周期起動ハンドラの活性制御をおこなう (act_cyc)
  周期起動ハンドラは一定間隔で起動するプログラムです。 (図 3.37参照) システムクロック割り込みの発生回数をカウントすることによって、一定時間で起動します。周期起動ハンドラは、システムコールで活性状態を指定することによって制御されます。例えば、TCY_ON を指定して活性状態を OFF から ON に変更したり (図 3.38参照) 、TCY_INI_ON を指定して、ハンドラのカウント値を初期化する (図 3.39参照) ことができます。

- 周期起動ハンドラの状態を参照する (ref_cyc)
  対象周期起動ハンドラの活性状態やつぎの起動までの残り時間を参照します。

- アラームハンドラの状態を参照する (ref_alm)
  対象アラームハンドラの起動までの残り時間を参照します。

なお、システムタイマは必須機能ではありません。したがって下記のシステムコールおよび時間管理機能を使用しなければ、タイマを MR308 用に占有する必要がありません。

1. **システムクロックの設定、読みだし**[43]
2. **周期起動ハンドラ**
3. **アラームハンドラ**
4. **dly_tsk システムコール**
5. **タイムアウト機能を使用したシステムコール**

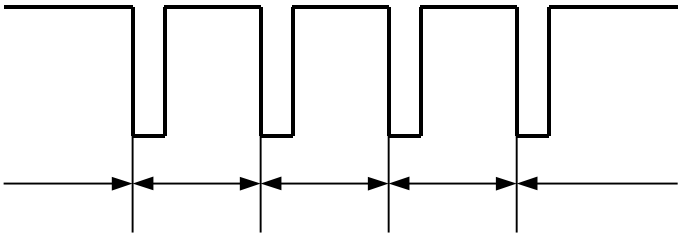


図 3.37 周期起動ハンドラ

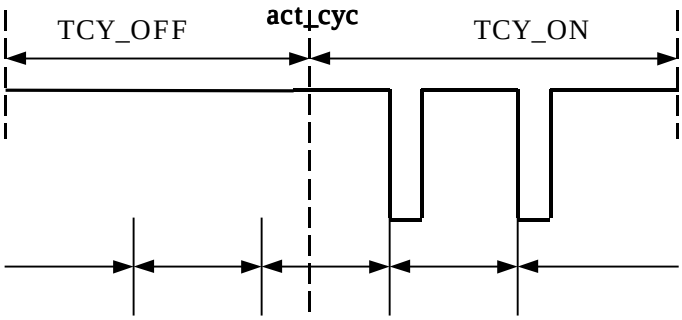


図 3.38 周期起動ハンドラ:活性状態 TCY_ON を指定

[43] set_tim, get_tim システムコール

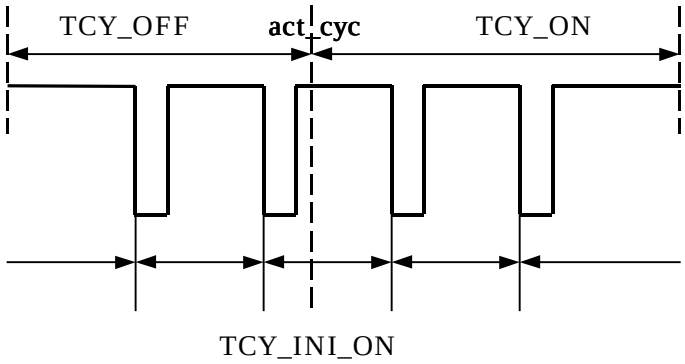


図 3.39 周期起動ハンドラ:活性状態 TCY_INI_ON を指定

3.5.11 バージョン管理機能

MR308 のバージョンを get_ver システムコールにより得ることができます。
このバージョンは TRON 仕様で標準化された形式で得ることができます。このシステムコールでは以下の情報を得ることができます。

- **メーカー名**
  メーカーを示す番号

- **形式番号**
  製品識別番号

- **仕様書バージョン**
  μITRON 仕様であることを表す番号とこの製品のもとになったμITRON 仕様書のバージョン番号

- **製品バージョン**
  MR308 のバージョン番号

- **製品管理情報**
  製品のリリース番号、リリース日等の情報

- **MPU 情報**
  M32C/80,M16C/80,M16C/70 シリーズマイクロコンピュータを示す番号

- **バリエーション記述子**
  MR308 で利用できる機能番号

3.5.12 タスク、ハンドラから発行できるシステムコール一覧

システムコールにはタスクから発行できるものとハンドラから発行できるもの、その両方から発行できるものがあります。

表 3.2にその一覧を示します。

表 3.2 タスク、ハンドラから発行できるシステムコール一覧

システムコール	タスク	割り込みハンドラ	周期起動ハンドラ	アラームハンドラ
sta_tsk	○	×	×	×
ista_tsk	×	○	○	○
ext_tsk	○	×	×	×
ter_tsk	○	×	×	×
dis_dsp	○	×	×	×
ena_dsp	○	×	×	×
chg_pri	○	×	×	×
ichg_pri	×	○	○	○
rot_rdq	○	×	×	×
irot_rdq	×	○	○	○
rel_wai	○	×	×	×
irel_wai	×	○	○	○
get_tid	○	○	○	○
ref_tsk	○	○	○	○
sus_tsk	○	×	×	×
isus_tsk	×	○	○	○
rsm_tsk	○	×	×	×
irsm_tsk	×	○	○	○
slp_tsk	○	×	×	×
tslp_tsk	○	×	×	×
dly_tsk	○	×	×	×
wup_tsk	○	×	×	×
iwup_tsk	×	○	○	○
can_wup	○	○	○	○
set_flg	○	×	×	×
iset_flg	×	○	○	○
clr_flg	○	○	○	○
wai_flg	○	×	×	×
twai_flg	○	×	×	×
pol_flg	○	○	○	○
ref_flg	○	○	○	○

システムコール	タスク	割り込みハンドラ	周期起動ハンドラ	アラームハンドラ
sig_sem	○	×	×	×
isig_sem	×	○	○	○
wai_sem	○	×	×	×
twai_sem	○	×	×	×
preq_sem	○	○	○	○
ref_sem	○	○	○	○
snd_msg	○	×	×	×
isnd_msg	×	○	○	○
rcv_msg	○	×	×	×
trcv_msg	○	×	×	×
prcv_msg	○	○	○	○
ref_mbx	○	○	○	○
pget_blf	○	○	○	○
rel_blf	○	○	○	○
ref_mpf	○	○	○	○
pget_blk	○	×	×	×
rel_blk	○	×	×	×
ref_mpl	○	○	○	○
ret_int	×	○[44]	×	×
loc_cpu	○	×	×	×
unl_cpu	○	×	×	×
set_tim	○	○	○	○
get_tim	○	○	○	○
act_cyc	○	○	○	○
ref_cyc	○	○	○	○
ref_alm	○	○	○	○
get_ver	○	○	○	○
vrst_msg	○	×	×	×
vrst_blf	○	×	×	×
vrst_blk	○	×	×	×

[44] C 言語を用いて記述された割り込みハンドラからは発行できません。

第 4 章　　アプリケーション作成手順概要

4.1 概要

MR308 のアプリケーションプログラムは一般的に以下に示す手順で開発します。

1. **アプリケーションプログラムのコーディング**
   C 言語もしくはアセンブリ言語を用いてアプリケーションプログラムをコーディングします。
   この時サンプルスタートアッププログラム "crt0mr.a30"もしくは "start.a30"、およびセクション定義ファイル "c_sec.inc"もしくは "asm_sec.inc"を環境変数"LIB308" の示すディレクトリからカレントディレクトリにコピーしておいてください。[45]また必要があればスタートアッププログラム、セクション定義ファイルを修正してください。
2. **コンフィグレーションファイル作成**
   タスクのエントリーアドレスやスタックサイズなどを定義したコンフィグレーションファイルをエディタを用いて作成します。
3. **コンフィグレータ実行**
   コンフィグレーションファイルからシステムデータ定義ファイル (sys_rom.inc、sys_ram.inc)、インクルードファイル (mr308.inc、id.h)およびシステム生成手順記述ファイル (makefile) を作成します。
4. **システム生成**
   make[46]コマンドを実行してシステムを生成します。
5. **ROM 書き込み**
   作成された ROM 書き込み形式ファイルにより、ROM に書き込みます。もしくはデバッガに読み込ませてデバッグを行います。

図 4.1にシステム生成の詳細フローを示します。

[45] 標準のスタートアッププログラム”crt0mr.a30”,”start.a30”、およびセクション定義ファイル”c_sec.inc”,”asm_sec.inc”は環境変数”LIB308”で示されたディレクトリにあります。
[46] Make コマンドは、UNIX 標準もしくは準拠のコマンドのみ使用可能です。

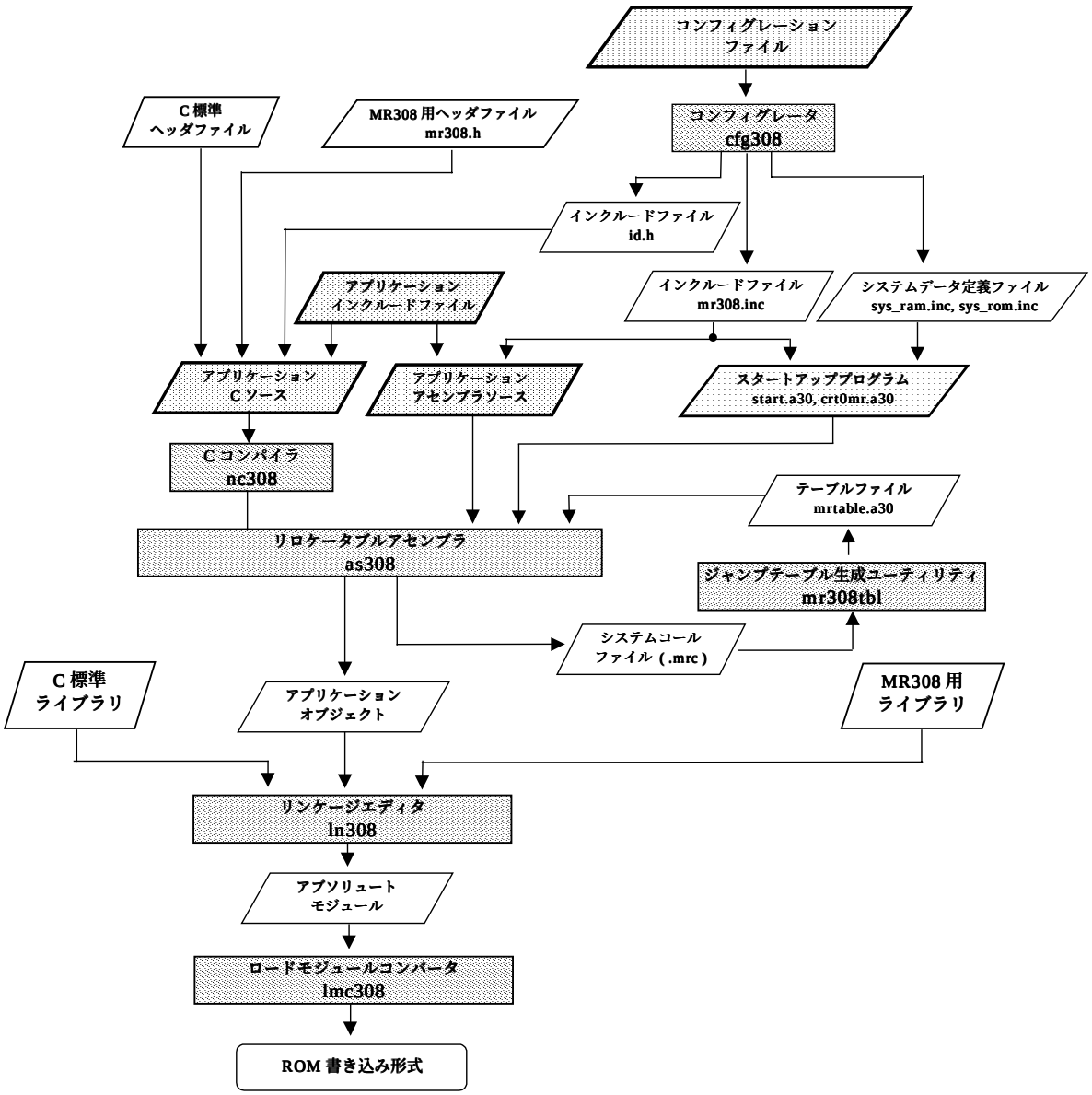


図 4.1　MR308 システム生成詳細フロー

4.2 開発手順例

この節では MR308 のアプリケーション例をもとに開発手順の概要について説明します。

4.2.1 アプリケーションプログラムのコーディング

図 4.2にレーザビームプリンタの動作をシミュレーションするプログラムを示します。このレーザービームプリンタのシミュレーションプログラムを記述したファイルの名前を"lbp.c"とします。このプログラムは以下の３つのタスクと１つの割り込みハンドラから構成されます。

- メインタスク
- イメージ展開タスク
- プリンタエンジンタスク
- セントロニクスインターフェース割り込みハンドラ

このプログラムでは MR308 ライブラリのなかの以下の機能を利用します。

- sta_tsk()
  タスク起動をおこないます。引き数は起動すべきタスクを選択するための ID 番号を与えます。ＩＤ番号はコンフィグレータの生成するファイル"id.h"をインクルードすることにより名前 (文字列)でタスクを指定することができます。[47]
- wai_flg()
  イベントフラグが立つまで待ちます。この例ではセントロニクスインターフェースから１ページ分データがバッファに溜まるのを待つために使用しています。
- wup_tsk()
  指定タスクを待ち状態から起床します。プリンタエンジンタスクを起動するために使用しています。
- slp_tsk()
  タスクを実行状態から待ち状態にします。この例ではプリンタエンジンタスクをイメージ展開待ちにするため使用しています。
- iset_flg()
  イベントフラグを立てます。この例では、１ページ分のデータ入力完了をイメージ展開タスクに知らせるために使用しています。

また、この時スタートアッププログラム"crt0mr.a30"、セクション定義ファイル"c_sec.inc"をカレントディレクトリにコピーしておいてください。例えば、

```
% cp $LIB308/crt0mr.a30 .
% cp $LIB308/c_sec.inc .
```

[47] すなわち、コンフィグレータがコンフィグレーションファイルに記述されている情報をもとに ID 番号を名前（文字列）に置き換えます。

```
#include <mr308.h>
#include "id.h"


void main() /* main task */
{
    printf("LBP シミュレーション開始¥n");
    sta_tsk(ID_idle,1);     /* アイドルタスク起動 */
    sta_tsk(ID_image,1);    /* イメージ展開タスク起動 */
    sta_tsk(ID_printer,1);  /* プリンタエンジンタスク起動 */
}
void image() /* イメージ展開タスク */
{
    while(1){
            wai_flg(&flgptn,ID_pagein,waiptn,TWF_ANDW+TWF_CLR);/* 1ページ入力待ち */

            printf("ビットマップ展開処理¥n");
            wup_tsk(ID_printer);    /* プリンタエンジンタスク起床 */
    }
}
void printer() /* プリンタエンジンタスク */
{
    while(1){
            slp_tsk();
            printf("プリンタエンジン動作¥n");
    }
}
void sent_in() /* セントロニクスインターフェースハンドラ */
{


    /* セントロニクスインターフェースからの入力処理 */
    if ( /* 1ページ入力完了 */ )
            iset_flg(ID_pagein,setptn);
}
```

図 4.2　プログラム例

4.2.2 コンフィグレーションファイル作成

タスクのエントリーアドレスやスタックサイズなどを定義したコンフィグレーションファイルを作成します。図 4.3にレーザービームプリンタシュミレーションプログラムのコンフィグレーションファイル (ファイル名 "lbp.cfg") を示します。

```
// System Definition
system{
    stack_size              = 1024;
    priority                = 5;
    system_IPL              = 4;
};
//System Clock Definition
clock{
    mpu_clock               = 20MHz;
    timer                   = A0;
    IPL                     = 4;
    unit_time               = 10ms;
    initial_time            = 0:0:0;
};
//Task Definition
task[1]{
    entry_address           = main();
    stack_size              = 512;
    priority                = 1;
    initial_start           = ON;
};
task[2]{
    entry_address           = image();
    stack_size              = 512;
    priority                = 2;
};
task[3]{
    entry_address           = printer();
    stack_size              = 512;
    priority                = 4;
};
task[4]{
    entry_address           = idle();
    stack_size              = 256;
    priority                = 5;
};
//Eventflag Definition
flag[1]{
     name                   = pagein;
};
//Interrupt Vector Definition
interrupt_vector[0x23]{
    os_int                  = YES;
    entry_address           = sent_in();
};
```

図 4.3 コンフィグレーションファイル例

4.2.3 コンフィグレータ実行

コンフィグレータ cfg308 を実行して、コンフィグレーションファイルからシステムデータ定義ファイル (sys_rom.inc, sys_ram.inc) 、インクルードファイル (mr308.inc, id.h)
およびシステム生成手順記述ファイル (makefile) を作成します。

```
A> cfg308  -mv  lbp.cfg

MR308 system configurator V.1.20.01
Copyright 2003 RENESAS TECHNOLOGY CORPORATION
AND RENESAS SOLUTIONS CORPORATION ALL RIGHTS RESERVED.
MR308 version ==> V.1.20 Release 1b

A>
```

図 4.4　コンフィグレータ実行

4.2.4 システム生成

make コマンド[48]を実行してシステムを生成します。

```
A> nmake -f  makefile
as308 -F -Dtest=1 crt0mr.a30
nc308 -c task.c
ln308 @ln308.sub

A>
```

図 4.5　システム生成

4.2.5 ROM 書き込み

ロードモジュールコンバータ lmc308 により、アブソリュートモジュールファイルを ROM 書き込み形式に変換し、ROM に書き込みます。もしくは、デバッガに読み込ませてデバッグを行います。

[48] make コマンドは MS-DOS 標準のものと、UNIX 標準もしくは準拠のものとがあります。MR308 では、UNIX 標準もしくは UNIX 準拠の make コマンドのみ使用できます。MS-DOS を使用する場合は、UNIX 互換の make コマンド（例えば、マイクロソフト社製Cコンパイラ付属の nmake コマンド）を使用してください。UNIX 互換の make コマンド対応状況については、リリースノートを参照下さい。本章では、UNIX 互換の nmake コマンドを実行する場合を例として説明します。

第 5 章　　アプリケーション作成手順詳細

5.1 C 言語によるコーディング方法

本節では、C 言語を用いてアプリケーションプログラムを記述する方法について述べます。

5.1.1 タスクの記述方法

C 言語を用いてタスクを記述する場合、以下の項目に注意してください。

1. **タスクは関数として記述します。**
   そのタスクを MR308 に登録するにはコンフィグレーションファイルに関数名を記述します。例えば関数名 "task()" をタスク ID 番号３で登録するには以下のようにおこないます。

```
task[3]{
        entry_address   = task();
        stack_size      = 100;
        priority                = 3;
};
```

2. **ファイル先頭で必ずシステムディレクトリのなかの "mr308.h" とカレントディレクトリ内の "id.h" をインクルードしてください。すなわちファイルの先頭で以下の２行を必ず記述してください。**

```
#include <mr308.h>
#include "id.h"
```

3. **タスク開始関数の戻り値はありません。したがって、void 型で宣言してください。**
4. **スタティック宣言をおこなった関数はタスクとして登録できません。**
5. **タスク開始関数の出口で ext_tsk()を記述する必要はありません。[49]タスク開始関数から呼び出した関数でタスクを終了する場合は、ext_tsk()を記述してください。**
6. **タスクの開始関数を無限ループで記述することも可能です。**

```
#include <mr308.h>
#include "id.h"
void task(void)
{
        /* 処理 */
}
```

図 5.1 C 言語で記述したタスクの例

[49] MR308 では、#pragma TASK 宣言を行うことで、自動的に ext_tsk()で終了します。関数の途中で return 文により戻る場合も同様に ext_tsk()で終了処理をおこないます。

```
#include <mr308.h>

#include "id.h"

void task(void)
{
        for(;;){
                /* 処理 */

        }
}
```

図 5.2　C 言語で記述した無限ループタスクの例

7. **タスクを指定する場合はタスクの関数名に "ID_" を追加した文字列で指定してください[50]。**

```
wup_tsk(ID_main);
```

8. **イベントフラグ、セマフォ、メイルボックスを指定する場合は、コンフィグレーションファイルで定義したそれぞれの名前に"ID_"を追加した文字列で指定してください。**

例えば、コンフィグレーションファイルで以下のようにイベントフラグを定義した場合は、

```
flag[1]{
        name    = abc;
};
```

このイベントフラグを指定するには以下のようにおこなってください。

```
set_flg(ID_abc,&setptn);
```

9. **周期起動ハンドラ、アラームハンドラを指定する場合は、そのハンドラの開始関数名に "ID_"を追加した文字列で指定してください。例えば、周期起動ハンドラ "cyc()" を指定する場合は、以下のようにおこなってください。**

```
act_cyc(ID_cyc,TCY_ON);
```

10. **タスクを ter_tsk() システムコールなどで終了した後で sta_tsk() システムコールで再起動した場合は、タスク自身は初期状態から開始しますが[51]外部変数、スタティック変数はタスクの開始にともなっての初期化はされません。外部変数、スタティック変数の初期化は MR308 が立ち上がる前に起動されるスタートアッププログラム (crt0mr.a30、start.a30) でのみおこないます。**

11. **MR308 システム起動時に起動されるタスクは、コンフィグレーションファイルで設定します。**

12. **変数の記憶クラスについて**

C 言語の変数は MR308 から見て表 5.1に示す扱いになります。

表 5.1　C 言語における変数の扱い

変数の記憶クラス	扱い
グローバル変数	すべてのタスクの共有変数
関数外のスタティック変数	同一ファイル内のタスクの共有変数
オート変数 レジスタ変数 関数内のスタティック変数	タスク固有の変数

[50] コンフィグレータがタスクの ID 番号をタスクを指定するための文字列に変換するためのファイル"id.h"を生成します。すなわち、タスクの開始関数名に"ID_"を付加した文字列をそのタスクの ID 番号に変換するための#define 宣言を"id.h"で行います。

[51] タスクの開始関数から初期優先度でなおかつ起床カウントがクリアされた状態で開始します。

5.1.2 OS 依存割り込みハンドラの記述方法

C 言語を用いて OS 依存割り込みハンドラを記述する場合、以下の点に注意してください。

1. **OS 依存割り込みハンドラは関数として記述します。**[52]
2. **割り込みハンドラ開始関数の戻り値および引き数は、必ず void 型で宣言してください。**
3. **ファイルの先頭で必ずシステムディレクトリのなかの"mr308.h" とカレントディレクトリ内の "id.h"をインクルードしてください。**
4. **関数の最後に ret_int システムコールは記述しないで下さい。**[53]**また、割り込みハンドラ関数から呼び出した関数のなかで割り込みハンドラを終了することはできません。**
5. **スタティック宣言をおこなった関数は割り込みハンドラとしては登録できません。**

```
#include <mr308.h>
#include "id.h"
void inthand(void)
{
        /* 処理 */
        iwup_tsk(ID_main);
}
```

図 5.3 C 言語で記述した割り込みハンドラの例

[52] ハンドラと関数名との対応はコンフィグレーションファイルにより行います。
[53] OS 依存割り込みハンドラを#pragma INTHANDLER で宣言すると、自動的に ret_int システムコールを生成します。

5.1.3 OS 独立割り込みハンドラの記述方法

C 言語を用いて OS 独立割り込みハンドラを記述する場合、以下の点に注意してください。

1. **割り込みハンドラ開始関数の戻り値および引き数は、必ず void 型で宣言してください。**
2. **OS 独立割り込みハンドラからは、システムコールは発行できません。**
   (注)システムコールを発行した場合は不正動作をするので十分注意して下さい。
3. **スタティック宣言をおこなった関数は割り込みハンドラとしては登録できません。**
4. **OS 独立割り込みハンドラの中で多重割り込みを許可する場合は、必ず、OS 独立割り込みハンドラの割り込み優先レベルを、他の OS 依存割り込みハンドラの割り込み優先レベルより高くしてください。**[54]

```
#include <mr308.h>

#include "id.h"

void inthand(void)
{
        /* 処理 */
}
```

図 5.4 OS 独立割り込みハンドラの例

[54] OS 独立割り込みハンドラの割り込みレベル優先レベルを、OS 依存割り込みハンドラの割り込み優先レベルより低くしたい場合は、OS 独立割り込みハンドラを OS 依存割り込みハンドラの記述に変更してください。

5.1.4 周期起動ハンドラ、アラームハンドラの記述方法

C 言語を用いて周期起動ハンドラおよびアラームハンドラを記述する場合、以下の点に注意してください。

1. **周期起動ハンドラおよびアラームハンドラは関数として記述します。[55]**
2. **関数の戻り値および引き数を、void 型で宣言してください。**
3. **ファイルの先頭で必ずシステムディレクトリのなかの"mr308.h"とカレントディレクトリ内の"id.h"をインクルードしてください。**
4. **スタティック宣言をおこなった関数は周期起動ハンドラおよびアラームハンドラとしては登録できません。**
5. **周期起動ハンドラおよびアラームハンドラはシステムクロックの割り込みハンドラからサブルーチン呼び出しにより起動されます。**

```
#include <mr308.h>

#include "id.h"

void cychand(void)
{
        /* 処理 */
}
```

図 5.5 C 言語で記述した周期起動ハンドラの例

[55] ハンドラと関数名との対応は、コンフィグレーションファイルにより行います。

5.2 アセンブリ言語によるコーディング方法

本節では、アセンブリ言語を用いてアプリケーションを記述する方法について述べます。

5.2.1 タスクの記述方法

アセンブリ言語を用いてタスクを記述する場合、以下の項目に注意してください。

1. **ファイルの先頭で必ず "mr308.inc"をインクルードしてください。**
2. **タスクの開始アドレスを示すシンボルは外部シンボル宣言[56]をおこなってください。**
3. **タスクは無限ループか ext_tsk システムコールで終了してください。**

```
        .INCLUDE mr308.inc ----- (1)
        .GLB    task    ----- (2)

task:
                ; 処理
        jmp   task      ----- (3)
```

図 5.6 アセンブリ言語で記述した無限ループタスクの例

```
        .INCLUDE mr308.inc
        .GLB    task

task:
                ; 処理
        ext_tsk
```

図 5.7 アセンブリ言語で記述した ext_tsk で終了するタスクの例

4. **タスク起動時のレジスタの初期値は、R0、PC、SB、FLG レジスタ以外は不定です。**
5. **タスクを指定する場合はタスクの開始シンボル名に"ID_"を追加した文字列で指定してください。**[57]

```
        wup_tsk  #ID_task
```

6. **イベントフラグ、 セマフォ、メイルボックスを指定する場合は、コンフィグレーションファイルで定義したそれぞれの名前に"ID_"を追加した文字列で指定してください。**

   例えば、 コンフィグレーションファイルで以下のようにセマフォを定義した場合、

```
semaphore[1]{
        name            = abc;
};
```

   このセマフォを指定するには以下のようにおこなってください。

```
sig_sem  #ID_abc
```

7. **周期起動ハンドラ、アラームハンドラを指定する場合は、そのハンドラの開始シンボル名に"ID_"を追加した文字列で指定してください。例えば、周期起動ハンドラ"cyc"を指定する場合は、以下のようにおこなってください。**

```
act_cyc  #ID_cyc,#TCY_ON
```

[56] .GLB 疑似命令を使用してください。

[57] コンフィグレータがタスクの ID 番号を、タスクを指定するための文字列に変換するための命令をファイル”mr308.inc”に生成します。すなわち、タスクの開始シンボル名に”ID_”を付加した文字列をそのタスク ID 番号に変換するための.EQU 宣言を”mr308.inc”でおこないます。

8. MR308 システム起動時に起動されるタスクは、コンフィグレーションファイルで設定します。[58]

[58] このタスク ID 番号とタスク(プログラム)との対応づけは、コンフィグレーションファイルにより行います。

5.2.2 OS 依存割り込みハンドラの記述方法

アセンブリ言語を用いて OS 依存割り込みハンドラを記述する場合、以下の項目に注意してください。

1. **ファイルの先頭で必ず"mr308.inc"をインクルードしてください。**
2. **割り込みハンドラの開始アドレスを示すシンボルは外部宣言 (グローバル宣言)[59]をおこなってください。**
3. **ハンドラ内で使用するレジスタは、 ハンドラの入口でセーブし、使用後復帰して下さい。**
4. **ret_int システムコールにて復帰してください。また、割り込みハンドラ関数から呼び出した関数のなかで割り込みハンドラを終了することはできません。**

```
                .INCLUDE mr308.inc              ------(1)
                .GLB    inth                    ------(2)

        inth:
                ;  使用レジスタ退避                        ------(3)
                iwup_tsk  #ID_task1
                        :
                        処     理
                        :

                ;  使用レジスタ復帰                        ------(3)

                ret_int                         ------(4)
```

図 5.8 OS 依存割り込みハンドラの例

[59] .GLB 疑似命令を使用してください。

5.2.3 OS 独立割り込みハンドラ記述方法

1. **割り込みハンドラの開始アドレスを示すシンボルは外部宣言 (グローバル宣言) して下さい。**
2. **ハンドラ内で使用するレジスタは入り口でセーブし、使用後復帰して下さい。**
3. **REIT 命令で終了してください。**
4. **OS 独立割り込みハンドラからは、システムコールは発行できません。**
   (注)システムコールを発行した場合は不正動作をするので十分注意して下さい。

5. **OS 独立割り込みハンドラ内で多重割り込みを許可する場合は、OS 独立割り込みハンドラの割り込み優先レベルは、他の OS 依存割り込みハンドラの割り込み優先レベルより必ず高くしてください。**[60]

```
        .GLB    inthand                 ----- (1)

inthand:
        ; 使用レジスタ退避 ----- (2)
        ; 割り込み処理
        ; 使用レジスタ復帰          ----- (2)
        REIT                              ----- (3)
```

図 5.9 特定レベルの OS 独立割り込みハンドラの例

[60] OS 独立割り込みハンドラの割り込み優先レベルを、OS 依存割り込みハンドラの割り込み優先レベルより低くしたい場合は、OS 独立割り込みハンドラを OS 依存割り込みハンドラの記述に変更してください。

5.2.4 周期起動ハンドラ、アラームハンドラの記述方法

アセンブリ言語を用いて周期起動ハンドラおよびアラームハンドラを記述する場合、以下の点に注意してください。

1. **ファイルの先頭で必ず"mr308.inc"をインクルードしてください。**
2. **ハンドラの開始アドレスを示すシンボルは外部宣言 (グローバル宣言)[61]をおこなってください。**
3. **周期起動ハンドラ、アラームハンドラは全て RTS 命令 (サブルーチンリターン命令) にて復帰してください。**

例えば、

```
.INCLUDE        mr308.inc       ----- (1)
.GLB            cychand         ----- (2)

cychand:
                :
        ; ハンドラ処理
                :

        rts                     ----- (3)
```

図 5.10 アセンブリ言語で記述したハンドラの例

[61] .GLB 疑似命令を使用してください。

5.3 INT 命令の使用について

MR308 では、INT 命令の割り込み番号を表 5.2に示すようにシステムコール発行のため予約しています。そのため、ユーザーアプリケーションでソフトウェア割り込みを使用する場合は、63～58,55 以外の割り込みを使用して下さい。

表 5.2　割り込み番号の割り当て

割り込み番号	使用するシステムコール
63	タスクからのみ発行可能なシステムコール
62	タスク独立部からのみ発行可能なシステムコール タスク、タスク独立部の両方から発行可能なシステムコール
61	ret_int システムコール
60	dis_dsp システムコール
59	loc_cpu システムコール
58	ext_tsk システムコール
55	拡張システムコール

5.4 レジスタバンクについて

MR308 では、タスク起動時のコンテキストは、レジスタバンク０を使用しています。
カーネル処理中にレジスタバンク切り替えは行いません。
プログラム誤動作の原因となりますので、以下の点にご注意ください。

- タスク内では、レジスタバンク切り替えは行わないで下さい。
- レジスタバンク切り替えを指定している割り込み同士が、多重に割り込まないようにして下さい。

5.5 割り込みについて

5.5.1 割り込みハンドラの種類

MR308 の割り込みハンドラには、OS 依存割り込みハンドラと OS 独立割り込みハンドラを定義しています。それぞれの割り込みハンドラの定義を以下に示します。

- OS 依存割り込みハンドラ
  以下の 2 つの条件のうち、どちらか一方を満たすものを OS 依存割り込みハンドラとして定義します。
  - ♦ システムコールを発行する割り込みハンドラ
  - ♦ システムコールを発行する割り込みハンドラが多重ではいる割り込みハンドラ

  OS 依存割り込みハンドラの IPL 値は、OS 割り込み禁止レベル (system.IPL)以下 (IPL=0 ～ system.IPL)[62]にする必要があります。

- OS 独立割り込みハンドラ
  以下の 2 つの条件の両方を満たすものを OS 独立割り込みハンドラとして定義します。
  - ♦ システムコールを発行しない割り込みハンドラ
  - ♦ システムコールを発行する割り込みハンドラ (システムクロック割り込みハンドラ)が多重割り込みではいらないもの

  OS 独立割り込みハンドラの IPL 値は、 (system.IPL+1) ～ 7 にする必要があります。すなわち、OS 独立割り込みハンドラの IPL 値を OS 割り込み禁止レベル以下に設定できません。

図 5.11に、OS 割り込み禁止レベルを 3 にした場合の、OS 依存割り込みハンドラと OS 独立割り込みハンドラの関係を示します。

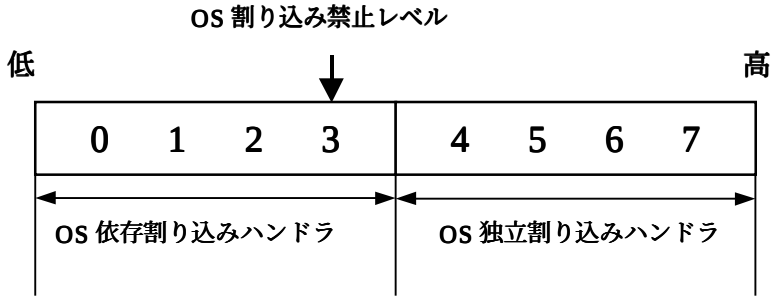


図 5.11 割り込みハンドラの IPL

5.5.2 ノンマスカブル割り込みについて

NMI 割り込みおよび監視タイマ割り込みは、必ず、OS 独立割り込みにしてください。OS 依存割り込みにした場合、プログラム誤動作の原因となりますので、ご注意ください。

[62] system.IPL は、コンフィグレーションファイルで設定します。

5.5.3 割り込み制御方法

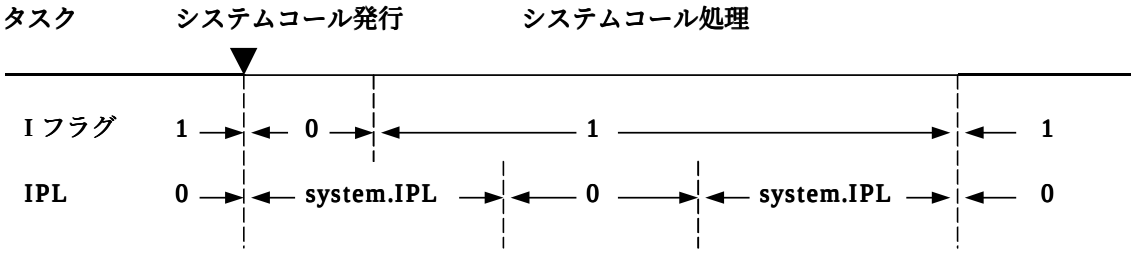
システムコール内の割り込み禁止/許可の制御は、IPL の操作により行っています。

システムコール内での IPL 値は、OS 割り込み禁止レベル (system.IPL)にして、OS 依存割り込みハンドラの割り込みを禁止しています。全ての割り込みを許可できる箇所では、システムコール発行時の IPL 値に戻します。

図 5.12に、システムコール内での割り込み許可フラグと IPL の状態を示します。

- タスクからのみ発行できるシステムコールの場合

・システムコール発行前の I フラグが 1 の場合



・システムコール発行前の I フラグが 0 の場合

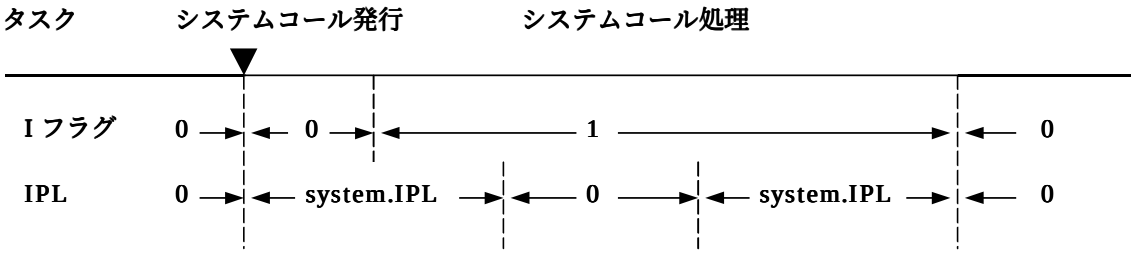
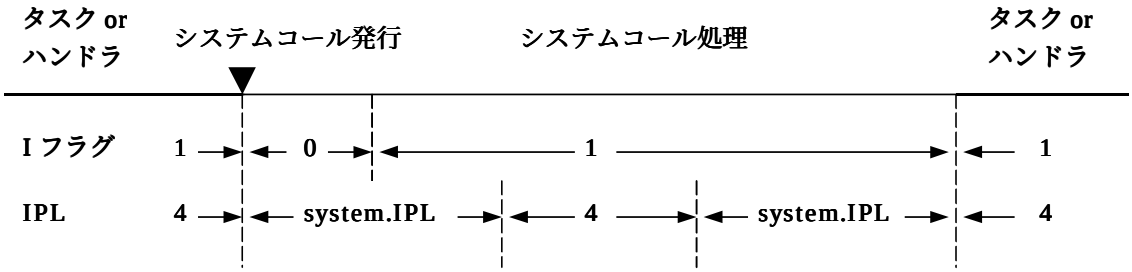


図 5.12 タスクからのみ発行できるシステムコール内での割り込み制御

- タスク独立部からのみ発行できるシステムコール、もしくは、タスク独立部とタスクの両方から発行できるシステムコールの場合

・システムコール発行前の I フラグが 1 の場合



・システムコール発行前の I フラグが 0 の場合

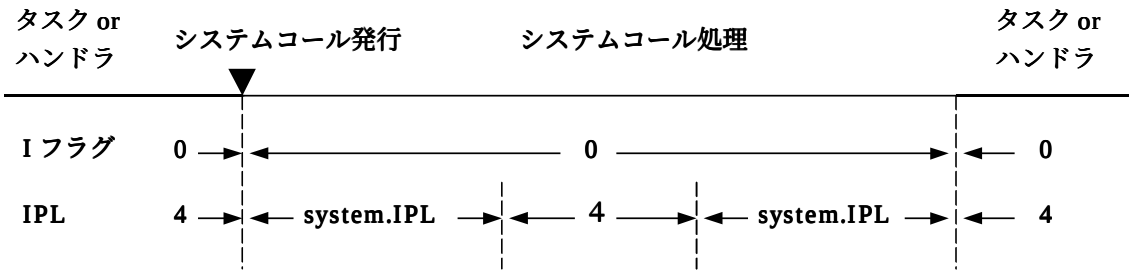


図 5.13 タスク独立部から発行できるシステムコール内での割り込み制御

図 5.12、図 5.13に示すように割り込み許可フラグおよび IPL は、システムコール内で変化します。そのため、ユーザーアプリケーション内で割り込みを禁止したい場合、割り込み許可フラグおよび IPL の操作によって割り込みを禁止にする方法をとらないで下さい。

割り込みの制御は、以下に示す二つの方法で実現して下さい。

1. 禁止にしたい割り込みの割り込み制御レジスタ (SFR)を変更する。

2. loc_cpu ～ unl_cpu を使用する。

loc_cpu システムコールにより、制御できる割り込みは、OS 依存割り込みのみです。OS 独立割り込みを制御する場合には、1による方法で行って下さい。

5.6 ディスパッチ遅延について

MR308 では、ディスパッチ遅延に関するシステムコールが 4 つあります。

- dis_dsp
- ena_dsp
- loc_cpu
- unl_cpu

これらのシステムコールを使用し、一時的にディスパッチを遅延した場合のタスクの扱いについて以下に記述します。

1. ディスパッチ遅延中の実行タスクがプリエンプトされる場合

ディスパッチが禁止されている間は、実行中のタスクがプリエンプトされるべき状況となっても、新たに実行すべき状態となったタスクにはディスパッチされません。実行するべきタスクへのディスパッチは、ディスパッチ禁止状態が解除されるまで遅延されます。ディスパッチ遅延中は、

- 実行中のタスクは RUN 状態であり、レディキューにつながれている。
- ディスパッチ禁止解除後に実行するタスクは、READY 状態であり、 (タスクがつながれている中で) 最高優先度のレディキューにつながれている。

2. ディスパッチ遅延中の isus_tsk,irsm_tsk

また、ディスパッチ禁止状態で起動された割り込みハンドラから、実行中のタスク (dis_dsp を発行したタスク) に対して isus_tsk を発行し SUSPEND 状態へ移行させようとした場合、タスク状態の遷移はディスパッチ禁止状態が解除されるまで遅延されます。ディスパッチ遅延中は、

- 実行中のタスクの状態の扱いは、OS 内部では、ディスパッチ遅延解除後の状態として扱います。そのため、実行中のタスクに対して発行された isus_tsk では、実行中のタスクをレディキューからはずし、SUSPEND 状態に移行します。エラーコードは E_OK を返します。この後、実行中のタスクに対して irsm_tsk が発行されると、実行中のタスクをレディキューにつなぎ、エラーコードは E_OK を返します。ただし、ディスパッチ遅延が解除されるまでタスクの切り替えは起こりません。
- ディスパッチ禁止解除後に実行するタスクは、レディキューにつながれています。

3. ディスパッチ遅延中の rot_rdq, irot_rdq

ディスパッチ遅延中に、rot_rdq(TPRI_RUN=0)を発行した場合、自タスクの持つ優先度のレディキューを回転させます。また、irot_rdq(TPRI_RUN=0)を発行した場合、実行中のタスクが持つ優先度のレディキューが回転します。この場合、実行中のタスクは該当レディキューにはつながれていない場合があります。 (ディスパッチ遅延中に、実行タスクに対し isus_tsk が発行された場合など。)

4. 注意事項

- dis_dsp,loc_cpu により、ディスパッチが禁止されている状態で、自タスクを待ち状態に移す可能性のあるシステムコール (slp_tsk,wai_sem など)は発行しないで下さい。
- loc_cpu により割り込みおよびディスパッチを禁止した状態で ena_dsp,dis_dsp は発行できません。
- dis_dsp を何回か発行して、その後、ena_dsp を 1 回発行しただけでディスパッチ禁止状態は解除されます。

上記の状態遷移をまとめると表 5.3のようになります。

表 5.3　dis_dsp,loc_cpu に関する割り込み、ディスパッチの状態遷移

状態番号	状態の内容		dis_dsp を実行	ena_dsp を実行	loc_cpu を実行	unl_cpu を実行
	割り込み	ディスパッチ				
1	許可	許可	→ 2	→ 1	→ 3	→ 1
2	許可	禁止	→ 2	→ 1	→ 3	→ 1
3	禁止	禁止	×	×	→ 3	→ 1

5.7 初期起動タスクについて

MR308 では、システム起動時に READY 状態からスタートするタスクを指定できます。この指定はコンフィグレーションファイルで設定を行います。

設定方法の詳細については、100ページを参照して下さい。

5.8 MR308 スタートアッププログラムの修正方法

MR308 には、以下に示す 2 種類のスタートアッププログラムが用意されています。

- start.a30
  アセンブリ言語を使って、プログラムを作成した時に使用するスタートアッププログラムです。

- crt0mr.a30
  C 言語を使って、プログラムを作成した時に使用するスタートアッププログラムです。
  "start.a30"に C 言語の初期化ルーチンを追加したものです。

スタートアッププログラムは以下のようなことを行っています。

- リセット後のプロセッサの初期化
- C 言語の変数の初期化 (crt0mr.a30 のみ)
- システムタイマの設定
- MR308 のデータ領域の初期化

このスタートアッププログラムは、環境変数 "LIB308"の示すディレクトリからカレントディレクトリへコピーして下さい。
なお、必要があれば以下の示す箇所を修正、あるいは追加して下さい。

- プロセッサモードレジスタの設定
  プロセッサモードレジスタに、システムに合わせたプロセッサモードを設定して下さい。(crt0mr.a30 の 102 行目)

- ユーザーで必要な初期化プログラムの追加
  ユーザーに必要な初期化プログラムを追加する場合は、C 言語用スタートアッププログラム(crt0mr.a30)の 190 行目に追加して下さい。
  標準入出力関数を使用しない場合は crt0mr.a30 の 191-192 行目をコメントにしてください。

5.8.1 C 言語用スタートアッププログラム (crt0mr.a30)

図 5.14に C 言語用スタートアッププログラム crt0mr.a30 を示します。

```
 1 ;***********************************************************************
 2 ;
 3 ;      MR308 start up program for C language
 4 ;      COPYRIGHT(C) 2003 RENESAS TECHNOLOGY CORPORATION
 5 ;      AND RENESAS SOLUTIONS CORPORATION ALL RIGHTS RESERVED
 6 ;      MR308 V.1.10 Release 1
 7 ;
 8 ; ***********************************************************************
 9 ;      "$Id: crt0mr.a30,v 1.6 2003/08/20 06:25:06 muraki Exp $"
10
11        .LIST   OFF
12        .INCLUDE       c_sec.inc
13        .INCLUDE       mr308.inc
14        .INCLUDE       sys_rom.inc
15        .INCLUDE       sys_ram.inc
16        .LIST   ON
17
18        .GLB    __SYS_INITIAL
19        .GLB    __END_INIT
20        .GLB    __init_sys,__init_tsk
21
22        .IF           M16C70!=0
23 regoffset      .EQU    -0220H
24        .ELSE
25 regoffset      .EQU    0
26        .ENDIF
27
28 ;-----------------------------------------------------------------------
29 ; SBDATA area definition
30 ;-----------------------------------------------------------------------
31        .GLB    __SB__
32        .SB     __SB__
33
34 ;=======================================================================
35 ; Initialize Macro declaration
36 ;-----------------------------------------------------------------------
37 N_BZERO .MACRO  TOP_,SECT_
38        MOV.B   #00H, R0L
39        MOV.L   #TOP_, A1
40        MOV.W   #sizeof SECT_, R3
41        SSTR.B
42        .ENDM
43
44 N_BCOPY .MACRO  FROM_,TO_,SECT_
45        MOV.L   #FROM_,A0
46        MOV.L   #TO_,A1
47        MOV.W   #sizeof SECT_, R3
48        SMOVF.B
49        .ENDM
50
51 BZERO   .MACRO  TOP_,SECT_
52        .local  _end, _loop
53
54        MOV.L   #TOP_, A1
55        MOV.B   #00H, R0L
56        MOV.L   #(sizeof SECT_ & 0FFFFFFH), R3R1
57        XCHG.W  R1,R3
58 _loop:
59        SSTR.B
60        CMP.W   #0,R1
61        JEQ     _end
62        MOV.B   R0L,[A1]
63        ADD.L   #1,A1
64        MOV.W   #0FFFFH,R3
65        SUB.W   #1,R1
66        JMP     _loop
67 _end:
68        .ENDM
69
70 BCOPY   .MACRO  FROM_,TO_,SECT_
71        .local  _end, _loop
72
73        MOV.L   #FROM_,A0
74        MOV.L   #TO_,A1
75        MOV.L   #(sizeof SECT_ & 0FFFFFFH), R3R1
```

```
 76        XCHG.W  R1,R3
 77 _loop:
 78        SMOVF.B
 79        CMP.W   #0,R1
 80        JEQ     _end
 81        MOV.B   [A0],[A1]
 82        ADD.L   #1,A1
 83        ADD.L   #1,A0
 84        MOV.W   #0FFFFH,R3
 85        SUB.W   #1,R1
 86        JMP     _loop
 87 _end:
 88        .ENDM
 89
 90 ;=====================================================================
 91 ; Interrupt section start
 92 ;---------------------------------------------------------------------
 93        .SECTION       MR_KERNEL,CODE,ALIGN
 94
 95 ;---------------------------------------------------------------------
 96 ; after reset,this program will start
 97 ;---------------------------------------------------------------------
 98 __SYS_INITIAL:
 99        LDC     #__Sys_Sp,ISP   ; set initial ISP
100
101        MOV.B   #2,0AH
102        MOV.B   #00,PMOD              ; Set Processor Mode Register
103        MOV.B   #0,0AH
104        LDC     #0010H,FLG
105        LDC     #__SB__,SB
106        LDC     #0000H,FLG
107        LDC     #__Sys_Sp,FB
108        LDC     #__SB__,SB
109
110 ; +-----------------------------------------------------+
111 ; |    ISSUE SYSTEM CALL DATA INITIALIZE             |
112 ; +-----------------------------------------------------+
113        ; For PD308
114        __INIT_ISSUE_SYSCALL
115
116 ;=====================================================================
117 ; MR_RAM zero clear
118 ;-----------------------------------------------------
119        N_BZERO MR_RAM_NE_top,MR_RAM_NE
120        N_BZERO MR_RAM_NO_top,MR_RAM_NO
121        BZERO   MR_RAM_top,MR_RAM
122
123 ;=====================================================================
124 ; NEAR area initialize.
125 ;-----------------------------------------------------
126 ; bss zero clear
127 ;-----------------------------------------------------
128        N_BZERO bss_SE_top,bss_SE
129        N_BZERO bss_SO_top,bss_SO
130
131        N_BZERO bss_NE_top,bss_NE
132        N_BZERO bss_NO_top,bss_NO
133
134 ;-----------------------------------------------------
135 ; initialize data section
136 ;-----------------------------------------------------
137        N_BCOPY data_SEI_top,data_SE_top,data_SE
138        N_BCOPY data_SOI_top,data_SO_top,data_SO
139        N_BCOPY data_NEI_top,data_NE_top,data_NE
140        N_BCOPY data_NOI_top,data_NO_top,data_NO
141
142 ;=====================================================================
143 ; FAR area initialize.
144 ;-----------------------------------------------------
145 ; bss zero clear
146 ;-----------------------------------------------------
147        BZERO   bss_FE_top,bss_FE
148        BZERO   bss_FO_top,bss_FO
149
150 ;-----------------------------------------------------
151 ; Copy edata_E(O) section from edata_EI(OI) section
152 ;-----------------------------------------------------
153        BCOPY   data_FEI_top,data_FE_top,data_FE
154        BCOPY   data_FOI_top,data_FO_top,data_FO
155
```

```
156       LDC     #__Sys_Sp,SP
157       LDC     #__Sys_Sp,FB
158
159
160 ;---------------------------------------------------------------------
161 ; Set System IPL and Set Interrupt Vector
162 ;---------------------------------------------------------------------
163       MOV.B   #0,R0L
164       MOV.B   #__SYS_IPL,R0H
165       LDC     R0,FLG
166       LDC     #__INT_VECTOR,INTB
167
168 ; +-----------------------------------------------------+
169 ; |    System timer interrupt setting                   |
170 ; +-----------------------------------------------------+
171    .IF USE_TIMER
172       MOV.B   #stmr_mod_val,stmr_mod_reg+regoffset    ; set timer mode
173       MOV.W   #stmr_cnt,stmr_ctr_reg+regoffset       ; set interval count
174       MOV.B   #stmr_int_IPL,stmr_int_reg            ; set timer IPL
175       OR.B    #stmr_bit+1,stmr_start+regoffset       ; system timer start
176    .ENDIF
177
178 ; +-----------------------------------------------------+
179 ; |    System timer initialize                         |
180 ; +-----------------------------------------------------+
181    .IF USE_SYSTEM_TIME
182       MOV.W   #__D_Sys_TIME_L,__Sys_time+4
183       MOV.W   #__D_Sys_TIME_M,__Sys_time+2
184       MOV.W   #__D_Sys_TIME_H,__Sys_time
185    .ENDIF
186
187 ; +-----------------------------------------------------+
188 ; |    User Initial Routine ( if there are )            |
189 ; +-----------------------------------------------------+
190 ; Initialize standard I/O
191       .GLB    _init
192       JSR.A   _init
193
194 ; +-----------------------------------------------------+
195 ; |    Initalization of System Data Area                |
196 ; +-----------------------------------------------------+
197       JSR.W   __init_sys
198       JSR.W   __init_tsk
199
200    .IF __MR_TIMEOUT
201       .GLB    __init_tout
202       JSR.W   __init_tout
203    .ENDIF
204
205    .IF __NUM_FLG
206       .GLB    __init_flg
207       JSR.W   __init_flg
208    .ENDIF
209
210    .IF __NUM_SEM
211       .GLB    __init_sem
212       JSR.W   __init_sem
213    .ENDIF
214
215    .IF __NUM_MBX
216       .GLB    __init_mbx
217       JSR.W   __init_mbx
218    .ENDIF
219
220    .IF ALARM_HANDLER
221       .GLB    __init_alh
222       JSR.W   __init_alh
223    .ENDIF
224
225    .IF CYCLIC_HANDLER
226       .GLB    __init_cyh
227       JSR.W   __init_cyh
228    .ENDIF
229
230    .IF __NUM_MPL
231       ; Fixed Memory Pool
232       .GLB    __init_mpl
233       JSR.W   __init_mpl
234    .ENDIF
235
```

```
236     .IF __MR_HEAPSIZE
237        ; Variable Memory Pool
238        .GLB    __init_memblk,__init_vmpl
239        JSR.W   __init_vmpl
240        JSR.W   __init_memblk
241     .ENDIF
242
243        ; For PD308
244        __LAST_INITIAL
245
246 __END_INIT:
247
248 ; +-----------------------------------------------------+
249 ; |       Start initial active task                 |
250 ; +-----------------------------------------------------+
251        __START_TASK
252
253        .GLB    __rdyq_search
254        JMP.W   __rdyq_search
255
256 ; +-------------------------------------------+
257 ; |    Define Dummy                         |
258 ; +-------------------------------------------+
259        .GLB    __SYS_DMY_INH
260 __SYS_DMY_INH:
261        REIT
262
263 .IF    CUSTOM_SYS_END
264 ; +-------------------------------------------+
265 ; | Syscall exit rouitne to customize
266 ; +-------------------------------------------+
267        .GLB    __sys_end
268 __sys_end:
269        ; Customize here.
270        REIT
271 .ENDIF
272
273 ; +-------------------------------------------+
274 ; |           exit() function               |
275 ; +-------------------------------------------+
276        .GLB    _exit,$exit
277 _exit:
278 $exit:
279        JMP     _exit
280
281 .IF USE_TIMER
282 ; +-------------------------------------------+
283 ; |      System clock interrupt handler       |
284 ; +-------------------------------------------+
285        .GLB           __SYS_STMR_INH
286        .ALIGN
287 __SYS_STMR_INH:
288        ; process issue system call
289        ; For PD308
290        __ISSUE_SYSCALL
291
292        ; System timer interrupt handler
293        _STMR_hdr
294
295        ret_int
296 .ENDIF
297
298        .END
299
300 ; ****************************************************************
301 ;      COPYRIGHT(C) 2003 RENESAS TECHNOLOGY CORPORATION
302 ;      AND RENESAS SOLUTIONS CORPORATION ALL RIGHTS RESERVED
303 ; ****************************************************************
```

図 5.14 C 言語用スタートアッププログラム (crt0mr.a30)

以下に標準スタートアッププログラム crt0mr.a30 の内容について説明します。

1. **セクション定義ファイルを組み込みます。 [図 5.14の 12 行目]**
2. **MR308 用インクルードファイルを組み込みます。 [図 5.14の 13 行目]**
3. **システム ROM 領域定義ファイルを組み込みます。 [図 5.14の 14 行目]**
4. **システム RAM 領域定義ファイルを組み込みます。 [図 5.14の 15 行目]**
5. **リセット直後に起動される初期化プログラム__SYS_INITIAL です。 [図 5.14の 98 行目-246 行目]**
    - システムスタックポインタの設定 [図 5.14の 99 行目]
    - プロセッサモードレジスタの設定 [図 5.14の 101 行目-103 行目]
    - FLG、SB、FB レジスタの設定 [図 5.14の 104 行目-108 行目]
    - C 言語の初期設定をおこないます。 [図 5.14の 128 行目-154 行目]
    - OS 割り込み禁止レベルの設定 [図 5.14の 163 行目-165 行目]
    - 割り込みベクタテーブルのアドレス設定 [図 5.14の 166 行目]
    - MR308 のシステムクロック割り込みの設定をおこないます。 [図 5.14の 171 行目-176 行目]
    - 標準入出力関数の初期化[図 5.14の 191 行目-192 行目]
      標準入出力関数を使用しない場合は、この行をコメントアウトしてください。
    - MR308 のシステム時刻の初期設定をおこないます。 [図 5.14の 181 行目-185 行目]
6. **必要があればアプリケーション固有の初期設定をおこないます。 [図 5.14の 190 行目]**
7. **MR308 が使用する RAM データの初期化をおこないます。 [図 5.14の 197 行目-241 行目]**
8. **スタートアップの終了を示すビットをセットします。 [図 5.14の 244 行目]**
9. **初期起動タスクを起動します。 [図 5.14の 251 行目-255 行目]**
10. **システムクロックの割り込みハンドラです。 [図 5.14の 285 行目-296 行目]**

5.9 メモリ配置方法

アプリケーションプログラムのデータのメモリ配置方法について説明します。
メモリ配置を設定するためには、MR308 が提供しているセクションファイルで設定します。
MR308 では、以下に示す 2 種類のセクションファイルが用意されています。

- asm_sec.inc
  アセンブリ言語で、アプリケーション開発を行った場合に使用します。
  各セクションの詳細については、86ページを参照して下さい。

- c_sec.inc
  C 言語で、アプリケーション開発を行った場合に使用します。
  c_sec.inc は、"asm_sec.inc"に C コンパイラ NC30 が生成するセクションを追加したものです。
  各セクションの詳細については、87ページを参照して下さい。

ユーザーシステムに合わせて、セクション配置、開始アドレスの設定を変更して下さい。
セクションファイルの変更方法を以下に示します。

例
プログラムセクションの先頭をF0000H**番地から**F1000H**番地に変更したい場合**

```
.section        program
.org    0F0000H ; この部分を F1000H に修正

        ↓

.section        program

.org    0F1000H ;
```

5.9.1 start.a30 のセクションの配置

アセンブリ言語用サンプルスタートアッププログラム"start.a30"のセクション配置は、"asm_sec.inc"で定義しています。
セクションの再配置が必要な場合は、"asm_sec.inc"を編集してください。
以下に、サンプルセクション定義ファイル"asm_sec.inc"で定義している各セクションについて説明します。

- MR_RAM_DBG セクション
  MR308 のデバッグ機能に必要な RAM データが入るセクションです。
  このセクションは必ず内蔵 RAM 領域に配置して下さい。
- MR_RAM_NE セクション
- MR_RAM_NO セクション
  MR308 のシステム管理データで、アブソリュートアドレシングで参照する RAM データが入るセクションです。
  このセクションは必ず 0～0FFFFH(near 領域)以内に配置して下さい。
- MR_RAM セクション
  MR308 のシステム管理データで、アブソリュートアドレシングで参照する RAM データが入るセクションです。
- stack セクション
  各タスクのユーザースタック、およびシステムスタックのセクションです。
- MR_HEAP セクション
  可変長メモリプールが格納されるセクションです。
- MR_KERNEL セクション
  MR308 カーネルプログラムを格納するセクションです。
- MR_CIF セクション
  MR308 インターフェイスライブラリを格納するセクションです。
- MR_ROM セクション
  MR308 カーネルが参照するタスクの開始番地などのデータを格納するセクションです。
- program セクション
  ユーザープログラムを格納するセクションです。
  このセクションは MR308 カーネルは全く使用していません。したがって、ユーザーで自由に使用することができます。
- program_S セクション
  スペシャルページ呼び出しの関数を格納するセクションです。
  このセクションは MR308 カーネルは全く使用していません。
- fvector セクション
  スペシャルページ呼び出しのベクタアドレスを格納するセクションです。
  このセクションは MR308 カーネルは全く使用していません。
- INTERRUPT_VECTOR セクション
- FIX_INTERRUPT_VECTOR セクション
  割り込みベクタを格納するセクションです。このセクションの開始番地は使用する M16C ファミリ機種により異なります。サンプルスタートアッププログラムの番地は M16C/80 シリーズ用のものです。他のグループを使用する場合は変更してください。

5.9.2 crt0mr.a30 のセクション配置

C 言語用サンプルスタートアッププログラム"crt0mr.a30"のセクション配置は、"c_sec.inc"で定義しています。セクションの再配置が必要な場合は、"c_sec.inc"を編集してください。

サンプルセクション定義ファイル"c_sec.inc"で定義しているセクションは、アセンブリ言語用スタートアッププログラムのセクション配置"asm_sec.inc"に、以下のセクションを定義したものです。

- data_SE セクション
- bss_SE セクション
- data_SO セクション
- bss_SO セクション
- data_NE セクション
- bss_NE セクション
- data_NO セクション
- bss_NO セクション
- rom_NE セクション
- rom_NO セクション
- data_FE セクション
- bss_FE セクション
- data_FO セクション
- bss_FO セクション
- rom_FE セクション
- rom_FO セクション
- data_SEI セクション
- data_SOI セクション
- data_NEI セクション
- data_NOI セクション
- data_FEI セクション
- data_FOI セクション

  これらのセクションは、NC308 が生成するセクションです。アセンブリ言語用セクションファイルでは、このセクションは定義されていません。

  詳細は、NC308 のマニュアルを参照してください。

サンプルスタートアッププログラムのセクションの配置を図 5.15に示します。

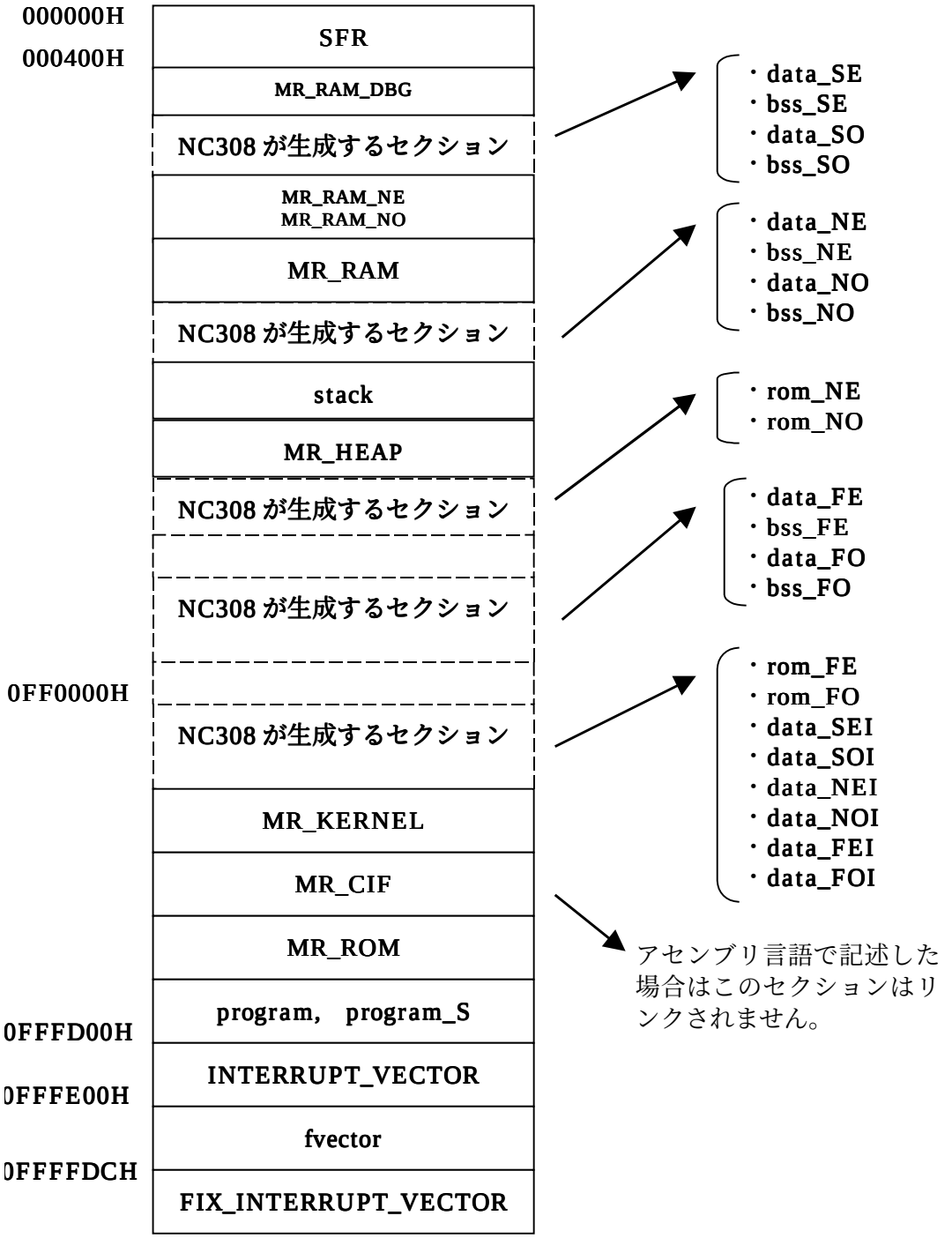


図 5.15 C 言語スタートアッププログラムのセクション配置

5.10 M16C/70 シリーズで使用する場合について

M16C/70 シリーズを使用する場合、TM やコンフィグレータが出力する makefile でコンパイル時に以下のオプションを必ず設定してください。
オプションの詳細な説明は各ツールのマニュアルを参照ください。

《NC308 コンパイルオプション》

```
-D M16C70=1
```

《AS308 コンパイルオプション》

```
-DM16C70=1
```

第 6 章　　コンフィグレータの使用方法

6.1 コンフィグレーションファイルの作成方法

アプリケーションプログラムのコーディング、スタートアッププログラムの修正が終わると、そのアプリケーションプログラムを MR308 システムに登録する必要があります。これをおこなうのがコンフィグレーションファイルです。

6.1.1 コンフィグレーションファイル内の表現形式

この節ではコンフィグレーションファイル内における定義データの表現形式について説明します。

コメント文

'//'から行の終わりまではコメント文とみなし、処理の対象になりません。

文の終わり

';'で文を終ります。

数値

数値は以下の形式で入力できます。

1. **16 進数**

   数値の先頭に'0x'か'0X'を付加します。または、数値の最後に'h'か'H'を付加します。後者の場合でかつ先頭が英文字 (A～F)で始まる場合は先頭に必ず'0'を付加してください。なおここで使用する数値表現で英文字 (A～F)は大文字・小文字を識別しません。[63]

2. **10 進数**

   23 のように整数のみで表します。ただし'0'で始めることはできません。

3. **8 進数**

   数値の先頭に'0'を付加するか数値の最後に'O'もしくは'o'を付加します。

4. **2 進数**

   数値の最後に'B'または'b'を付加します。ただし'0'で始めることはできません。

表 6.1 数値表現例

16 進数	0xf12 0Xf12 0a12h 0a12H 12h 12H
10 進数	32
8 進数	017 17o 17O
2 進数	101110b 101010B

また数値内に演算子を記述できます。使用できる演算子を表 6.2に示します。

[63] 数値表現内の'A'～'F','a'～'f'を除いて全ての文字は、大文字・小文字の区別を行います。

表 6.2 演算子

演算子	優先度	演算方向
()	高	左から右
- (単項マイナス)		右から左
* / %		左から右
+ - (二項マイナス)	低	左から右

数値の例を以下に示します。

- 123
- 123 + 0x23
- (23/4 + 3) * 2
- 100B + 0aH

シンボル

シンボルは数字、英大文字、英小文字、'_'（アンダースコア)、'？'より構成される数字以外の文字で始まる文字列で表されます。
シンボルの例を以下に示します。

- _TASK1
- IDLE3

関数名

関数名は数字、英大文字、英小文字、'_' (アンダースコア)、'$'(ドル記号)より構成される数字以外の文字で始まり、' ()'で終わる文字列で表されます。
C 言語で記述した関数名の例を以下に示します。

- main()
- func()

アセンブリ言語で記述した場合はモジュールの先頭ラベルを関数名とします。

周波数

周波数は数字と'.'(ピリオド) から構成され'MHz'で終わる文字列で表されます。小数点以下は 6 桁が有効です。なお周波数は 10 進数のみで記述可能です。
周波数の例を以下に示します。

- 16MHz
- 8.1234MHz

なお、周波数は'.'で始まってはいけません。

時間

時間は数字と'. ' (ピリオド) から構成され'ms'で終わる文字列で表されます。有効桁数は'ms'の場合小数点以下 3 桁です。なお時間は 10 進数のみで記述可能です。
時間の例を以下に示します。

- 10ms
- 10.5ms

なお時間は'.'(ピリオド)で始まってはいけません。

時刻

時刻は 3 つの 16 ビットの数値を':'でつないだ形で表現される 48 ビットのデータです。たとえば、

- 23 : 0x02 : 100B

なお、3 つの数字の内、上位の 1 つもしくは上位の 2 つを省略した場合はその位置の数字は 0 とみなされます。すなわち、'12' は'0: 0: 12'と等価です。

6.1.2 コンフィグレーションファイルの定義項目

コンフィグレーションファイルでは以下の項目[64]の定義をおこないます。

- システム定義
- システムクロック定義
- 最大項目定義
- タスク定義
- イベントフラグ定義
- セマフォ定義
- メイルボックス定義
- 固定長メモリープール定義
- 可変長メモリープール定義
- 周期起動ハンドラ定義
- アラームハンドラ定義
- 割り込みベクタ定義

【システム定義】

<< **形式** >>

```
// System Definition
system{
    stack_size      = システムスタックサイズ ;
    priority        = 優先度の最大値 ;
    message_size    = メッセージサイズ ;
    system_IPL      = OS割り込み禁止レベル ;
    timeout = タイムアウト ;
    task_pause      = タスクポーズ ;
};
```

<< 内容 >>

1. **システムスタックサイズ (バイト)**

   【 定義形式 】数値

   【 定義範囲 】1 以上

   システムコール処理および割り込み処理で使用するスタックサイズの合計を定義します。

2. **優先度の最大値 (最低優先度の値)**

   【 定義形式 】数値

   【 定義範囲 】1 ～ 255

   MR308 のアプリケーションプログラムの使用する優先度の最大値を定義します。すなわち使用している優先度の最も大きい値を設定してください。[65]

[64] タスク定義以外の項目は、省略することができます。省略した場合にはデフォルトコンフィグレーションファイルの定義が参照されます。
[65] MR308 の優先度は、値が大きいほど優先度は低くなります。

3. メッセージサイズ

【 定義形式 】数値

【 定義範囲 】16 or 32

メイルボックスのメッセージサイズを指定します。メッセージが 16 ビットのデータの場合は、16 を指定し、32 ビットのデータの場合は、32 を指定して下さい。指定を省略した場合は、16 が設定されます。

4. OS 割り込み禁止レベル

【 定義形式 】数値

【 定義範囲 】0 ～ 7

システムコール内での IPL の値、すなわち OS 割り込み禁止レベルを設定します。[66]

5. タイムアウト

【 定義形式 】シンボル

【 定義範囲 】YES or NO

tslp_tsk、twai_flg、twai_sem、trcv_msg を使用している場合は、YES を設定し、使用していない場合は、NO を設定してください。

6. タスクポーズ

【 定義形式 】シンボル

【 定義範囲 】YES or NO

PD308 の OS デバッグ機能であるタスクポーズ機能をご使用になる場合は、YES を設定し、使用していない場合は、NO を設定してください。

【システムクロック定義】

<< 形式 >>

```
// System Clock Definition
clock{
    mpu_clock       = MPUのクロック;
    timer           = システムクロックに使用するタイマ;
    IPL             = システムクロック割り込み優先レベル;
    unit_time       = システムクロックの単位時間;
    initial_time    = システム時刻の初期値;
};
```

<< 内容 >>

1. MPU のクロック (MHz)

【 定義形式 】周波数

【 定義範囲 】なし

M16C の MPU 動作クロックの周波数を MHz 単位で定義します。

M16C/70 シリーズの場合は、周辺機能動作クロック f_1 に設定する値と同じ値を設定します。M16C/70 シリーズの場合、コンパイルオプションの設定が必要になります。詳細は89ページを参照ください。

[66] 0 を定義した場合は、システムクロック割り込みハンドラや OS 依存割り込みハンドラが全く使用できなくなります。

2. システムクロックに使用するタイマ

【 定義形式 】シンボル

【 定義範囲 】A0, A1, A2, A3, A4, B0, B1, B2, B3, B4, B5, OTHER, NOTIMER

システムクロックに使用するハードウェアタイマを定義します。
システムクロックを使用しない場合は、"NOTIMER"を定義します。

3. システムクロック割り込み優先レベル

【 定義形式 】数値

【 定義範囲 】1 ～ (システム定義の OS 割り込み禁止レベル)

システムクロック用タイマ割り込みの優先レベルを定義します。1 ～ OS 割り込み禁止レベルまでの値を設定して下さい。
システムクロックの割り込みハンドラ処理中は、ここで定義した割り込みレベルより低いレベルの割り込みは受け付けられません。

4. システムクロックの単位時間 (ms)

【 定義形式 】時間

【 定義範囲 】$\frac{1}{\text{MPUのクロック}(mpu\_clock)} \sim \frac{32\times 65535}{\text{MPUのクロック}(mpu\_clock)}$

システムクロックの単位時間 (システムクロック割り込み発生間隔)を ms 単位で定義します。
最小値はユーザーズマニュアルの計算式で計算できますが、計算値が 0.001ms より小さくなる場合は、最小値は 0.001ms となります。コンフィグレーションファイル中で 0.001ms より小さい値を設定すると、コンフィグレータが以下のエラーを返します。

```
cfg308 Error : illegal clock.unit_time --> <0> near line YY (smp.cfg)
```

なお、コンフィグレーションファイルで時間間隔を設定する場合には、OS のシステムクロック割り込みハンドラの処理時間よりも大きくする必要があります。この時間は、マイコンの種類や動作条件に依存します。
リファレンスマニュアルに、システムクロック割り込みの処理時間の計算方法を記載していますので、その計算値を参考にしてください。

5. システム時刻の初期値

【 定義形式 】時刻

【 定義範囲 】0 : 0 : 0 ～ 0x7FFF : 0xFFFF : 0xFFFF

システム時刻の初期値を定義します。システム時刻を用いた機能 (set_tim、get_tim、アラームハンドラ)を使用しない場合は、この項目を設定する必要はありません。本定義をおこなわないことにより自動的にシステムクロック割り込みハンドラの処理が最適化されます。ただし、デフォルトコンフィグレーションファイルでデフォルト値を定義した場合、最適化は行いませんので注意してください。

【最大項目数定義】

この定義は、別 ROM 化[67]を行う場合のみ設定する項目です。
ここでの設定は、複数のアプリケーションの中で、各定義の最大数を定義します。

<< 形式 >>

```
// Max Definition
maxdefine{
    max_task        = 最大タスク定義数;
    max_flag        = 最大イベントフラグ定義数;
    max_mbx = 最大メイルボックス定義数;
    max_sem = 最大セマフォ定義数;
    max_mpl = 最大固定長メモリプール定義数;
    max_cyh = 最大周期起動ハンドラ定義数;
    max_alh = 最大アラームハンドラ定義数;
};
```

<< 内容 >>

1. **最大タスク定義数**

   【 定義形式 】数値

   【 定義範囲 】1 ～ 255

   タスク定義の最大数を定義します。

2. **最大イベントフラグ定義数**

   【 定義形式 】数値

   【 定義範囲 】1 ～ 255

   イベントフラグ定義の最大数を定義します。

3. **最大メイルボックス定義数**

   【 定義形式 】数値

   【 定義範囲 】1 ～ 255

   メイルボックス定義の最大数を定義します。

4. **最大セマフォ定義数**

   【 定義形式 】数値

   【 定義範囲 】1 ～ 255

   セマフォ定義の最大数を定義します。

5. **最大固定長メモリプール定義数**

   【 定義形式 】数値

   【 定義範囲 】1 ～ 255

   固定長メモリプール定義の最大数を定義します。

[67] 別 ROM 化の詳細については、136ページを参照してください。

6. 最大周期起動ハンドラ定義数

【 定義形式 】数値

【 定義範囲 】1 ～ 255

周期起動ハンドラ定義の最大数を定義します。

7. 最大アラームハンドラ定義数

【 定義形式 】数値

【 定義範囲 】1 ～ 255

アラームハンドラ定義の最大数を定義します。

【タスク定義】

<< 形式 >>

```
 // Tasks Definition
task[ID番号]{
    entry_address   = タスクの開始アドレス;
    stack_size              = タスクのユーザースタックサイズ;
    priority                = タスクの初期優先度;
    context         = 使用するレジスタ;
    initial_start   = 初期起動状態;
};
            :
            :
```

ID 番号は 1～255 の範囲でなければなりません。ID 番号は省略可能です。
省略した場合は番号を小さいほうから順に自動的に割り当てます。

<< 内容 >>
タスク ID 番号ごとに以下の定義をおこないます。

1. タスク開始アドレス

【 定義形式 】シンボル、または、関数名

【 定義範囲 】なし

タスクの入り口アドレスを定義します。C 言語で記述したときはその関数名の最後に ()をつけるか、先頭に_をつけます。
なお、ここで定義した関数名は、id.h ファイルに以下の宣言文が出力されます。

```
#pragma TASK 関数名
```

2. ユーザースタックサイズ (バイト)

【 定義形式 】数値

【 定義範囲 】8 以上

タスクごとのユーザースタックサイズを定義します。ユーザースタックとは、各々のタスクが使用するスタック領域です。MR308 ではユーザー用のスタック領域をタスクごとに割り当てる必要があり最低で 8 バイトが必要です。

3. タスクの初期優先度

【 定義形式 】数値

【 定義範囲 】1 ～ (システム定義の優先度の最大値)

タスクの起動時の優先度を定義します。
MR308 の優先度は、値が小さいほど、優先度としては高くなります。

4. 使用するレジスタ

【 定義形式 】シンボル [,シンボル,.....]

【 定義範囲 】R0,R1,R2,R3,A0,A1,SB,FB から選択

タスクで使用するレジスタを定義します。MR308 では、ここで定義されたレジスタをコンテキストとして扱います。 タスク起動時に、タスク起動コードが R0 レジスタに設定されますので、R0 レジスタは、必ず指定して下さい。ただし、タスクをアセンブリ言語で記述する場合のみ使用レジスタが選択可能です。C 言語で記述する場合、全レジスタを選択してください。
なお、レジスタを選択する場合、各タスクで使用しているシステムコールのパラメータを格納するレジスタについては、全て選択してください。
MR308 カーネル内では、レジスタバンク切り替えは行いません。
本定義を省略した場合、全レジスタが選択されたものとします。

5. 初期起動状態

【 定義形式 】シンボル

【 定義範囲 】ON or OFF

タスクの初期起動状態を定義します。
ON を指定すると、システムの初期起動時に READY 状態になります。
初期起動タスクのタスク起動コードは 0 です。

【イベントフラグ定義】
この定義は、イベントフラグ機能を使用する場合に必ず設定する項目です。

<< 形式 >>

```
// Eventflag Definition
flag[ID番号]{
    name            = 名前;
};
            ⋮
            ⋮
```

ID 番号は 1～255 の範囲でなければなりません。ID 番号は省略可能です。
省略した場合は番号を小さいほうから順に自動的に割り当てます。

<< 内容 >>

イベントフラグ ID 番号ごとに以下の定義をおこないます。

1. 名前

【 定義形式 】シンボル

【 定義範囲 】なし

プログラム中でイベントフラグを指定する時の名前を定義します。

【セマフォ定義】
この定義は、セマフォ機能を使用する場合に必ず設定する項目です。

<< 形式 >>

```
// Semaphore Definition
semaphore[ID番号]{
    name                    = 名前;
    initial_count   = セマフォのカウンタ初期値;
};
            :
            :
```

ID 番号は 1～255 の範囲でなければなりません。ID 番号は省略可能です。
省略した場合は番号を小さいほうから順に自動的に割り当てます。

<< 内容 >>

セマフォ ID 番号ごとに以下の定義をおこないます。

1. **名前**

【 定義形式 】シンボル

【 定義範囲 】なし

プログラム中でセマフォを指定する時の名前を定義します。

2. **セマフォカウンタ初期値**

【 定義形式 】数値

【 定義範囲 】0 ～ 32767

セマフォカウンタの初期値を定義します。

【メイルボックス定義】
この定義は、メイルボックス機能を使用する場合に必ず設定する項目です。

<< 形式 >>

```
// Mailbox Definition
mailbox[ID番号]{
    name            = 名前;
    buffer_size     = メイルボックスの最大メッセージ数;
};
            :
            :
```

ID 番号は 1～255 の範囲でなければなりません。ID 番号は省略可能です。
省略した場合は番号を小さいほうから順に自動的に割り当てます。

<< 内容 >>

メイルボックス ID 番号ごとに以下の項目の定義をおこないます。

1. **名前**

【 定義形式 】シンボル

【 定義範囲 】なし

プログラム中でメイルボックスを指定する時の名前を定義します。

2. **最大メッセージ数**

【 定義形式 】数値

【 定義範囲 】0 ～ 16383

メイルボックスに蓄えることのできる最大メッセージ数を定義します。これを越えてメッセージを蓄えようとするとエラーがかえってきます。

【固定長メモリプール定義】
この定義は、固定長メモリプール機能を使用する場合に必ず設定する項目です。

<< 形式 >>

```
// Fixed Memorypool Definition
memorypool[ID番号]{
    name            = 名前;
    section = セクション名;
    num_block       = メモリプールのブロック数;
    siz_block       = メモリプールのブロックサイズ;
};
```

ID 番号は、1～255 の範囲でなければなりません。ID 番号は、省略可能です。
省略した場合は番号を小さい方から順に自動的に割り当てます。

<< 内容 >>

メモリプール ID 番号ごとに以下の定義をおこないます。

1. **名前**

【 定義形式 】シンボル

【 定義範囲 】なし

プログラム中でメモリプールを指定する時の名前を指定します。

2. **セクション名**

【 定義形式 】シンボル

【 定義範囲 】なし

メモリプールを配置するセクションの名前を定義します。ここで定義したセクションは、必ず、セクションファイル (asm_sec.inc あるいは c_sec.inc)にて配置を行って下さい。
定義しない場合は、MR_RAM セクションに配置します。

3. ブロック数

【 定義形式 】数値

【 定義範囲 】1～16

メモリプールのブロック総数を定義します。

4. サイズ（バイト）

【 定義形式 】数値

【 定義範囲 】1～65535

メモリプールの 1 ブロック当たりのサイズを定義します。この定義によりメモリプールとして使用する RAM 容量は、 (ブロック数)×(サイズ)バイトです。

【可変長メモリプール定義】
この定義は、可変長メモリプール機能を使用する場合に必ず設定する項目です。

<< 形式 >>

```
// Variable-Size Memorypool Definition
variable_memorypool[ID番号]{
    max_memsize     = 確保するメモリブロックサイズの最大値;
    heap_size       = メモリプールのサイズ;
};
```

ID 番号は、1 を指定して下さい。
MR_HEAP セクションに配置されます。

<< 内容 >>

1. 確保するメモリブロックサイズの最大値 (バイト)

【 定義形式 】数値

【 定義範囲 】1 ～ 65520

アプリケーションプログラム中で、確保しているメモリブロックサイズの最大値を指定します。

2. メモリプールのサイズ (バイト)

【 定義形式 】数値

【 定義範囲 】16 ～ 524288

メモリプールのサイズを指定します。
MR308 では、メモリを 4 種類の固定長ブロックサイズで管理しています。この 4 種類のブロックサイズ(下記 a,b,c,d)は、下記の計算式から算出されます。

a = (((max_memsize+(X-1)/(X×8))+1) ×X
b = a × 2
c = a × 4
d = a × 8
X: ブロック管理用データサイズ(1 ブロックあたり 8 バイト)

可変長メモリプールは、メモリブロックを管理する領域として 1 ブロックあたり 8 バイトの領域が必要となります。このため、max_memsize で指定したサイズのメモリブロックを獲得するためには、**max_memsize+8** の結果が収まる上記 a,b,c,d いずれかのブロックサイズ以上の値をメモリプールのサ

イズに指定しなければなりません。

【周期起動ハンドラ定義】
この定義は、周期起動ハンドラ機能を使用する場合に必ず設定する項目です。

<< 形式 >>

```
// Cyclic Handlar Definition
 cyclic_hand[ID番号]{
    interval_counter        = 周期起動ハンドラの周期間隔;
    mode                    = 周期起動ハンドラのモード;
    entry_address   = 周期起動ハンドラの開始アドレス;
 };
              ⋮
              ⋮
```

ID 番号は 1 ～ 255 の範囲でなければなりません。ID 番号は省略可能です。
省略した場合は番号を小さいほうから順に自動的に割り当てます。

<< 内容 >>

周期起動ハンドラ ID 番号ごとに以下の項目の定義をおこないます。

1. **周期間隔**

   【 定義形式 】数値

   【 定義範囲 】1 ～ 32767

   周期起動ハンドラの周期起動間隔を定義します。ここで定義する時間の単位はシステムクロック定義項目において定義したシステムクロックの単位時間です。例えば、システムクロックの単位時間が 10ms のときに、10 秒間隔で周期起動しようとすると、この値を 1000 に設定します。

2. **モード**

   【 定義形式 】シンボル

   【 定義範囲 】TCY_OFF または TCY_ON

   周期起動ハンドラの初期モードを定義します。ここでは以下の２つのモードの何れかを定義します。

   - TCY_OFF
     act_cyc システムコールを発行することで動作を始めるモード。
   - TCY_ON
     システムの立ち上げと同時に動作を始めるモード。

3. **開始アドレス**

   【 定義形式 】シンボル、または、関数名

   【 定義範囲 】なし

   周期起動ハンドラの開始アドレスを定義します。
   なお、ここで定義した関数名は、id.h ファイルに以下の宣言文が出力されます。

```
#pragma CYCHANDLER 関数名
```

【アラームハンドラ定義】
この定義は、アラームハンドラ機能を使用する場合に必ず設定する項目です。

<< 形式 >>

```
// Alarm Handlar Definition
alarm_hand[ID番号]{
    time                    = アラームハンドラの起動時刻;
    entry_address   = アラームハンドラの開始アドレス;
};
            :
            :
```

ID 番号は 1～255 の範囲でなければなりません。ID 番号は省略可能です。
省略した場合は番号を小さいほうから順に自動的に割り当てます。

<< 内容 >>

アラームハンドラ ID 番号ごとに以下の項目の定義をおこないます。

1. **起動時刻**

   【 定義形式 】時刻

   【 定義範囲 】0 : 0 : 0 ～ 0x7FFF : 0xFFFF : 0xFFFF

   アラームハンドラの起動時刻を定義します。

2. **開始アドレス**

   【 定義形式 】シンボル、または、関数名

   【 定義範囲 】なし

   アラームハンドラの開始アドレスを定義します。なお、ここで定義した関数名は、id.h ファイルに以下の宣言文が出力されます。

   ```
   #pragma ALMHANDLER 関数名
   ```

【割り込みベクタ定義】
この定義は、割り込みハンドラを使用する場合に設定する項目です。

<< 形式 >>

```
// Interrupt Vector Definition
interrupt_vector[ベクタ番号]{
    os_int                  = OS依存割り込みハンドラ;
    entry_address   = 割り込みハンドラの開始アドレス;
};
            :
            :
```

割り込みベクタ番号は 0～63、247～255 の範囲まで記述できます。
ただし、そのベクタ番号が有効か否かは使用しているマイクロコンピュータに依存します。
M16C/80 シリーズの場合の割り込み要因と割り込みベクタ番号は表 6.3に示す対応になります。
また、コンフィグレータは、ここで指定した割り込みの割り込み制御レジスタ（IPL 等）や、割り込み要因等の初期設定のコードは生成しません。初期設定はスタートアップファイル中もしくは、開発されるアプリケーションにあわせて作成して頂く必要があります。

注意事項

1．レジスタバンク指定方法について

コンフィグレーションファイルからレジスタバンク 1 の指定は行えません。 C 言語ソースファイル内の"id.h"のインクルード命令の後で、"#pragma INTERRUPT/B"宣言を記述してください。

例）#include <mr308.h>
#include "id.h"
#pragma INTERRUPT/B OS 独立割り込みハンドラ関数名

C 言語でレジスタバンク 1 のレジスタを使った OS 依存割り込みハンドラの記述はできません。 アセンブリ言語のみ記述することができます。 アセンブリ言語で記述する場合、割り込みハンドラの入口と出口を以下に示すように記述してください。

(ret_int システムコールを発行する前に必ず B フラグをクリアしてください。)

例）interrupt:

```
        fset    B
                :
        fclr    B
        ret_int
```

MR308 カーネル内では、レジスタバンク切り替えは行いません。

2．高速割り込み指定方法について

コンフィグレーションファイルから高速割り込みの指定は行えません。 C 言語ソースファイル内の"id.h"のインクルード命令の後で、"#pragma INTERRUPT/B/F"宣言を記述してください。 高速割り込みを有効に使用する為に、高速割り込み内では、レジスタバンク 1 のレジスタを使用してください。また、高速割り込みは、OS 依存割り込みハンドラには、使用できません。

例）#include <mr308.h>
#include "id.h"
#pragma INTERRUPT/B/F OS 独立割り込みハンドラ関数名

NMI 割り込み、監視タイマ割り込みは、OS 依存割り込みで使用しないでください。

<< 内容 >>

1. OS 依存割り込みハンドラ

【 定義形式 】シンボル

【 定義範囲 】YES または NO

ハンドラが OS 依存割り込みハンドラかどうかを定義します。OS 依存割り込みハンドラであれば YES を、OS 独立割り込みハンドラであれば NO を定義して下さい。

YES を定義した場合、id.h ファイルに以下の宣言文を出力します。

```
#pragma INTHANDLER 関数名
```

また、NO を定義した場合、id.h ファイルに以下の宣言文を出力します。

```
#pragma INTERRUPT 関数名
```

2. 開始アドレス

【 定義形式 】シンボルまたは関数名

【 定義範囲 】なし

割り込みハンドラの入口アドレスを定義します。C 言語で記述した時はその関数名の最後に () をつけるか先頭に_をつけます。

表 6.3　M16C/80 シリーズでの割り込み要因とベクタ番号との対応

割り込み要因	割り込みベクタ番号	セクション名
DMA0	8	INTERRUPT_VECTOR
DMA1	9	INTERRUPT_VECTOR
DMA2	10	INTERRUPT_VECTOR
DMA3	11	INTERRUPT_VECTOR
タイマ A0	12	INTERRUPT_VECTOR
タイマ A1	13	INTERRUPT_VECTOR
タイマ A2	14	INTERRUPT_VECTOR
タイマ A3	15	INTERRUPT_VECTOR
タイマ A4	16	INTERRUPT_VECTOR
UART0 送信	17	INTERRUPT_VECTOR
UART0 受信	18	INTERRUPT_VECTOR
UART1 送信	19	INTERRUPT_VECTOR
UART1 受信	20	INTERRUPT_VECTOR
タイマ B0	21	INTERRUPT_VECTOR
タイマ B1	22	INTERRUPT_VECTOR
タイマ B2	23	INTERRUPT_VECTOR
タイマ B3	24	INTERRUPT_VECTOR
タイマ B4	25	INTERRUPT_VECTOR
INT5 外部割り込み	26	INTERRUPT_VECTOR
INT4 外部割り込み	27	INTERRUPT_VECTOR
INT3 外部割り込み	28	INTERRUPT_VECTOR
INT2 外部割り込み	29	INTERRUPT_VECTOR
INT1 外部割り込み	30	INTERRUPT_VECTOR
INT0 外部割り込み	31	INTERRUPT_VECTOR
タイマ B5	32	INTERRUPT_VECTOR
UART2 送信/NACK	33	INTERRUPT_VECTOR
UART2 受信/ACK	34	INTERRUPT_VECTOR
UART3 送信/NACK	35	INTERRUPT_VECTOR
UART3 受信/ACK	36	INTERRUPT_VECTOR
UART4 送信/NACK	37	INTERRUPT_VECTOR
UART4 受信/ACK	38	INTERRUPT_VECTOR
バス衝突検出 (UART2)	39	INTERRUPT_VECTOR
バス衝突検出 (UART3)	40	INTERRUPT_VECTOR
バス衝突検出 (UART4)	41	INTERRUPT_VECTOR
A/D	42	INTERRUPT_VECTOR
キー入力割り込み	43	INTERRUPT_VECTOR
ユーザーソフトウエア割り込み	44	INTERRUPT_VECTOR
:		INTERRUPT_VECTOR
ユーザーソフトウエア割り込み	54	INTERRUPT_VECTOR
MR308 用ソフトウエア割り込み	55	INTERRUPT_VECTOR
ユーザーソフトウエア割り込み	56	INTERRUPT_VECTOR
ユーザーソフトウエア割り込み	57	INTERRUPT_VECTOR
MR308 用ソフトウエア割り込み	58	INTERRUPT_VECTOR
:		INTERRUPT_VECTOR
MR308 用ソフトウエア割り込み	63	INTERRUPT_VECTOR
未定義命令	247	FIX_INTERRUPT_VECTOR
オーバーフロー	248	FIX_INTERRUPT_VECTOR
BRK 命令	249	FIX_INTERRUPT_VECTOR
アドレス一致	250	FIX_INTERRUPT_VECTOR
		FIX_INTERRUPT_VECTOR
監視タイマ	252	FIX_INTERRUPT_VECTOR
		FIX_INTERRUPT_VECTOR
NMI	254	FIX_INTERRUPT_VECTOR
リセット	255	FIX_INTERRUPT_VECTOR

6.1.3 コンフィグレーションファイル例

以下にコンフィグレーションファイルの例を示します。

```
 1 //*********************************************************************
 2 //
 3 //    Copyright 2003 RENESAS TECHNOLOGY CORPORATION
 4 //    AND RENESAS SOLUTIONS CORPORATION
 5 //
 6 //    MR308 System Configuration File.
 7 //
 8 //*********************************************************************
 9 // System Definition
10 system{
11     stack_size              = 0x20;
12     priority                = 3;
13     message_size            = 32;
14     system_IPL              = 6;
15    timeout                  = NO;
16 };
17 //System Clock Definition
18 clock{
19     mpu_clock               = 20MHz;
20     timer                   = A0;
21     IPL                     = 5;
22     unit_time               = 0.5ms;         // ms
23     initial_time            = 1:0x10:0xffff;
24 };
25 //Task Definition
26 task[1]{
27     entry_address           = _task1;
28     stack_size              = 0x20;
29     priority                = 1;
30     context                 = R0,R1,R2,A0;
31     initial_start           = ON;
32 };
33 task[2]{
34     entry_address           = _task2;
35     stack_size              = 512;
36     priority                = 2;
37     context                 = R0,R1,R2,A0;
38     initial_start           = OFF;
39 };
40 task[3]{
41     entry_address           = _task3;
42     stack_size              = 512;
43     priority                = 3;
44     context                 = R0,R1,R3,A0;
45     initial_start           = OFF;
46 };
47 //
48 flag[1]{
49     name            = flg1;
50 };
51 //
52 semaphore[1]{
53     name            = sem1;
54     initial_count   = 1;
55 };
56 //
57 mailbox[1]{
58     name            = mbx1;
59     buffer_size     = 3;
60 };
61 //
62 memorypool[1]{
63     name            = mpl1;
64     section         = FIX_MEM;
65     num_block       = 5;
66     siz_block       = 100;
67 };
68 //
69 variable_memorypool[1]{
70     max_memsize     = 400;
71     heap_size       = 1600;
72 };
73 //
74 cyclic_hand[1]{
75     interval_counter        = 0xff;
```

```
76      mode                    = TCY_OFF;
77      entry_address           = _cyh1;
78 };
79 //
80 alarm_hand[1]{
81      time            = 1:0xff:0xffff;
82      entry_address   = _alh1;
83 };
84 interrupt_vector[6]{
85      os_int          = YES;
86      entry_address   = _intr;
87     };
```

6.2 コンフィグレータの実行

6.2.1 コンフィグレータ概要

コンフィグレータはコンフィグレーションファイルで定義した内容をアセンブリ言語のインクルードファイル等に変換するツールです。コンフィグレータの動作概要を図 6.1に示します。

1. コンフィグレータの実行には以下の入力ファイルが必要です。

- コンフィグレーションファイル (XXXX.cfg)
  システムの初期設定項目を記述したファイルです。カレントディレクトリに作成します。

- デフォルトコンフィグレーションファイル (default.cfg)
  コンフィグレーションファイルで値の設定を省略した場合にこのファイルに書き込まれている値を設定します環境変数 "LIB308"で示されるディレクトリ、もしくは、カレントディレクトリに置きます。両方のディレクトリに存在する場合は、カレントディレクトリのファイルが優先されます。

- makefile のテンプレートファイル[68] (makefile.ews, makefile.dos, makefile, Makefile)
  makefile[69]を生成する場合にテンプレートのファイルとして使用するファイルです。 (第 6.2.4 項参照)

- mr308.inc テンプレートファイル (mr308.inc)
  インクルードファイル mr308.inc のテンプレートとなるファイルです。
  環境変数 "LIB308"で示されるディレクトリに存在します。

- MR308 バージョンファイル (version)
  MR308 のバージョンを記述したファイルです。環境変数 "LIB308" で示されるディレクトリに存在します。コンフィグレータはこのファイルを読み込み、起動メッセージに MR308 のバージョン情報を出力します。

2. コンフィグレータの実行によって以下のファイルが出力されます。

コンフィグレータが出力したファイルには、ユーザーのデータ定義を行わないで下さい。データ定義を行った後で、コンフィグレータを起動するとユーザーの定義したデータは失われます。

- システムデータ定義ファイル (sys_rom.inc)
  システムの設定を定義しているファイルです。

- インクルードファイル (mr308.inc)
  mr308.inc はアセンブリ言語用のインクルードファイルです。

- システム生成手順記述ファイル (makefile)
  システムを自動生成するためのファイルです。

[68] EWS 版では makefile.ews,DOS 版では makefile.dos を使用します。
[69] この makefile は、UNIX 標準もしくは準拠の make コマンドで処理可能なシステム生成手順記述ファイルです。

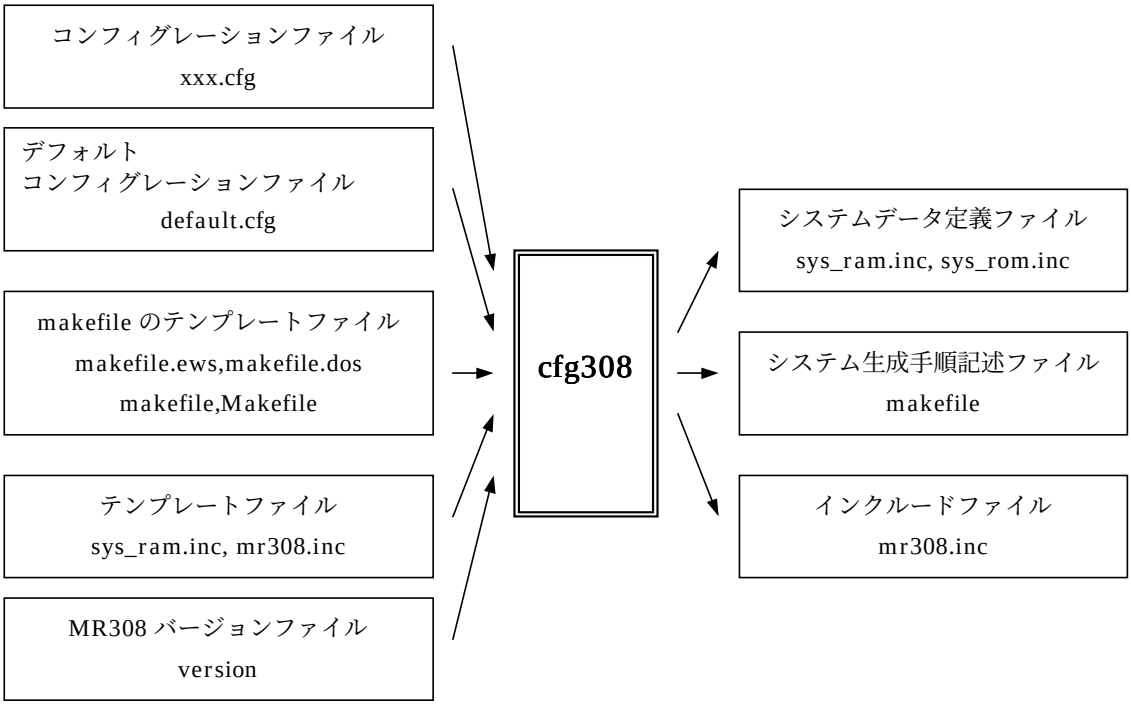


図 6.1　コンフィグレータ動作概要

6.2.2 コンフィグレータの環境設定

コンフィグレータを実行するにあたって環境変数 "LIB308"が正しく設定されているかを確認してください。環境変数 "LIB308" で示すディレクトリ下には以下のファイルがないと正常に実行できません。

- デフォルトコンフィグレーションファイル (default.cfg)
  カレントディレクトリにコピーして使用することもできます。その場合はカレントディレクトリのファイルを優先して使用します。

- システム RAM 領域定義データベースファイル (sys_ram.inc)
- mr308.inc のテンプレートファイル (mr308.inc)
- セクション定義ファイル (c_sec.inc または asm_sec.inc)
- スタートアップファイル（crt0mr.a30 または start.a30）
- makefile のテンプレートファイル (makefile.ews または makefile.dos)
- MR308 バージョンファイル (version)

6.2.3 コンフィグレータ起動方法

コンフィグレータは以下の形式で起動します。

```
A> cfg308 [-vmV] コンフィグレーションファイル名
```

コンフィグレーションファイル名は、通常拡張子 (.cfg) かまたは拡張子 (.cfg) を除いたファイル名を指定します。

コマンドオプション

-v オプション
コマンドのオプションの説明と詳細なバージョンを表示します。

-V オプション
コマンドが生成するファイルの作成状況を表示します。

-m オプション
UNIX 標準もしくは準拠のシステム生成手順記述ファイル (makefile)を作成します。指定がない場合は makefile を作成しません。[70]
また、カレントディレクトリにスタートアップファイル (crt0mr.a30 または start.a30)とセクション定義ファイル (c_sec.inc、asm_sec.inc) がない場合は、環境変数 LIB308 が示すディレクトリにある、サンプルスタートアップファイルとセクション定義ファイルをカレントディレクトリにコピーします。

[70] UNIX 標準もしくは準拠の”makefile”には、”clean”ターゲットによりワークファイルを削除する機能があります。すなわち、make コマンドで生成されたオブジェクトファイルなどを削除するには以下のように行います。
> make clean

6.2.4 makefile 生成機能

コンフィグレータは以下の手順で makefile を生成します。

1. ソースファイルの依存関係を調べます。

コンフィグレータはカレントディレクトリの拡張子が.c と.a30 のファイルをそれぞれ、C 言語とアセンブリ言語として、それらがインクルードするファイルなどの依存関係を調べます。

したがって、ソースファイルを記述する場合には次の 2 点に注意してください。

- ソースファイルはカレントディレクトリに置かなければなりません。
- ソースファイルの拡張子はＣ言語では'.c'を、アセンブリ言語では'.a30'を使用してください。
- ソースファイルの依存関係には、#if やコメント行に記述して無効化した#include 文に指定したファイルも含みます。

2. makefile へファイルの依存関係を書き込みます。

カレントディレクトリの "makefile"、または"Makefile"または、環境変数"LIB308"で示されるディレクトリの"makefile.ews"または"makefile.dos"を、テンプレートファイルとして、カレントディレクトリに"makefile"を作成します。

6.2.5 コンフィグレータ実行上の注意

以下にコンフィグレータ実行上の注意点を示します。

- コンフィグレータを再度かけ直した場合は、必ず make clean を実行するかオブジェクトファイル (拡張子.r30) を全て消去してから make コマンドを実行してください。リンク時等にエラーが発生する場合があります。
- スタートアッププログラム名、およびセクション定義ファイル名は変更しないでください。変更した場合、コンフィグレータ実行時にエラーが発生します。
- コンフィグレータ cfg308 では、UNIX 標準、もしくは準拠の makefile しか生成しません。

6.2.6 コンフィグレータのエラーと対処方法

以下のメッセージが表示された場合はコンフィグレータが正常に終了していませんのでコンフィグレーションファイルを修正の上、再度コンフィグレータを実行してください。

エラーメッセージ

cfg308 Error : syntax error near line xxx (test.cfg)
コンフィグレーションファイルに文法エラーがあります。

cfg308 Error : not enough memory
メモリが足りません。

cfg308 Error : illegal option --> <x>
コンフィグレータのコマンドオプションに誤りがあります。

cfg308 Error : illegal argument --> <xx>
コンフィグレータの起動形式に誤りがあります。

cfg308 Error : can't write open <XXXX>
XXXX ファイルが作成できません。ディレクトリの属性やディスクの残り容量を確認してください。

cfg308 Error : can't open <XXXX>
XXXX ファイルにアクセスできません。XXXX ファイルの属性や、存在を確認してください。

cfg308 Error : can't open version file
環境変数"LIB308"の示すディレクトリの下に MR308 バージョンファイル"version"がありません。

cfg308 Error : can't open default configuration file
デフォルトコンフィグレーションファイルがアクセスできません。環境変数 "LIB308"の示すディレクトリ、またはカレントディレクトリに"default.cfg"が必要です。

cfg308 Error : can't open configuration file <xxxxcfg>
コンフィグレーションファイルがアクセスできません。コンフィグレータの起動形式を確認の上、正しいファイル名を指定してください。

cfg308 Error : illegal XXXX --> <xx> near line xxx (xxxx.cfg)
定義項目 XXXX の数値または ID 番号が間違っています。定義範囲を確認してください。

cfg308 Error : Unknown XXXX --> <xx> near line xxx (xxxx.cfg)
定義項目 XXXX のシンボル定義が間違っています。定義範囲を確認してください。

cfg308 Error : too big XXXX's ID number --> <xxx> (xxxx.cfg)
XXXX 定義の ID 番号に、定義したオブジェクトの総数を超える値が設定されています。ID 番号がオブジェクトの総数を超えることはありません。

cfg308 Error : too big task[x]'s priority --> <xxx> near line xxx (xxxx.cfg)
ID 番号 x のタスク定義項目の初期優先度が、システム定義項目の優先度値を越えています。

cfg308 Error : too big IPL --> <xxx> near line xxx (xxxx.cfg)
システムクロック定義項目のシステムクロック割り込み優先レベルがシステム定義項目の system IPL 値を越えています。

cfg308 Error : system timer's vector <x>conflict near line xxx
システムクロックの割り込みベクタに、 別の割り込みが定義されています。 割り込みベクタ番号を確認して下さい。

cfg308 Error : XXXX is not defined (xxxx.cfg)
コンフィグレーションファイルで XXXX の項目の定義が必要です。

cfg308 Error : system's default is not defined
デフォルトコンフィグレーションファイルで定義が必要な項目です。

cfg308 Error : double definition <XXXX> near line xxx (xxxx.cfg)
項目 XXXX は既に定義されています。確認の上、重複定義を削除してください。

cfg308 Error : double definition XXXX[x] near line xxx (default.cfg)
cfg308 Error : double definition XXXX[x] near line xxx (xxxx.cfg)
項目 XXXX において ID 番号 x は既に登録されています。ID 番号を変更するか重複定義を削除してください。

cfg308 Error : you must define XXXX near line xxx (xxxx.cfg)
XXXX は、省略できない項目です。

cfg308 Error : you must define SYMBOL near line xxx (xxxxcfg)
省略できないシンボルです。

cfg308 Error : start-up-file (XXXX) not found
カレントディレクトリにスタートアップファイル XXXX が見つかりません。スタートアップファイル"start.a30"または "crt0mr.a30"が、カレントディレクトリに必要です。

cfg308 Error : bad start-up-file(XXXX)
カレントディレクトリに不要なスタートアップファイルがあります。

cfg308 Error : no source file
カレントディレクトリにソースファイルがありません。

cfg308 Error : zero divide error near line xxx (xxxx.cfg)
演算式で 0(ゼロ) 除算が発生しました。

cfg308 Error : task[X].stack_size must set XX or more near line xxx (xxxx.cfg)
タスクのスタックサイズを XX バイト以上のサイズをセットしてください。

cfg308 Error : "R0" must exist in task[x].context near line xxxx (xxxx.cfg)
タスクのコンテキスト選択項目では、必ず、R0 レジスタを選択してください。

cfg308 Error : can't define address match interrupt definition for Task Pause Function near line xxxx (xxxx.cfg)
タスクポーズ機能に必要な割り込みベクタに別の割り込みがコンフィグレーションファイルに定義されています。

cfg308 Error : Set system.timer [system.timeout = YES] near line xxx (xxxx.cfg)
system.timeout = YES の設定にも関わらず、clock 定義において timer 項目が NOTIMER になっています。timer 項目でタイマを設定していください。

警告メッセージ

以下のメッセージは警告ですので、内容が理解できていれば無視してもかまいません。

cfg308 Warning : system is not defined (xxxx.cfg)

cfg308 Warning : system.XXXX is not defined (xxxx.cfg)
コンフィグレーションファイルでシステム定義またはシステム定義項目 XXXX が省略されています。

cfg308 Warning : system.message_size is not defined (xxxx.cfg)
システム定義中のメッセージサイズ定義項目が省略されています。メイルボックス機能のメッセージサイズ (16 または 32)を指定して下さい。

cfg308 Warning : task[x].XXXX is not defined near line xxx (xxxx.cfg)
ID 番号 x のタスク定義項目 XXXX が省略されています。

cfg308 Warning : Already definition XXXX near line xxx (xxxx.cfg)
XXXX は既に定義されています。定義内容は無視されます。確認の上、重複定義を削除してください。

cfg308 Warning : interrupt_vector[x]'s default is not defined (default.cfg)
デフォルトコンフィグレーションファイルでベクタ番号 x の割り込みベクタ定義が抜けています。

cfg308 Warning : interrupt_vector[x]'s default is not defined near line xxx (test.cfg)
コンフィグレーションファイルのベクタ番号 x の割り込みベクタは、デフォルトコンフィグレーションファイルに定義されていません。

cfg308 Warning : Initial Start Task not defined
コンフィグレーションファイルで、初期起動タスクの定義がないためタスク ID 番号 1 のタスクを初期起動タスクとして定義しました。

cfg308 Warning : system.stack_size is an uneven number near line xxx
cfg308 Warning : task[x].stack_size is an uneven number near line xxx
スタックサイズは、偶数サイズを指定してください。

その他のメッセージ

以下のメッセージは makefile を生成する場合にのみ出力される警告メッセージです。コンフィグレータは要因となった部分を読み飛ばして makefile を生成します。

cfg308 Error : xxxx (line xxx): include format error.
ファイル読み込みの書式が間違っています。正しい書式に書き直してください。

cfg308 Warning : xxxx (line xxx): can't find <XXXX>
cfg308 Warning : xxxx (line xxx): can't find "XXXX"
インクルードファイル XXXX が見つかりません。ファイル名および存在を確認して下さい。

cfg308 Warning : over character number of including path-name
インクルードファイルのパス名が 255 文字を超えています。

6.3 makefile の編集

コンフィグレータが生成した、makefile を編集し、コンパイルオプションやライブラリなどを設定します。以下にその設定方法を示します。

1. **NC308 コマンドオプション**

   C コンパイラのコマンドオプションは"CFLAGS"に定義します。"-c"オプションは必ず指定して下さい。

2. **AS308 コマンドオプション**

   アセンブラのコマンドオプションは"ASFLAGS"に定義します。

3. **LN308 コマンドオプション**

   リンカのコマンドオプションは"LDFLAGS"に定義します。特に指定しなければならないオプションはありません。

4. **ライブラリの指定**

   ライブラリの指定は、"LIBS" に定義します。
   コンフィグレータがコンフィグレーションファイルとカレントディレクトリのソースファイルから必要なライブラリを"LIBS"に定義します。必要に応じて追加、削除を行って下さい。

独自に makefile を作成する場合は、下記 4 項目を必ず、メイクファイルに記述してください。

1. **MR308 ライブラリの指定**

   メイルボックス機能のメッセージサイズにより、リンクする MR308 ライブラリが異なります。 32 ビットのメッセージサイズを使用している場合、MR308 ライブラリは、mr308lm.lib と c308mrlm.lib を指定しなければなりません。また、16 ビットのメッセージサイズを使用している場合は、 mr308.lib と c308mr.lib を指定する必要があります。

2. **コンパイルオプションの指定**

   メイルボックス機能関連のシステムコールを使用しているファイルをコンパイルする時にコンパイルオプションの指定に注意してください。 32 ビットのメッセージサイズを使用している場合、コンパイルオプションには、"-Dfar_msg=1"を指定してください。 16 ビットの場合は、このコンパイルオプションの指定は必要ありません。

3. **アセンブルオプションの指定**

   システムコールを発行しているアセンブリ言語で記述したソースファイルをアセンブルする場合には、必ず、 アセンブルオプション"-F"を指定してください。

4. **リンクを行う前の処理**

   リンクを行う前には、必ず、以下に示す 2 つの処理を以下に示す順序で実行してください。
   1. mr308tbl
   2. as308 mrtable.a30

   mr308tbl は、MR308 が用意しているユーティリティです。mr308tbl はコンフィグレータ cfg308 を起動したディレクトリ（mr308tbl はカレントディレクトリの cfg308 が出力した mr308.inc、vector.tpl を読み込んで処理します）で起動してください。また、コンパイラ、アセンブラの生成するシステムコールファイル（XXX.mrc）が出力されるディレクトリ（r30 ファイルが出力されているディレクトリと同じ）がカレントディレクトリでない場合は、その出力先ディレクトリを mr308tbl の引数に指定して下さい。
   例) mr308tbl outputdir
   注）デバッガ PD308 でシステムコール発行機能を使用する場合は、mr308tbl 起動時の引数に$(LIB308)（MR308 インストール先ディレクトリの lib308）を追記してください。
   mr308tbl を実行すれば、mrtable.a30 ファイルがカレントディレクトリに生成されます。
   上記に示した処理を実行した後、mrtable.r30 ファイルを含めてリンクを実行してください。

6.4 make 実行時のエラー

make を実行時に mr308tbl が以下のワーニングを出力する場合があります。

mr308tbl Warning : You need not specify systime.timeout YES in configuration file

以下の 4 個のシステムコールを使用しない場合は、コンフィグレーションファイルのシステム定義で"Timeout=YES"を設定する必要がありません。

```
tslp_tsk,twai_flg,trcv_msg,twai_sem
```

コンフィグレーションのシステム定義で"Timeout=NO;"を設定すれば、このワーニングは消えます。
上記４つのシステムコールを使用しない場合には"Timeout=NO;"を設定することで、RAM 使用量や、上記 4 システムコール以外のカーネルコードサイズが若干減ります。

第 7 章　　アプリケーション作成の手引き

7.1 ハンドラからのシステムコールの処理手順

ハンドラ[71]からのシステムコール発行はタスクからのシステムコールと異なり、システムコール発行時にタスク切り替えは発生しません。タスク切り替えが発生するのはハンドラからの復帰時です。

ハンドラからのシステムコール処理手順は大きく分けて以下の３通りがあります。

1. **タスク実行中に割り込んだハンドラからのシステムコール**
2. **システムコール処理中に割り込んだハンドラからのシステムコール**
3. **ハンドラ実行中に割り込んだ (多重割り込み) ハンドラからのシステムコール**

[71] OS 独立割り込みハンドラからはシステムコールは発行できませんので、ここで述べているハンドラは OS 独立割り込みハンドラを含みません。

7.1.1 タスク実行中に割り込んだハンドラからのシステムコール

スケジューリング (タスク切り替え)は ret_int システムコールによりおこなわれます。[72] (図 7.1参照)

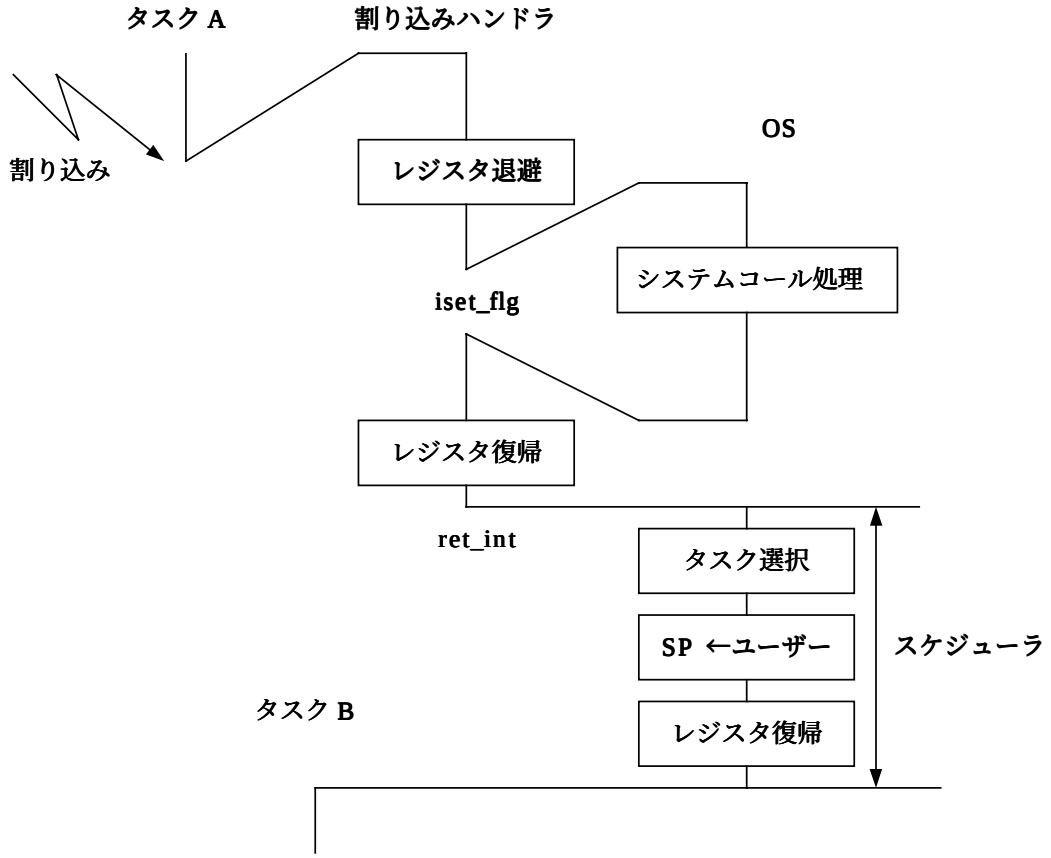


図 7.1 タスク実行中に割り込んだ割り込みハンドラからのシステムコール処理手順

[72] C 言語で OS 依存割り込みハンドラを記述する場合（#pragma INTHANDLER 指定時)、ret_int システムコールは自動的に発行されます。

7.1.2 システムコール処理中に割り込んだハンドラからのシステムコール

スケジューリング (タスク切り替え)は割り込まれたシステムコール処理に戻った後におこなわれます。 (図 7.2参照)

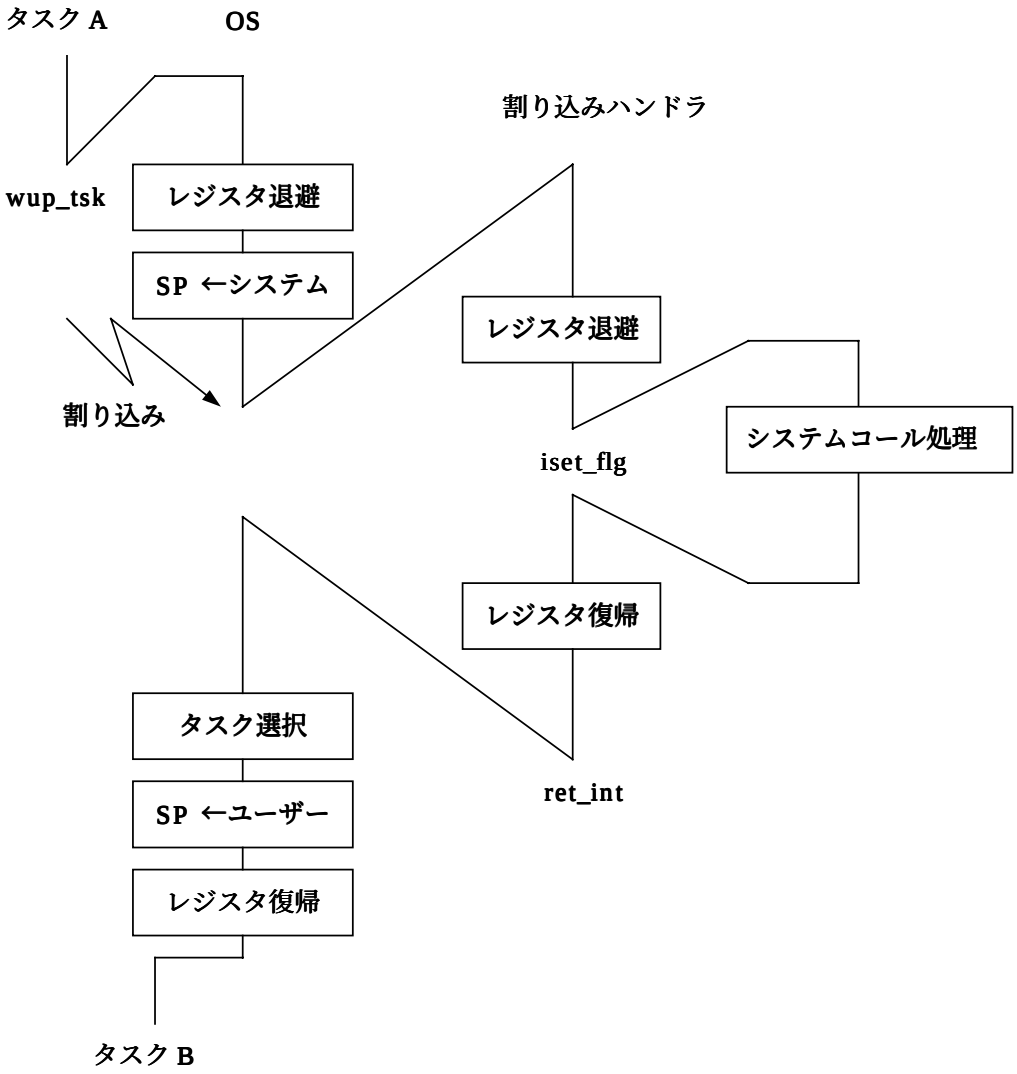


図 7.2 システムコール処理中に割り込んだ割り込みハンドラからのシステムコール処理手順

7.1.3 ハンドラ実行中に割り込んだハンドラからのシステムコール

ハンドラ (以後ハンドラ A と呼びます。)実行中に割り込みが発生した場合を考えます。ハンドラ A 実行中に割り込んだハンドラ (以後ハンドラ B と呼びます。)が、発行したシステムコールによりタスク切り替えが必要になった場合は、ハンドラ B から復帰するシステムコール (ret_int システムコール)では、ハンドラ A に戻るだけでタスク切り替えはおこないません。

ハンドラ A からの ret_int システムコールによりタスク切り替えが行われます。 (図 7.3参照)

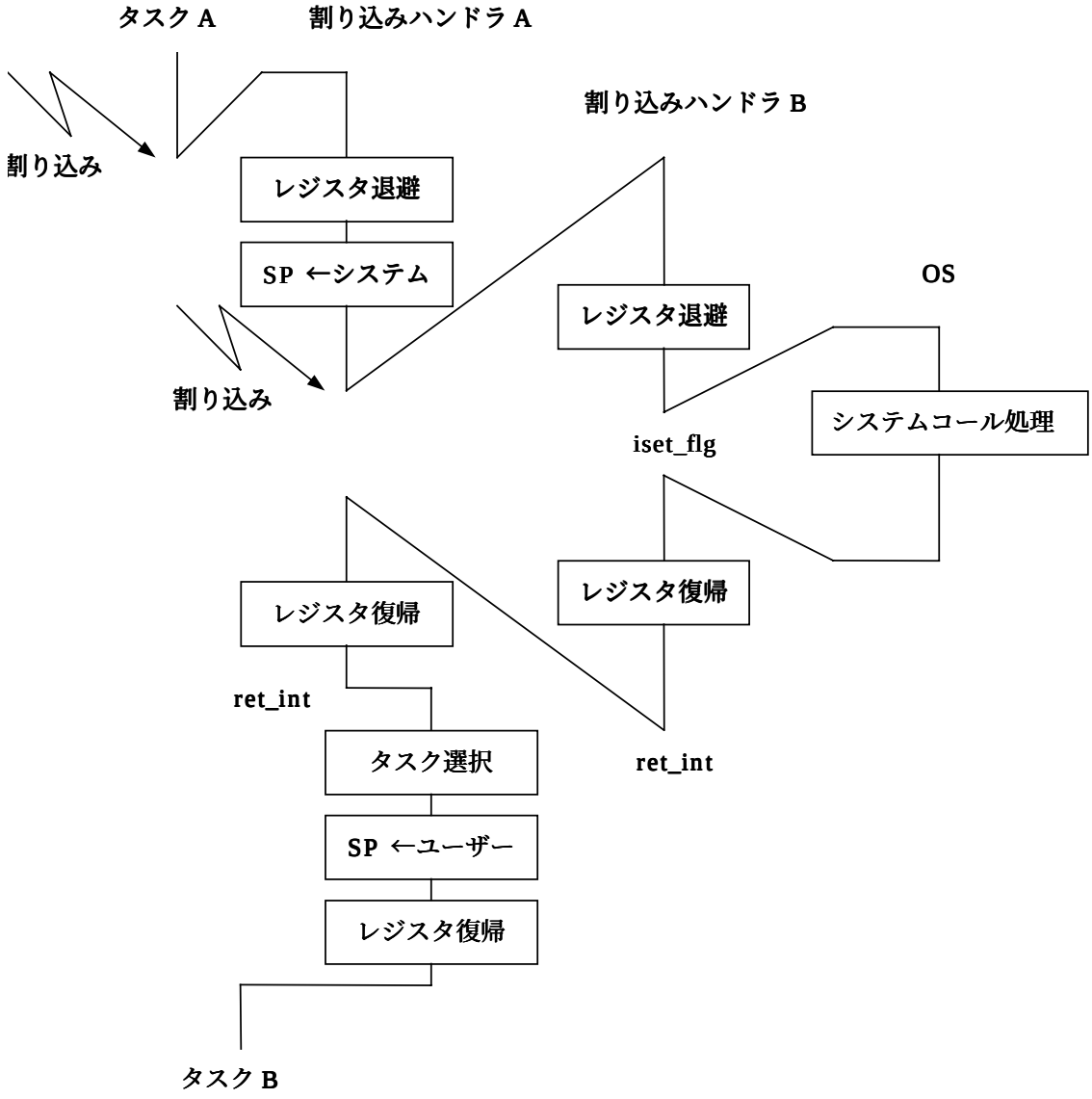


図 7.3 多重割り込みハンドラからのシステムコール処理手順

7.2 システムの使用する RAM 容量の計算方法

MR308 カーネルがタスクなどを管理するための RAM は、MR_RAM_NE, MR_RAM_NO,MR_RAM セクションにあります。

このセクションにおいて MR308 が使用する RAM 容量は表 7.1で計算することができます。ただし、システムおよびタスクの使用するスタックは含まれていません。

スタックサイズの計算はリファレンスマニュアルを参照して下さい。

表 7.1 MR308 が使用する RAM 容量算出方法

領域名	バイト数
システム作業領域	4+優先度数
システム時刻管理領域	6
タスク管理領域	13×タスク数(タイムアウトなし)
	15×タスク数(タイムアウトあり) 17×タスク数(タイムアウトあり,イベントフラグ使用時)
タイマキュー管理領域	6
周期起動ハンドラ管理領域	3×周期起動ハンドラ数
アラームハンドラ管理領域	1
イベントフラグ管理領域	4×イベントフラグ数+1+ (イベントフラグ数-1)/8
セマフォ管理領域	3×セマフォ数
固定長メモリプール管理領域	2×固定長メモリプール数
可変長メモリプール管理領域	ヒープサイズ分+52
メイルボックス管理領域	7×メイルボックス数 +メイルボックスバッファサイズ×2 (16 ビットの場合)or +メイルボックスバッファサイズ×4 (32 ビットの場合)

MR308 を使用する上で、最低限必要な RAM サイズは、18 バイトとなります。

また、1 タスク増加につき、タイムアウト機能を使用しない場合、13 バイト必要になり、タイムアウト機能を使用した場合は、15 バイト（イベントフラグも同時使用時は、17 バイト）必要になります。

MR308 は上記以外にデバッグ機能のために MR_RAM_DBG セクションのサイズ 13 バイト(タスクポーズ機能を使用する場合は、18 バイト）が必要となります。

7.3 スタックについて

7.3.1 システムスタックとユーザースタック

MR308 のスタックにはシステムスタックとユーザースタックがあります。

- ユーザースタック
  タスクごとに 1 つずつ存在するスタックです。したがって MR308 を用いてアプリケーションを記述する場合はタスクごとのスタック領域を確保する必要があります。

- システムスタック
  MR308 内部 (システムコール処理中) に使用されるスタックです。MR308 ではシステムコールをタスクが発行するとスタックをユーザースタックからシステムスタックに切り替えます。(図 7.4を参照して下さい。)
  システムスタックは、割り込みスタックを使用します。

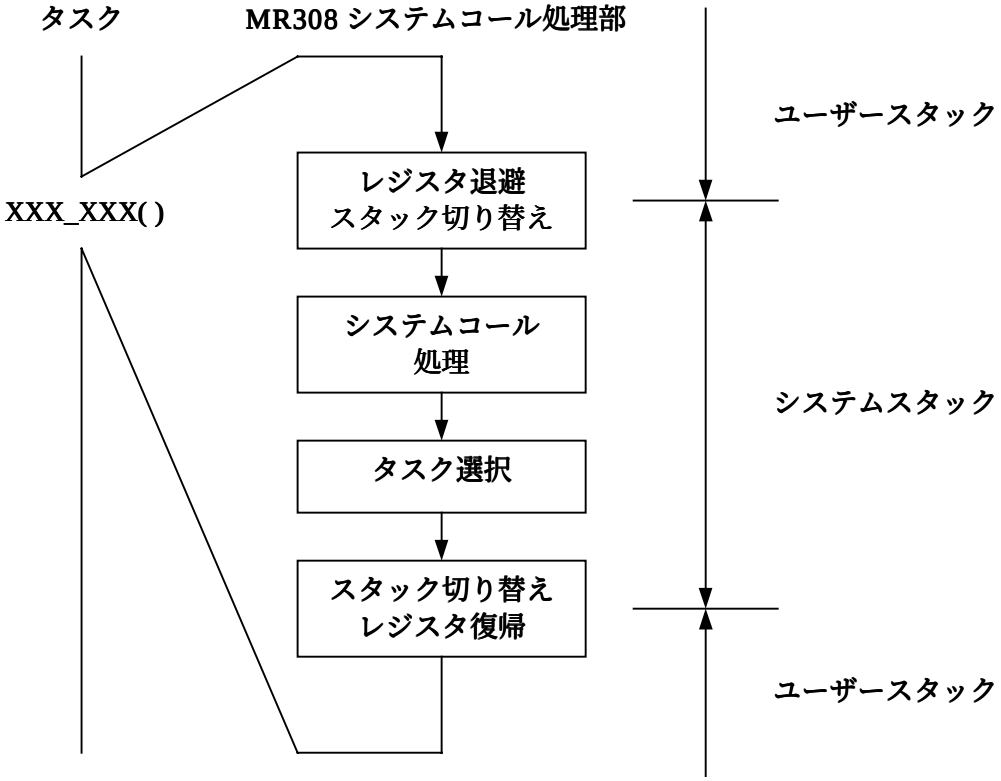


図 7.4 システムスタックとユーザースタック

また、ベクタ番号が 0～31、247～255 の割り込み発生時には、ユーザースタックからシステムスタックに切り替えます。したがって、割り込みハンドラで使用するスタックは全てシステムスタックを使用します。

第 8 章　　サンプルプログラムの説明

8.1 概要

MR308 の応用例として、M16C/80 シリーズの各ポート (P0~P8) に接続した LED を点灯させるプログラムを示します。この応用例では各ポートの制御を、一つ一つの独立した関数により行なっています。表 2.1に各関数の一覧を示します。

表 8.1 サンプルプログラムの関数一覧

関数名	種類	ID 番号	優先度	機能
main()	タスク	1	1	task2 から順次 task4 まで起床させます。
task2()	タスク	2	2	port7 の入出力を制御します。
task3()	タスク	3	3	port8 の入出力を制御します。
task4()	タスク	4	4	port9 の入出力を制御します
cyh1()	ハンドラ			port10 の出力データを変更します。

main タスクは、まずポート 7,8,9,10 を出力モードに設定します。そして、task2 ～ task4 を起動します。

task2 は、初期値 0xff をポート 7 に設定し (ポートをすべて点灯させる。)システムクロックが 25 回カウントするまで待ち状態に移行します。その後ポート 7 に 0x01 の値を設定し、LED を点灯させます。そして再びシステムクロックが 25 回カウントするまで待ち状態に移行し、ポート 0 のデータ値を 1 ビットシフトし点灯させるということを 8 回繰り返します。 (例 ０００００００１→０００００１０→０００００１００) これを無限ループにします。

図 8.1にポートの点灯の様子を示します。

task3～4 は、待ち時間が task2 と違うのみで他は同様の処理を行ないます。

変数 p10 とポート 10 の値は周期起動ハンドラ cyh1()の中で変更されます。周期起動ハンドラは変数 pt10 の値を 1 ビットずつシフトさせ、その値をポート 10 に転送し、LED にその値を点灯させています。

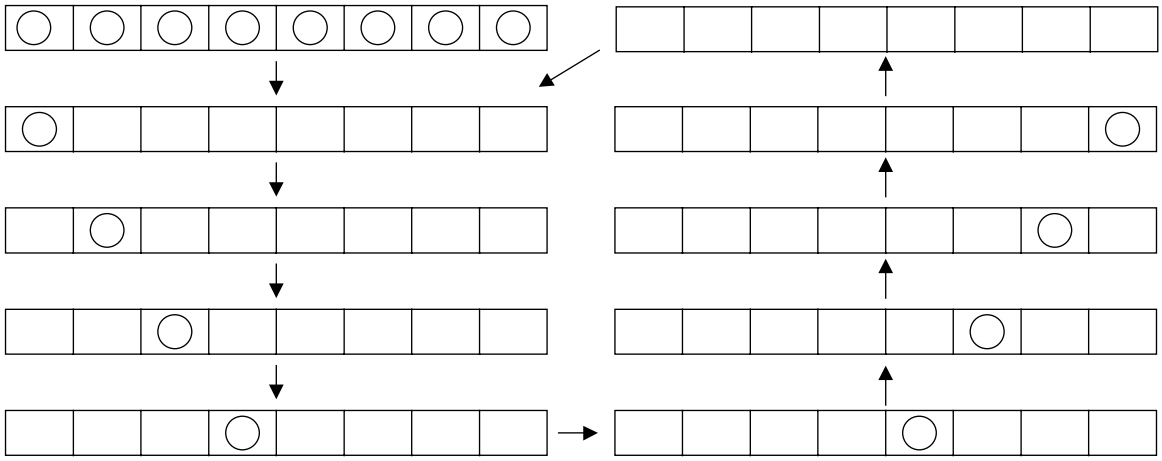


図 8.1 LED 点灯の様子

8.2 ソースプログラム

```
 1 /*******************************************************
 2 *            smaple program
 3 *      "$Id"
 4 *******************************************************/
 5 #include <stdio.h>
 6 #include <mr308.h>
 7
 8 #include "id.h"
 9
10 #pragma ADDRESS      PD7      3c3H
11 #pragma ADDRESS      PD8      3c6H
12 #pragma ADDRESS      PD10     3caH
13
14 #pragma ADDRESS      P7       3c1H
15 #pragma ADDRESS      P8       3c4H
16 #pragma ADDRESS      P9       3c5H
17 #pragma ADDRESS      P10      3c8H
18
19 char PD7,PD8,PD10;
20 char P7,P8,P9,P10;
21
22 char pt7,pt8,pt9,pt10;
23
24 void  main()
25 {
26
27         #pragma      ASM
28         mov.b     #4,0AH
29         mov.w     #0FFH,3c7H
30         mov.b     #0,0AH
31         #pragma      ENDASM
32         PD7 = PD8 = PD10 = 0xff;
33
34         sta_tsk(ID_task2,1);
35         sta_tsk(ID_task3,1);
36         sta_tsk(ID_task4,1);
37
38 }
39
40 void task2()
41  {
42         int      k;
43
44         P7 = 0xff;
45
46         while(1){
47                 dly_tsk(25);
48                 pt7 = 0x01;
49                 P7 = pt7;
50                 for(k=1; k<=8; k++){
51                         dly_tsk(25);
52                         pt7 <<= 1;
53                         P7 = pt7;
54                 }
55         }
56
57  }
58
59  void  task3()
60  {
61         int k;
62         P8 = 0xff;
63
64         while(1){
65                 dly_tsk(50);
66                 pt8 = 0x01;
67                 P8 = pt8;
68                 for(k=1;k<=8;k++){
69                         dly_tsk(50);
70                         pt8 <<= 1;
71                         P8 = pt8;
72                 }
73         }
74  }
75
76  void task4()
```

```
 77 {
 78         int k;
 79         P9 = 0xff;
 80
 81         while(1){
 82                 dly_tsk(100);
 83                 pt9 = 0x01;
 84                 P9 = pt9;
 85                 for(k=1;k<=8;k++){
 86                         dly_tsk(100);
 87                         pt9 <<= 1;
 88                         P9 = pt9;
 89                 }
 90         }
 91 }
 92
 93 void cyh1()
 94 {
 95         if(pt10 == 0)
 96                 pt10 = 0x01;
 97                 P10 = pt10;
 98                 pt10 <<= 1;
 99 }
100
```

8.3 コンフィグレーションファイル

```
 1//************************************************************************
 2//
 3//     COPYRIGHT(C) 2003 RENESAS TECHNOLOGY CORPORATION
 4//     AND RENESAS SOLUTIONS CORPORATION ALL RIGHTS RESERVED
 5//
 6//     MR308 System Configuration File.
 7//       "$Id: smp.cfg,v 1.2 2003/08/20 07:56:14 muraki Exp $"
 8//
 9//************************************************************************
10
11// System Definition
12system{
13       stack_size            = 1024;
14       priority              = 10;
15       system_IPL            = 4;
16       message_size          = 32;
17};
18//System Clock Definition
19clock{
20       mpu_clock             = 20MHz;
21       timer                 = A0;
22       IPL                   = 4;
23       unit_time             = 100ms;       // ms
24       initial_time          = 0:0:0;
25};
26//Task Definition
27task[1]{
28       entry_address         = main();
29       stack_size            = 100;
30       priority              = 1;
31       initial_start         = ON;
32};
33task[2]{
34       entry_address         = task2();
35       stack_size            = 100;
36       priority              = 2;
37};
38task[3]{
39        entry_address        = task3();
40       stack_size            = 100;
41       priority              = 3;
42};
43task[4]{
44       entry_address         = task4();
45       stack_size            = 100;
46       priority              = 4;
47};
48// Cyclic Handler Definition
49cyclic_hand[1]{
50       interval_counter       = 150;
51       mode                  = TCY_ON;
52       entry_address          = cyh1();
53};
```

第 9 章　　別 ROM 化について

9.1 別 ROM 化の方法

本章では、MR308 のカーネルとアプリケーションプログラムを別の ROM に配置する方法を示します。
図 9.1は、2 つの異なるアプリケーション間のの共通部分とカーネル部分はカーネル ROM に、アプリケーション部分はそれぞれ別の ROM に配置した場合の例を示しています。
この例をもとに、ROM 分割の方法を示します。

1. システム構成

アプリケーションプログラムのシステム構成を行います。
ここでは、2 つのアプリケーションプログラムのシステム構成が以下に示すものとして説明を行います。

	アプリケーション 1	アプリケーション 2
タスク数	4	5
イベントフラグ数	1	3
セマフォ数	4	2
メイルボックス数	3	5
固定長メモリプール数	3	1
周期起動ハンドラ数	3	3

2. コンフィグレーションファイル作成

システム構成を行なった結果をもとに、コンフィグレーションファイルを作成します。この時、maxdefine 定義部で設定する以下の項目を 2 つのコンフィグレーションファイル間で共通にする必要があります。この maxdefine 定義部で設定する値は、2 つのアプリケーション間の各定義について定義数の大きい方を指定します。

例

```
maxdefine{
        max_task        = 5;
        max_flag        = 3;
        max_sem         = 4;
        max_mbx         = 5;
        max_mpl         = 3;
        max_cyh         = 3;
};
```

その他の定義については、2 つのコンフィグレーションファイル間で異なっても問題ありません。

3. プロセッサモードレジスタの変更

スタートアッププログラムのプロセッサモードレジスタをシステムに応じて変更します。

4. アプリケーションプログラム作成

2 つのアプリケーションプログラムを作成します。

5. 各セクション配置設定

カーネル ROM とアプリケーション ROM に配置するプログラムを以下に示します。

- カーネル ROM に配置するプログラム
  - スタートアッププログラム (MR_KERNEL セクション)
  - MR308 のカーネル (MR_KERNEL セクション)
  - 2 つのアプリケーション間の共通プログラム (program セクション)
  - 固定割り込みベクタ領域 (FIX_INTERRUPT_VECTOR セクション)

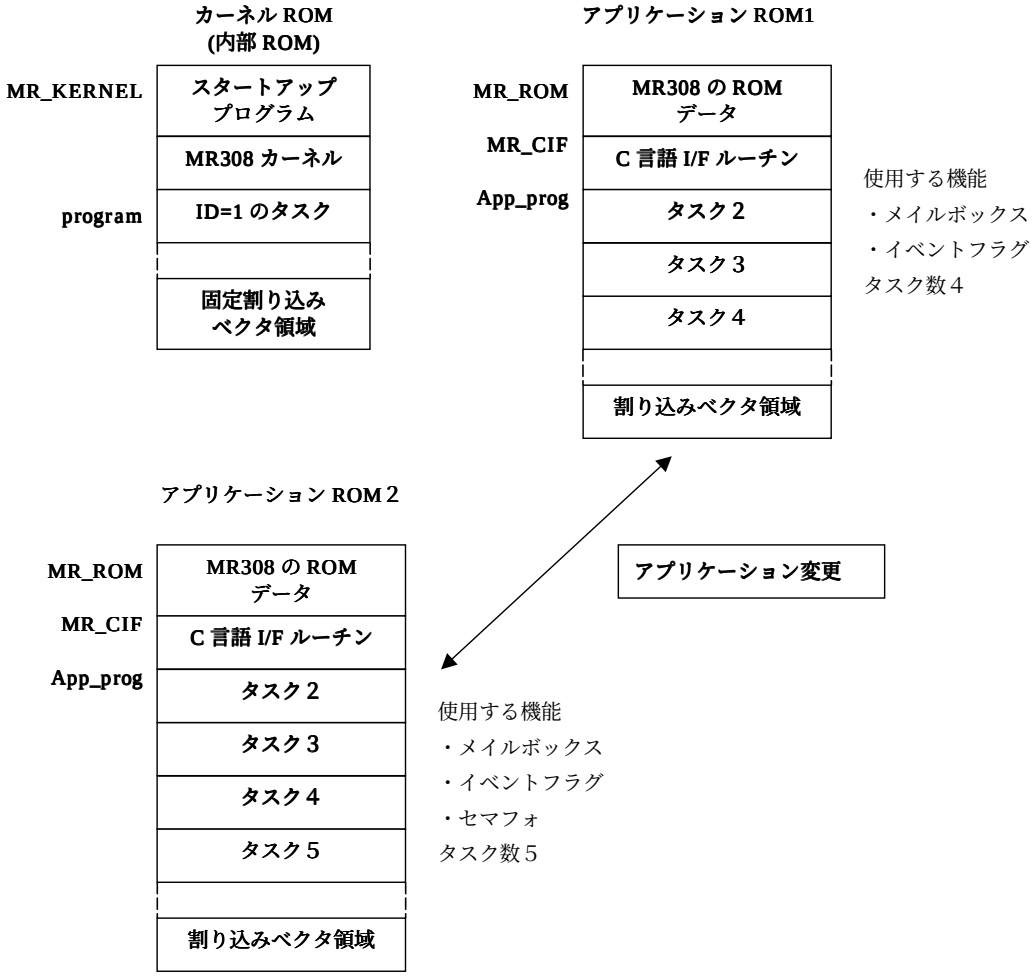


図 9.1　ROM 分割

- アプリケーション ROM に配置するプログラム
  - MR308 の ROM データ (MR_ROM セクション)
  - C 言語 I/F ルーチン (MR_CIF セクション)
  - アプリケーションプログラム (app_prog セクション)
  - 割り込みベクタ領域 (INTERRUPT_VECTOR セクション)

- 各プログラムの配置方法を以下に示す。
  - ユーザープログラムのセクション名変更

    C 言語でアプリケーションプログラムを記述している場合は、以下に示すように #pragma SECTION を使ってアプリケーション ROM に配置するプログラムのセクション名を変更します。NC308 では、ユーザープログラムのセクション名は、設定がなければ program セクションになります。そのため、アプリケーション ROM に配置するタスクを別のセクション名に変更しなければなりません。[73]

[73] カーネル ROM に配置するタスクのセクションは、変更する必要はありません。

```
#pragma SECTION program app_prog/* プログラムのセクションを変更 */
/* task2,task3 のセクション名は app_progに変わります。 */
void task2(void){
                ⋮
}

void task3(void){
                ⋮
}
```

♦ セクションの配置設定

セクションファイル (c_sec.inc、asm_sec.inc)を変更して、アプリケーション ROM に配置するプログラムのアドレス設定を行ないます。この時、以下に示すセクションの開始アドレスは、2 つのアプリケーション間で一致していなければなりません。また、アプリケーション ROM の先頭には、必ず MR_ROM セクションを配置しなければなりません。その他のセクションの配置順序の決まりはありません。

- MR308 の ROM データ (MR_ROM セクション)
- C 言語 I/F ルーチン (MR_CIF セクション)
- 割り込みベクタ領域 (INTERRUPT_VECTOR セクション)

以下に、セクションファイルの設定例を示す。

```
.section MR_ROM,ROMDATA ; MR308のROMデータ
.org    0fe0000H                ; 2つのアプリケーション間で共通アドレス

.section MR_CIF,CODE    ; C 言語 I/F ルーチン
.section app_prog,CODE  ; ユーザープログラム

.section INTERRUPT_VECTOR       ; 割り込みベクタ
.org    0fefd00H                ; 2つのアプリケーション間で共通アドレス
```

図 9.2に示すメモリマップになります。

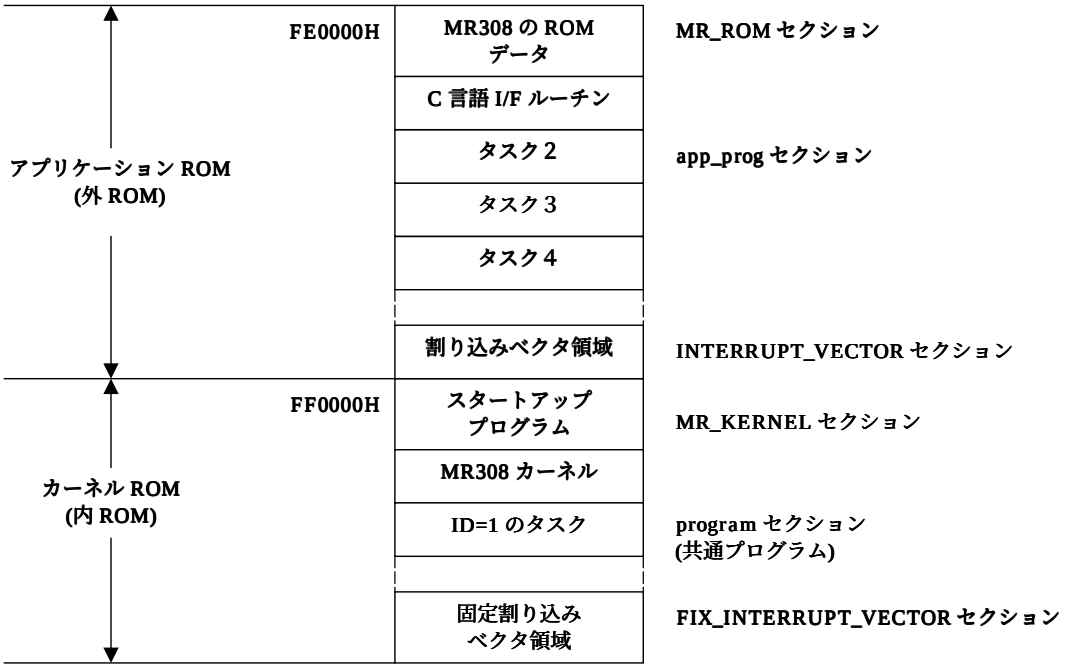


図 9.2 メモリマップ

6. **コンフィグレータ cfg308 を実行します。**

7. **makefile を編集します。**

   makefile 中の mr308tbl に、引数を指定します。ここでの引数指定は、2 つのアプリケーションプログラムがあるディレクトリを指定します。

   アプリケーション 1 のディレクトリが /product/app1 で、アプリケーション 2 のディレクトリが /product/app2 の場合の例を以下に示します。

例

```
mr308tbl /product/app1 /product/app2
```

8. **システム生成**

   make コマンドを実行し、システム生成します。[74]

9. **4から8の処理をアプリケーション 2 についても行うことで、アプリケーション 2 のシステムが生成できます。**

以上に述べた方法で、別 ROM 化が行なえます。

[74] カレントディレクトリに mrtable.a30 ファイルがない場合は、make を実行して生成します。

索引

M

N

O

P

R

S

T

U

V

W

M

あ

い

か

き

く

け

こ

さ

し

す

せ

そ

た

て

に

は

ふ

へ

ま

め

ゆ

ら

り

れ

わ

M3T-MR308 V.1.20 ユーザーズマニュアル

Rev. 2.00
03.09.16
RJJ10J0129-0200Z

COPYRIGHT ©2003 RENESAS TECHNOLOGY CORPORATION
AND RENESAS SOLUTIONS CORPORATION ALL RIGHTS RESERVED

M3T-MR308 V.1.20
ユーザーズマニュアル

ルネサス エレクトロニクス株式会社
神奈川県川崎市中原区下沼部1753 〒211-8668

RJJ10J0129-0200Z