

周辺LSIを用いたインタフェース回路を対象とする デバイスドライバの設計支援に関する研究

落合 昭 大原 茂之

ochiai@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

東海大学

デバイスドライバを設計するためには、その制御対象である周辺LSIやインタフェースプロトコルなどに関する知識が必要である。しかし、ハードウェアに関する知識や経験を持たないソフトウェア技術者にとって、それらの知識を獲得するには、多くの時間を必要とする場合がある。そこで、設計者の知識や経験に依存することなくデバイスドライバの設計が可能となるデバイスドライバ設計支援システムを提案する。

本報告では、周辺LSIを使用したインタフェース回路を対象とするデバイスドライバについて、生成モデルの提案およびシステム実装の技法について述べる。

A Study of Supporting Device Drivers Design for Interface Circuit Using Peripheral LSI

Akira OCHIAI Shigeyuki OHARA

Tokai University

The design of device drivers demands a knowledge related to peripheral LSI and I/F protocol which are target of control. However, the acquisition of this knowledge by software engineer that doesn't have hardware knowledge and experience is a hard task. Therefore, it is proposed a device driver design supporting system where the device driver designing doesn't depend on the designer's knowledge and experience.

In the present paper, concerning device drivers for interface circuits using peripheral LSI, it is stated about a proposal of its generating model and implementing technique.

1. はじめに

デバイスドライバはインタフェース回路や外部機器を制御するソフトウェアである。一般にインタフェース回路のハードウェアはプログラマブル周辺LSI（以下LSIと略記）を使用して実現されている。インタフェース回路を制御するデバイスドライバを設計する場合、インタフェースのプロトコルにしたがって正しくLSIを制御することが重要となる。したがって、インタフェース回路用デバイスドライバの設計者には、インタフェースのプロトコルに関する知識およびLSIの制御方法に関する知識が必要となる。これらの知識はインタフェースの規格書やLSIのマニュアルに記述されている¹⁻²⁾。

しかし、これらのマニュアルにはハードウェアに関する専門用語が多く用いられ、しかも記述形式が統一されていないのが現状である。デバイスドライバの設計者にとって、ハードウェアに関する知識を獲得することは、多くの時間を必要としてしまう場合がある³⁾。しかも、せっかく獲得した知識を次の設計時に生かせる保証はない。また、マニュアルの記述形式やLSIの操作方法に統一した形式が存在しないので、デバイスドライバ設計の経験についても次の設計時の生かせる保証が

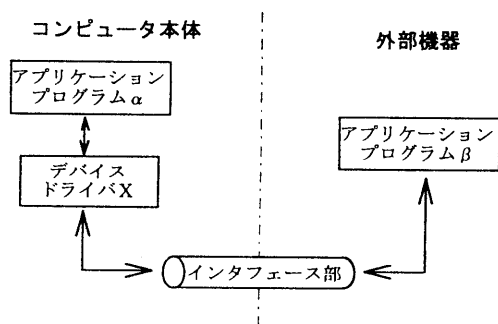


図1 コンピュータ本体と外部機器との接続

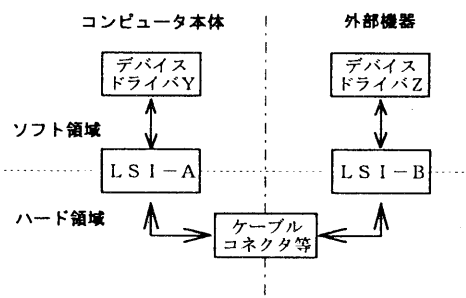


図2 インタフェース部のデータの流れ

ない。このように、知識獲得の時間が設計における大きなオーバーヘッドとなってしまっている。

そこで、デバイスドライバ設計者にインタフェースやLSIについての知識を要求しない設計支援システムを用いる開発工程を提案する。本報告では、この設計支援システムの設計技法について述べる。

2. デバイスドライバの解析

2.1 デバイスドライバの位置付け

コンピュータ本体に外部機器を接続した場合のデータの流れを図1に示す。本体側アプリケーションαから外部機器への指示は、デバイスドライバXで外部機器用のコマンドに変換される。デバイスドライバXは、外部機器を制御するデバイスドライバである。ここではデバイスドライバXを外部機器用デバイスドライバと呼ぶ。変換されたコマンドはインタフェース部を通して外部機器へ転送される。外部機器ではインタフェース部を通して送られてきたコマンドが、アプリケーションプログラムβで解釈され実行される。

インタフェース部のデータの流れを図2に示す。インタフェース部は転送データを電気信号に変換して転送する部分である。インタフェース部に入力されたデータは、デバイスドライバYがLSI-Aを制御して決められ

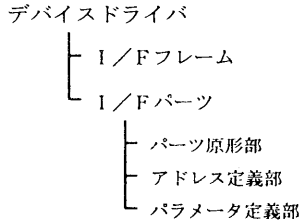


図3 I/F用ドライバの構成

た転送プロトコルにしたがって外部機器側へ転送される。受信側では、プロトコルにしたがってLSI-BとデバイスドライバZで受信しインタフェース部から出力される。デバイスドライバYおよびデバイスドライバZは、LSIをインタフェースプロトコルにしたがって制御するデバイスドライバである。ここではこのようなデバイスドライバをインタフェース用デバイスドライバと呼ぶ。本稿ではデバイスドライバとしてインタフェース用デバイスドライバを対象とする。

2. 2 デバイスドライバの内部構成

デバイスドライバの内部構成を図3に示す。インタフェースがどのように動作するかを記述した部分をI/Fフレームとする。I/Fフレームはインタフェースのプロトコルを表す。I/Fフレームはインタフェースごとに存在する。

LSIの操作方法を記述した部分をI/Fパーツとする。LSIの操作はI/Fフレームを構成する機能単位ごとに記述される。この機能単位を制御機能要素（CFEと略記）とし、CFEをLSIの操作で記述したものをCFE実体とする。CFEは機能名で分類される。その名前をCFE名とする。I/FパーツはCFE実体の集合である。I/FパーツはLSIごとに存在する。デバイスドライバは、I/FフレームとI/Fパーツから構成される。

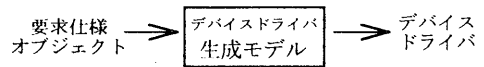


図4 デバイスドライバ生成モデルの入出力仕様

I/FパーツはLSIの操作を記述したものであるが、その操作記述をさらに解析すると、パーツ原形部、アドレス定義部、パラメータ定義部の3つの部分より構成されると考えられる。パーツ原形部はLSIの使用条件が変わっても変化しない部分である。パーツ原形部内のLSIのアドレスを定義する部分がアドレス定義部である。LSIへのコマンドワードやマスク情報を定義する部分がパラメータ定義部である。

3. デバイスドライバ生成モデル

3. 1 生成モデルの入出力仕様

図4にデバイスドライバ生成モデルの入出力仕様を示す。モデルの入力は設計するデバイスドライバの要求をデータとして持つオブジェクトである。このオブジェクトを要求仕様オブジェクトと呼ぶ。出力はデバイスドライバである。

3. 2 生成モデルの構成

図5にデバイスドライバ生成モデルの構成を示す。四角はオブジェクト、アークはメッセージを表す。太いアークはメッセージとしてオブジェクトが移動することを表す。各オブジェクトを送受信のメッセージにより定義する。また、他のオブジェクトへの依頼メッセージについても述べる。

(1) 要求仕様オブジェクト

生成するデバイスドライバの要求仕様を持っているオブジェクトであり、モデルの入力である。

・受信メッセージ：I/F仕様問合わせ、L

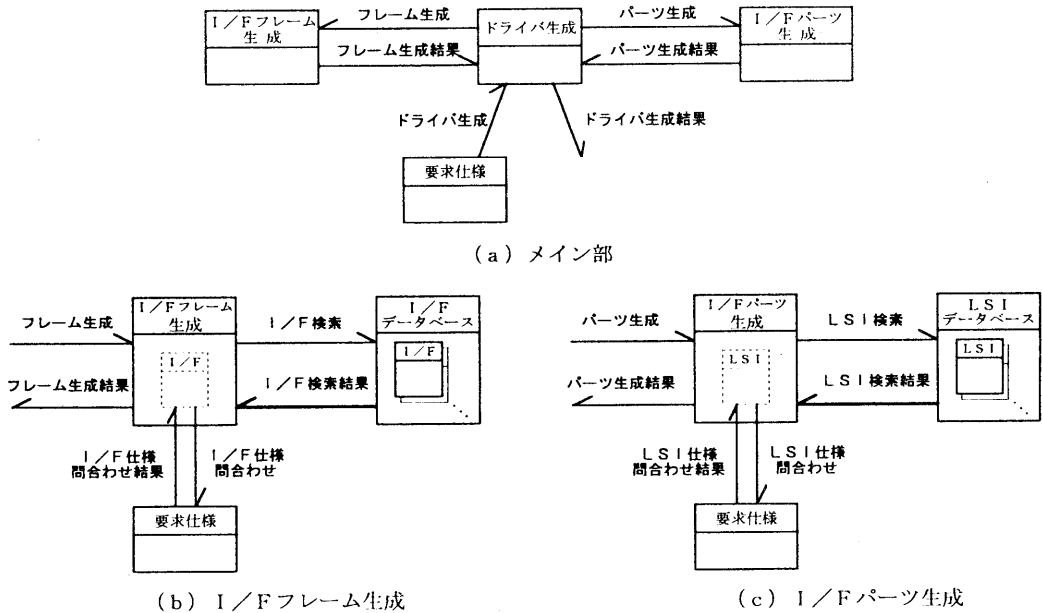


図5 デバイスドライバ生成モデルの構成

- S I仕様問合わせ
- ・送信メッセージ：I / F仕様問合わせ結果，LS I仕様問合わせ結果，ドライバ生成
- (2) ドライバ生成オブジェクト
- I / FフレームとI / Fパーツの生成を依頼して，それらを合成してデバイスドライバを生成するオブジェクトである。
- ・受信メッセージ：ドライバ生成
 - ・送信メッセージ：ドライバ生成結果
- 他のオブジェクトに依頼する処理
- <送信メッセージ>フレーム生成，パーツ生成
 - <受信メッセージ>フレーム生成結果，パーツ生成結果
- (3) I / Fフレーム生成オブジェクト
- I / Fデータベースから対象となるI / Fオブジェクトを検索し，検索したI / Fオブジェクトを使用してI / Fフレームの生成を行うオブジェクトである。
- ・受信メッセージ：フレーム生成
 - ・送信メッセージ：フレーム生成結果
- 他のオブジェクトに依頼する処理
- <送信メッセージ>I / F検索，フレーム生成
 - <受信メッセージ>I / F検索結果，フレーム生成結果
- (4) I / Fパーツ生成オブジェクト
- LS Iデータベースから対象となるLS Iオブジェクトを検索し，検索したLS Iオブジェクトを使用してLS Iパーツの生成を行うオブジェクトである。
- ・受信メッセージ：パーツ生成
 - ・送信メッセージ：パーツ生成結果
- 他のオブジェクトに依頼する処理
- <送信メッセージ>LS I検索，原形部生成，アドレス部生成，パラメータ部生成
 - <受信メッセージ>LS I検索結果，原形部生成結果，アドレス部生成結果，パラ

メータ部生成結果

(5) I/Fオブジェクト

I/Fごとに存在し、I/Fフレームの生成を行うオブジェクトである。生成に必要な仕様は、要求仕様オブジェクトに問い合わせを行うことによって得る。

- ・受信メッセージ：フレーム生成，キーワード検索
- ・送信メッセージ：フレーム生成結果，キーワード検索結果

他のオブジェクトに依頼する処理

<送信メッセージ> I/F仕様問い合わせ
<受信メッセージ> I/F仕様問い合わせ結果

(6) LSIオブジェクト

LSIごとに存在し、I/Fパーツの生成を行うオブジェクトである。生成に必要な仕様は、要求仕様オブジェクトに問い合わせを行うことによって得る。

- ・受信メッセージ：原形部生成，アドレス部生成，パラメータ部生成，キーワード検索
- ・送信メッセージ：原形部生成結果，アドレス部生成結果，パラメータ部生成結果，キーワード検索結果

他のオブジェクトに依頼する処理

<送信メッセージ> LSI仕様問い合わせ
<受信メッセージ> LSI仕様問い合わせ結果

(7) I/Fデータベースオブジェクト

I/Fオブジェクトの管理を行うオブジェクトである。検索条件にしたがってI/Fオブジェクトの検索を行う。

- ・受信メッセージ：I/F検索，I/F追加，I/F削除
- ・送信メッセージ：I/F検索結果，I/F追加結果，I/F削除結果

他のオブジェクトに依頼する処理

<送信メッセージ> キーワード検索

<受信メッセージ> キーワード検索結果

(8) LSIデータベースオブジェクト

LSIオブジェクトの管理を行うオブジェクトである。検索条件にしたがってLSIオブジェクトの検索を行う。

- ・受信メッセージ：LSI検索，LSI追加，LSI削除
- ・送信メッセージ：LSI検索結果，LSI追加結果，LSI削除結果

他のオブジェクトに依頼する処理

<送信メッセージ> キーワード検索
<受信メッセージ> キーワード検索結果

3. 3 生成モデルの検証

ここでは、メッセージをメッセージ名と引数の組みとして定義し、

[メッセージ名] (引数)

と表現する。引数が無い場合には、

[メッセージ名] ()

と表現する。

3. 3. 1 メイン部

図5(a)に示したモデルの検証を行う。

- ①要求仕様オブジェクトはドライバ生成オブジェクトに次のメッセージを送る。
[ドライバ生成] (I/F名, LSI名)
- ②ドライバ生成オブジェクトはI/Fフレーム生成オブジェクトに次のメッセージを送る。
[フレーム生成] (I/F名)
- ③I/Fフレーム生成オブジェクトは以下の3. 3. 2に示す手順でI/Fフレームの生成を行い、ドライバ生成オブジェクトに次のメッセージを送る。
[フレーム生成結果] (I/Fフレーム)
- ④ドライバ生成オブジェクトはI/Fパーツ生成オブジェクトに次のメッセージを送る。
[パーツ生成] (LSI名)
- ⑤I/Fパーツ生成オブジェクトは以下の3.

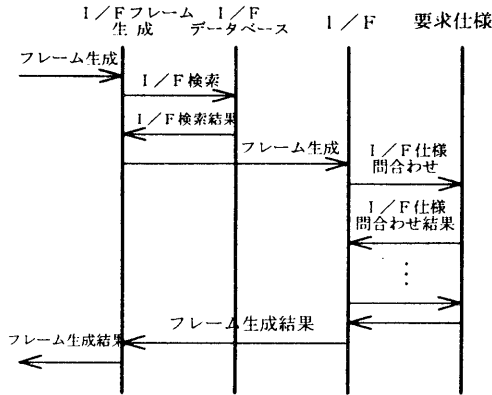


図6 I/Fフレーム生成時の事象トレース図

3. 3に示す手順でI/Fパーツの生成を行い、ドライバ生成オブジェクトに次のメッセージを送る。

[パーツ生成結果] (I/Fパーツ)

⑥ドライバ生成オブジェクトはI/FフレームとI/Fパーツを合成してドライバを完成させ、次のメッセージを送る。

[ドライバ生成結果] (ドライバ)

3. 3. 2 I/Fフレーム生成

図5(b)に示したモデルの検証を行う。この時の事象トレース図を図6に示す。

①I/Fフレーム生成オブジェクトは次のメッセージにより起動される。

[フレーム生成] (I/F名)

②I/Fフレーム生成オブジェクトはI/FオブジェクトをI/Fデータベースオブジェクトから検索するために次のメッセージを送る。

[I/F検索] (I/F名)

③I/FデータベースオブジェクトはI/F名に対応するI/Fオブジェクトを検索して、I/Fフレーム生成オブジェクトに次のメッセージを送る。

[I/F検索結果] (I/Fオブジェクト)

④I/Fフレーム生成オブジェクトは、I/

Fフレーム生成オブジェクト内のI/Fオブジェクトに次のメッセージを送る。

[フレーム生成] ()

⑤I/FオブジェクトはI/Fフレームの生成を行う。この時、ドライバの要求仕様については、「I/F仕様問合わせ」メッセージを使用して、要求仕様オブジェクトに問い合わせを行う。生成後I/Fフレーム生成オブジェクトに次のメッセージを送る。

[フレーム生成結果] (I/Fフレーム)

⑥I/Fフレーム生成オブジェクトは呼出し元に次のメッセージを送る。

[フレーム生成結果] (I/Fフレーム)

3. 3. 3 I/Fパーツ生成

図5(c)に示したモデルの検証を行う。この時の事象トレース図を図7に示す。

①I/Fパーツ生成オブジェクトは次のメッセージにより起動される。

[パーツ生成] (LSI名)

②I/Fパーツ生成オブジェクトはLSIオブジェクトをLSIデータベースオブジェクトから検索するために次のメッセージを送る。

[LSI検索] (LSI名)

③LSIデータベースオブジェクトはLSI名に対応するLSIオブジェクトを検索して、I/Fパーツ生成オブジェクトに次のメッセージを送る。

[LSI検索結果] (LSIオブジェクト)

④I/Fパーツ生成オブジェクトは、I/Fパーツ生成オブジェクト内のLSIオブジェクトに次のメッセージを送る。

[原形部生成] ()

⑤LSIオブジェクトはパーツ原形部の生成を行いI/Fパーツ生成オブジェクトに次のメッセージを送る。

[原形部生成結果] (パーツ原形部)

⑥I/Fパーツ生成オブジェクトは、I/F

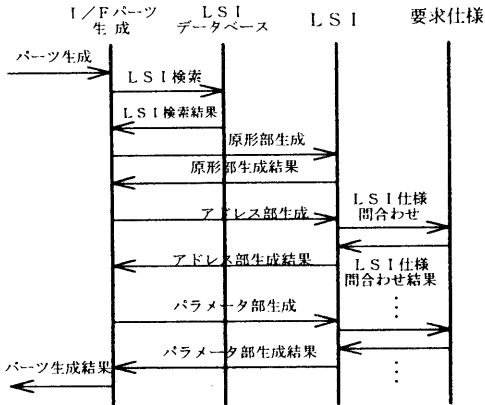


図7 I/Fパーツ生成時の事象トレース図

パーツ生成オブジェクト内のLSIオブジェクトに次のメッセージを送る。

[アドレス部生成] ()

- ⑦ LSIオブジェクトはアドレス定義部の生成を行う。生成に必要な情報は「LSI仕様問合わせ」メッセージを使用して要求仕様オブジェクトに問い合わせを行う。生成後、I/Fパーツ生成オブジェクトに次のメッセージを送る。

[アドレス部生成結果] (アドレス定義部)

- ⑧ I/Fパーツ生成オブジェクトは、I/Fパーツ生成オブジェクト内のLSIオブジェクトに次のメッセージを送る。

[パラメータ部生成] ()

- ⑨ LSIオブジェクトはパラメータ定義部の生成を行う。生成に必要な情報は「LSI仕様問合わせ」メッセージを使用して要求仕様オブジェクトに問い合わせを行う。生成後、I/Fパーツ生成オブジェクトに次のメッセージを送る。

[パラメータ部生成結果] (パラメータ定義部)

- ⑩ I/Fパーツ生成オブジェクトは、パーツ原形部、アドレス定義部、パラメータ定義部を合成してI/Fパーツを生成する。生成後、I/Fパーツ生成オブジェクトは呼出し元に次のメッセージを送る。

[パーツ生成結果] (I/Fパーツ)

4. デハイスドライバ設計支援システムの実装

4.1 I/Fパーツの生成技法

I/Fパーツの生成はLSIオブジェクトが行う。I/Fパーツの生成手順はLSIごとに異なるが、LSIオブジェクトはLSIごとに存在するので、LSIオブジェクトの設計時には自分のLSIについての生成手順を設計すればよい。生成するデバイスドライバの仕様については、要求仕様オブジェクトにメッセージを送り問い合わせを行って獲得する。

次の3つのメッセージについて手続きを示す。

(1) 原形部生成

パーツ原形部は1つのLSIに1つ存在する。したがってLSIオブジェクト内にパーツ原形部をあらかじめデータとして登録しておくことが可能である。原形部生成では登録しておいたパーツ原形部をそのまま出力する。

(2) アドレス部生成

パーツ原形部で用いられるアドレスについて、要求仕様オブジェクトにアドレス値の問い合わせを行う。そしてラベルとアドレス値を用いてアドレス定義部を作成する。

(3) パラメータ部生成

パーツ原形部で用いられるコマンドワードやマスクワードの生成を行う。コマンドワードはビットごとに意味が決まっているので、要求仕様オブジェクトに問い合わせを行って、コマンドワードを組み立てる。

マスクワードの生成についても、要求仕様オブジェクトに問い合わせを行って組み立てる。

4. 2 要求仕様の問い合わせ

要求仕様オブジェクトは生成するデバイスドライバの要求仕様を持っているオブジェクトである。要求仕様オブジェクトをシステムへ実装する場合は、要求仕様をユーザに問い合わせるユーザインタフェースとして実現する。

要求仕様オブジェクトは問い合わせのメッセージを受信したら、質問事項をユーザに表示する。ユーザが回答を入力したらそれをメッセージとして送る。回答の入力方法として、選択入力方式、アドレス入力方式などが考えられる。選択入力方式はあらかじめ質問に対する回答をいくつか用意しておき、それらの中から回答を選んで入力する方式である。アドレス入力方式はレジスタ名などを表示して、それに対するアドレスを数値で入力する方式である。

4. 3 I/FフレームとI/Fパーツの合成技法

合成はドライバ生成オブジェクトが行う。I/FフレームオブジェクトにI/Fフレームの生成を依頼し、I/FパーツオブジェクトにI/Fパーツの生成を依頼する。I/Fフレーム内のCFE名を、I/Fパーツ内の対応するパーツ実体で置き換える。すべてのCFE名をパーツ実体で置き換えることによってデバイスドライバが完成する。

4. 4 データベースの検索技法

ここではLSIデータベースオブジェクトについて述べる。検索時のキーワードはLSI名である。LSIデータベースオブジェクトは自分が管理しているすべてのLSIオブジェクトにLSI名を問い合わせる。その結果該当するLSIオブジェクトが決定する。決定したオブジェクトを取り出して出力する。

5. おわりに

本報告では、まずデバイスドライバの位置付けについて述べ、対象となるデバイスドライバを明確にした。そしてデバイスドライバの内部モデルについて述べた。次にその内部モデルに基づいてデバイスドライバを生成するデバイスドライバ生成モデルの提案を行った。そしてシステムを実装する場合の設計技法について述べた。このデバイスドライバ生成モデルを用いることにより、インタフェースやLSIに関する詳細な知識を必要とせず、デバイスドライバを設計することができることを示した。

今後は、外部機器用のデバイスドライバについても、設計を支援していく予定である。

参考文献

- 1) 日本電気株式会社「 μ P D 71051 シリアル・コントロール・ユニット ユーザーズ・マニュアル」(1990).
- 2) 三菱電気半導体データブック編集委員会「'87三菱半導体マイクロプロセッサ周辺LSI編」誠文堂新光社(1987).
- 3) 技術者育成調査委員会「マイコンシステム開発技術者育成に関する調査研究報告書」日本システムハウス協会(1992).
- 4) 落合, 大原: デバイスドライバ生成支援システムの設計について, 情報処理学会第46回全国大会, 3J-6(1993).
- 5) 落合, 大原: デバイスドライバ生成支援システムの設計について(2), 情報処理学会第47回全国大会, 6K-1(1993).
- 6) 岩永, 落合, 大原: デバイスドライバのオブジェクトデータベースに関する一考察, 情報処理学会第47回全国大会, 6K-2(1993).
- 7) 落合, 大原: デバイスドライバ生成支援システムの設計について(3), 情報処理学会第50回全国大会, 7K-4(1995).