

組み込み機器に不可欠な割り込みプログラミング

ソフトウェア割り込みと UART 受信割り込みを使いこなす

組み込み機器のプログラミングでよく問題となるのが、割り込み処理である。一般に、プログラムは上から下へと実行され、最後の行で終了する。これに対し、割り込みは現在処理中のプログラムとは無関係に実行される。この機構により、組み込み機器は突発的な(そして重要な)処理を即座に実行でき、応答性が良い。本稿では、割り込みプログラミングについて、本誌付属の V850 マイコン基板を動作させながら学んでいく。(編集部)

古海 孝泰

1 割り込み処理の概念

- 割り込みは「仕事中にかかってきた電話」

割り込み処理は、「仕事中にかかってきた電話」に例えられます。仕事中は一つの作業に専念していますが、電話が鳴ると仕事をいったん中断して電話にでます。そして電話が終わったら、再び元の仕事の続きに戻ります。

マイコンの世界もこれと同じです。割り込み要因が発生したら、現在実行しているメイン・プログラムの処理をいったん中断し、割り込みの要因に合わせた分岐先に飛んで必要な処理を行います。そして、その処理が終わると、再びメイン・プログラムに戻ります。

- 割り込みの要因は複数あることが多い

「割り込みの要因」というのは、先ほどの例で言えば電話に相当します。これ以外にも「急な来客」や「上司から渡さ

れた急ぎの仕事」などが考えられます。マイコンの世界では、「一定時間が経過した」、「シリアル・ポートからデータを受信した」、「マイコンの特定のピンが“H”になった」などが割り込みの要因に該当します。現実世界と同じように、マイコンでも割り込みの要因が複数あるのが一般的です。

- 割り込み時の処理内容

割り込みの要因を発生させる部分には、タイマ部やシリアル部、外部信号のエッジ検出回路などがあり、割り込み発生条件を満足すると、対応した割り込み要求フラグがセットされます。この要求フラグが有効な場合、CPU は現在処理中の内容(プログラム・カウンタ、スタック・ポインタなど)をメモリに退避し、割り込みに対応する命令を実行します。割り込み処理が完了すると、CPU は割り込み時に退避したアドレスよりプログラム・カウンタ(PC)の内容を再ロードし、メイン・プログラムの実行を再開します。図1に割り込みのイメージを示します。図1(a)は、メ

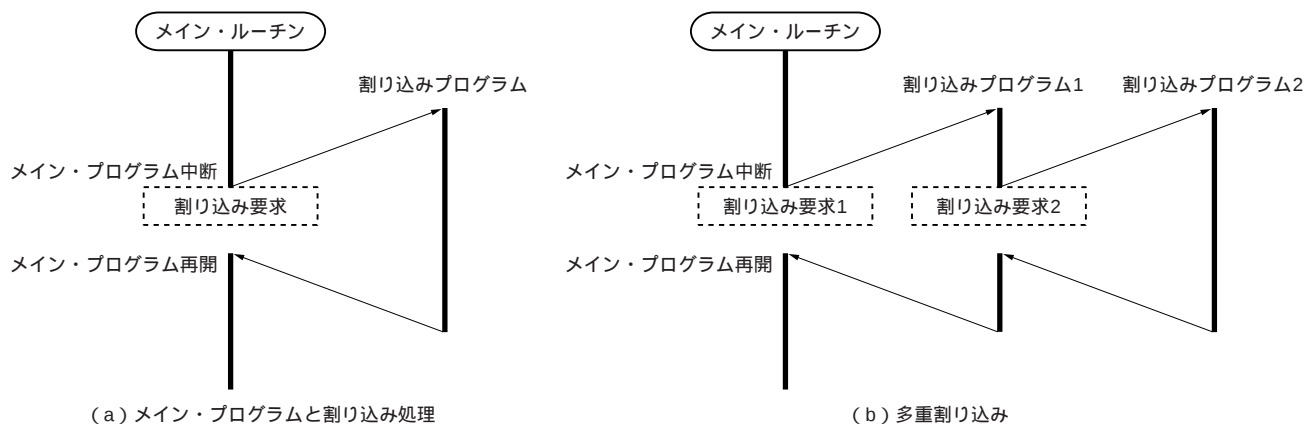


図1 割り込みのイメージ図

表1 割り込み要因，デフォルトの優先順位，ハンドラ・アドレス

種 類	分 類	デフォルト の優先順位	名 称	トリガ	発生 ユニット	例外 コード	ハンドラ・ アドレス	復帰 PC	割り込み制御 レジスタ
リセット	割り込み	-	RESET	RESET 端子入力/ 内部要因からのリセット入力	RESET	0000H	00000000H	不定	-
ノンマス カブル	割り込み	-	NMI	NMI 端子有効エッジ入力	端子	0010H	00000010H	次の PC	-
		-	INTWDT2	WDT2 のオーバーフロー	WDT2	0020H	00000020H	-	-
ソフトウェア 例外	例外	-	TRAP0 _n	TRAP 命令	-	004nH	00000040H	次の PC	-
		-	TRAP1 _n	TRAP 命令	-	005nH	00000050H	次の PC	-
例外トラップ	例外	-	ILGOP/ DBG0	不正命令コード/ DBTRAP 命令	-	0060H	00000060H	次の PC	-
マスカブル	割り込み	0	INTLVI	低電圧検出	POCLVI	0080H	00000080H	次の PC	LVIIC
		1	INTP0	外部割り込み端子入力 エッジ検出(INTP0)	端子	0090H	00000090H	次の PC	PIC0
		2	INTP1	外部割り込み端子入力 エッジ検出(INTP1)	端子	00A0H	000000A0H	次の PC	PIC1
		3	INTP2	外部割り込み端子入力 エッジ検出(INTP2)	端子	00B0H	000000B0H	次の PC	PIC2
⋮	⋮	⋮	(略)						⋮
		41	INTUA0R/ INTCB4R	UARTA0 の受信終了/ CSIB4 の受信終了/ CSIB4 の受信エラー	UARTA0/ CSIB4	0310H	00000310H	次の PC	UA0RIC/ CB4RIC
		42	INTUA0T/ INTCB4T	UARTA0 の連続送信許可/ CSIB4 の連続送信書き込み許可	UARTA0/ CSIB4	0320H	00000320H	次の PC	UA0TIC/ CB4TIC
		43	INTUA1R/ INTIIC2	UARTA1 の受信終了/ UARTA1 受信エラー/ IIC2 転送終了	UARTA1/ IIC2	0330H	00000330H	次の PC	UA1RIC/ IICIC2
		44	INTUA1T	UARTA1 の連続送信許可	UARTA1	0340H	00000340H	次の PC	UA1TIC
		45	INTUA2R/ INTIIC0	UARTA2 の受信終了/ IIC0 の転送終了	UARTA/ IIC0	0350H	00000350H	次の PC	UA2RIC/ IICIC0
		46	INTUA2T	UARTA2 の連続送信許可	UARTA2	0360H	00000360H	次の PC	UA2TIC
		47	INTAD	A-D 変換終了	A-D	0370H	00000370H	次の PC	ADIC
		48	INTDMA0	DMA0 転送終了	DMA	0380H	00000380H	次の PC	DMAIC0
		49	INTDMA1	DMA1 転送終了	DMA	0390H	00000390H	次の PC	DMAIC1
		50	INTDMA2	DMA2 転送終了	DMA	03A0H	000003A0H	次の PC	DMAIC2
		51	INTDMA3	DMA3 転送終了	DMA	03B0H	000003B0H	次の PC	DMAIC3
		52	INTKR	キー・リターン割り込み	KR	03C0H	000003C0H	次の PC	KRIC
		53	INTWTI	時計タイマのインターバル	WT	03D0H	000003D0H	次の PC	WTIIC
		54	INTWT	時計タイマの基準時間	WT	03E0H	000003E0H	次の PC	WTIC

イン・プログラム動作時に1回割り込みが入った場合です。
図1(b)は、割り込み中にさらに優先度の高い割り込みが入った場合になります。これを多重割り込みといいます。

2 V850ES/JG2 における割り込み

● V850ES/JG2 の割り込みの特徴

V850 マイコンは、割り込み応答の速さが特徴です。V850 ES/JG2 の割り込み応答時間は、最小4クロック、最大で6クロックになります。また、割り込み処理用に専用の割り込みコントローラ(INTC)を内蔵しています。割り込みコントローラは各割り込み要因をチェックし、優先順位の

判定を行い、CPU に割り込み要求を出します。本マイコンでは、マスカブル割り込みおよびノンマスカブル割り込み(NMI)の2種類の割り込みにより、内蔵している周辺のハードウェアおよび外部からの各種割り込み要因信号を処理できます。また、trap 命令による例外処理の起動(ソフトウェア例外)や、例外事象の発生(不正命令コードのフェッチ)による例外処理の起動(例外トラップ)も可能です。表1に、割り込み要因とデフォルトの優先順位、およびハンドラ・アドレスの一覧表を示します。

● マスカブル割り込み

マスカブル割り込みとは、「マスクできる」割り込みのことです。マスクできるというのは、割り込みが入っても、