



# 第9章 優先順位を高めたり、リアルタイムLinuxに取り替えてみたり マイコンに取って代われる?

## 実力テスト！ 信号入力や割り込み発生時の出力応答速度

渡辺 研 Ken Watanabe

### ● 3種類の応答時間を測る

本章では、I/Oパソコン「ラズベリー・パイ」を組み込みボードに利用することを想定して、次の三つの応答性能を調べます。

#### ① 汎用入出力端子の入力-出力間応答時間

ラズベリー・パイに搭載されているプロセッサ(BCM2836)に信号を入力して出力が応答するまでの時間差を測ります。プロセッサには、複数ある入力端子の電圧を巡回モニタ(ポーリング)させ、入力電圧が“L”→“H”に変化したら、出力端子を“L”→“H”にするプログラムを書き込んで動かします。表1に実験結果を示します。

#### ② 外から割り込み信号を入力したときの応答時間

プロセッサに信号を入力して、割り込み処理が始まるまでの時間を測定します。ノーマル・カーネルとRT(Real Time)カーネルの2種類のLinuxカーネルを動かしました。表2に実験結果を示します。

#### ③ タイマの時間切れトリガによる割り込み信号発生から出力端子が応答するまでの時間と出力端子のジッタ

プロセッサ内部で設定したタイマが、時間切れになって割り込み信号を発生してから、出力端子が応答するまでの時間差を測ります。表3はGPIO操作にかかった時間を含まない遅延時間、表4はGPIO操作にかかった時間を加えた遅延時間です。

〈編集部〉

\*

ラズベリー・パイはOSとセットです。そこで、

- 標準のカーネル(以後、ノーマル・カーネル)
- RT-Linuxパッチを適用したカーネル(以後、RTカーネル)

を両者のOSの違いによる応答性能の変化も調べます。RT-Linuxパッチとは、分割した処理の時間を短くして、リアルタイム応答性能を上げる修正用プログラムのことです。

表1 ポーリングでの応答時間の計測結果

どの条件でも99.5%以上は450 ns以下で応答した

カーネル種別	優先度	最小遅延	平均遅延	最大遅延	450 ns以下の応答率
ノーマル	低	160 ns	317.1 ns	431.4 $\mu$ s	99.50 %
	高	160 ns	309.2 ns	206.9 $\mu$ s	99.50 %
RT	低	160 ns	288.2 ns	102.5 $\mu$ s	99.86 %
	高	160 ns	286.3 ns	56.1 $\mu$ s	99.84 %

表2 外部割り込みでの応答時間の計測結果

外部割り込みの遅延はRTカーネルでも劇的な遅延の改善はなく、低優先度では悪化している

カーネル種別	優先度	最小遅延	平均遅延	最大遅延	100 $\mu$ s以下の応答率
ノーマル	低	38 $\mu$ s	43.70 $\mu$ s	5463 $\mu$ s	99.96 %
	高	38 $\mu$ s	45.38 $\mu$ s	5964 $\mu$ s	99.94 %
RT	低	38 $\mu$ s	45.74 $\mu$ s	9805 $\mu$ s	99.98 %
	高	38 $\mu$ s	45.20 $\mu$ s	5332 $\mu$ s	99.98 %

表3 cyclicttest 5 ms周期, 12万サンプルの結果

優先度高の条件では、あまり遅延時間に差がない

カーネル種別	優先度	最小	平均	最大
ノーマル	高	22 $\mu$ s	31 $\mu$ s	97 $\mu$ s
RT	高	22 $\mu$ s	30 $\mu$ s	99 $\mu$ s

表4 タイマ割り込みでのジッタ計測結果

カーネル種別	優先度	周期5 ms				周期1 ms
		最小遅延	平均遅延	最大遅延	$\pm 30 \mu$ sの割合	最大遅延
ノーマル	高	-231 $\mu$ s	9.29 $\mu$ s	243 $\mu$ s	98.42 %	240.2 $\mu$ s
RT	高	-160 $\mu$ s	5.04 $\mu$ s	228 $\mu$ s	99.99 %	145.15 $\mu$ s