

フラッシュより高速に 100 億回以上のランダム・アクセスが可能！

次世代の不揮発性メモリ FRAM を試す

フラッシュ・メモリのような、電源がなくてもデータを保てるメモリを「不揮発性メモリ」といいます。現在広く使われている不揮発性メモリは、書き込みにかかる時間の短縮に限界があり、用途が限定されています。不揮発性メモリでありながら、使いやすさを大きく改善したメモリの一つが、今回紹介するFRAMです。本稿では高速書き換えにスポットを当てて動作を確認してみます。

桑野 雅彦
Masahiko Kuwano

〈編集部〉

FRAMは「強誘電体メモリ」(Ferroelectric Random Access Memory)の略で、その名のとおり記憶素子として強誘電体を利用した不揮発性のメモリ・デバイスです。FRAMは製品名(登録商標)で、一般名詞としてはFeRAMという呼び方が使われています。

FRAMの大きな特徴は次の5点です。

- 100 ns 程度でリード/ライトが可能
- 1バイト単位で書き換え可能
- 低消費電力
- 不揮発(電源を切っても記憶内容が保持される)
- 書き換え耐用回数は 10^{10} ～ 10^{12} 回程度

EEPROMやフラッシュ・メモリなど、不揮発性で電氣的に書き換えができるタイプのメモリと比較したときの特徴は、100 ns 程度という桁違いに短い時間で1バイト単位の書き換えができる、書き換え回数が桁違いに多い、という2点でしょう。

富士通では1999年からFRAM混載システムLSIを発売しており、現在では非接触型のICカード(RFIDタグなど)にもFRAMが広く利用されています。

今回、富士通のご好意により、1 Mビット(128 Kバイト)のFRAM(写真1)を入手することができましたので、USBインターフェース内蔵のマイコンと接続してみました。ハイパーターミナルからFRAM内データのリード/ライトを行ったり、100円ショップなどで売っているイヤホン・マイクをつないで音声の記録/再生を行ったりできます。

8ビットで量子化して、1バイトのデータを約100 μ sごとに書き込み/読み出します。このような動作はEEPROMやフラッシュ・メモリにはできません。



写真1
FRAM MB85R1001(富士通)

今回のFRAMに相当する 他種のメモリの例

- FRAMと同じ不揮発性でアクセス方法が近いEEPROMは書き込みが速くない

ルネサス テクノロジの1 Mビット(128 Kワード×8ビット)のEEPROM, HN58C1001の書き込みタイミングの概略図を図1に示します。

▶ 書き込み動作に時間がかかる

EEPROMの信号はSRAMなどとほぼ同じですが、EEPROMにはビジー信号(RDY/Busy)がある点が違います。EEPROMは、読み出しに比べ書き込みはかなり長い時間が必要です。書き込み動作中であることを外部に知らせるために用意されているのがRDY/Busy信号で、書き込み動作が開始されるとLレベルになり、完了するとHレベルになります。

▶ 1バイト単位と128バイト単位の2種類の書き込み方法がある

HN68C1001は1バイト単位での書き込みのほか、128バイト単位の書き換えもできるようになっています。上位アドレス(A7～A16)が同一の128バイトを1ページとして、この領域をまとめて書き換えできます。

タイミング図の左側が1バイト単位の書き込み(シングル・ライト)時の動作、右側が最大128バイトの連続書き込み(ページ・ライト)時の動作です。

▶ 2種類の書き込み方法をもつ

アドレスとデータを与えた後、 \overline{CE} と \overline{WE} を使って書き込みパルスを与えると、EEPROMの内部書き込み動作を開始します。

書き込み動作を開始するとRDY/Busy信号がLレベルになるので、これがHレベルに復帰するまで待ちます。内部の書き込み動作は、データシートによると最大で10 ms(シンボルは t_{WC})となっています。

1バイト書き込みの後30 μ s以内であれば、同一ページ内に限り続けて書き込み動作を行える機能がページ書き込み機能です。ページ内の最後のデータを書き

込んだ後、 t_{WC} (最大 10 ms) 経過すると書き込みが終了します。

1バイト書き込んだ後、次のデータを書き込むまでの時間は最小 550 ns、最大 30 μ s という規定になっています。550 ns サイクルで 128 バイト書き込むとすると、必要な時間は 70 μ s 程度です。ただし、ページ単位の内部書き換え動作で最後に 10 ms かかります。

結局、約 10 ms で 128 バイトの書き込みができるので、平均では約 78 μ s で 1 バイトを書き込めます。

▶ ページ・ライト動作を有効に使うには十分な RAM が必要

ページ・ライト動作の波形をロジック・アナライザなどで見ると、図 1 (c) のように少し書き込んで長い時間書き込み完了を待つ、という動作になります。

一定周期でデータを格納するような使い方を想定した場合、ページの最終バイトを書き込んでから 10 ms の間は新たなデータの書き込みができません。この 10 ms の待ち時間の間、データをバッファ用の RAM など保存しておかなくてはなりません。RAM 容量の少

ないワンチップ・マイコンなどでは、この点がネックになることもあるでしょう。

● SRAM をバッテリー・バックアップするシステムは設計が難しいうえに使用条件に制限がある

EEPROM は書き込みに時間がかかる特性をもつので、機器の設定情報やマイコンのプログラムの格納など、データの読み出しが主体で書き込みはそれほど頻繁に行われない用途に使われています。

書き換えが頻繁に行われたり、書き換え速度の要求が厳しい用途では、揮発性メモリ (SRAM など) とバックアップ電池を使う方法もあります。

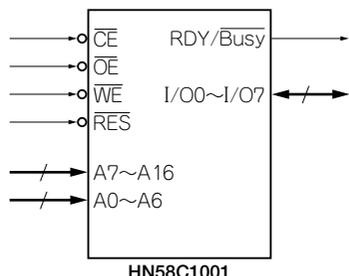
当然のことながら、電池が切れたり、電源切り替えの時に電源電圧が極端に下がったりすると、記憶内容が失われてしまいます。電源の分離や切り替え回路の設計に注意が必要になります。

電池の消耗検出、消耗時の対応、電池が装置と同じ使用環境条件に置かれることへの配慮など問題が多く、電池の存在そのものが装置の仕様や設計上の足かせになる場合もあります。

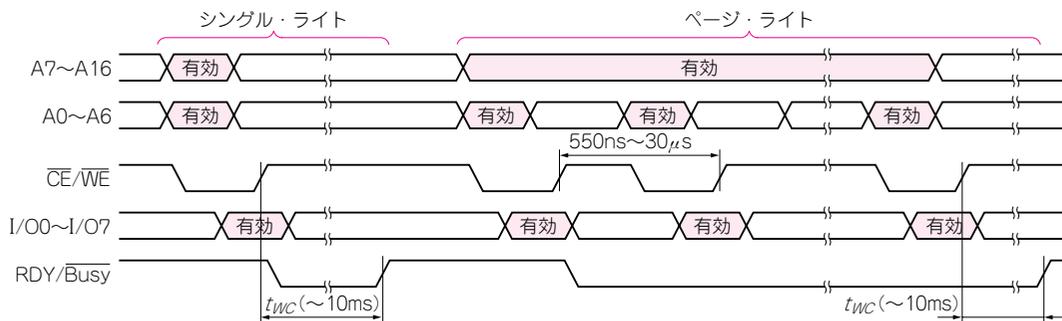
他のメモリに対する FRAM の利点と欠点

● FRAM の書き換え時間は圧倒的に短い

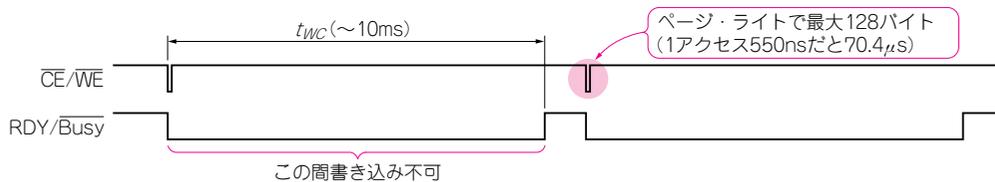
FRAM MB85R1001 の書き込みタイミングを図 2 に示します。FRAM の場合には、この図のように、ライト・サイクル・タイムの 150 ns の規定を守ってい



(a) 必要な信号線



(b) 書き込みタイミング



(c) 10msごとに間欠的に書き込むことになる

図1 EEPROMのデータ・ライト・タイミングの例
内部の書き込みに最大 10 ms かかる