

MAXQ3212を用いた リモートキーレスエントリー

MAXQファミリのマイクロコントローラは電氣的に静かな設計となっており、RFレシーバなどのアナログ回路との相性が抜群です。

最近の自動車は、出荷時にリモートキーレスエントリー(RKE)システムが組みこまれているものが多くなりました。しかし、旧式の、部品を見つけることさえ難しい「クラシック」な自動車にリモートキーレスエントリーの機能を持たせたい場合にはどうしたらいいでしょうか？

MAXQファミリのマイクロコントローラは、電氣的に静かな設計となっており、RFレシーバなどのアナログ回路との相性が抜群です。本稿では、マイクロコントローラMAXQ3212とレシーバMAX1473を用いてRKEレシーバを構築するのに必要な要素について考察します。

システムの概要

RKEでは、キーフォブのトランスミッタと車に取り付けたレシーバが必要です。システムの概要を図1に示します。(MAXQ3212はMAXQ3210の派生品であり、このプロジェクトにMAXQ3210を使用することもできます。)

プロトコル

キーレスエントリーのプロトコルは、自動車メーカーによって、車種によって、そして製造年度によって大きく異なります。したがって、このようなアフターマーケット用の製品では、プログラマブルなマイクロコントローラが便利です。本稿では、8400bps Manchesterエンコードによるデジタルデータストリーム(囲みManchesterエンコーディングを参照してください)を使用しています。送信は、ASKを使用した433MHzとします。FSKを使用する場合や異なる周波数を使用する場合は、レシーバチップをMAX1473から別のものに交換してください。マキシムの各種レシーバについては、japan.maxim-ic.com/wirelessをご覧ください。

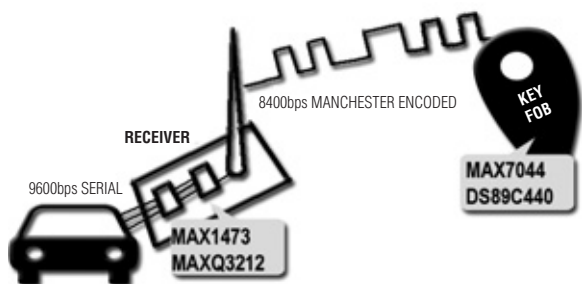
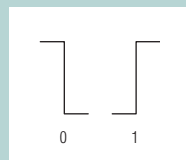


図1. RKEシステムではキーフォブとレシーバが必要です。

Manchesterエンコーディング

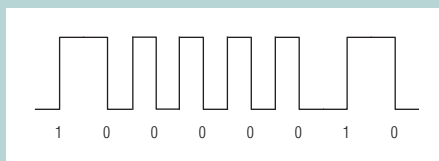
各データビットは少なくとも1つの信号遷移によって表され、データストリームはセルフクロッキングとなります。図2は、立下りエッジを0、立上りエッジを1としたときの0と1のシンボルを示しています。

図2. 立下りエッジが0を表し、立上りエッジが1を表します。



シリアルデータは、通常、LSBファーストで送信されます。つまり、ASCIIキャラクタの「A」(41h, 0100.0001b)は、図3に示すように、1000.0010bという形で送信されます。このエンコーディングは、0ビットと1ビットのシンボルをつなぎ合わせて作成します。

図3. ASCIIの「A」のエンコードは0のシンボルと1のシンボルをつなぎ合わせたもの。



キーフォブ

今回のRKEではレシーバを中心に検討することとし、トランスミッタには、DS89C450-KITとMAX7044EVKITという2種類の評価キット(EVキット)を用いることにしました。これらのキットを2つを並べ、その下に充電電池を置くようにケースに入れます(図4)。こうしてできたキーフォブは少し大きすぎますが、デモ用トランスミッタとしては十分だと言えます。

アンテナを取り付けると、一般的なキーフォブをはるかに超える到達距離が得られます。注：このトランスミッタは、シールドされたラボ環境でのみ使用し、出力を抑えるなどの対策を必ずとってください。

データストリーム

キーフォブはボタンが押されると、同期プリアンプ、トランスミッタID、カウンタ、およびボタンデータと順番に送信します(図5)。このシーケンスは、ボタンが離されるまで繰り返されるため、ソフトウェアにデバウンスルーチンが必要になります。今回のコード例では、レシーバを短期間ディセーブすることによって実現しています。

実際のシステムでは、車両の盗難を防ぐため、データの部分も暗号化します。復号化は、通常車両のボディコントロールモジュール(BCM)で行います。

レシーバ

レシーバは、16ビットマイクロコントローラのMAXQ3212とレシーバMAX1473が隣り合った構成としています。プリント基板の様子を図6に示します。側面からワイヤで車両のBCMと接続します。今回のプロジェクトでは、MAXQ3212に1つの専用のポートピンを割り当て、非同期シリアルデータを9600bpsで送信しています。図7は、ビットハングされたシンプルなシリアルポート用のMAXQコードです。

ソフトウェア

レシーバのソフトウェアは、受信信号の強度を測定し、プリアンプを待って同期を行い、データストリームをデコードして、その値をシリアルポートから送出します。

信号強度の測定

信号強度の測定は、Manchesterデコーディングという中心的なタスクから独立したタスクです。MAX1473レシーバには受信したアナログ信号強度インジケータ(RSSI)があり、測定を行います。MAXQ3212にはアナログコンパレータがあり(V_{REF} 入力とCMPI入力を比較)、タイマ出力ピンにパルス幅変調(PWM)を出力することができます。

図8は、このコンパレータとPWMを使って構築したADCです。RSSI信号をMAXQ3212のコンパレータの V_{REF} に入力します。次にタイマをPWMに設定します。このPWMに適切なフィルタをかければDAC出力が得られます。このDACをもう1つのコンパレータ入力CMPIに接続します。コンパレータが2つの信号レベルを比較し、それが一致すれば、専用のハードウェアによるADCなしでAD変換を行うことができます。

今回は、ソフトウェアで逐次比較を行う方法ではなく(DAC信号が繰り返し大きくスイングすることになり、セトリング時間が長くなる)、スローブADCとしています。適当な最低値からスタートし、コンパレータによって一致が確認されるまで、DAC出力を少しずつ大きくします。

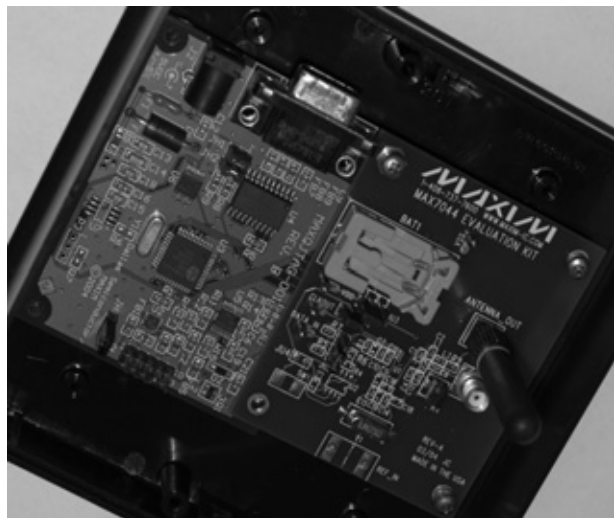


図4. 2つのEVキットを横に並べたキーフォブトランスミッタ。

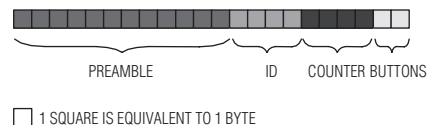


図5. キーフォブは、プリアンプ、ID、カウンタ、および鍵のコードを順番に送信します。

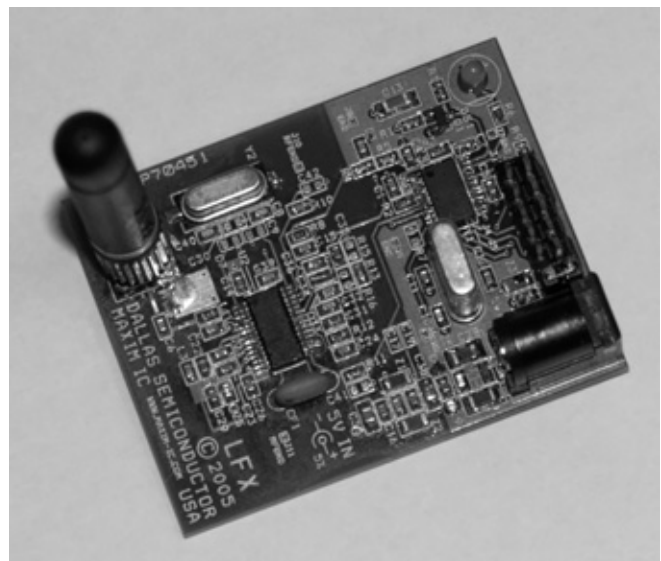


図6. MAXQ3212とMAX1473を実装したRKEレシーバボード。

```

;
;*****
; Transmit a byte over the bit-bang serial port on P0.0.
; Baud rate 9600, 3.2768 MHz ==> 341 clock cycles per bit
;
SerialPortOutput:
    move LC[0], #9          ; Start bit + 8 data bits
    move C, #0              ; First output bit to 0
serport_nextbit:
    move LC[1], #335       ; 6 cycles + delay loop == 335
    sjump C, serport_onebit ; Is this a one bit?
    move P00.0, #1         ; Set a zero bit
    sjump serport_delay    ; Jump to the delay
serport_onebit:
    move P00.0, #0         ; Set a one bit
    nop                    ; Even out the timing
serport_delay:
    djnz LC[1], $          ; Single bit delay
    sr                     ; Shift for next bit, current in c
    djnz LC[0], serport_nextbit ; Next bit
    move P00.0, #0         ; Send a stop bit
    move LC[1], #600       ; Extra long stop time
    djnz LC[1], $
    ret

```

図7. シリアルポート出力はシンプルなポートピンを使って生成することができます。

RF信号デコーダ

MAX1473にはデジタル信号出力(DATAOUT)があります。RFノイズが常に存在するため、キーフォブが送信しているかどうかにかかわらず、この出力は常にトグルし続けてしまいます。このノイズと信号とを区別するためには、MAXQマイクロコントローラに簡単なステートマシンを構築し、信号の立上りエッジと立下りエッジの時間間隔を測定し、同期プリアンプかどうかを判別する必要があります。

エッジ間隔の測定を効率的に行う方法は、割込みを使うことです。MAXQは、立上りエッジや立下りエッジで割込みがトリガされるようにプログラミングすることができます。今回の測定では、「立上りエッジ」で割込みがかかるようにしています。エッジが検出されると、タイマをリセットしてスタートさせ、割込み

エッジを「立下り」に切り替えます。立下りエッジで、割込みハンドラはタイマ値を読み取ります。タイマを読み出し、リセットしてから、割込みをトグルする部分のコードを図9に示します。

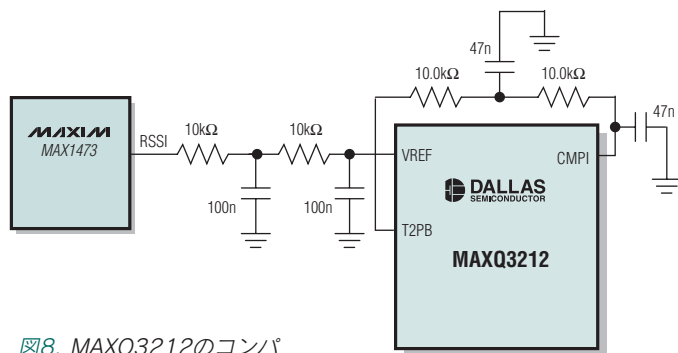


図8. MAXQ3212のコンパレータを用いてアナログ信号強度を測定します。

エッジ間隔が(適切な許容範囲で) 8400bpsというデータレートに一致し、プロトコルで定められた同期パルス数が検出されると、マイクロコントローラのソフトウェアステートマシンが受信モードへ切り替わり、残りのパケットデータの解釈を開始します。

まとめ

MAXQマイクロコントローラは電氣的に静かな設計となっており、RF信号をあまり劣化させることがなく、マキシムのRFコンポーネントとの相性が抜群です。本稿で紹介しているデモ用のトランスミッタとレシーバのコードと図面は、micro.software@dalsemi.comまで電子メールで請求してください(英語のみの対応となります)。電子メールを送られる際は、設計中のプロジェクトの内容を説明してください。

```

;
; We have an edge on P0.0. Grab timer value and toggle interrupt sense.
;
    move a[T2_CURR], T2H      ; Read shifted by ~ 4 cycles
    move T2H, #0             ; Reset timer
    move acc, EI0
    xor #5                   ; Flip edge phase and clear interrupt
    move EI0, acc

```

図9. エッジ検出とタイミングはすべて割込み駆動とします。