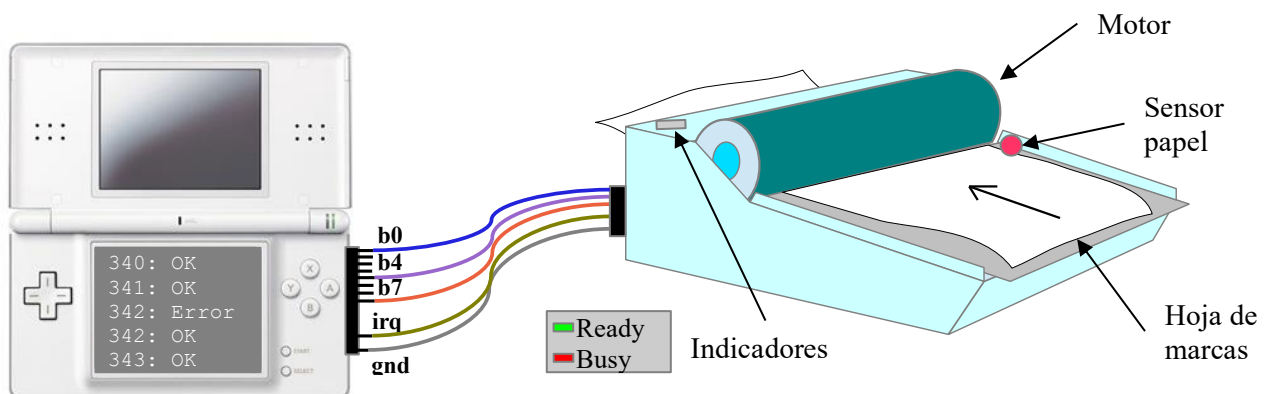
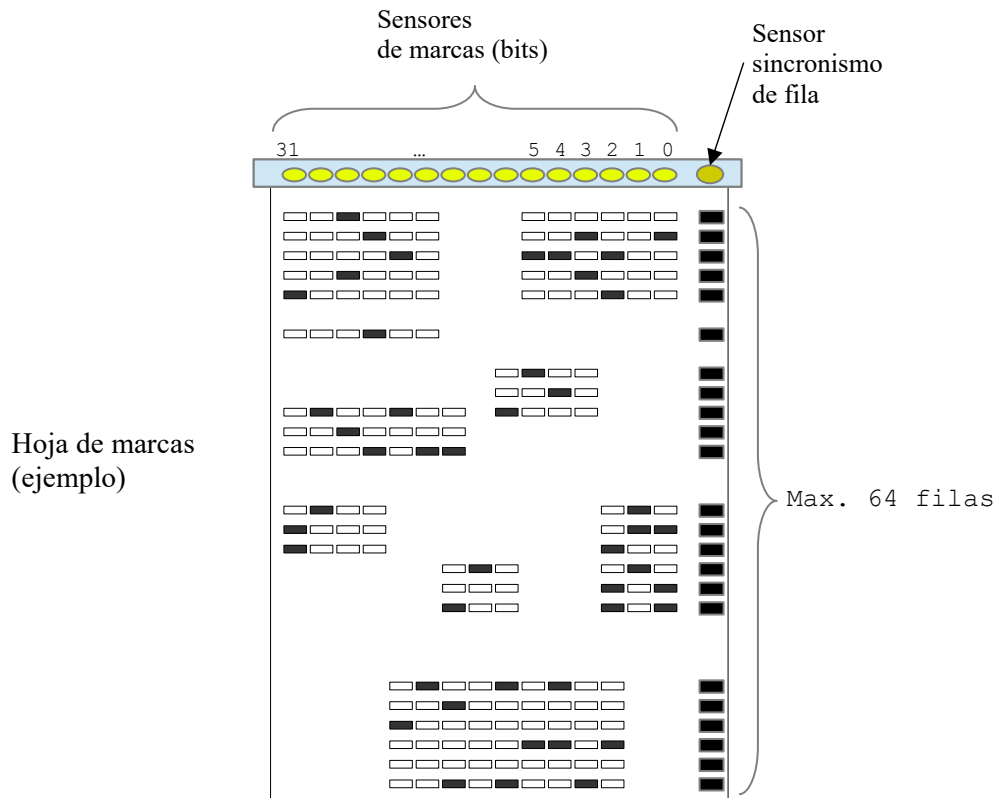


Problema 28: Lector de hojas de marcas (Ex. 1ª Conv. 2018-19)

Se propone controlar un dispositivo para leer hojas de marcas, es decir, formularios donde el usuario puede introducir información marcando determinados huecos para señalar opciones, valores, dígitos, etc. En el siguiente esquema se muestra una representación simbólica del dispositivo y de su conexión con el computador (NDS):



El siguiente gráfico muestra un ejemplo de hoja de marcas con una determinada disposición de elementos relevantes (huecos, marcas), además de los sensores ubicados dentro del dispositivo:



A la derecha de la hoja se encuentra la columna de marcas de sincronismo de fila, que vienen impresas en la hoja junto con los huecos a rellenar y el texto descriptivo de cada información a introducir. Sin embargo, en el gráfico de ejemplo no se ha incluido ningún texto por motivos de espacio. La función de las marcas de sincronismo es la de indicar dónde hay filas de huecos. En nuestro caso, una hoja podrá incluir hasta 64 filas, como máximo (si todas son contiguas), aunque cada diseño de formulario puede definir su propia disposición de filas. La disposición de los huecos a rellenar también dependerá del diseño concreto del formulario, pero siempre estarán alineados con los sensores de marcas. En nuestro caso disponemos de 32 sensores de marcas, por lo tanto, en el diseño del formulario se podrán utilizar hasta 32 columnas de huecos. Obviamente, el marcaje de los huecos depende de las respuestas de cada usuario, pero en el gráfico de ejemplo se han señalado (en negro) algunos huecos para proporcionar una idea de la apariencia de estas hojas de marcas.

La interfaz que vamos a utilizar consiste en un único registro de Entrada/Salida de 8 bits, de nombre simbólico `REG_MARCAS`, además de la interrupción `IRQ_MARCAS`, que se activa cuando el dispositivo envía un flanco ascendente por el cable `irq`. A continuación se describe la función de cada señal de la interfaz computador/dispositivo:

| <i>Señal</i> | <i>Descripción</i> |
|------------------|--|
| Reg.E/S: bit 0 | Indica el estado del sensor de papel: 0 → no hay hoja, 1 → hay hoja |
| Reg.E/S: bit 4 | Transmite (en serie, empezando por el sensor 31) el estado de los huecos de marcas: 0 → hueco no marcado, 1 → hueco marcado |
| Reg.E/S: bit 7 | Controla el estado de los indicadores luminosos y del motor de tracción de hojas: 0 → READY encendido, BUSY apagado, motor parado 1 → READY apagado, BUSY encendido, motor en marcha |
| <code>irq</code> | Se activa a cada detección de sincronismo de fila |
| <code>gnd</code> | Nivel de voltaje de referencia del 0 (<i>ground</i>) |

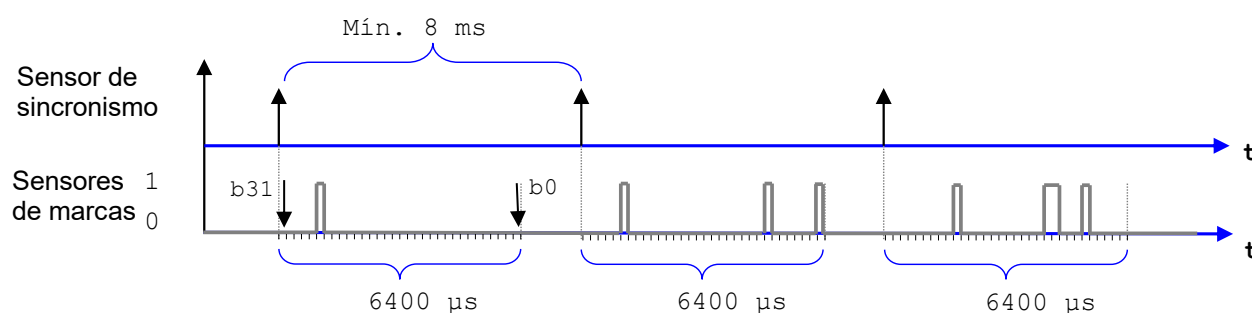
El funcionamiento del sistema es el siguiente:

- inicialmente el dispositivo está en reposo (motor parado) y el indicador READY está iluminado,
- cuando el usuario introduce una hoja de marcas en el dispositivo, el sensor de papel lo detecta y lo comunica al computador (NDS) a través del bit 0 del registro de E/S,
- cuando la NDS está preparada para empezar a procesar la lectura de la hoja actual, envía un 1 a través del bit 7 del registro de E/S,
- entonces el dispositivo activa el indicador BUSY y pone en marcha el motor de tracción de hojas,
- al mover la hoja por debajo de los sensores, el dispositivo detecta las marcas de sincronismo de fila y captura las posibles marcas del usuario,
- por cada nueva marca de sincronismo de fila, el dispositivo activa la señal de petición

de interrupción (`irq`) y empieza a transmitir el estado de los 32 sensores de marcas a través del bit 4 del registro de E/S, en serie, es decir, uno detrás del otro, a una velocidad constante (32 bits en 6,4 ms), empezando por el sensor 31,

- la velocidad máxima de tracción del papel determina un tiempo mínimo entre sincronismos de fila de 8 milisegundos, suponiendo que las filas estén contiguas; en el caso de que la separación entre dos filas sea superior a la mínima, el tiempo entre sus respectivas señales de sincronismos será superior a 8 ms, lógicamente,
- cuando se ha pasado toda la hoja, el sensor de papel se pone a 0,
- cuando la NDS detecta el final de la lectura de la hoja, debe transmitir toda la información de dicha hoja a un ordenador remoto (a través de una conexión Wifi),
- el ordenador remoto contestará con un mensaje de lectura correcta (marcas del usuario coherentes) o incorrecta; entonces la NDS mostrará este resultado por su pantalla inferior, junto con el número de hojas leídas correctamente (ver esquema inicial),
- después de mostrar dicha información por pantalla, la NDS desactivará el bit 7 del registro de E/S, con lo cual el dispositivo parará el motor de tracción y activará el indicador READY, para volver a repetir el proceso desde el principio.

Con el fin de ejemplificar la transmisión en serie de las detecciones de marcas, el siguiente cronograma muestra la evolución de la activación de la señal `irq` y del bit 4 del registro de E/S para tres filas consecutivas:



Para realizar el programa de la NDS se dispone de las siguientes rutinas ya implementadas:

| Rutina | Descripción |
|--|--|
| <code>inicializaciones()</code> | Inicializa el <i>hardware</i> (pantalla, interrupciones, etc.); no inicializa el <i>timer</i> 0 |
| <code>tareas_independientes()</code> | Tareas que no dependen de la lectura de las hojas de marcas (máx. 100 ms) |
| <code>inicializar_timer0(unsigned short freq)</code> | Inicializa el <i>timer</i> 0 para que genere interrupciones a la frecuencia especificada por parámetro, en hercios |
| <code>desactivar_timer0()</code> | Desactiva el <i>timer</i> 0 |

| | |
|---|--|
| <code>unsigned char enviar_hoja(unsigned int m[], unsigned int n_fil)</code> | Envía el resultado de la lectura de una hoja de marcas, que se pasa por referencia como un vector de <i>words</i> , junto con el número de filas (posiciones del vector), y devuelve un booleano que indica si el contenido de la hoja es coherente (cierto) o no (falso); tiempo mínimo de ejecución = 100 ms |
| <code>swiWaitForVBlank()</code> | Espera hasta el próximo retroceso vertical |
| <code>printf(char *format, ...)</code> | Escribe un mensaje en la pantalla inferior de la NDS |

Se sugiere el uso de las siguientes variables globales:

```
#define MAX_FILAS      64                // máximo número de filas por hoja

unsigned char num_filas = 0;              // número de filas actual
unsigned int marcas[MAX_FILAS];          // vector de marcas capturadas

unsigned short num_hojas = 0;            // núm. hojas leídas correctamente
```

La variable `num_filas` permitirá contar el número de filas almacenadas en todo momento dentro del vector `marcas[]`, cuyo propósito es registrar todos los valores (bits) capturados por los sensores de marcas. La variable `num_hojas` permitirá contabilizar el número de hojas leídas correctamente hasta el momento.

Para recibir el valor de los sensores de marcas enviados en serie se debe utilizar la RSI del *timer0*, programada a la frecuencia adecuada.

La gestión de la lectura de las hojas de marcas debe ser concurrente con la realización de las tareas independientes.

Se pide:

Programa principal y variables globales adicionales en C, RSIs del dispositivo y del *timer0* en ensamblador.