

# Desarrollo de una librería para microcontrolador dsPIC33F para la lectura de tarjetas microSD en un dispositivo inercial

Raul Casillas Martín

Proyecto Final de Carrera  
I.T.I esp. Electrónica Industrial

## Resumen

La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno degenerativo del sistema nervioso central y es la segunda enfermedad neurodegenerativa más frecuente después del Alzheimer. Desde el “Centre Tecnològic de Recerca per a la Dependència i la Vida Autònoma” (CETpD) se investiga en el tratamiento y detección de los síntomas de la EP utilizando sensores inerciales. Para ello se hace uso de la plataforma inercial 9x2, desarrollada por el CETpD, que permite monitorizar el movimiento de las personas. El dispositivo 9x2 es capaz de tratar la información de los sensores inerciales y transmitirla en tiempo real mediante comunicación inalámbrica o almacenarla en una tarjeta microSD. Para poder hacer un análisis del movimiento del paciente y, por ejemplo, generar algoritmos de detección de síntomas, es necesario acceder a los archivos que contienen las señales de los sensores. Hasta el momento del inicio de este proyecto, la única manera de acceder a los archivos y transferirlos a un PC consistía en abrir el dispositivo y extraer la batería para acceder a la tarjeta microSD. Extraer a menudo la batería acaba provocando problemas de colocación de la misma y, como consecuencia, se puede producir una pérdida de datos.

En este proyecto se ha trabajado sobre el sistema de descarga de datos de la tarjeta microSD, accediendo a la tarjeta y transfiriendo los archivos aprovechando la tecnología Bluetooth incorporada en el dispositivo. Se ha desarrollado una librería para el microcontrolador dsPIC33F capaz de enviar a un ordenador los datos previamente grabados por el sensor. Además, se ha diseñado una aplicación LabVIEW que recibe los ficheros registrados y permite borrar los datos o formatear la tarjeta microSD. De esta manera, las funcionalidades desarrolladas en este proyecto de final de carrera permitirán un nuevo diseño estanco del encapsulado del dispositivo, lo cual abrirá la puerta a ampliar el seguimiento en tiempo real del estado motor de la persona con Parkinson evitando las interrupciones provocadas en determinados momentos del día como, por ejemplo, la ducha y, por otro lado, se podrá aplicar en nuevos campos como puede ser el ámbito de los deportes acuáticos.

## 1. Introducción

La enfermedad del Parkinson es una enfermedad caracterizada por desórdenes del movimiento. Uno de los desórdenes más conocidos es el temblor, pero los enfermos sufren otros síntomas como son la lentitud de movimiento o bradicinesia, movimientos involuntarios o discinesias y la congelación de la marcha o *Freezing of Gait*, entre otros. Desde el CETpD, se están usando sensores inerciales en el estudio de los síntomas de la enfermedad del Parkinson. En este campo, bajo el proyecto REMPARK se desarrolla un sistema de salud personal capaz de detectar, dar respuesta y gestionar el tratamiento de personas con la enfermedad del Parkinson mediante la plataforma inercial 9x2. Esta plataforma o sensor inercial permite monitorizar la marcha y el equilibrio de las personas. El dispositivo 9x2 incorpora varios sensores de medida inercial, como un giroscopio, un acelerómetro y un magnetómetro, que se encargan de proporcionar datos sobre la cinemática del paciente. Este sensor es capaz de generar archivos con la información de los sensores y almacenarlos en una memoria del tipo microSD.

Para poder hacer un seguimiento de la cinemática del paciente y generar algoritmos de detección de síntomas es necesario acceder a estos archivos. Hasta el momento, la única manera posible de realizarlo consiste en abrir el dispositivo, extraer la batería para poder acceder a la tarjeta microSD y transferir los archivos a un PC. Este proceso puede provocar problemas de colocación de la batería y, como consecuencia, la pérdida de datos.

Este proyecto se ha planteado como objetivo dotar de una mayor robustez y usabilidad a este dispositivo a través de mejorar el sistema de descarga de datos. Para ello, bajo este proyecto se ha desarrollado una serie de librerías que acceden a la tarjeta microSD y transfieren inalámbricamente los archivos generados. Como el dispositivo 9x2 dispone de un módulo Bluetooth, aprovecharemos esta tecnología para transferir los datos de la tarjeta microSD a un PC así como para enviar las órdenes de borrar los datos o formatear la tarjeta sin necesidad de abrir el dispositivo. Las funcionalidades desarrolladas en este proyecto de final de carrera permitirán un nuevo diseño estanco del encapsulado del dispositivo, lo cual abrirá la puerta a ampliar el seguimiento en tiempo real del estado

motor de la persona con Parkinson evitando las interrupciones provocadas en determinados momentos del día como, por ejemplo, la ducha y, por otro lado, se podrá aplicar en nuevos campos como puede ser el ámbito de los deportes acuáticos.

El objetivo principal de este proyecto consiste en crear una librería, específica para el microcontrolador del 9x2, que incluya el código que le permita acceder a la tarjeta microSD y transferir los archivos almacenados a un PC mediante la tecnología Bluetooth. A partir de este objetivo principal surgen los siguientes objetivos secundarios:

- Identificar los archivos existentes en la tarjeta microSD.
- Enviar los archivos de la tarjeta a un PC mediante el dispositivo Bluetooth disponible en el sensor con el perfil SPP (Serial Port Profile).
- Desarrollar una aplicación para la recepción en el PC de los datos enviados por el sensor.
- Comprobar errores en la transmisión de datos.
- Mantener la fecha y hora de creación de los archivos en la transmisión.
- Borrar los datos de la tarjeta microSD sin necesidad de extraerla del dispositivo.

## 2. Dispositivo inercial 9x2

El sensor 9x2 es una plataforma inercial diseñada y desarrollada en el CETpD. Está pensada para ser portátil de manera que una persona pueda llevar el dispositivo durante largos períodos de tiempo sin que le resulte molesto. Este sistema tiene la función de capturar todos los datos inerciales que se produzcan en el punto donde está situado el sensor, de forma que caracterizando estas señales se pueda saber qué movimiento está haciendo la persona o los síntomas que tiene.

Uno de los propósitos de la plataforma inercial 9x2 es conseguir una buena autonomía del dispositivo y, para ello, incorpora una batería de larga duración recargable y una memoria interna del tipo microSD donde almacenar los datos recogidos. El dispositivo integra un acelerómetro, capaz de medir aceleraciones lineales en cualquier dirección, un giroscopio que mide la velocidad angular de un movimiento y un magnetómetro que determina la orientación respecto al campo magnético terrestre.

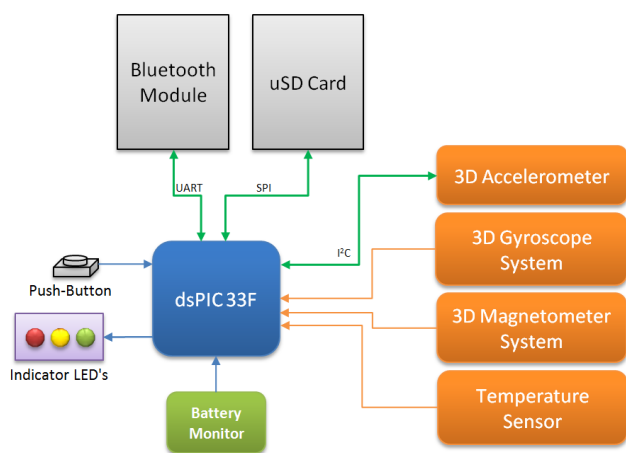


Figura 1. Esquema básico del sistema

El sistema se basa en dos sensores, uno colocado en la muñeca y otro colocado en la cintura. El primero es el encargado de detectar los temblores típicos de la enfermedad de Parkinson y envía los datos capturados al sensor de cintura mediante Bluetooth. El sensor de cintura recibe los datos y los guarda juntamente con sus capturas en una tarjeta microSD, formando archivos con la cinemática del paciente. Además, el sistema está preparado para poder procesar datos online gracias a su microcontrolador dsPIC33F, capaz de controlar todos los procesos del 9x2 y realizar los cálculos necesarios para poder tratar, caracterizar y ejecutar algoritmos inteligentes.

## 3. Sistemas de ficheros y comunicaciones

Este apartado pretende mostrar cómo se comunica el microcontrolador del 9x2 con la tarjeta microSD para formar los diferentes archivos con los datos de los sensores y cómo establece comunicación vía Bluetooth con otros dispositivos. Se hace un repaso al funcionamiento de las tarjetas SD y del módulo Bluetooth WT12 que incorpora.

### 3.1 Tarjeta de memoria SD

Una tarjeta de memoria SD es un sistema de almacenamiento informático para dispositivos portátiles que se comercializa en tres formatos, cuya principal diferencia son las dimensiones. El formato más grande es el SD estándar, y le siguen el formato miniSD y el microSD. Las tarjetas SD poseen 9 pines, de los cuales uno es de reloj, otro es para enviar comandos, cuatro son de datos y los tres restantes son de alimentación. Estas tarjetas implementan dos buses de comunicación, un bus paralelo de alta velocidad específico de las tarjetas, y otro bus serie SPI compatible.

La memoria de la tarjeta se estructura buscando la compatibilidad con los discos duros. La unidad básica de memoria es el byte, formado por 8 bits, estos a su vez se agrupan en bloques, que en general son conjuntos de 512 bytes. El bloque es la unidad básica de memoria que se puede escribir o leer de una tarjeta.

Para que los datos escritos en la tarjeta sean legibles desde cualquier otro dispositivo estándar, como un PC, se utiliza un sistema de ficheros. En nuestro caso, el sistema utilizado es el FAT16, desarrollado por Microsoft, debido a que es compatible con casi cualquier sistema operativo existente y que es uno de los sistemas de archivos actuales más sencillos.

El CETpD ha desarrollado una librería específica para el microcontrolador dsPIC33F que exclusivamente permite guardar los datos generados por los sensores de la plataforma inercial 9x2 en archivos con formato FAT16. El dispositivo 9x2 crea siempre el archivo con un nombre que identifica el prototipo de dispositivo utilizado y una extensión que indica el número de archivo por orden de creación, de 001 hasta 999.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
<input type="checkbox"/> P9V26N01.001	22/05/2022 0:00	Archivo 001	41 KB
<input type="checkbox"/> P9V26N01.002	16/12/2016 0:11	Archivo 002	38 KB
<input type="checkbox"/> P9V26N01.003	16/12/2016 0:11	Archivo 003	30 KB
<input type="checkbox"/> P9V26N01.004	16/07/2097 14:13	Archivo 004	60 KB

Figura 2. Archivos guardados en la microSD

### 3.2 Comunicación Bluetooth

El módulo Bluetooth del 9x2 incorpora un potente firmware iWRAP que permite a los usuarios comunicarse con el procesador del chip Bluetooth a través de la interfaz UART utilizando solamente comandos ASCII soportados por el software iWRAP. Con estos comandos el usuario puede acceder a la funcionalidad Bluetooth sin prestar atención a su complejidad, que reside en los protocolos específicos de la tecnología Bluetooth. iWRAP es un firmware que implementa la pila completa de protocolos Bluetooth. La transmisión de datos se realiza mediante el perfil Bluetooth SPP (Serial Port Profile) emulando así una transmisión a través del puerto serie RS-232 estándar.

## 4. Diseño de una librería para la lectura de datos de la tarjeta microSD

El objetivo de esta nueva librería es incluir todo el código y las funciones necesarias para permitir al microcontrolador acceder a la tarjeta microSD, identificar los archivos existentes, enviarlos por Bluetooth y formatear la tarjeta. Para ello, hay una serie de necesidades que se deben cubrir:

- En primer lugar, antes de enviar los datos de la tarjeta, el usuario receptor debe conocer la cantidad de archivos que hay almacenados en la misma y la cantidad de espacio que ocupan en memoria para que pueda decidir si se efectuará la operación de traspaso o no. Si el receptor confirma la operación, se produce el envío de datos.

- El envío de datos ha de ser seguro. Para ello, se ha decidido enviar los archivos en paquetes de 512 bytes y realizar de forma fiable un chequeo de los datos por parte del receptor. Así, el microcontrolador antes de enviar el paquete de 512 bytes ejecuta un algoritmo de chequeo de datos cuyo resultado envía conjuntamente con el paquete de datos. El receptor comprobará si el chequeo que le ha sido enviado por el microcontrolador coincide con el chequeo efectuado por él mismo. De coincidir, se aceptará el paquete de datos y se procederá al envío del siguiente paquete hasta completar la totalidad del archivo. En caso contrario se desechará el mensaje y se solicitará de nuevo el envío.

La figura 3 presenta la función principal que se encarga del envío por Bluetooth de los datos de la tarjeta. El envío de los datos se hace a través de una máquina de estados, como es la función *envía\_BT()*, que gestiona el envío cambiando de estado de acuerdo al recibimiento de ACK enviados por el receptor. Un estado envía la identidad del archivo, otro estado envía el archivo en paquetes de 512 bytes y otro estado indica la finalización del envío.

Para mantener la organización del programa, todas las nuevas funciones creadas han sido incluidas en una nueva librería que se ha llamado *send\_uSD\_BT* pero también ha sido necesario crear funciones para el envío de los archivos por Bluetooth que se han incluido en la librería existente para el control del Bluetooth *lib\_BT*. De esta manera se ha conseguido integrar el nuevo código y las nuevas funciones en el programa existente manteniendo la estructura y organización inicial.

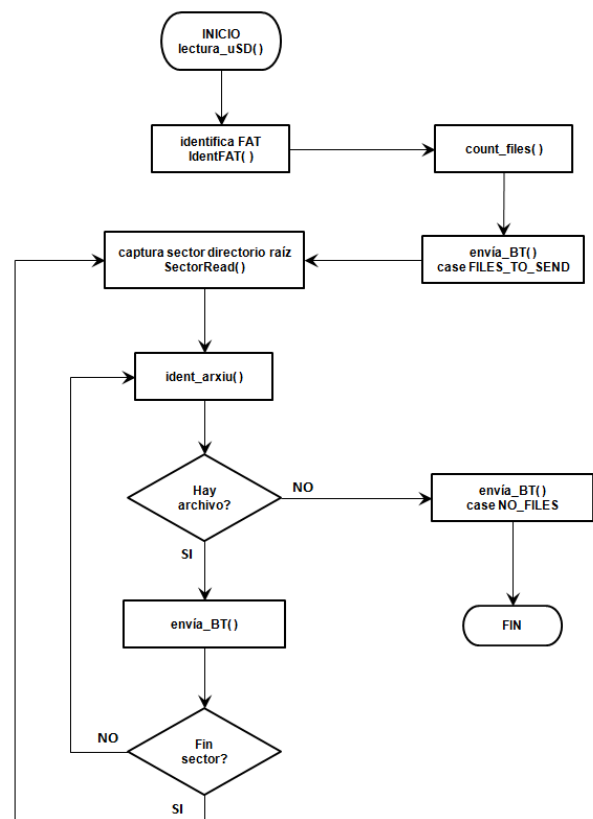


Figura 3. Diagrama de flujo de la función principal

## 5. Desarrollo de la aplicación LabVIEW de control de los datos

La descarga de los datos del sensor debe ser controlada por una aplicación que se encargue de establecer conexión Bluetooth con el dispositivo 9x2, recibir los archivos que se han generado con los datos de la cinemática del paciente y mandar la orden de eliminar los datos de la tarjeta, liberando así espacio y evitando problemas de almacenamiento de datos. Este apartado describe la aplicación desarrollada. El entorno elegido para ello ha sido LabVIEW, software que usa un lenguaje de programación gráfico especializado en el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control.

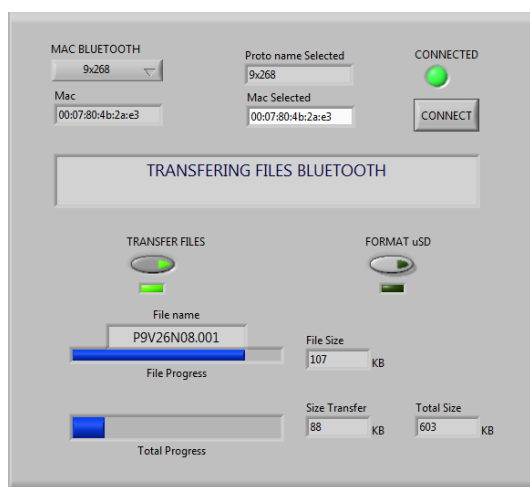
### 5.1 Conexión con el dispositivo 9x2

Para establecer la conexión Bluetooth es necesario conocer la dirección Media Access Control (MAC) del módulo Bluetooth que contiene el sensor. Esta dirección Bluetooth es única para cada dispositivo y es la dirección a la que LabVIEW se ha de dirigir para establecer conexión con el dispositivo. La dirección MAC de un dispositivo 9x2 viene dada por el número de prototipo que tienen asignado todas las unidades de medida inercial 9x2 que ha creado el CETpD.

### 5.2 Opciones de la aplicación

Una vez se ha establecido conexión con el dispositivo 9x2, la aplicación nos muestra dos opciones, o transferir los archivos que el dispositivo tiene almacenados en la tarjeta microSD o bien borrar directamente todo el contenido de la tarjeta. Para conocer el estado del envío de los archivos la

aplicación cuenta con dos barras de progreso. Una barra indica el progreso del envío del archivo actual además de indicar el tamaño en KB que ocupa y la otra barra indica el progreso total del proceso de envío, la cantidad de KB que se llevan transferidos y el tamaño total que ocupará la recepción de los archivos.



**Figura 4.** Panel frontal de la aplicación

## 6. Conclusiones

Para dotar al dispositivo 9x2 de mayor robustez y usabilidad, en este proyecto se ha trabajado sobre el sistema de descarga de datos de la tarjeta microSD, accediendo a la tarjeta y transfiriendo los archivos inalámbricamente a través de la tecnología Bluetooth incorporada en el dispositivo.

De esta manera, se ha desarrollado una librería específica para el microcontrolador del 9x2. Esta librería incluye el código necesario para permitir al microcontrolador el acceso a la tarjeta, identificar los archivos, transmitirlos a un PC y borrar los datos mediante la tecnología Bluetooth, evitando así la necesidad de extraer la tarjeta del dispositivo. Además se ha desarrollado una aplicación en LabVIEW diseñada para ser ejecutada en un PC que permite establecer conexión Bluetooth con el dispositivo 9x2, transferir los archivos que se han generado con los datos de la cinemática del paciente y eliminarlos de la tarjeta, liberando espacio y evitando problemas de almacenamiento de datos.

Los objetivos planteados al inicio del proyecto se han cumplido satisfactoriamente y, en consecuencia, se permitirá el diseño de un nuevo encapsulado estanco del dispositivo que lo hará más robusto y usable permitiendo ampliar el seguimiento en tiempo real del estado motor de la persona con Parkinson y la toma de datos de la cinemática del paciente de forma ininterrumpida. Así, el uso del dispositivo no deberá ser suspendido en momentos en los que el paciente haga actividades cotidianas que impliquen el contacto con el agua o ambientes húmedos que puedan dañar la electrónica del 9x2. Esto abrirá las puertas a desarrollar futuros proyectos en los que el exceso de humedad no permitía el uso del dispositivo. Estudiar cinemáticas de deportistas de élite es una de las nuevas posibilidades que se presentan al uso del 9x2.

## Referencias

- [1] SD Group and SD Card Association, Physical Layer Simplified Specification Version 2.00, 2006.
- [2] Bluegiga Technologies, iWRAP User Guide.
- [3] Microchip Technology Inc., dsPIC Language Tools Libraries, 2004.
- [4] National Instruments, LabVIEW User Manual, Abril 2003.
- [5] Microchip Technology Inc., MPLAB® IDE User's Guide with MPLAB Editor and MPLAB SIM Simulator, 2009.
- [6] Microchip Technology Inc., dsPIC33FJ64MCX02/04 Data Sheet: High-Performance 16-Bit Digital Signal Controllers, 2007-2011.
- [7] Bluegiga Technologies, WT12 Data Sheet, 2007.
- [8] D. Ibrahim, SD Card Projects Using the PIC Microcontroller, Newnes, 2010.
- [9] J. C. López Ardao, Programación en C, Diciembre 2011.
- [10] D. Rodríguez Martín, «Funcionalitat del sistema,» de *Sistema inercial vestible amb capacitat de desenvolupament i implementació algorísmica - Tesi de Màster en Automàtica i Robòtica*, Universitat Politècnica de Catalunya, 2011.
- [11] [En línea]. Available: support.microsoft.com.
- [12] [En línea]. Available: www.bluetooth.org.