

## CAPÍTULO 6

# RESULTADOS, RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

### 6.1 RESULTADOS

Este proyecto se realizó con base en una metodología de trabajo por etapas; una vez elegido el microprocesador, se procedió a establecer la comunicación con la *PC* vía *USB* en una aplicación de *C#*, que controlará el encendido de un led para comprobar el envío de información, así como la lectura del estado de un interruptor para verificar la recepción.

Una vez establecida la comunicación, se continuó el trabajo con cada uno de los actuadores, de manera independiente, tanto en el *firmware* como en el *software*. Se establecieron los parámetros a controlar así como sus rangos de operación. Posteriormente, se realizaron pruebas para verificar su funcionamiento, y ajustarlos a las necesidades del proyecto.

Se seleccionó el tipo de sensores con los que se trabajó, y para los cuales se definió cómo se conectarían con el microcontrolador, así como la forma como se mostrarían sus resultados.

Finalmente, se conjuntaron y se depuraron los diferentes programas en el *firmware*, de acuerdo a los puertos disponibles y la configuración de los mismos. El problema que se tuvo que resolver fue la continuidad de las instrucciones, para lo cual se requirió realizar en paralelo el funcionamiento de los motores y la lectura de los sensores, garantizando que los cambios desde la computadora se efectuarán en tiempo real. Se intentó utilizar las interrupciones del microcontrolador, para actualizar los datos recibidos, pero esto generó el problema de que se interrumpía toda la actividad del *PIC*, y en el caso del motor de pulsos se detenía su giro, debido a que la secuencia de pulsos se veía interrumpida. Además, era necesario declarar un nuevo *endpoint* para lograr la interrupción del *PIC*, cada vez que se recibiera un dato de la *PC*, lo cual implicaba modificar el descriptor del *firmware*.

La programación estructurada en lenguaje C hizo un tanto difícil el control en tiempo real del proceso, debido a que se requiere un monitoreo constante de los sensores sin interrumpir el funcionamiento correcto de los motores, los cuales no siempre estarán funcionando simultáneamente, además de que, en general, son diferentes los parámetros para cada uno de ellos.

Este problema se resolvió gracias a que el compilador del microcontrolador cuenta con el *RTOS (Real Time Operating System)*, que se utiliza para tener aplicaciones multitarea, y de este modo permite optimizar el programa, se simplifica el desarrollo de la aplicación, y mediante el uso de tareas del *RTOS* se reducen los errores de programación.

En las primeras pruebas que se realizaron, se aprovechó la alimentación de 5 V que se dispone del puerto *USB*, lo cual presentaba grandes ventajas al no necesitar una

fuente de poder adicional. Conforme se fueron integrando los elementos de la interfaz, se requirió una intensidad de corriente mayor del que el puerto *USB* puede proporcionar, por lo que se decidió emplear una alimentación externa.

El prototipo final se probó en diferentes *PCs* con sistema operativo *Windows XP*, en las que se instaló el *software* correspondiente, y en todas ellas su funcionamiento fue el esperado de acuerdo con las especificaciones de diseño.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Una vez que el proyecto en su conjunto trabajó bien durante varias pruebas de laboratorio, se decidió probarlo en la aplicación para el que fue diseñado, con niños de Primaria.

Primero, los niños diseñaron diferentes juguetes con movimiento: cada uno construyó la maqueta de un juego mecánico de una feria de diversiones, entre las que hubo unas sillas voladoras, una rueda de la fortuna, un carrusel y una canoa.

Posteriormente, se adaptó a cada una de dichas maquetas alguno de los motores de la interfaz, para que el niño lo pudiera controlar con el empleo de los sensores a través de la interfaz gráfica diseñada en este trabajo.

Con respecto a cuestiones técnicas, durante esta actividad se pudieron observar varias características que se sugiere modificar para futuras versiones de la interfaz, como las que se describen a continuación.

Los parámetros del motor de pulsos podrían modificarse con objeto de tener un control más preciso, además de que los tiempos de duración definidos arbitrariamente podrían ser mayores. Sería deseable conjuntar las estructuras de las sentencias lógicas para que los niños puedan realizar programas con varias secuencias.

La interfaz gráfica despertó un gran interés en los niños, quienes fácilmente la pudieron manejar, pero aún así, queda pendiente el desarrollo de un lenguaje de programación con lenguaje natural que sea útil para los niños, y que sea más formal en cuanto a su estructura.

Este prototipo se realizó de manera artesanal, debido a la necesidad de realizar modificaciones según el resultado de las pruebas de funcionamiento. A futuro se sugiere el diseño de la tarjeta impresa de este circuito, lo cual le daría una mejor presentación, facilitaría su producción en masa, reduciría costos de fabricación a largo plazo, y fortalecería su robustez.

### 6.3 CONCLUSIONES

En el objetivo se estableció que la interfaz se conectara a cualquier computadora; se realizaron pruebas en varias PC con sistema operativo Windows XP, y en las cuales esta interfaz funcionó sin ningún contratiempo. En caso de que se quisiera emplear bajo Windows Vista, basta con deshabilitar la firma digital para los controladores, en el momento en que el sistema se carga en la PC.

La interfaz fue atractiva para los niños en todos los sentidos, cuando se les hizo la invitación a asistir a la prueba se entusiasmaron, durante la sesión el interés no disminuyó pues quisieron probar sus diseños con la interfaz impacientemente, y al emplear el programa de cómputo se emocionaron controlando sus creaciones, por lo que en cuestión lúdica fue todo un éxito.

Cuando los niños trabajaron con la interfaz, no faltaron accidentes como jalones a los cables o dejar caer la interfaz completa. Sin embargo, el prototipo no sufrió daños, e incluso siguió funcionando bien en todos los casos.

De las experiencias obtenidas durante la puesta en marcha de la interfaz, se concluyó que el prototipo realizado cumplió con los objetivos establecidos, de ser robusto, funcional y atractivo para los niños.

El crear una herramienta para la robótica pedagógica trae consigo una gran satisfacción desde el punto de vista profesional y personal.

En la construcción de este prototipo, se tuvo la oportunidad de aplicar y relacionar los conocimientos adquiridos en diferentes materias de la carrera, así como conjuntar la electrónica con la computación, corroborando que en ingeniería un proyecto por lo regular es multidisciplinario y por consiguiente, no es conveniente limitarse a una sola especialidad, sino estar siempre con la disposición de incursionar en otras áreas y adquirir de esta manera nuevas habilidades y conocimientos, propiciando el aprendizaje continuo.