

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL CÓRDOBA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

Librerías Embebidas para
microcontrolador de alta gama para
aplicaciones en Robótica.

Alumno:

Lucas A. Martini

Entidad / Institución:

U.T.N. – F.R.C. – C.I.I.I.

Supervisor:

Ing. Gonzalo Pérez Paina

Año 2010

ÍNDICE

	Página
Índice	2
Introducción	3
Descripción de los Módulos	4
Módulo GPIO	5
Módulo IRQ	5
Módulo TIMER-CAPTURE	5
Módulo para el manejo de ENCODERS	6
Módulo PWM	7
Módulo UART	7
Aplicación	8
Conclusiones	10
Bibliografía	11

INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de software de sistemas embebidos es de principal importancia contar con herramientas flexibles, que brinden la posibilidad de realizar modificaciones a la aplicación con un mínimo esfuerzo. Esto permite elegir la mejor implementación en sistemas donde se requiere máxima confiabilidad y desempeño. Una de las necesidades fundamentales para el desarrollo de software embebido es poder contar con librerías tanto para los periféricos particulares de la familia de microcontroladores utilizada, así como de algoritmos de uso común en algún área en particular. En el laboratorio de electrónica del Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería (C.I.I.I.)¹, se llevan a cabo desarrollos de sistemas embebidos en el marco de diferentes proyectos de investigación, principalmente en el área de robótica, sensorística y control. Una evolución natural en el desarrollo de dichos sistemas fue comenzar a utilizar microcontroladores de 32 bits, que permitan desarrollar programas capaces de realizar cierta cantidad de cálculos en tiempos razonables para dichas aplicaciones. Una de las primeras incursiones en este tipo de microcontroladores se realiza utilizando arquitectura de núcleo ARM modelo ARM7, más precisamente los de la familia LPC21XX² de la marca NXP³.

En el presente informe se describe parte del desarrollo de librerías para sistemas embebidos, las cuales han sido pensadas principalmente para cubrir los requerimientos del laboratorio del C.I.I.I., en áreas de aplicación particular. Estas librerías, como se comentará más adelante, se dividen en una parte para el manejo de hardware y otra de algoritmos particulares de gran utilidad en los proyectos del Centro. Como principal objetivo en su desarrollo se tiene la abstracción del hardware y se ha prestado principal atención en el modo que se articulan los diferentes Módulos (de hardware y algoritmos) para que resulten flexibles, fácil de mantener y modificar, lo que promuevan la reutilización de software.

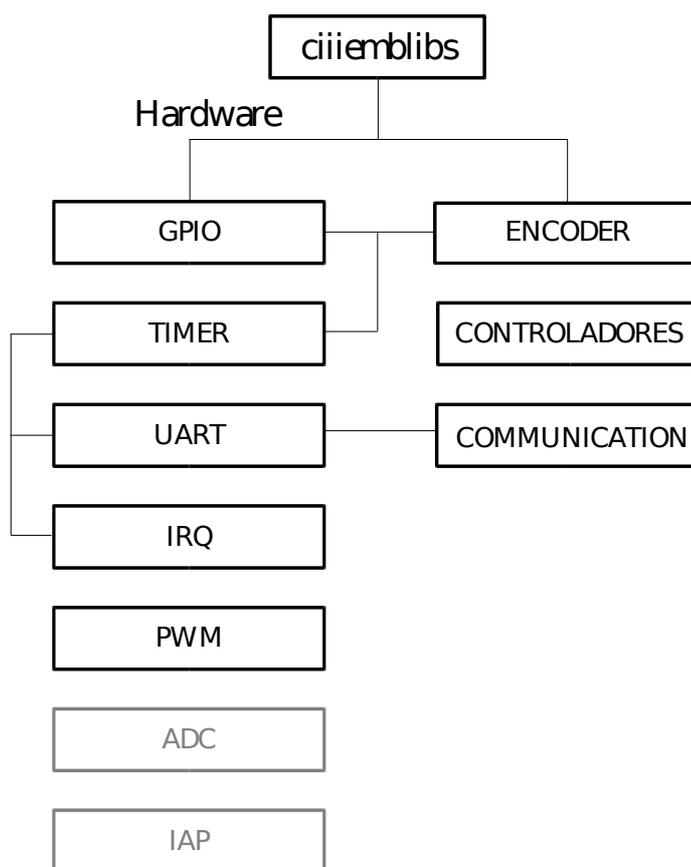
¹ Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería. C.I.I.I.. <http://ciiiii.frc.utn.edu.ar/>

² NXP Semiconductors. *UM10114. LPC21xx and 22xx User Manual*, April 2007.

³ NXP Semiconductors founded by Phillips. <http://www.nxp.com/>

DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS

Las librerías embebidas denominadas *ciiemblibs*⁴ por su desarrollo dentro del Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería, se encuentran divididas en dos grupos principales: por un lado los módulos para periféricos, cuyo objetivo es controlar los dispositivos particulares de los microcontroladores LPC21XX y por otro lado los módulos especiales, que cumplen funcionalidades particulares e independiente del modelo de microcontrolador utilizado, pudiendo ser compilados para otras arquitecturas. Una representación esquemática de esta división se puede apreciar en la Figura.



Organización y relación de los diferentes módulos de las librerías

Las librerías que se van a describir en este informe fueron desarrolladas en lenguaje ANSI-C separadas en diferentes módulos (archivos .h y .c) para cada uno de los Módulos periféricos o especiales indicados anteriormente.

Cada una de las funciones de los diferentes módulos comienza con el nombre del Módulo para poder identificar a que módulo pertenece la función, por ejemplo las funciones de inicialización de algunos de los Módulos son: para el Módulo GPIO `gpio_init()`, para el Módulo PWM `pwm_init()`. Además, las librerías incluyen ejemplos de utilización de cada uno de los Módulos que soporta.

⁴ G. F. Pérez Paina, D. A. Gaydou, N. L. Palomeque, and L. A. Martini. Librerías embebidas para microcontroladores LPC2000 de aplicación en robótica.

Módulo GPIO

El microcontrolador NXP LPC2114/24 posee dos puertos de propósito general: Port0 y Port1, de los cuales el primero dispone de 30 pines y el segundo de 16, siendo un total de 46 pines de entrada/salida, todos estos pines se encuentran multiplexados con diferentes funciones de otros módulos periféricos del microcontrolador.

El Módulo software para entrada y salida contiene funciones que inicializan los pines del microcontrolador como entrada/salida de propósito general (ó GPIO como sus siglas en inglés), se configura si el pin se va a utilizar como una entrada o como una salida digital; en el caso de un pin de entrada digital el Módulo permite leer su estado, y en el caso de un pin de salida el Módulo permite establecer un estado lógico (alto o bajo) a la salida del pin.

Algunas de las funciones del módulo son:

```
gpio_init()  
gpio_set()  
gpio_toggle()
```

Módulo IRQ

El Controlador Vectorizado de Interrupciones (ó VIC por sus siglas en inglés) del microcontrolador LPC2114/24, posee treinta y dos entradas y solicitud de ininterrupción programable en tres categorías nombradas a continuación en orden de prioridad: FIQ (Fast Interrupt reQuest), IRQ vectorizada, y IRQ no vectorizada.

La librería desarrollada configura las interrupciones IRQ vectorizadas. Actualmente no opera sobre las interrupciones FIQ e interrupciones IRQ no vectorizadas. Las interrupciones vectorizadas IRQ son básicamente un “vector” de 16 elementos, donde cada elemento constituye una “función interrupción” que atiende el servicio de cualquiera de las posibles fuentes de interrupción. La mayor prioridad de este vector comienza con el primer elemento.

Algunas de las funciones del módulo son:

```
irq_vect_init()  
irq_vect_enable()  
irq_vect_disable()
```

Módulo TIMER-CAPTURE

El microcontrolador NXP LPC2114/24 posee dos temporizadores o TIMERS. Estos temporizadores son independientes e idénticos, además cada TIMER dispone de hasta 4 canales de captura que permiten almacenar, en un registro dedicado a esto, el valor del Timer Counter cuando se produce una transición en la señal de entrada de estos canales. Tanto el Prescaler, como el Timer Counter y los Registros de Captura son de 32 bits.

Este Módulo software permite configurar y controlar ambos TIMERS del microcontrolador. La codificación de la misma se centra principalmente en el modo de cuenta de intervalos de tiempo entre eventos. En esta librería también se encuentra codificado el modo particular CAPTURE.

Algunas de las funciones del módulo son:

```
timer_init()  
timer_get()  
timer_enable_interrupt()  
timer_disable_interrupt()  
capture_init()  
capture_get()
```

Módulo para el manejo de ENCODERS

Un encoder óptico incremental es un sensor que permite detectar el movimiento de rotación de un eje a través de sus salidas correspondientes a dos señales llamadas Fase A y Fase B, las cuales son trenes de pulsos desfasadas 90°, como se aprecia en la figura.

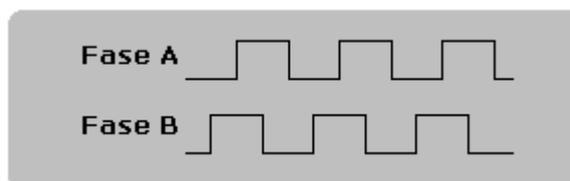


Diagrama de las fases de un encoder incremental.

El objetivo de esta librería consiste en crear un módulo funcional para la lectura de este tipo de sensores. Este Módulo permite decodificar las señales del encoder⁵ y así poder determinar el sentido de avance y la cantidad absoluta de pulsos del eje del cual se quiere controlar la rotación.

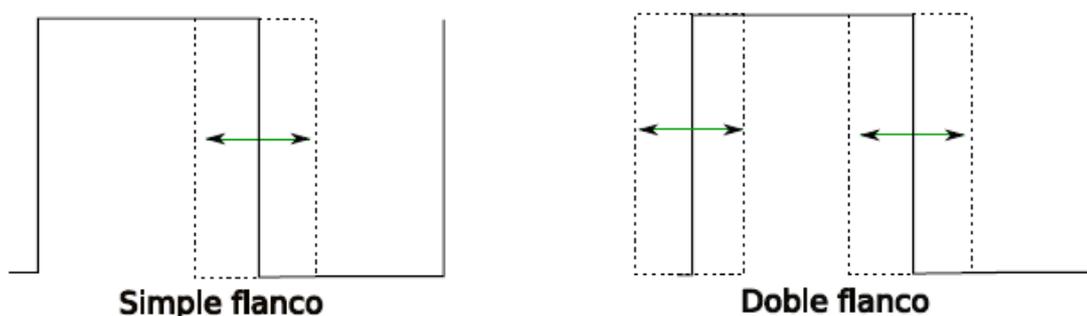
Algunas de las funciones del módulo son:

```
encoder_init()  
encoder_update()
```

⁵ Stare Z. Mijat N. Stojkovic, N. Dual-mode digital revolution counter. Volume 2, pages 950 –954 vol.2, 2001.

Módulo PWM

El Módulo periférico PWM del microcontrolador LPC2114/24 posee dos modos de funcionamiento: simple flanco, en el cual solo se puede controlar el flanco de bajada y doble flanco, que permite controlar tanto el flanco de subida como el de bajada, como se indica en la Figura.



Modos de funcionamiento del PWM.

Las funcionalidades del microcontrolador permiten hasta seis salidas de simple flanco, tres salidas de doble flanco, o una combinación de ambos tipos.

Este Módulo actualmente se centra en el modo de funcionamiento de simple flanco de los seis PWM disponibles en el microcontrolador. Las funciones de este Módulo permiten configurar la frecuencia de la señal de PWM, y en cualquier instante poder modificar el “ciclo de trabajo” o conocer el valor del “ciclo de trabajo” actual. Algunas de las funciones del módulo son:

```
pwm_set_on()
pwm_set_off()
pwm_set_value()
```

Módulo UART

El microcontrolador NXP LPC2114/24 posee dos UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter). La UART0 permite una configuración interna única en “Null Modem”, por ende no realiza control por hardware de la transmisión/recepción de sus datos. En cambio, la UART1 sí dispone de un control de flujo de datos por hardware, del cual se puede hacer uso.

El Módulo software correspondiente permite configurar la UART0 y UART1 del microcontrolador, no obstante, en esta instancia solo está desarrollado el empleo en configuración “Null Modem” para ambas UARTS.

Este Módulo posee un conjunto de funciones que permiten configurar la frecuencia (Baud Rate) de la comunicación, la cantidad de bytes a transmitir, el tipo de paridad, la cantidad de bits de stop y el tamaño de memorias intermedias (FIFO). También implementa rutinas que permiten la transmisión y la recepción de datos, además

de controlar las distintas fuentes de interrupciones, haciendo uso del Módulo de software IRQ para el manejo de interrupciones para la configuración de las mismas.

Algunas de las funciones del módulo son:

```
uart_init()  
uart_set_baudrate()  
uart_send_byte()  
uart_receive_byte()
```

APLICACIÓN

La totalidad de los Módulos explicados anteriormente están siendo utilizados en diferentes proyectos dentro del Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería, pero cabe mencionar uno de los más importantes, el Robot Móvil de Arquitectura Abierta o RoMAA⁶, el cual puede verse en la Figura.



Robot Móvil de Arquitectura Abierta, RoMAA.

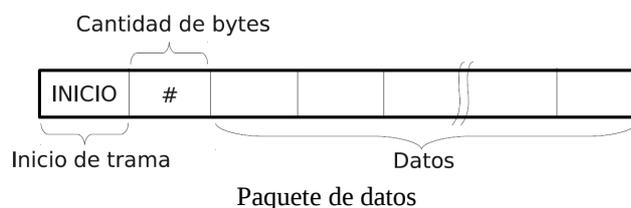
El sistema de control embebido, del robot móvil RoMAA se basa en un microcontrolador LPC2124, para cuyo desarrollo se utilizaron en su totalidad las librerías del presente trabajo.

El sistema de tracción se basa en motores de corriente continua alimentados mediante drivers de potencia de llave H, comandados desde señales de PWM utilizado con el Módulo correspondiente. Para el control de velocidad de dichos motores se utiliza un lazo de control a partir de mediciones de encoders ópticos incrementales acoplados mecánicamente a los motores; la medición de velocidad se realiza mediante la función de Capture del Timer del microcontrolador, con el módulo adecuado, además de la librería de encoders, para tener un registro de los pulsos y sentido de giro de los

⁶ D. A. Gaydou, G. F. Pérez Paina, G. M. Steiner, and J. Salomone. Plataforma móvil de arquitectura abierta. In *Proceedings of the V Argentine Symposium of Robotics 2008*. Ediuns, 2008, November 2008.

motores. Esta información se integra luego en lo que se conoce como odometría⁷. El sistema de control incluye también un lazo externo en configuración cross-coupling para obtener trayectorias en línea recta o arcos, y poder comandar al vehículo con velocidad lineal y angular.

Los comandos hacia el controlador e información del mismo se obtienen desde la PC a bordo del robot, mediante la comunicación serie utilizando la librería UART, la cual se encarga del protocolo de comunicación. En la figura se ve un paquete de datos



Además, se hace uso del resto de las librerías, como GPIO para el control de los puertos utilizados, TIMER para generación de bases de tiempo e implementación de la funcionalidad capture e IRQ para la manipulación de interrupciones.

CONCLUSIONES

⁷ E. Olson. A primer on odometry and motor control. Technical report, Massachusetts Institute of Technology, 2007.

Las librerías embebidas *ciiemblibs* están siendo utilizadas actualmente en diferentes proyectos del laboratorio de electrónica del C.I.I.I., relacionados a robótica, sensorística y control. La utilización de las mismas muestra que cumplen con el objetivo planteado al inicio del proyecto.

Por un lado la utilización de los Módulos periféricos facilita la implementación de nuevas aplicaciones mediante la abstracción del hardware, lo que reduce la necesidad de consultar constantemente el manual del microcontrolador, para el caso de los módulos periféricos. Y por otro lado, los Módulos de software o algoritmos permiten flexibilidad en las etapas de pruebas al inicio de los proyectos, como por ejemplo la librería de comunicación que es de gran utilidad en la depuración de aplicaciones. Además, las librerías de Módulo software pueden ser utilizadas en diferentes arquitecturas de microcontroladores, debido a que son independientes del hardware.

La utilización de las librerías *ciiemblibs* permiten gran flexibilidad en las etapas iniciales de diseño y evaluación necesarias en el desarrollo de nuevos proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

- G. F. Pérez Paina, D. A. Gaydou, N. L. Palomeque, and L. A. Martini. Librerías embebidas para microcontroladores LPC2000 de aplicación en robótica.
- NXP Semiconductors. *UM10114. LPC21xx and 22xx User Manual*, April 2007.
- Stare Z. Mijat N. Stojkovic, N. Dual-mode digital revolution counter. Volume 2, pages 950 –954 vol.2, 2001.
- D. A. Gaydou, G. F. Pérez Paina, G. M. Steiner, and J. Salomone. Plataforma móvil de arquitectura abierta. In *Proceedings of the V Argentine Symposium of Robotics 2008*. Ediuns, 2008, November 2008.
- E. Olson. A primer on odometry and motor control. Technical report, Massachusetts Institute of Technology, 2007.