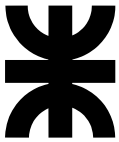
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba



Proyecto Final de *Software en Tiempo Real*

Sistema con sensor controlador por una línea serial

Alumno:
Luis Alberto Guanuco

Docentes:
Ing. Carlos Centeno
Ing. Luis Toledo

6 de marzo de 2014

Índice general

Índice de figuras

Índice de cuadros

Resumen

El presente trabajo se enfocada en la implementación de un sistema de comunicación sobre una red serial donde se encuentran conectados un sensor, un sistema electrónico con un microcontrolador y por último se conecta una computadora personal (PC). Los sistemas electrónicos basados en un procesador poseen un Sistema Operativo en Tiempo Real, RTOS por sus siglas en inglés (*Real-Time Operating Systems*). El sensor presenta una particularidad, y es que tanto la alimentación del transductor como el canal de datos es el mismo. Los parámetros principales en el diseño son definidos por el circuito del sensor.

Sección 1

Introducción

La posibilidad de reducir el costo en cualquier sistema electrónico es uno de los grandes retos con el que se presenta el desarrollador electrónico. Si bien hay un gran avance en los procesos de fabricación de circuitos integrados, existen dos inconvenientes para hacerse de dicha tecnología. El primero es el *acceso* a los nuevos dispositivos electrónicos que se encuentran en el mercado. El segundo inconveniente que se podría enumerar, muy relacionado al primero, es el *costo* que tienen estos nuevos dispositivos. Obviamente que estos inconvenientes planteados son desde un perfil estudiantil. Seguramente en desarrollos industriales los factores de disponibilidad y costo son evaluados en función de las prestaciones que ofrece el dispositivo en cuestión. Pero como nuestro trabajo se encuentra orientado a un ámbito académico se priorizará el diseño que requiera mayor tiempo de investigación y desarrollo para obtener un sistema que cumpla con nuestros requerimientos a un costo reducido y que pueda ser reproducible fácilmente.

El procesamiento de datos se realizará sobre un dispositivo microcontrolador dsPIC® fabricado por Microchip Inc.. En este μC se encuentra embebido un RTOS donde se implementan varias tareas para el sistema operativo (OS). Debido a la complejidad del desarrollo, a nivel de *software*, no se presentan problemas en los tiempos de procesamiento del OS. Como se dijo en el Resumen del informe, las principales especificaciones son propias del sistema transductor (sensor).

La información relevada por el sistema embebido es transmitida a una PC, quién presentará la información obtenida del sensor. Siguiendo la línea del uso sistemas operativos en tiempo real, se implementa nuevamente un RTOS. Al igual que en el caso del dsPIC®, aquí se adaptan la capa más baja del código máquina para compilar el sistema operativo con la arquitectura a utilizar. La mayoría de la información necesaria para esta *adaptación* se encuentra disponible por el desarrollador del RTOS (Micriμm Inc.).

Sección 2

Especificaciones del diseño

Las especificaciones del desarrollo se las puede dividir en dos grupos. Por un lado especificaciones de *Hardware*, aquí se encuentra tanto el circuito del sensor como así también la plataforma de procesamiento y los recursos disponibles. Por otro lado se especifica el *Software* que se debe implementar, el sistema operativo en tiempo real μC/OS-II™. Ya familiarizado por el desarrollador del proyecto por ser el OS utilizado en la *Cátedra de Software en Tiempo Real* dictado como materia electiva en la Carrera Ingeniería Electrónica de la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba.

2.1. *Hardware*

El esquema general del *hardware* se puede ver en la Fig. 2.1. Aquí se especifica el flujo de dato entre los diferentes bloques. Sobre las líneas de comunicación se tiene comentado que información dispone físicamente cada conexión. En la conexión entre el sensor y el dsPIC® se no solo se comparte información (datos) sino también se transmite energía para el circuito transductor. Entre el dsPIC® y la PC se implementa una comunicación RS-232.

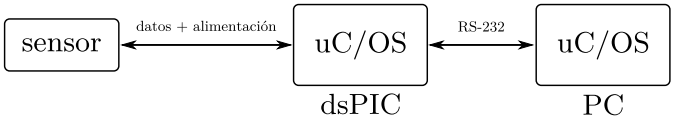


Figura 2.1: Esquema general de la implementación.

2.2. *Software*

Como se mencionó anteriormente, tanto en el dsPIC® como en el PC se implementan el sistema operativo μC/OS-II™. Si bien las especificaciones a nivel *hardware* no demanden el uso de un RTOS, ya que los requerimientos en la respuesta del procesamiento no son críticas, se hará uso de estos sistemas operativos como una aplicación de las características mas destacadas con la que cuentan los RTOS (μC/OS-II™en nuestro caso). En las secciones siguientes se describirá con mayor detalle tanto el *hardware* como el *software*.

Sección 3

Implementación del circuito electrónico

A nivel electrónico, el desarrollo se divide en dos diseños. El primero es el circuito de sensor y el segundo es el sistema embebido con el dsPIC® como dispositivo principal.

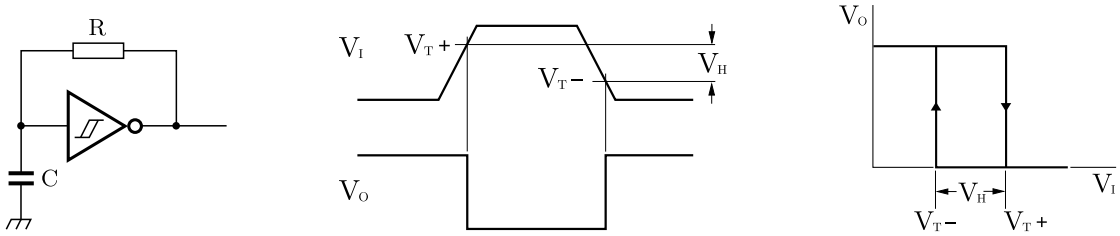
3.1. Circuito del sensor

La base del circuito transductor es un oscilador forma por un inversor digital (IC) y una red RC que determina la frecuencia de oscilación del oscilador. Para mantener más estable la frecuencia del oscilador se utiliza un inversor *Schmitt-Trigger*. Esto último se debe a que el sistema sensor presentará algunas perturbaciones en el nivel de la tensión de alimentación, causa que se abordará más adelante en esta sección. La transducción del fenómeno físico que se quiere adquirir se producirá afectado la red RC, es decir la frecuencia del oscilador. Por la disponibilidad de transductores discretos, se opta por usar un sensor fotoeléctrico ó LDR (por sus siglas en inglés *Light Dependant Resistor*).

3.1.1. Oscilador *Schmitt-Trigger*

El oscilador basado con un inversor es un circuito muy sencillo que demanda el uso de una red formada por un resistor y un capacitor, ilustrado en la Figura 3.1a. El inversor utilizado en este caso es el **MM74HCT14**[1], el cual dispone de ocho inversores con *Schmitt-Trigger*. El concepto sobre de *Schmitt-Trigger* fue inventado por el científico estadounidense *Otto H. Schmitt* en el año 1934. Se lo llama *Trigger* pues la salida del circuito retiene su estado hasta que la entrada presenta un valor suficiente para disparar (en inglés *trigger*) en cambio de estado. En la Figura 3.1b se observa los niveles umbrales de tensión (*threshold*) que presenta este tipo de inversor. El comportamiento dinámico de ambos niveles umbrales se lo puede graficar como un ciclo de histéresis (Figura 3.1c), este comportamiento permite decir el *Schmitt-Trigger* posee *memoria* y puede actuar como un circuito biestable (latch o flip-flop). Aunque su principal uso es el acondicionamiento de señales digitales, permitiendo remover el ruido en la señal.

[1]Se puede utilizar cualquier otro integrado con inversores pero debe contar con la tecnología *Schmitt-Trigger*.



(a) Oscilador (b) Diagrama de tiempo (c) Histéresis

Figura 3.1: Circuito con *Schmitt-Trigger*.

La frecuencia de oscilación del circuito implementado en la Figura 3.1a es determinado por el valor de los componentes pasivos (RC), el nivel de la tensión de alimentación V_{CC}, y los niveles umbrales V_{T+} y V_{T-}. La ecuación (3.1) se obtuvo desde una nota de aplicación del integrado a utilizar.

$$\begin{aligned} f &\approx \frac{1}{RC\ln\left[\frac{V_{T+}(V_{CC}-V_{T-})}{V_{T-}(V_{CC}-V_{T+})}\right]} \\ f &\approx \frac{1}{RCk} \end{aligned} \tag{3.1}$$

La ecuación (3.1) demuestra que puede considerarse como una constante k la operación logarítmica para facilitar la estimación de la frecuencia a la que oscila el circuito con el inversor. Se podría representar el comportamiento del valor constante k como una curva donde se considerará variaciones en el valor de la tensión de alimentación V_{CC}. La Figura 3.2 demuestra que es posible mantener estable la frecuencia aun con variaciones significativas en la tensión de alimentación. Más adelante se especificará como influye esto en nuestro caso, sobre todo por la particularidad de que nuestro sistema será sometido a perturbaciones intencionales en el nivel de alimentación.

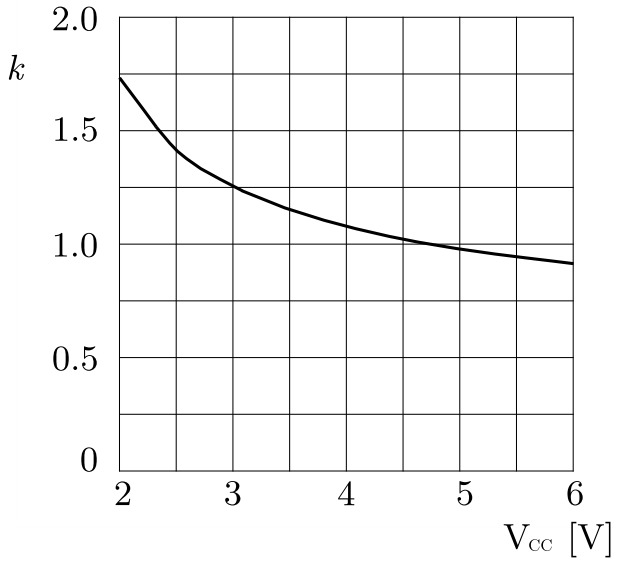


Figura 3.2: Curva V_{CC} vs. k.

3.1.2. Funcionamiento básico

En la sección anterior se describe el funcionamiento del oscilador basado en un circuito con un inversor. En este circuito la frecuencia de oscilación, ecuación (3.1), es inversamente proporcional al producto RCk. Aquí vamos a considerar que tanto C como k son constantes, el parámetro que determinará la frecuencia es el valor de R. El resistor R es en nuestro caso el transductor LDR. Este transductor varía su parámetro de resistividad en función de la cantidad de luz que incida sobre él. Un esquema del proceso de conversión de variables se puede ver en la Figura 3.3.

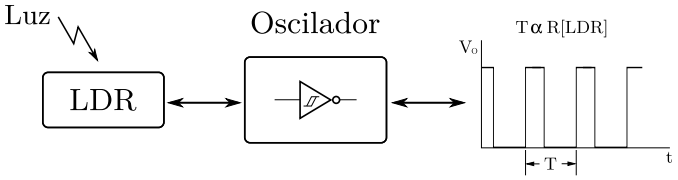


Figura 3.3: Proceso de conversión de variables en el sistema de censado.

En función a lo anteriormente dicho, se debe adquirir y procesar una onda oscilante donde la información se encuentra en el frecuencia que dicha señal posee. Además se especifica que *no se considerarán variaciones bruscas* en la intensidad de la luz recibida por el LDR. Para determinar los rangos máximos y mínimos en la variación de la resistividad del LDR se realizaron algunas mediciones que se pueden ver en la Tabla 3.1.

Condición de Luz	**Valor de resistividad**
Oscuridad	180 KΩ
Claridad	1 KΩ

Tabla 3.1: Rango de variación del LDR.

Con la información del rengo resistivo del LDR se puede definir el rango de frecuencias de la señal que se obtendrá del sensor oscilador. Otra especificación a tener en cuenta es la frecuencia de muestreo que dispone el bloque siguiente al sensor, el microcontrolador dsPIC®. Aquí se tiene que el tiempo de muestreo es de 100 μS.. Según el teorema del muestreo de Nyquist-Shannon, se podría definir un límite en la frecuencia máxima posible a ser adquirida. El enunciado de este teorema dice,

$$F_S > 2F_{MÁX} \quad \text{, donde } F_{MÁX} \text{ es la frecuencia máxima de la señal.} \tag{3.2}$$

en función a esta definición, se puede encontrar cual será la frecuencia máxima que se detectará correctamente si la frecuencia de muestreo es de 100 μS. Es decir,

$$\begin{array}{lrcl} \text{sí} & F_S & > & 2F_{MÁX} \\ \text{entonces} & F_{MÁX} & < & \frac{F_S}{2} \\ & F_{MÁX} & < & \frac{1}{2T_S} \\ & F_{MÁX} & < & \frac{1}{2\,100\mu S} = 5KHz \end{array} \tag{3.3}$$

Una vez obtenida la máxima frecuencia que se puede reconocer por parte del sensor, conjuntamente con los valores de resistividad (Tabla 3.1), se realizan ensayos para

determinar el valor que debe tener el capacitor de la red *RC* del oscilador[2]. En la Tabla 3.2 se muestran dos configuraciones diferentes para distintos valores de capacitancia (10 nF y 100 nF).

Capacitor	Rango del LDR [Ω]	Frecuencia del osc.
10 nF	1 KΩ	100 KHz
	180 KΩ	555 Hz
100 nF	1 KΩ	10 KHz
	180 KΩ	55 Hz

Tabla 3.2: Rango de frecuencias de salida en función de la red *RC*.

En función a la Tabla 3.2 se puede decir que el valor de capacidad más apropiado es *100 nF*. Pues con este valor se tiene un rango de frecuencia aceptable para la frecuencia de muestreo de 100 μs.

Una *características importante* del circuito planteado en este trabajo es la posibilidad de *reutilizar* la línea de comunicación como canal de alimentación. El circuito a utilizar se presenta en la Fig. 3.4. En el esquema de conexión se destacan dos componentes que son responsables de mantener el nivel de tensión de alimentación, el capacitor electrolítico $C1$ y el diodo $D1$. El capacitor electrolítico almacenará carga recibida de la línea serial, direccionada por $D1$. En el momento que la línea baje su nivel de tensión, el capacitor proporcionará la corriente al circuito inversor, obviamente que lo hará por un tiempo reducido ya que comenzará a descargarse. El resistor $R2$ permite aumentar la impedancia de la salida del invesor (TTL).

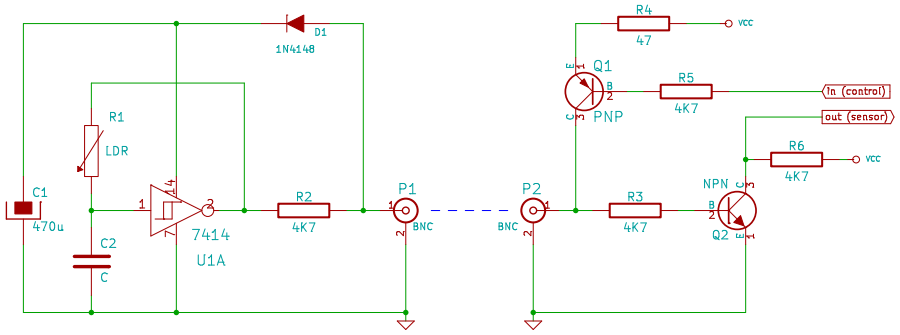


Figura 3.4: Implementación del circuito electrónico.

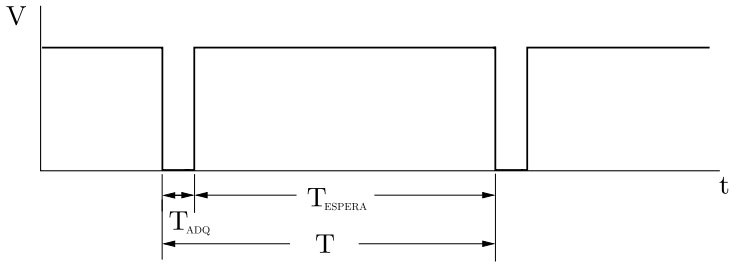
La línea de comunicación/alimentación conecta el circuito del sensor (del lado izquierdo de la Figura 3.4) con el circuito de control del sistema (a la derecha del la figura). El sistema de control es muy sencillo y cuenta de solo dos secuencias.

Mode de espera, este modo consiste en mantener la línea a un nivel de tensión necesario para alimentar el circuito del sensor (inversor). Para esta situación se debe enviar una señal de control a la base del transistor $Q1$. La señal *in*(*control*) proviene del dsPIC®, controlador por el RTOS, que veremos en las siguientes secciones. Si la señal presenta un 0 lógico el transistor PNP se polarizará y la línea quedará conectada a la tensión V_{CC}. La señal de salida *out*(*sensor*) tendrá el mismo nivel que la línea (V_{CC}) ya que el transistor $Q2$ está polarizado con la señal de la línea.

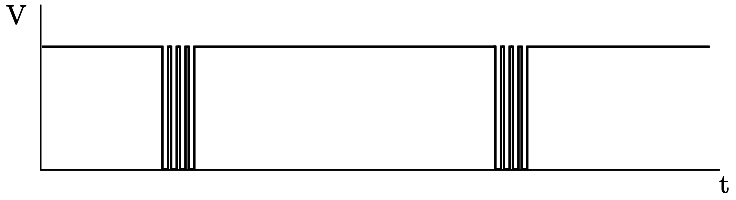
[2]Se considera $k = 1$

Modo adquisición, la adquisición de la señal oscilante que genera el circuito inversor es transmitida cuando la línea es liberada por el transistor $Q1$. En el momento que se presenta un 1 en la señal de control de $Q1$, éste queda abierto. Por una lado, el *Schmitt-trigger* deja de ser alimentado por la línea pero recibe carga del capacitor $C1$. Por otro lado la señal generada por le oscilador es transmitida a la línea que será amplificada por el transistor $Q2$. Si bien la señal del oscilador podría encontrarse debilita por pérdidas en la línea, el circuito de $Q2$ permite polarizar con niveles bajos de corriente el transistor NPN.

Esta secuencia debe mantener una relación entre el *ciclo de adquisición* y *ciclo de espera*. Por ejemplo, un ciclo de adquisición muy largo provocará una elevada reducción en la tensión de alimentación del inversor que, en este ciclo, es proporcionado por el capacitor $C1$. En caso contrario, un ciclo de adquisición muy corto podría no registrar el ciclo completo de oscilación del sensor. Una relación que se consideró apropiada es $^1/_{10}$, para un ciclo completo de control T el tiempo de adquisición se toma $^1/_T$ y el tiempo de espera $^9/_T$. La representación temporal de este proceso se puede ver en la Figura 3.5.

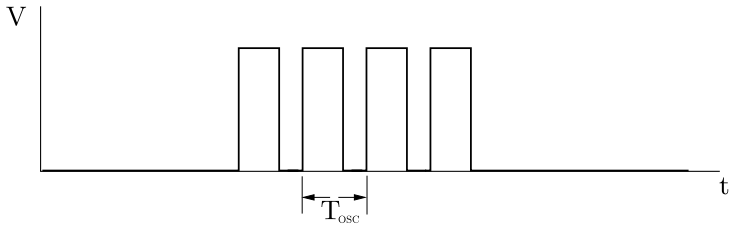


(a) Señal de control (Base del transistor $Q1$)



(b) Señal en la línea (Colector $Q1$ / Base $Q2$)

(c) Señal de salida (Colector del transistor $Q2$)



(d) Señal de salida amplificada de la figura (c)

Figura 3.5: Diagramas temporales de los ciclos de Espera y Adquisición.

3.2. Circuito del dsPIC®

Para realizar el proceso de control del sistema de censado se utiliza un microcontrolador del fabricante Microchip, el DSPIC33FJ128GP804-E/PT. Este dispositivo presenta enormes prestaciones en recursos de *hardware*, aquí se presentan algunos de ellos:

Clock Management

- 2 % internal oscillator
- Programmable PLL and oscillator clock sources
- Fail-Safe Clock Monitor (FSCM)
- Independent Watchdog Timer
- Low-power management modes
- Fast wake-up and start-up

Core Performace

- Up to 40 MIPS 16-bit dsPIC33F CPU
- Single-cycle MUL plus hardware divide

Communication Interfaces

- Parallel Master Port (PMP)
- Two UART modules (10 Mbps)
  - Supports LIN 2.0 protocols
  - RS-232, RS-485, and IrDA® support
- Two 4-wire SPI modules (15 Mbps)
- Enhanced CAN (ECAN) module (1 Mbaud) with 2.0B support
- I2C module (100K, 400K and 1Mbaud) with SMbus support
- Data Converter Interface (DCI) module with I2S codec support

System Peripherals

- 16-bit dual channel 100 ksps Audio DAC
- Cyclic Redundancy Check (CRC) module
- Up to five 16-bit and up to two 32-bit Timers/Counters
- Up to four Input Capture (IC) modules
- Up to four Output Compare (OC) modules
- Real-Time Clock and Calendar (RTCC) module

Advanced Analog Features

- 10/12-bit ADC with 1.1Msps/500 ksps rate:
  - Up to 13 ADC input channels and four S&H
  - Flexible/Independent trigger sources

- 150 ns Comparators:
  - Up to two Analog Comparator modules
  - 4-bit DAC with two ranges for Analog Comparators

Input/Output

- Software remappable pin functions
- 5V-tolerant pins
- Selectable open drain and internal pull-ups
- Up to 5 mA overvoltage clamp current/pin
- Multiple external interrupts

Direct Memory Access (DMA)

- 8-channel DMA with no CPU stalls or overhead
- UART, SPI, ADC, ECAN, IC, OC, INT0

Debugger Development Support

- In-circuit and in-application programming
- Two program breakpoints
- Trace and run-time watch

La placa de desarrollo de este microcontrolador es un diseño realizado por estudiantes de nuestra casa de estudios *Andrés Hoc* y *Gonzalo Vassia*[3], Figura 3.6. Para la programación de este microcontrolador se utilizó el entorno de desarrollo *MPLAB® IDE 8.8v* y el correspondiente compilador *MPLAB C30 C Compiler 3.32v*.

Como se mencionó anteriormente, quizá la complejidad del planteo del proyecto no requiere tanta capacidad de procesamiento, como así también justifique la utilización de un sistema operativo en tiempo real a fin de lograr adquirir la información censada. Pero debido a que el presente trabajo es una implementación de los RTOS, se prioriza la posibilidad de experimentar el manejo de sistemas operativos en desarrollos electrónicos. Los recursos de hardware a utilizar son:

Puerto de Entradas y Salidas, son necesarios para el control del circuito de censado que se describió en la Sección 3.1.2.

UART, se utiliza el interfaz serial UART sobre RS-232 para comunicarse con la PC quién procesará y mostrará la información censada al usuario.

El modo en que serán utilizados y su configuración es tema del código fuente del *software* del proyecto. La estructura de directorio para la compilación del μC/OS-II™en el dsPIC® se puede ver en el siguiente árbol,

```
firmware_dsPIC
├── stdint.h
└── p33FJ128GP804.inc
```

[3]Los estudiantes realizaron la placa con la finalidad de disponer un diseño sencillo y flexible para múltiples propósitos.

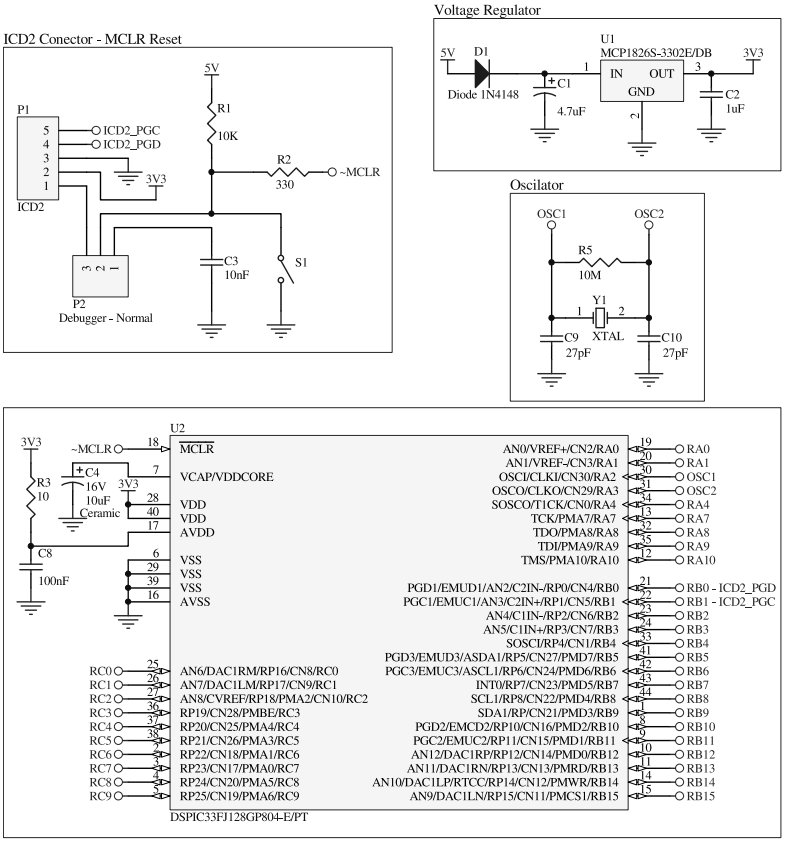


Figura 3.6: Esquemático del circuito del microcontrolador, solo los bloques fundamentales.

```
├── p33FJ128GP804.h
├── p33FJ128GP804.gld
├── os_cfg.h
├── MeDEf.mcw
├── MeDEf.mcp
├── isr.s
├── interfaz_cfg.h
├── interfaz_cfg.c
├── iniinterfaz.c
├── includes.h
├── globals.h
├── globals.c
├── GenericTypeDefs.h
├── dsPIC_delay.h
├── dsPIC_delay.c
├── dsPIC_cfg.h
├── dsPIC_cfg.c
├── dsPIC_a.s
└── drivers
    └── UART.h
```

```
    │
    ├── UART.c
    ├── DIO
    │   └── SOURCE
    │       ├── DIO.C
    │       └── DIO.H
├── configobj.h
├── configinterfaz.h
├── configinterfaz.c
├── Compiler.h
├── app_hooks.c
├── app_cfg.h
├── app.c
└── RTOS
    ├── ucos_ii.h
    ├── os_tmr.c
    ├── os_time.c
    ├── os_task.c
    ├── os_sem.c
    ├── os_q.c
    ├── os_mutex.c
    ├── os_mem.c
    ├── os_mbox.c
    ├── os_flag.c
    ├── os_dbg.c
    ├── os_cpu_util_a.s
    ├── os_cpu.h
    ├── os_cpu_c.c
    ├── os_cpu_a.s
    ├── os_core.c
    ├── lib_str.h
    ├── lib_str.c
    ├── lib_mem.h
    ├── lib_mem.c
    ├── lib_def.h
    ├── cpu.h
    └── cpu_def.h
```

Sección 4

μC/OS-II™en el dsPIC®

μC/OS-II™es el acrónimo de *Micro-Controller Operating Systems Version 2*. Este es un sistema operativo multitareas en tiempo real *pre-emptive* basado en prioridades en su funcionamiento. El código se encuentra escrito principalmente en lenguaje de programación C. Se encuentra destinado para el uso en sistemas embebidos. Sus características son:

- Es un *kernel* de tiempo real muy pequeño.
- Con un espacio en memoria de aproximadamente unos 20KB para un completo funcionamiento del *kernel*.
- El código fuente se encuentra escrito en su mayoría en ANSI C.
- Gran portabilidad, muy escalable, *preemptive* en tiempo real, determinístico, *kernel* multitareas.
- Puede manejar hasta 64 tareas (con 56 tareas disponibles al usuario).
- Se encuentra disponible para más de 100 microcontroladores y microcontroladores.
- Es sencillo de usar y simple de implementar a la vez que es muy eficiente a la hora de comparar con otros RTOS en relación precio/*performance*.
- Soporta todos los tipos de procesadores desde 8-bit a 64-bit.

En el presente documento no se describirá el funcionamiento del μC/OS-II™. No solo porque nuestra intensión es la implementación del mismo, sino también se dispone de una gran cantidad de documentación sobre estos RTOS. De todas formas se señalará algunas características básicas de como trabaja el μC/OS-II™.

El *kernel* del μC/OS-II™dispone de los recursos de hardware, sobre todo los recursos de procesamiento y el indexado de memoria. Para cada implementación del RTOS se debe adaptar tanto el compilador como los *drivers* o *ports* necesarios para facilitar el acceso a los diferentes periféricos del microcontrolador. Una vez logrado establecer estos requerimientos de *software* simplemente se agrega al μC/OS-II™*tareas* para que el RTOS las procese. Una *tarea* es un código de programa el cual, en principio, se puede escribir con la idea de suponer que se dispone de todo el CPU para ella misma. El

proceso de diseño para una aplicación en tiempo real implica la división del trabajo a realizar en tareas que son responsables de una parte del problema. A cada tarea se le asigna una prioridad, registros del CPU, y su propia área de stack para almacenar las variables locales que contiene cuando se está conmutando de tareas en el proceso *multitasking*. Cada tarea se encuentra en un bucle infinito (*loop*) el cual, en el tiempo de ejecución del código en el hardware, puede encontrarse en cualquier de cinco estados posibles:

DORMANT

READY

RUNNING

WAITING

INTERRUPTED

El estado *DORMANT* corresponde a una tarea que reside en memoria pero no ha sido habilitada a ingresar al *multitasking*. Una tarea está *READY* cuando puede ejecutarse pero su prioridad es menor que la tarea que se encuentra actualmente corriendo. Una tarea esta en *RUNNING* cuando tiene el control del CPU. Una tarea está en *WAITING* cuando requiere que ocurra un evento (por ejemplo; esperando que a una operación de un periférico se complete). Finalmente, una tarea está en el estado *INTERRUPTED* cuando una interrupción ocurrió y el CPU se encuentra atendiendo este llamado. La Figura 4.1 se muestran los estados anteriormente nombrados y además se puede ver las funciones provistas por el μC/OS-II™para realizar la conmutación entre un estado a otro.

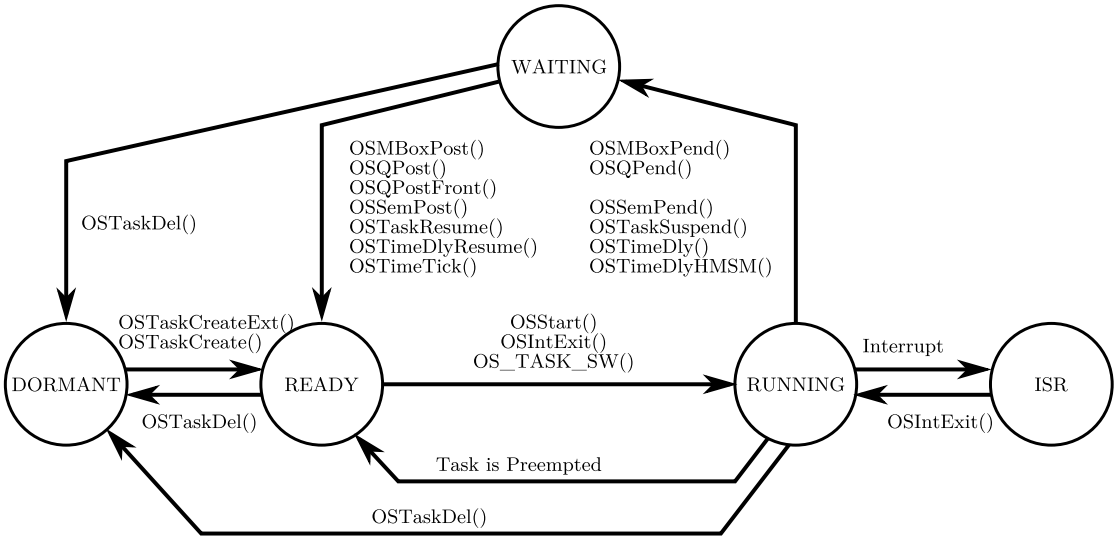


Figura 4.1: Estados de las tareas en el μC/OS-II™.

4.1. Tareas del RTOS

Antes de comenzar a escribir el código de las *tareas* se define los procesos requeridos. A continuación se lista las tareas necesarias para el proyecto

- Generación de la señal de control para el sistema del sensor (Sección 3.1.2).
- Procesamiento de los datos recibidos por el sensor.
- Comunicación serial con la PC (envío de datos adquiridos).

Obviamente que se requerirá de otras tareas pero son requerimientos del μC/OS-II™y son comunes en cualquier proyecto de este tipo. La función principal del proyecto *main()* contiene el llamado a todas las funciones de inicialización y configuración del microcontrolador, Código 4.1. Luego del llamado a la función *OSInit()* se debe crear todas las tareas del RTOS previo a que el sistema operativo entre en un estado de funcionamiento a través del llamado a *OSStart()*. Como convención se creará una tarea *TareaInicio()* que será donde se lancen la creación de todas las tareas. También se puede ver que se hace el llamado a las funciones *DIOInit()* que inicializa el módulo DIO que será descrito en la Sección 4.2.

Código 4.1: Función principal del proyecto, *main()*

```
CPU_INT16S  main (void)
{
  CPU_INT08U  err;

  BSP_IntDisAll(); /* Disable all interrupts until we are ready to accept
      them */

  RCON = 0;

  OSInit(); /* Initialize ``uC/OS-II, The Real-Time Kernel`` */
  DIOInit();

  OSTaskCreateExt(TareaInicio,
  (void *)0,
  (OS_STK *)&tareaInicioStk[0],
  TAREA_INICIO_PRIO,
  TAREA_INICIO_PRIO,
  (OS_STK *)&tareaInicioStk[TAREA_INICIO_STK_SIZE-1],
  TAREA_INICIO_STK_SIZE,
  (void *)0,
  OS_TASK_OPT_STK_CHK | OS_TASK_OPT_STK_CLR);

  #if OS_TASK_NAME_SIZE > 11
  OSTaskNameSet(TAREA_INICIO_PRIO, (CPU_INT08U *)``Start Task``, &err);
  #endif

  OSStart(); /* Start multitasking (i.e. give control to uC/OS-II) */

  return (-1); /* Return an error - This line of code is unreachable */
}
```

La *TareaInicio()* realiza el llamado a la función *AppTaskCreate()* que será la encargada de crear todas las tareas del proyecto. Además en esta primera tarea se crea e inicializa

el *MailBox* que será utilizado para la comunicación interna entre tareas ofrecido por el *kernel,* pero esto se verá más adelante en la Sección 4.4.

Código 4.2: Función de la primer tarea creada, *TareaInicio()*

```
static  void  TareaInicio (void *p_arg)
{
  CPU_INT08U  i;
  CPU_INT08U  j;

  (void)p_arg;

  BSP_Init(); /* Initialize BSP functions */

  #if OS_TASK_STAT_EN > 0
  OSStatInit(); /* Determine CPU capacity */
  #endif

  AppTaskCreate(); /* Create additional user tasks */

  /*Se crea un MailBox para indicar cuando hay un nuevo periodo de
      velocidad */
  mBoxPromData= OSMboxCreate((void *) NULL);
  mBoxPromData->OSEventPtr = 0;

  while (DEF_TRUE)
  { /* Task body, always written as an infinite loop. */
    OSTimeDly(100);
  }
}
```

La creación de las tareas se pueden ver en el código 4.3. Esta función solo realiza el llamado a la función *OSCreateExt()* que permite crear tareas y que sea procesada por el μC/OS-II™. Los argumentos que se debe proporcionar para cada llamado son

```
INT8U  OSTaskCreateExt (void   (*task)(void *p_arg),
                        void    *p_arg,
                        OS_STK  *ptos,
                        INT8U    prio,
                        INT16U   id,
                        OS_STK  *pbos,
                        INT32U   stk_size,
                        void    *pext,
                        INT16U   opt)
```

task: es un puntero a la función de la tarea.

p_arg: es un puntero opcional a una área de datos el cual pueda ser usado para pasar parámetros a la tarea cuando es ejecutado por primera vez.

ptos: es un puntero al extremo superior del *stack*. (Debe revisarse la constate de configuración *OS_STK_GROWTH*.

prio: es la prioridad de la tarea. Un único número debe ser asignado para cada tarea.

id: es el identificador de la tarea ($0 \cdots 65535$).

pbos: es un puntero al extremo inferior del *stack*. (Debe revisarse la constate de configuración *OS_STK_GROWTH*.

stk_size: es el tamaño del *stack* en número de elementos.

pext: es el puntero a una posición de memoria suministrada por el usuario para ser usada como una extensión *TCB (Task Control Block)*.

opt: contiene información adicional (u opcional) sobre el comportamiento de la tarea.

- OS_TASK_OPT_STK_CHK, chequeo del *stack* está permitido por la tarea.
- OS_TASK_OPT_STK_CLR, limpiar el *stack* cuando la tarea es creada.
- OS_TASK_OPT_SAVE_FP, si el CPU tiene registros de punto-flotante, guardarlos durante un intercambio de estado.

En función de los argumentos recibidos, la función *OSCreateExt()* devuelve,

OS_ERR_NONE: si la función ha sido creada correctamente.

OS_PRIO_EXIT: si la prioridad de la tarea ya existe.

OS_ERR_PRIO_INVALID: si la prioridad especificada es mayor que la prioridad más alta permitida.

OS_ERR_TASK_CREATE_ISR: si intenta crear una tarea desde un *ISR*

Código 4.3: Función de la tarea *AppTaskCreate()*

```
static  void  AppTaskCreate (void)
{
  CPU_INT08U  err;

  OSTaskCreateExt(TareaControlSensor,
  (void *)0,
  (OS_STK *)&tareaControlSensor[0],
  TAREA_CONTROLSENSOR_PRIO,
  TAREA_CONTROLSENSOR_PRIO,
  (OS_STK *)&tareaControlSensorStk[TAREA_CONTROLSENSOR_STK_SIZE-1],
  TAREA_CONTROLSENSOR_STK_SIZE,
  (void *)0,
  OS_TASK_OPT_STK_CHK | OS_TASK_OPT_STK_CLR | OS_TASK_OPT_SAVE_FP);

  OSTaskCreateExt(TareaPromDatos,
  (void *)0,
  (OS_STK *)&tareaPromDatos[0],
  TAREA_PROMDATOS_PRIO,
  TAREA_PROMDATOS_PRIO,
  (OS_STK *)&tareaPromDatosStk[TAREA_PROMDATOS_STK_SIZE-1],
  TAREA_PROMDATOS_STK_SIZE,
  (void *)0,
  OS_TASK_OPT_STK_CHK | OS_TASK_OPT_STK_CLR | OS_TASK_OPT_SAVE_FP);

  OSTaskCreateExt(TareaComSerial,
  (void *)0,
  (OS_STK *)&tareaComSerial[0],
  TAREA_COMSERIAL_PRIO,
  TAREA_COMSERIAL_PRIO,
  (OS_STK *)&tareaComSerialStk[TAREA_COMSERIAL_STK_SIZE-1],
  TAREA_COMSERIAL_STK_SIZE,
```

```
  (void *)0,
  OS_TASK_OPT_STK_CHK | OS_TASK_OPT_STK_CLR | OS_TASK_OPT_SAVE_FP);

}
```

4.2. Módulo DIO

El módulo *DIO* es un bloque de código que fue desarrollado por el mismo grupo que escribió el μC/OS-II™. Este se encuentra adaptado a la estructura de funcionamiento del RTOS. El bloque permite controlar canales de entradas y salidas digitales en forma independiente. En la Figura 4.2 se puede ve run diagrama del módulo completo. El módulo DIO consiste en una simple tarea (*DIOTask()*) que se ejecuta a intervalos regulares *DIO_TASK_DLY_TICKS*. *DIOTask()* puede manejar una gran cantidad de canales discretos de Entradas y Salidas (hasta 250 cada una). El módulo DIO se inicializa con la llamada a la función *DIOInit()*. Cada *DIO_TASK_DLY_TICKS*, *DIOTask()* llama a las funciones *DIRd()*, *DIUpdate()*, *DOWr()* y *DOUpdate()*. *DITbl[ ]* es una tabla que contiene configuración e información en tiempo real de cada canal de entrada. Las entradas son leídas y mapeadas a *DITbl[i].DIIn* por el controlador del *hardware* implementado en la función *DIRd()*. *DIRd()* es la función que interacciona con el dispositivo físico (puerto del dsPIC®). Además en la Figura 4.2 se puede ver que se cuentan con varias funciones que permiten abstraerse del *hardware* y disponer de ellos, siendo la tarea del módulo DIO la que lidie con los problemas que puedan existir en la lectura y escritura de los puertos físicos de nuestra placa.

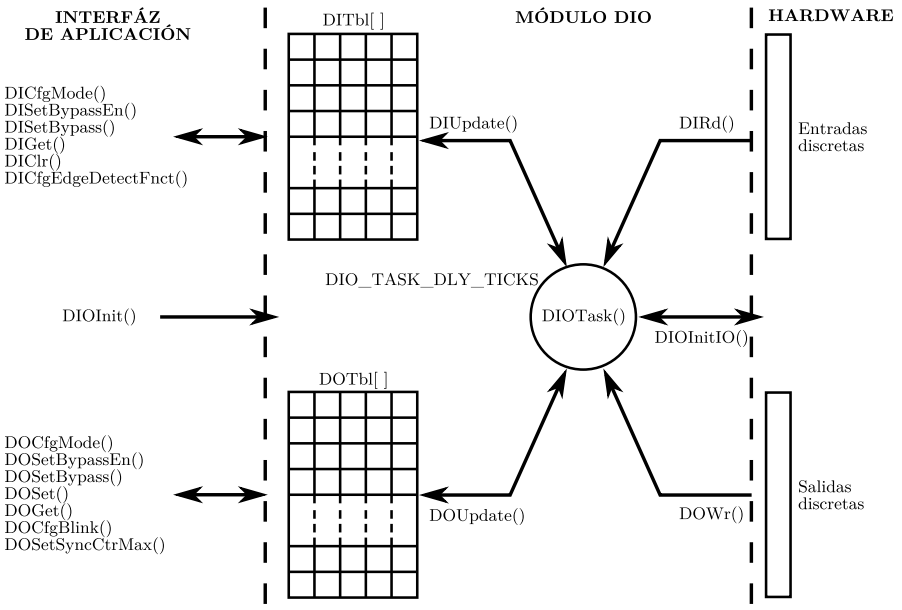


Figura 4.2: Diagrama de flujo del Módulo DIO.

El diagrama en bloque de la Figura 4.3 muestra el funcionamiento del módulo DIO para el tratado de las señales de entrada. *.DIIn*, *.DIModeSel*, *.DIBypassEn* y *.DIVal* son miembros de la estructura de datos *DIO_DI* que se encuentra definida en el código

fuente del módulo dio (archivo `DIO.H`). *DIUpdate()* es el responsable de actualizar todas los canales de entradas discretas del módulo.

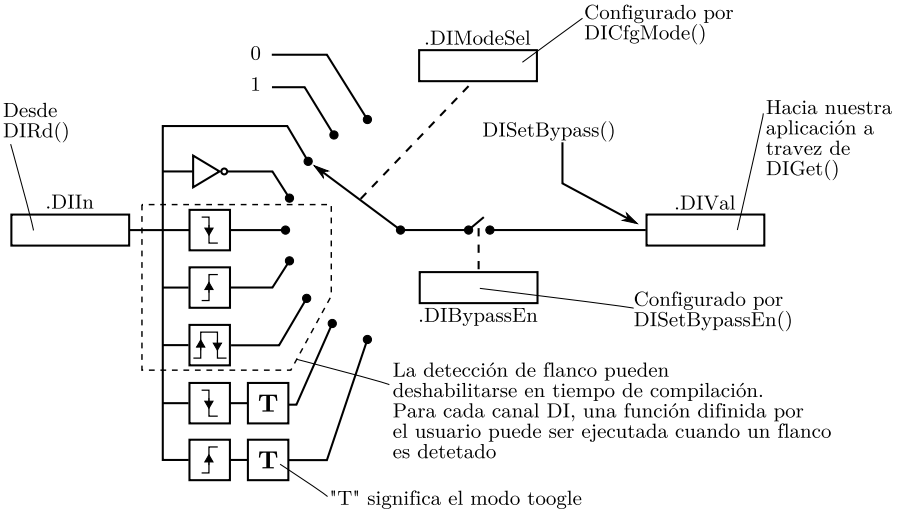


Figura 4.3: Canales de entradas discretas del Módulo DIO.

Al igual que los canales de entrada, Figura 4.2, *DOTbl[ ]* es una tabla que contiene configuración e información en tiempo real por cada canal de salidas. Las salidas discretas son mapeadas desde *DOTbl[i].DOOut* al puerto físico a través de la función *DOWr()*. La función *DOWr()* es el controlador o *driver* que interacciona con la capa física de nuestro sistema (al igual que *DIRr()*). En la Figura 4.4 se muestra un diagrama de como funciona el módulo DIO para las señales de salida de nuestro bloque. *.DOCtrl*, *.DOBypassEn*, *.DOBypass*, *.DOBlinkEnSel*, *.DOModeSel*, *.DOInv* y *.DOOut* son miembros de la estructura de datos *DIO_DO* definido en el archivo `DIO.H`. *DOUpdate()* es el responsable de actualizar todos los canales de salidas discretas.

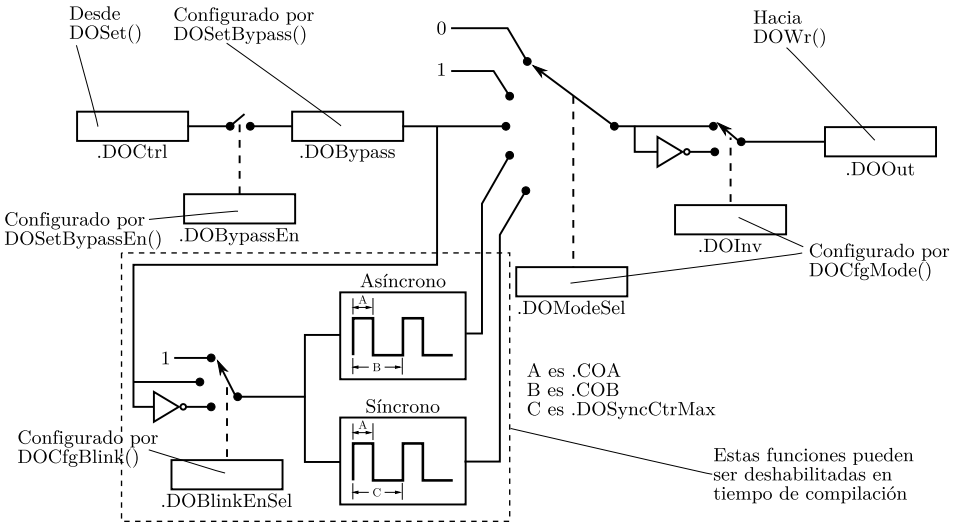


Figura 4.4: Canales de salidas discretas del Módulo DIO.

Como toda tarea que debe atender el RTOS, se debe asignar una prioridad y una latencia en ejecución. Se asigna una de las más altas prioridades al módulo pues será quién

controle el sensor. Las además tareas planteadas en la Sección 4.1 no son tan demandantes. En el caso de especificar a que frecuencia debe ejecutarse el módulo DIO, se considera el valor más alto, lo que implica que se refrescará las Entradas/Salidas lo más rápido posible. El archivo `DIO.H` contiene varios #define que parametrizan el comportamiento del módulo.

Código 4.4: Definiciones de parámetros de prioridad y latencia del Módulo DIO.

```
#define  DIO_TASK_PRIO              1
#define  DIO_TASK_DLY_TICKS         1
```

Como se dijo anteriormente, las funciones *DOWr()* y *DIRd()* serán quienes interactúen con el *hardware*. Originalmente el código del módulo DIO estaba escrito para acceder al puerto paralelo de una computadora de escritorio. La configuración de los puertos del microcontrolador se realiza en la función *DIOInitIO()*,

Código 4.5: Función *DIOInitIO()*

```
void  DIOInitIO (void)
{
  /* Configuración de los puertos I/O */
  /* SALIDAS */
  TRISBbits.TRISB9 = 0;
  TRISBbits.TRISB8 = 0;
  TRISBbits.TRISB7 = 0;
  TRISBbits.TRISB6 = 0;

  /* ENTRADAS */
  TRISCbits.TRISC0 = 1;
  TRISCbits.TRISC1 = 1;
  TRISCbits.TRISC2 = 1;
  TRISCbits.TRISC3 = 1;

  AD1PCFGLbits.PCFG6 = 1;     //RC0
  AD1PCFGLbits.PCFG7 = 1;     //RC1
  AD1PCFGLbits.PCFG8 = 1;     //RC2
}
```

Una vez configurados los puertos, la función *DIOInitIO()* es llamada desde la función principal. La función *DIRd()* es modificada para asignar los puertos que serán leídos y cargados en la tabla *DITbl[ ]*.

Código 4.6: Función *DIRd()*

```
void  DIRd (void)
{
  DIO_DI  *pdi;
  INT8U    i;
  INT8U    in;
  INT8U    msk;

  pdi = &DITbl[0]; /* Point at beginning of discrete inputs */
  msk = 0x01; /* Set mask to extract bit 0 */
  in = 0;
  in  |= PORTCbits.RC0; /* Read the physical port (8 bits) */
  in  |= (PORTCbits.RC1<<1);
  in  |= (PORTCbits.RC2<<2);
  in  |= (PORTCbits.RC3<<3);
  for (i = 0; i < 8; i++) /* Map all 8 bits to first 8 DI channels */
```

```
  {
    pdi->DIIn   = (BOOLEAN)(in & msk) ? 1 : 0;
    msk       <<= 1;
    pdi++;
  }
}
```

Recordemos que el módulo DIO puede controlar hasta 256 canales de entradas y salidas. En nuestro caso no se requería de más de dos canales, uno de entrada y otro de salida. De todas formas se configuran cuatro canales I/O. Para la función que escribe el puerto de salida del microcontrolador, *DOWr()*, se debe asignar que puertos físicos tomarán los valores de la tabla *DOTbl[ ]*. Al igual que en el caso de la lectura, aquí se utilizaron solo cuatro canales de los que dispone el módulo DIO.

Código 4.7: Función *DIWr()*

```
void  DOWr (void)
{
  DIO_DO  *pdo;
  INT8U    i;
  INT8U    out;
  INT8U    msk;


  pdo = &DOTbl[0]; /* Point at first discrete output channel */
  msk = 0x01; /* First DO will be mapped to bit 0 */
  out = 0x00; /* Local 8 bit port image */
  for (i = 0; i < 8; i++) /* Map first 8 DO to 8 bit port image */
  {
    if (pdo->DOOut == TRUE) {
      out |= msk;
    }
    msk <<= 1;
    pdo++;
  }
  PORTBbits.RB9 = out & 0x01;
  PORTBbits.RB8 = (out>>1) & 0x01;
  PORTBbits.RB7 = (out>>2) & 0x01;
  PORTBbits.RB6 = (out>>3) & 0x01;
}
```

4.3. Tarea para el control del sensor

En la Sección 3.1.2 se describe el funcionamiento del sistema de censado que se implementa en el correspondiente trabajo. Las señales que controlan el proceso de adquisición de datos a través de la línea de comunicación son generados por una tarea del μC/OS-II™. La tarea *TareaControlSensor()* utiliza el módulo DIO para generar la señal de *control*, véase el circuito de la Figura 3.4. El tiempo de *adquisición* y el tiempo de *espera* es controlado por las funciones de tiempo del RTOS,

Código 4.8: Función de la tarea *TareaControlSensor()*

```
static  void  TareaControlSensor (void)
{

  // Configuración de canales del módulo DIO
```

```
    DOCfgMode(0,DO_MODE_DIRECT,0);
    DICfgMode(0,DI_MODE_EDGE_HIGH_GOING);
    ValChZero = 0;
    CntData = 0;
    DIClr(0);

    while(1)
    {

      DOSet(0,TRUE);
      OSTimeDlyHMSM(0,0,0,100);
      DOSet(0,FALSE);
      OSTimeDlyHMSM(0,0,1,0);

      ValChZero += DIGet(0);
      CntData++;
      DIClr(0);

    }
}
```

La salida del microcontrolador que maneja la señal de control del sensor será el primer canal del módulo DIO (canal 0). En esta función se puede apreciar que el tiempo de *adquisición* es 100 microsegundos y el tiempo de *espera* es de 1 segundo, relación especificada en la Sección 3.1.2.

La entrada será el canal 0 y es conectada a la señal de salida del sensor (colector del transistor *Q*2, Fig. 3.4). Este canal se configura en el modo de detección de flanco ascendente, *DICfgMode(0,DI_MODE_EDGE_HIGH_GOING)*. Se acumula en la variable *ValChZero* la cantidad de flancos recibidos desde la línea de comunicación y a la vez se acumula el número de muestras recibidas, pues se enviará un promedio del periodo calculado. Se aclara que la mayoría de las variables que se utilizan en este proyecto son variables globales. La declaración de estas variables se pueden ver al final del documento donde se proporciona todo el código fuente del proyecto.

4.4. Tarea procesamiento de datos del sensor

La tarea *TareaPromDatos()* realiza un promedio de la cantidad de pulsos recibidos. La tarea procesa la cantidad de flancos recibidos, que son acumulados en la variable *ValChZero*, y los promedia con la cantidad de veces que se realiza la captura, *CntData*. Este proceso se realiza a una frecuencia menor que la tarea *TareaControlSensor()*, cada 4 segundos.

En esta función se implementan los *MailBoxes* para comunicarse con la tarea que envíe los datos por el puerto serie. Los *MailBoxes* son recursos que ofrece el μC/OS-II™para intercambiar mensajes entre tareas a través del *kernel*. Una tarea que desee un mensaje desde un *MailBox* vacío es suspendida y puesta en una lista de espera hasta que el mensaje sea recibido. El *kernel* permite que la tarea espere por el mensaje hasta que haya transcurrido un tiempo determinado (*timeout*). Si el mensaje no es recibido, transcurrido el tiempo de espera, la tarea que requiere del mensaje pasará del estado *Ready* a *Run* retornará un código de error en el retorno del pedido. El mecanismo con el que funciona este servicio de mensajería del sistema operativo se puede ver en al

Figura 4.5. La función *OSMboxPost()* realiza la acción de **poner** el mensaje que en este caso es el valor promedio de los datos adquiridos. El primer argumento de la función *OSMboxPost()*, *mBoxPromData*, es una variable del tipo *OS_EVENT* que es una estructura de datos definida por el μC/OS-II™para el manejo de información interna del sistema operativo.

Código 4.9: Función de la tarea *TareaPromDatos()*

```
static  void  TareaPromDatos (void)
{
  TRISBbits.TRISB5 = 0;

  while(1)
  {
    if(CntData!=0)
    {
      Prom = (float) ValChZero / (float) CntData;
      ValChZero = 0;
      CntData = 0;
    }
    else
    {
      Prom = 0;
    }

    OSMboxPost(mBoxPromData, &Prom); /* Envío msj. a tarea que transmite
        los datos (promedio de los pulsos recibidos) */

    OSTimeDlyHMSM(0,0,4,0);
  }
}
```

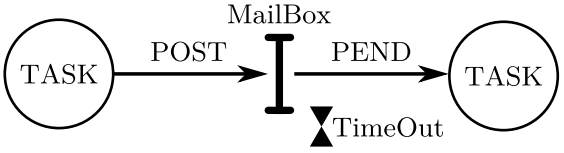


Figura 4.5: Funcionamiento de los *MailBoxes*.

4.5. Tarea de comunicación serial

La últimas de las tareas implementadas en el microcontrolador es la comunicación serial a través de la UART del dsPIC®. La configuración de la UART se realiza en la función *InitUART()*. La tarea *TareaComSerial()* se encuentra condicionada a la recepción del mensaje desde la tarea *TareaPromDatos()* a través del *MailBox mBoxPromData*. El tiempo de espera por el mensaje se define en *TIMEOUT_PEND_MBOX* y se encuentra en unidades ticks. Una vez que se reciba el mensaje, *OSMboxPend()* proporciona un puntero a la posición de memoria donde se encuentra el mensaje. Y sobre esta información se procesa el dato a ser enviado por el canal serial. La frecuencia con que trabaja esta tarea es de un segundo, pero como se dijo al comienzo, se encuentra condicionada por la espera del *MailBox*.

Código 4.10: Función de la tarea *TareaComSerial()*

```
static  void  TareaComSerial (void)
{
  uint8_t errorMboxPend;

  asm volatile (``mov #OSCCONL, w1  \n''
  ``mov #0x46, w2     \n''
  ``mov #0x57, w3     \n''
  ``mov.b w2, [w1]    \n''
  ``mov.b w3, [w1]    \n''
  ``bclr OSCCON, #6'');

  RPINR18bits.U1RXR = 22;
  RPOR11bits.RP23R = 0b00011;

  asm volatile (``mov #OSCCONL, w1  \n''
  ``mov #0x46, w2     \n''
  ``mov #0x57, w3     \n''
  ``mov.b w2, [w1]    \n''
  ``mov.b w3, [w1]    \n''
  ``bset OSCCON, #6'');

  InitUART1();

  while(1)
  {
    PtrPromFromMBox = OSMboxPend(mBoxPromData, TIMEOUT_PEND_MBOX, &
        errorMboxPend); /* Esperamos a que llegue un nuevo promedio */
    PromFromMbox = *PtrPromFromMBox;
    whole=(int) PromFromMbox ; /* obtains whole part */
    decimal=(int) ((PromFromMbox - (float) whole)*100.0); /* obtains
        decimal part (1 digit) */
    sprintf(array,``:%04d.%02d\n``,whole,decimal); /* converts to string */
    for(iiTaskUart = 0; iiTaskUart<9 ; iiTaskUart++)
    {
      while(U1STAbits.UTXBF != 0);
      U1TXREG = array[iiTaskUart];
    }

    OSTimeDlyHMSM(0,0,1,0);

  }
}
```

Sección 5

μC/OS-II™en la PC

Siguiendo la línea del uso de los sistemas operativos en tiempo real, se implementa el sistema μC/OS-II™en una arquitectura de PC estándar. Se utilizará un proyecto base publicado por Micriμm Inc., creador del μC/OS-II™, compilado con el *software TurboC*. Las características del proyecto serán,

- Procesar los datos recibidos a través de una comunicación serial con el RTOS que corre en el dsPIC®.
- Manejo de funciones gráficas para la presentación de los datos en la pantalla de la PC.

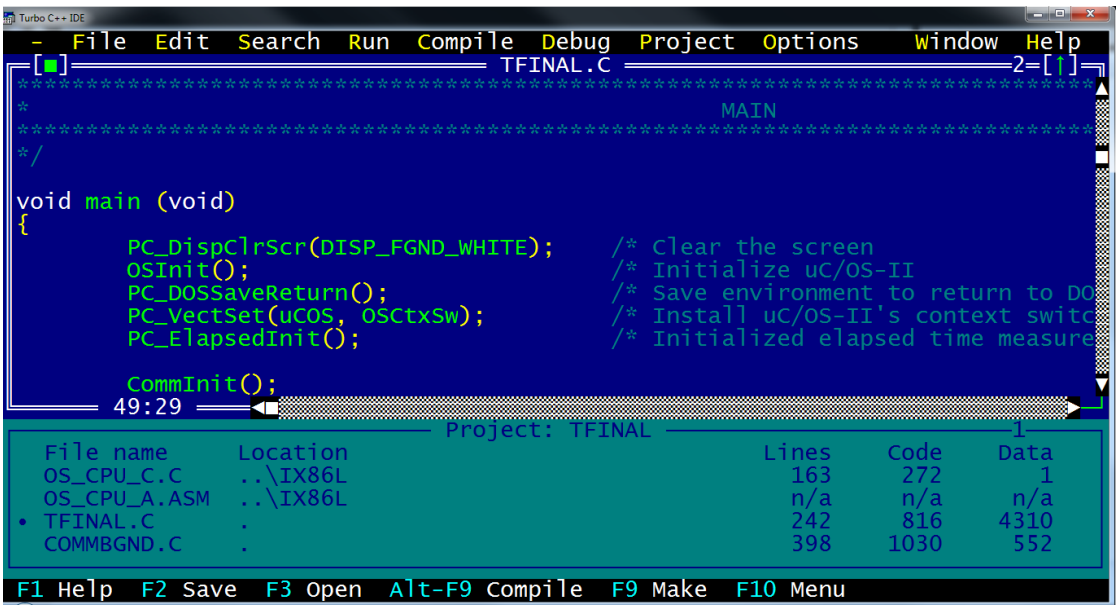


Figura 5.1: Entorno gráfico del *software* TurboC.

La función principal *main()* se puede ver en el Código 5.1. Como en el caso del μC/OS-II™en el dsPIC®, se debe realiza la configuración y la creación de las tareas luego del llamado a la función *OSInit()* y antes de que el RTOS comience a correr *OSStart()*.

Código 5.1: Función principal del μC/OS-II™sobre la PC (*main()*)

```
void main (void)
{
  PC_DispClrScr(DISP_FGND_WHITE); /* Clear the screen */

  OSInit(); /* Initialize uC/OS-II */

  PC_DOSSaveReturn(); /* Save environment to return to DOS */
  PC_VectSet(uCOS, OSCtxSw); /* Install uC/OS-II's context switch vector */
  PC_ElapsedInit(); /* Initialized elapsed time measurement  */

  CommInit();

  /* Crear los Semaphores (Buzones) */
  TransmisionesListasSem = OSSemCreate(0);

  /*Crear los MailBox (Buzones) */
  DatoRecibidoMbox=OSMboxCreate((void *)0);

  OSTaskCreate(TaskStart, (void *)0, &TaskStartStk[TASK_STK_SIZE-1], 0);

  OSStart(); /* Start multitasking   */
}
```

Junto a los archivos del μC/OS-II™se dispone de varios códigos fuentes para hacer uso de varios periféricos. Estos se encuentran en el directorio *BLOCKS*. Se puede listar estos archivos como,

```
SOFTWARE
├── BLOCKS
│   ├── AIO
│   ├── CLK
│   ├── COMM
│   │   └── SOURCE
│   │       ├── COMMRTOS.H
│   │       ├── COMMRTOS.C
│   │       ├── COMM_PC.H
│   │       ├── COMM_PC.C
│   │       ├── COMM_PCA.ASM
│   │       ├── COMMBGND.H
│   │       └── COMMBGND.C
│   ├── DIO
│   ├── KEY_MN
│   ├── LCD
│   ├── LED
│   ├── PC
│   │   └── SOURCE
│   │       ├── PC.C
│   │       └── PC.H
│   ├── SIMPLE
│   └── TMR
├── HPLISTC
├── UCOS-II
└── doc
```

Los bloques que se utilizarán se encuentran resaltados en texto negrita. Pero también se puede ver el módulo DIO utilizado en el dsPIC® también está listado en este directorio.

Para el manejo de la pantalla se utilizan funciones del módulo *PC*. Este módulo provee servicios para mostrar caracteres ASCII en una pantalla VGA básica de una computadora. En el modo normal, la pantalla de una PC puede manejar hasta 2000 caracteres organizados en un arreglo de 25 filas por 80 columnas. La memoria de vídeo en la PC y comienza en una dirección absoluta de memoria 0x000B8000 (o usando notación segmentada, B800:0000). Cada caracter a mostrar requiere dos *bytes* para ser visualizado en la pantalla. El primer *byte* (menor posición en memoria) es el caracter que se quiere mostrar, mientras que el segundo *byte* es un atributo que determina la combinación de color *foreground*/*background* del caracter. El color *foreground* es especificado en los menores 4 *bits* del atributo, mientras que el color *background* en los superiores, del *bits* 4 al 6. Finalmente el más significativo *bit* determina si el caracter titilará (con 1) o no (con 0).

El el Código 5.2 muestra la primer tarea donde se configura y ejecuta varias llamadas a las funciones de pantalla para nuestro proyecto.

Código 5.2: Primera tarea del μC/OS-II™sobre la PC (*TaskStart()*)

```
void  TaskStart (void *data)
{
  char   s[80];
  WORD key;

  data = data; /* Prevent compiler warning */

  OS_ENTER_CRITICAL(); /* Install uC/OS-II's clock tick ISR */
  PC_VectSet(0x08, OSTickISR);
  PC_SetTickRate(OS_TICKS_PER_SEC); /* Reprogram tick rate  */
  OS_EXIT_CRITICAL();
  OSStatInit();

  OSTaskCreate(Task_Times, (void *)0, &TaskTimesStk[TASK_STK_SIZE-1], 7);
  OSTaskCreate(Task_Rx, (void *)0, &TaskRxStk[TASK_STK_SIZE-1], 8);


  for (;;)
  {
    PC_DispStr(16,  1, ‘‘Trabajo Final - uC/OS-II, The Real-Time Kernel‘‘,
        DISP_FGND_WHITE + DISP_BGND_RED + DISP_BLINK);
    PC_DispStr(25, 27, ‘‘<-PRESS 'ESC' TO QUIT->‘‘, DISP_FGND_WHITE +
        DISP_BLINK);
    if (PC_GetKey(&key)== TRUE)       /* See if key has been pressed */
    {
      if (key == 0x1B) /* Yes, see if it's the ESCAPE key */
      {
        PC_DOSReturn(); /* Yes, return to DOS */
      }
    }
    OSTimeDlyHMSM(0, 0, 0, 200);
  }
}
```

En la primera tarea se crean las demás tareas del μC/OS-II™. En este caso son, la tarea que realiza la recepción de datos a través del puerto serie y última es una tarea

que realiza la limpieza de la pantalla. Una captura de la pantalla se observa en la Figura 5.2.

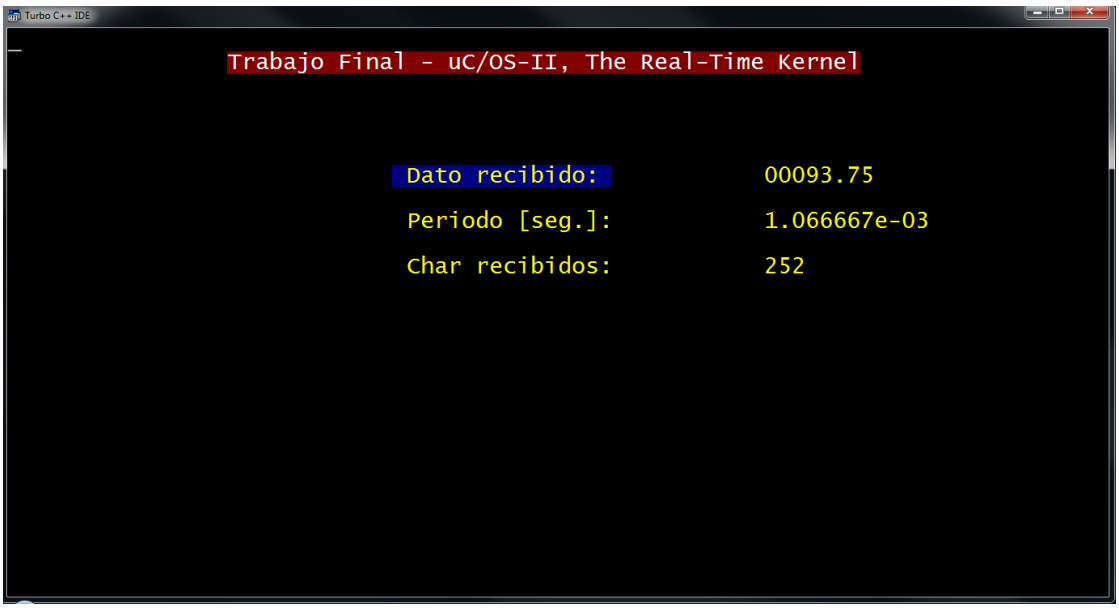


Figura 5.2: Captura de la pantalla del proyecto en funcionamiento.

5.1. Tarea de comunicación serial

Para manejar el interfaz serial de la PC se hace uso de un módulo proporcionado por el autor del μC/OS-II™, el *COMM_PC*. Este módulo hace mucho más fácil de usar el puerto serie. El código y sus funcionalidades del *driver* son fácilmente portable a diferentes arquitecturas y entornos de desarrollo. La estructura del módulo cuenta con dos bloques como se muestra en la Figura 5.3. El bloque *Low Level PC Driver* es responsable de interactuar con el *hardware*, es decir, la UART de la PC. Se provee de funciones a nuestras aplicaciones que nos permitan configurar los dos puertos (*COM1* ó *COM2*), habilitar/deshabilitar interrupciones de comunicación, y adquirir/cargar el vector de interrupción del puerto *COM*. Nuestras aplicaciones también interaccionan a dos posibles tipos de *buffers* seriales, los módulos de I/O: *COMMBGND* ó *COMMRTOS*. Se puede usar el código del *COMMBGND* en aplicaciones *foreground*/*background* y el *COMMRTOS* si se está utilizando un *kernel*en tiempo real como el μC/OS-II™.

Se podría describir en detalle el funcionamiento del módulo *COMM_PC* pero no es la finalidad del presente informe. La documentación completa sobre este módulo se encuentra descrito en detalle en el libro *Embedded Systems Building Blocks, Second Edition* escrito por el *Jean J. Labrosse*.

La comunicación es unidireccional, por las especificaciones del proyecto, pero para realizar una comunicación bidireccional no ha de ser inconveniente. En el Código 5.3 antes de lanzar el bucle infinito de la tarea, se configura el puerto serie de la PC, *CommCfgPort(COMM2,9600,8,COMM_PARITY_NONE,1)*. Y se lanza las interrupciones del puerto COMM2. Ya en tiempo de ejecución, se espera a que el *buffer* del puerto serie se encuentre con datos a ser procesados y son almacenados temporalmente para

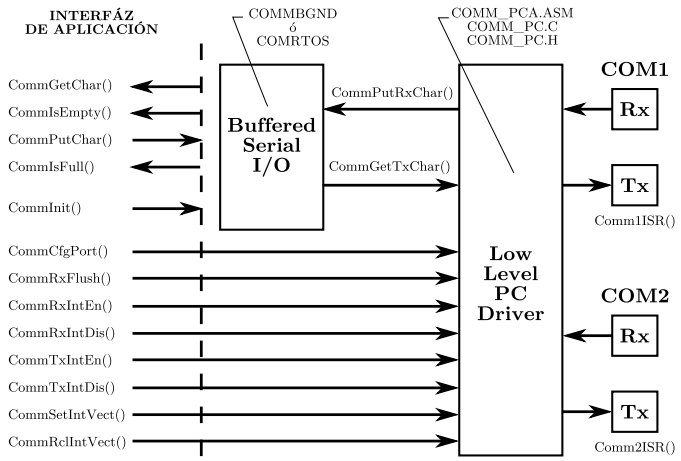


Figura 5.3: Diagrama en bloque del Módulo *COMM_PC*.

ser visualizados con los servicios de pantalla de la función *PC_DispStr()*. Además en esta tarea se utiliza *MailBox*, recursos de comunicación interna entre tareas que ofrece el μC/OS-II™. Aquí el *MailBox DatoRecibidoMbox* envía la trama recibida a la tarea de visualización. Esta trama de datos está identificada por un caracter de comienzo ":" (en decimal 58), y uno de final de trama "
n" (en decimal 10).

Código 5.3: Tarea de la recepción de datos en la PC (*Task_Rx()*)

```
void Task_Rx (void *data)
{
  INT8U error, errSem,errMbox;
  INT8U i, c;
  INT8U periodo[7],s[8];
  int k=0,kk=0 ,kdata = 0;
  char sdata[] = ``0000.00'';
  INT8U FlagInicio = 0;

  data = data;

  CommCfgPort(COMM2,9600,8,COMM_PARITY_NONE,1);
  CommSetIntVect(COMM2);
  CommRxIntEn(COMM2);

  for(;;)
  {
    PC_DispStr(28, 6, `` Dato recibido: '', DISP_FGND_YELLOW + DISP_BGND_BLUE);
    PC_DispStr(28, 8, `` Periodo [seg.]: '', DISP_FGND_YELLOW);
    PC_DispStr(28, 10, `` Char recibidos: '', DISP_FGND_YELLOW);

    if(!CommIsEmpty(COMM2))
    {
      c = CommGetChar(COMM2,&error);
      if(error==COMM_NO_ERR)
      {
        switch(c)
        {
          case 58:
```

```
          FlagInicio = 1;
          break;
          case 10:
          kdata = 0;
          FlagInicio = 0;
          errMbox = OSMboxPost(DatoRecibidoMbox, (void *)&sdata[0]);
          break;
          default:
          if(FlagInicio == 1)
          {
            k++;
            kdata++;
            sprintf(s, ‘‘%d‘‘, k);
            PC_DispStr(55, 10, s, DISP_FGND_YELLOW);
            sdata[kdata] = c;
          }
        }
      }
    }

    OSTimeDlyHMSM(0, 0, 0, 100);
  }
}
```

5.2. Tarea visualización de datos

Esta tarea es muy sencilla de interpretar. Aquí se espera a que se haya recibido una trama completa en la tarea *Task_Rx*, pues se espera por el *MailBox*. A la vez que se escriben los datos en la pantalla, se calcula el periodo en unidades de segundos y también es visualizada. .

Código 5.4: Tarea de limpieza de pantalla (*Task_DispData()*)

```
void  Task_DispData(void *data)
{
      INT8U   err;
      INT8U   errSem,errMbox;
      char    s[40];
      char *PtrSData;
      float  Fdata,periodo;
      data = data;

      for (;;)
      {

              PtrSData = OSMboxPend(DatoRecibidoMbox,0,&errMbox);

              PC_DispStr(55, 6, PtrSData, DISP_FGND_YELLOW);

              Fdata = atof(PtrSData);

              if(Fdata == 0.0)
                      periodo = 0.0;
              else
                      periodo = 0.1 / Fdata;
```

```
                sprintf(s, ``%e'', periodo);
                PC_DispStr(55, 8, s, DISP_FGND_YELLOW);

                //PC_DispClrScr(DISP_FGND_WHITE);
                //clrscr();

                OSTimeDlyHMSM(0, 0, 0, 100);      /* Espera 1 Segundo   */
        }
}
```

Sección 6

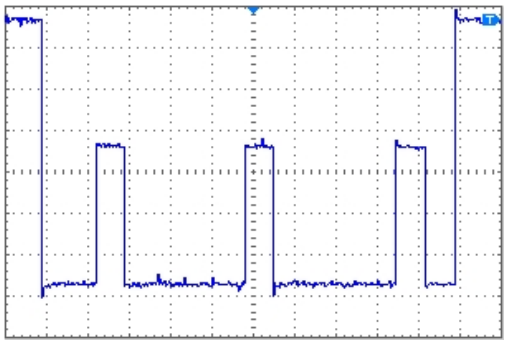
Ensayos

Los ensayos realizados sobre todo el sistema funcionando son principalmente sobre el sistema de comunicación entre el *Sensor* y el bloque de *Control*. La forma de las señales sobre el canal serial en el caso ideal se observan en la Figura 3.5. Para realizar el testeo del sistema se ha utilizado un *Dimmer* que nos permitirá modificar la intensidad de luz que incide sobre el sensor fotoeléctrico. La Tabla 6.1 presenta varias mediciones realizadas a diferentes niveles de atenuación del *Dimmer*. Se contrasta el periodo adquirido por el dsPIC® (segunda columna) y la medición del mismo con un osciloscopio. (tercera columna).

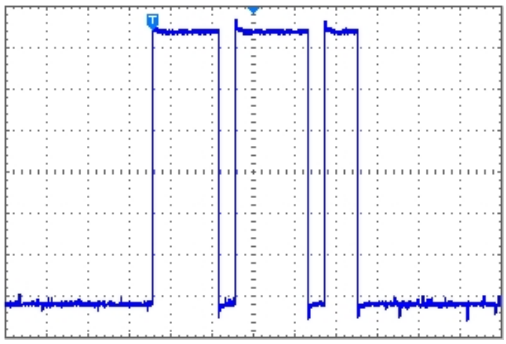
Muestra	**Periodo**	
	dsPIC®	**Medido**
Muestra 1	3.5	368 μseg.
Muestra 2	29.5	2873 μseg.
Muestra 3	85	8622 μseg.
Muestra 4	120	12.1 μseg.

Tabla 6.1: Captura de datos del sistema de sensor a diferentes niveles de intensidad de luz.

Por último se muestran las capturas desde el osciloscopio para las diferentes muestras presentadas en la Tabla 6.1.

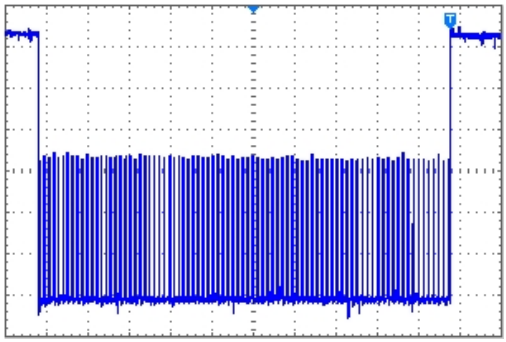


(a) Señales tomadas sobre la línea de comunicación del sensor/control.

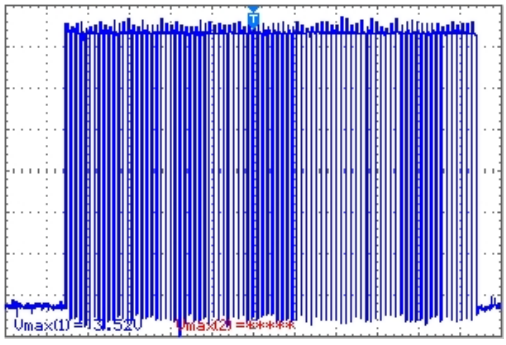


(b) Señales tomadas en la salida del sistema de control (colector $Q2$).

Figura 6.1: Muestra 1.

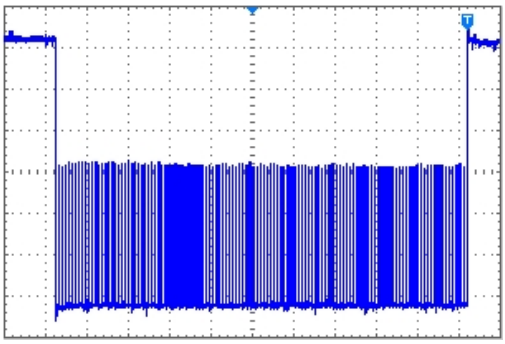


(a) Señales tomadas sobre la línea de comunicación del sensor/control.

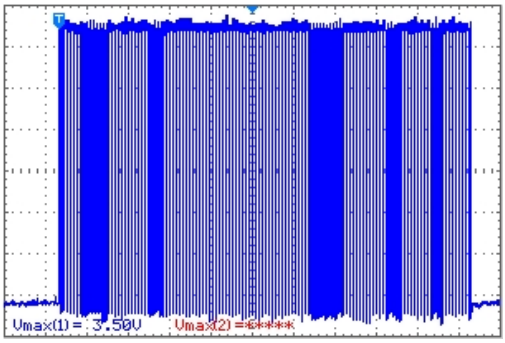


(b) Señales tomadas en la salida del sistema de control (colector $Q2$).

Figura 6.2: Muestra 2.



(a) Señales tomadas sobre la línea de comunicación del sensor/control.



(b) Señales tomadas en la salida del sistema de control (colector $Q2$).

Figura 6.3: Muestra 3.

Apéndice A

Repositorio del proyecto

El proyecto se encuentra bajo en control de versiones proporcionado por el *software Subversion*, conocido también con las siglas *SVN*. Este proyecto como su código fuente y documentación se encuentra publicado bajo *Licencias Libre* para su uso y modificación. Para acceder al proyecto, bajo sistemas operativos GNU/Linux & Unix, simplemente se corre el comando,

```
svn checkout http://proyecto5r1.googlecode.com/svn/branches/
    ProyectoSensorConUCOSII/firmware proyectosensorconucosii-read-only
```

El proyecto es una ramificación de un proyecto ya ralizado por los estudiantes *Andrés Hoc* y *Gonzalo Vassia* quienes han decidido publicar su proyecto también en forma libre. Para conocer más sobre el manejo de repositorios *SVN* y como se realizan proyectos a partir de una raiz (*trunk*) acceda a la documentación de la siguiente página web: `http://svnbook.red-bean.com/en/1.6/svn.intro.whatis.html`.

Apéndice B

Códigos del proyecto

Se adjuntan los códigos fuentes de los archivos más importantes del proyecto. De todas formas este puede ser accedido desde el repositorio.

../../v0.1/app.c

```
/*
*********************************************************************************************************
*                                          Luis Alberto Guanuco
*                                              Proyecto Final
*                                       C tedra  Software en Tiempo Real
*
*                                      UTN - Facultad Regional  C rdoba
*
* File : APP.C
*
*********************************************************************************************************
*/

#include <includes.h>
#include <globals.h>

/*
*********************************************************************************************************
*                                                CONSTANTS
*********************************************************************************************************
*/


/*
*********************************************************************************************************
*                                                VARIABLES
*********************************************************************************************************
*/

OS_STK  tareaInicioStk[TAREA_INICIO_STK_SIZE];
OS_STK  tareaLuisTestStk[TAREA_LUISTEST_STK_SIZE];
OS_STK  tareaLuisTestTwoStk[TAREA_LUISTESTTWO_STK_SIZE];
OS_STK  tareaLuisTestThreeStk[TAREA_LUISTESTTHREE_STK_SIZE];
OS_STK  DIOTaskStk[DIO_TASK_STK_SIZE];

uint8_t errorStkChk;

/*
*********************************************************************************************************
*                                            FUNCTION PROTOTYPES
*********************************************************************************************************
*/

static  void  TareaInicio(void *p_arg);
static  void  AppTaskCreate(void);
static  void  TareaLuisTest(void);
static  void  TareaLuisTestTwo(void);
static  void  TareaLuisTestThree(void);

/*
*********************************************************************************************************
*                                                main()
*
* Description : This is the standard entry point for C code.
* Arguments   : none
*********************************************************************************************************
*/

CPU_INT16S  main (void)
```

```
{
  CPU_INT08U  err;

  BSP_IntDisAll();                                                    /* Disable all interrupts until we are ready
       to accept them */

  RCON = 0;

  OSInit();                                                           /* Initialize ‘‘uC/OS-II, The Real-Time Kernel‘‘
                  */
       DIOInit();

  OSTaskCreateExt(TareaInicio,
                  (void *)0,
                  (OS_STK *)&tareaInicioStk[0],
                  TAREA_INICIO_PRIO,
                  TAREA_INICIO_PRIO,
                  (OS_STK *)&tareaInicioStk[TAREA_INICIO_STK_SIZE-1],
                  TAREA_INICIO_STK_SIZE,
                  (void *)0,
                  OS_TASK_OPT_STK_CHK | OS_TASK_OPT_STK_CLR);

#if OS_TASK_NAME_SIZE > 11
  OSTaskNameSet(TAREA_INICIO_PRIO, (CPU_INT08U *)‘‘Start Task‘‘, &err);
#endif

  OSStart();                                                          /* Start multitasking (i.e. give control to uC
       /OS-II)       */

       return (-1);                                                         /* Return an error - This line of code
            is unreachable       */
}


/*
*********************************************************************************************************
*                                          STARTUP TASK
*
* Description : This is an example of a startup task.  As mentioned in the book's text, you MUST
*               initialize the ticker only once multitasking has started.
*
* Arguments   : p_arg   is the argument passed to 'TareaInicio()' by 'OSTaskCreate()'.
*
* Notes       : 1) The first line of code is used to prevent a compiler warning because 'p_arg' is not
*                  used.  The compiler should not generate any code for this statement.
*               2) Interrupts are enabled once the task start because the I-bit of the CCR register was
*                  set to 0 by 'OSTaskCreate()'.
*********************************************************************************************************
*/

static  void  TareaInicio (void *p_arg)
{
  CPU_INT08U  i;
  CPU_INT08U  j;

  (void)p_arg;

  BSP_Init();                                                         /* Initialize BSP functions
                                       */

       #if OS_TASK_STAT_EN > 0
       OSStatInit();                                                       /* Determine CPU capacity
                                            */
       #endif

  AppTaskCreate();                                                    /* Create additional user tasks
                                    */

       //Se crea un MailBox para indicar cuando hay un nuevo periodo de velocidad
  mBoxPromData= OSMboxCreate((void *) NULL);
  mBoxPromData->OSEventPtr = 0;

  while (DEF_TRUE)
  {   /* Task body, always written as an infinite loop.           */
    //Chequeamos el tamao  de Stack de esta tarea
    //errorStkChk = OSTaskStkChk(TAREA_INICIO_PRIO, &tareaInicioStk);
    OSTimeDly(100);
  }
}//Fin TareaInicio ()

/*
*********************************************************************************************************
*                                          Tarea LuisTest
* Description : Tarea para testar el proyecto
* Arguments   : p_arg   is the argument passed to 'TareaInicio()' by 'OSTaskCreate()'.
* Notes       :
*********************************************************************************************************
*/
static  void  TareaLuisTest (void)
{

// Inicializacin  del  m dulo  DIO
```

```
        DOCfgMode(0,DO_MODE_DIRECT,0);
        DICfgMode(0,DI_MODE_EDGE_HIGH_GOING);
        ValChZero = 0;
        CntData = 0;
        DIClr(0);

  while(1)
  {

                //Chequeamos el tamao  de Stack de esta tarea
    //errorStkChk = OSTaskStkChk(TAREA_LUISTEST_PRIO, &tareaLuisTestStk);
                DOSet(0,TRUE);
                OSTimeDlyHMSM(0,0,0,100);
                DOSet(0,FALSE);
                OSTimeDlyHMSM(0,0,1,0);

                ValChZero += DIGet(0);
                CntData++;
                DIClr(0);

                OSTimeDly(100);
  }
}//Fin  TareaLuisTest()

/*
*********************************************************************************************************************
*                                          Tarea LuisTestTwo
* Description : Tarea para testar el proyecto
* Arguments   : p_arg   is the argument passed to 'TareaInicio()' by 'OSTaskCreate()'.
* Notes       :
*********************************************************************************************************************
*/
static  void  TareaLuisTestTwo (void)
{
        TRISBbits.TRISB5 = 0;

        while(1)
  {
                //Chequeamos el tamao  de Stack de esta tarea
    //errorStkChk = OSTaskStkChk(TAREA_LUISTESTTWO_PRIO, &tareaLuisTestTwoStk);
                if(CntData!=0)
                {
                        Prom = (float) ValChZero / (float) CntData;
                        ValChZero = 0;
                        CntData = 0;
                }
                else
                        Prom = 0;


                OSMboxPost(mBoxPromData, &Prom); //Enviamos un mensaje a la funcion que transmite el dato (promedio
                      de los pulsos recibidos
                OSTimeDlyHMSM(0,0,4,0);
  }
}//Fin  TareaLuisTest()

/*
*********************************************************************************************************************
*                                          Tarea LuisTestThree
* Description : Tarea para testar el proyecto
* Arguments   : p_arg   is the argument passed to 'TareaInicio()' by 'OSTaskCreate()'.
* Notes       :
*********************************************************************************************************************
*/
static  void  TareaLuisTestThree (void)
{
        uint8_t errorMboxPend;

        asm volatile ("mov #OSCCONL, w1  \n"
                                                        "mov #0x46, w2     \n"
                                                        "mov #0x57, w3     \n"
                                                        "mov.b w2, [w1]    \n"
                                                        "mov.b w3, [w1]    \n"
                                                        "bclr OSCCON, #6");


        RPINR18bits.U1RXR = 22;
        RPOR11bits.RP23R = 0b00011;

        asm volatile ("mov #OSCCONL, w1  \n"
                                                        "mov #0x46, w2     \n"
                                                        "mov #0x57, w3     \n"
                                                        "mov.b w2, [w1]    \n"
                                                        "mov.b w3, [w1]    \n"
                                                        "bset OSCCON, #6");


        InitUART1();

  while(1)
```

```
  {
              //Chequeamos el tamao  de Stack de esta tarea
    //errorStkChk = OSTaskStkChk(TAREA_LUISTESTTHREE_PRIO, &tareaLuisTestThreeStk);

              PtrPromFromMBox = OSMboxPend(mBoxPromData, TIMEOUT_PEND_MBOX, &errorMboxPend); //Esperamos a que
                   llegue un nuevo promedio
              PromFromMbox = *PtrPromFromMBox;
              whole=(int) PromFromMbox ;
                          //obtains whole part
              decimal=(int) ((PromFromMbox - (float) whole)*100.0);   //obtains decimal part (1 digit)
              sprintf(array,"%04d.%02d\n",whole,decimal);                          //converts to string
              for(iiTaskUart = 0; iiTaskUart<9 ; iiTaskUart++)
              {
                      while(U1STAbits.UTXBF != 0);
                      U1TXREG = array[iiTaskUart];
              }

              OSTimeDlyHMSM(0,0,1,0);

  }
}//Fin  TareaLuisTest()


/*
*********************************************************************************************************
*                                  CREATE ADDITIONAL APPLICATION TASKS
*********************************************************************************************************
*/

static  void  AppTaskCreate (void)
{
  CPU_INT08U  err;
  OSTaskCreateExt(TareaLuisTest,
              (void *)0,
              (OS_STK *)&tareaLuisTestStk[0],
              TAREA_LUISTEST_PRIO,
              TAREA_LUISTEST_PRIO,
              (OS_STK *)&tareaLuisTestStk[TAREA_LUISTEST_STK_SIZE-1],
              TAREA_LUISTEST_STK_SIZE,
              (void *)0,
              OS_TASK_OPT_STK_CHK | OS_TASK_OPT_STK_CLR | OS_TASK_OPT_SAVE_FP);

        OSTaskCreateExt(TareaLuisTestTwo,
              (void *)0,
              (OS_STK *)&tareaLuisTestTwoStk[0],
              TAREA_LUISTESTTWO_PRIO,
              TAREA_LUISTESTTWO_PRIO,
              (OS_STK *)&tareaLuisTestTwoStk[TAREA_LUISTESTTWO_STK_SIZE-1],
              TAREA_LUISTESTTWO_STK_SIZE,
              (void *)0,
              OS_TASK_OPT_STK_CHK | OS_TASK_OPT_STK_CLR | OS_TASK_OPT_SAVE_FP);

        OSTaskCreateExt(TareaLuisTestThree,
              (void *)0,
              (OS_STK *)&tareaLuisTestThreeStk[0],
              TAREA_LUISTESTTHREE_PRIO,
              TAREA_LUISTESTTHREE_PRIO,
              (OS_STK *)&tareaLuisTestThreeStk[TAREA_LUISTESTTHREE_STK_SIZE-1],
              TAREA_LUISTESTTHREE_STK_SIZE,
              (void *)0,
              OS_TASK_OPT_STK_CHK | OS_TASK_OPT_STK_CLR | OS_TASK_OPT_SAVE_FP);

}
```

../../v0.1/app_cfg.h

```
/*
*********************************************************************************************************
*                                uC/OS-II Application Configuration
*
*                       DO NOT DELETE THIS FILE, IT IS REQUIRED FOR OS_VER > 2.80
*
*                                     CHANGE SETTINGS ACCORDINGLY
*
*
* File : app_cfg.h
* By   : Eric Shufro
*********************************************************************************************************
*/

#ifndef  APP_CFG_H
#define  APP_CFG_H


/*
*********************************************************************************************************
*                                           INCLUDES
*********************************************************************************************************
*/
```

```
#include <lib_def.h>


/*
*********************************************************************************************************
*                                       ADDITIONAL uC/MODULE ENABLES
*********************************************************************************************************
*/

#define  LIB_STR_CFG_FP_EN                DEF_DISABLED


/*
*********************************************************************************************************
*                                       TASK PRIORITIES
*********************************************************************************************************
*/

#define TAREA_INICIO_PRIO                                        0                       /* Lower numbers are of
      higher priority                       */
#define TAREA_LUISTEST_PRIO                             5
#define TAREA_LUISTESTTWO_PRIO          6
#define TAREA_LUISTESTTHREE_PRIO        7
#define TAREA_LUISTESTFOUR_PRIO         8

/*
*********************************************************************************************************
*                                       TASK STACK SIZES
*
* Notes :   1) Warming, setting a stack size too small may result in the OS crashing. It the OS crashes
*              within a deep nested function call, the stack size may be to blame. The current maximum
*              stack usage for each task may be checked by using uC/OS-View or the stack checking
*              features of uC/OS-II.
*********************************************************************************************************
*/

#define  TAREA_INICIO_STK_SIZE                          126
#define  TAREA_LUISTEST_STK_SIZE                253
#define  TAREA_LUISTESTTWO_STK_SIZE             253
#define  TAREA_LUISTESTTHREE_STK_SIZE   253

#endif                                                                  /* End of file
                                        */
```

../../v0.1/dsPIC_a.s

```
;
;*********************************************************************************************************
;                                             uC/OS-II
;                                        The Real-Time Kernel
;
;                         (c) Copyright 2002, Jean J. Labrosse, Weston, FL
;                                          All Rights Reserved
;
;
;                                    dsPIC33FJ Board Support Package
;
;
; File          : bsp_a.s
; By            : Eric Shufro
;*********************************************************************************************************
;

;
;*********************************************************************************************************
;                                                CONSTANTS
;*********************************************************************************************************
;
    ;.equ     __33FJ256GP710, 1                   ; Inform the p33FG256GP710 header file that we are using a
          dsPIC33FJ256GP710
        .equ     __33FJ128GP804, 1                   ; Inform the p33FG256GP710 header file that we are using a
             dsPIC33FJ128GP804
;
;*********************************************************************************************************
;                                                INCLUDES
;*********************************************************************************************************
;

    ;.include ``p33FJ256GP710.inc``                 ; Include assembly equates for various CPU registers and bit
          masks
        .include ``p33FJ128GP804.inc``                  ; Include assembly equates for various CPU registers and bit
             masks
    .include ``os_cpu_util_a.s``                    ; Include an assembly utility files with macros for saving and
          restoring the CPU registers

;
;*********************************************************************************************************
;                                            LINKER SPECIFICS
;*********************************************************************************************************
;
```

```
    .text                                                                   ; Locate this file in the text region of the
          build

;
;*********************************************************************************************************
;                                                GLOBALS
;*********************************************************************************************************
;

    .global __T2Interrupt
    .global __T4Interrupt

;
;*********************************************************************************************************
;                                          OS Time Tick ISR Handler
;
; Description : This function services the OS Time Tick Interrupt when configured using Timer #2
;
; Notes       : All user interrupts should be defined as follows.
;*********************************************************************************************************
;

__T2Interrupt:
    OS_REGS_SAVE                                                            ; 1) Save processor registers

    mov   #_OSIntNesting, w1
    inc.b [w1], [w1]                                                        ; 2) Call OSIntEnter() or increment
          OSIntNesting

    dec.b _OSIntNesting, wreg                                               ; 3) Check OSIntNesting. if OSIntNesting ==
          1, then save the stack pointer, otherwise jump to T2_Cont
    bra nz, T2_Cont
    mov _OSTCBCur, w0
    mov w15, [w0]

T2_Cont:
    call _OS_Tick_ISR_Handler                                               ; 4) Call YOUR ISR Handler (May be a C
          function). In this case, the OS Tick ISR Handler
    call _OSIntExit                                                         ; 5) Call OSIntExit() or decrement 1 from
          OSIntNesting

    OS_REGS_RESTORE                                                         ; 6) Restore registers

    retfie                                                                  ; 7) Return from interrupt


;
;*********************************************************************************************************
;                                          OS Time Tick ISR Handler
;
; Description : This function services the OS Time Tick Interrupt when configured using Timer #4
;
; Notes       : All user interrupts should be defined as follows.
;*********************************************************************************************************
;

__T4Interrupt:
    OS_REGS_SAVE                                                            ; 1) Save processor registers

    mov   #_OSIntNesting, w1
    inc.b [w1], [w1]                                                        ; 2) Call OSIntEnter() or increment
          OSIntNesting

    dec.b _OSIntNesting, wreg                                               ; 3) Check OSIntNesting. if OSIntNesting ==
          1, then save the stack pointer, otherwise jump to T2_Cont
    bra nz, T4_Cont
    mov _OSTCBCur, w0
    mov w15, [w0]

T4_Cont:
    call _OS_Tick_ISR_Handler                                               ; 4) Call YOUR ISR Handler (May be a C
          function). In this case, the OS Tick ISR Handler
    call _OSIntExit                                                         ; 5) Call OSIntExit() or decrement 1 from
          OSIntNesting

    OS_REGS_RESTORE                                                         ; 6) Restore registers

    retfie                                                                  ; 7) Return from interrupt
```

../../v0.1/dsPIC_cfg.c

```
/*
*********************************************************************************************************
*                                            MeDEf
*                                      Medidor de Eficiencia
*
*
*
* File : dsPIC_cfg.C
```

```
*
*********************************************************************************************************************
*/

#include <includes.h>

/*
*********************************************************************************************************************
*                                          MPLAB CONFIGURATION MACROS
*********************************************************************************************************************
*/

    //__CONFIG(FWDT, WDTDIS);                                                 /* Disable the watchdog timer
                                    */
    //__CONFIG(FOSCSEL, OSCPLL);                                              /* Enable the primary XT / HS oscillator
          with PLL           */

                //_FOSC( POSCMD_NONE & OSCIOFNC_OFF)
                //_FOSCSEL( FNOSC_FRCPLL & IESO_OFF);

                _FWDT( FWDTEN_OFF & WDTPRE_PR32 & WDTPOST_PS1 );
                _FOSC( POSCMD_HS & OSCIOFNC_OFF );
                _FOSCSEL( FNOSC_PRIPLL & IESO_OFF );

/*
*********************************************************************************************************************
*                                                CONSTANTS
*********************************************************************************************************************
*/


/*
*********************************************************************************************************************
*                                                VARIABLES
*********************************************************************************************************************
*/

/*
*********************************************************************************************************************
*                                                PROTOTYPES
*********************************************************************************************************************
*/

static  void  PLL_Init(void);
static  void  Tmr_TickInit(void);

/*
*********************************************************************************************************************
*                                            BSP INITIALIZATION
*
* Description : This function should be called by your application code before you make use of any of the
*               functions found in this module.
*
* Arguments   : none
*********************************************************************************************************************
*/

void  BSP_Init (void)
{
    RCON    &= ~SWDTEN;                                                         /* Ensure Watchdog disabled via IDE CONFIG
          bits and SW.     */

    PLL_Init();                                                           /* Initialize the PLL
                                          */
    Tmr_TickInit();                                                         /* Initialize the uC/OS-II tick interrupt
                           */
}

/*
*********************************************************************************************************************
*                                          PLL_Init()
*
* Description : This function configures and enables the PLL with the external oscillator
*               selected as the input clock to the PLL.
*
* Notes       : 1) The PLL output frequency is calculated by FIN * (M / (N1 * N2)).
*               2) FIN is the PLL input clock frequency, defined in bsp.h as
*                  CPU_PRIMARY_OSC_FR. This is the same as the external primary
*                  oscillator on the Explorer 16 Evaluation Board.
*               3) M is the desired PLL multiplier
*               4) N1 is the divider for FIN before FIN enters the PLL block (Pre-Divider)
*               5) N2 is the PLL output divider (Post-Divider)
*
* Summary     :    The PLL is configured as (8MHZ) * (40 / (2 * 2)) = 80MHZ
*                  The processor clock is (1/2) of the PLL output.
*                  Performance = 40 MIPS.
*********************************************************************************************************************
*/

static  void  PLL_Init (void)
{
```

```
                //Frecuencia del Cristal = Fin = 10 MHz
                //Ajustamos el PLL para tener Fosc = 79.608.000 Hz
                //Fcy = Fosc/2 = 39.804.000 Hz
                //Tcy = 1/Fcy = 25.123 ns
                CLKDIVbits.PLLPRE = 8;          //Dividimos en 10 la frecuencia del cristal
                DelayTcy(10);
    PLLFBDbits.PLLDIV = 158; //PLLFBDbits.PLLDIV = 158; //Multiplicamos por M=160
                DelayTcy(10);
                CLKDIVbits.PLLPOST = 0x00; //Dividimos por 2
                DelayTcy(10);
                CLKDIVbits.DOZE = 0x00;

                //PLLFBD   =     38;                                              /* Set the Multiplier (M) to
                      40 (2 added automatically)   */
    //CLKDIV   =      0;                                          /* Clear the PLL Pre Divider bits, N1 = N2
          = 2              */
}

/*
*********************************************************************************************************************
*                                       BSP_CPU_ClkFrq()

* Description : This function determines the CPU clock frequency (Fcy)
* Returns     : The CPU frequency in (HZ)
*********************************************************************************************************************
*/

CPU_INT32U  BSP_CPU_ClkFrq (void)
{
    CPU_INT08U  Clk_Selected;
    CPU_INT08U  PLL_n1;
    CPU_INT08U  PLL_n2;
    CPU_INT16U  PLL_m;
    CPU_INT16U  FRC_Div;
    CPU_INT32U  CPU_Clk_Frq;


    PLL_m         =  (PLLFBD & PLLDIV_MASK) + 2;                    /* Get the Multiplier value
                                        */
    PLL_n1        =  (CLKDIV & PLLPRE_MASK) + 2;                    /* Computer the Pre Divider value
                                     */
    PLL_n2        = ((CLKDIV & PLLPOST_MASK) >> 6);                 /* Get the Post Divider register value
                                   */
    PLL_n2        = ((PLL_n2 * 2) + 2);                             /* Compute the Post Divider value
                                     */

    FRC_Div       = ((CLKDIV & FRCDIV_MASK) >> 8);                  /* Get the FRC Oscillator Divider register
         value             */
    FRC_Div       = ((1 << FRC_Div) * 2);                           /* Compute the FRC Divider value
                                      */

    Clk_Selected  =  (OSCCON & COSC_MASK) >> 12;                    /* Determine which clock source is currently
          selected       */

    switch (Clk_Selected) {
        case 0:                                                     /* Fast Oscillator (FRC) Selected
                                       */
        case 7:
             CPU_Clk_Frq   =   CPU_FRC_OSC_FRQ;                     /* Return the frequency of the internal fast
                   oscillator     */
             break;

        case 1:                                                     /* Fast Oscillator (FRC) with PLL Selected
                                */
             CPU_Clk_Frq   = ((CPU_FRC_OSC_FRQ  * PLL_m) /          /* Compute the PLL output frequency using
                  the FRC as FIN    */
                             (FRC_Div * PLL_n1 * PLL_n2));
             break;

        case 2:                                                     /* Primary External Oscillator Selected
                                  */
             CPU_Clk_Frq   =   CPU_PRIMARY_OSC_FRQ;                 /* Return the frequency of the primary
                  external oscillator  */
             break;

        case 3:                                                     /* Primary External Oscillator with PLL
              Selected            */
             CPU_Clk_Frq   = ((CPU_PRIMARY_OSC_FRQ * PLL_m) /       /* Compute the PLL output frq using the PRI
                  EXT OSC as FIN  */
                             (PLL_n1 * PLL_n2));
             break;

        case 4:                                                     /* Secondary External Low Power Oscillator (
              SOSC) Selected  */
        case 5:                                                     /* Internal Low Power RC Oscillator Selected
                               */
             CPU_Clk_Frq   =   CPU_SECONDARY_OSC_FRQ;               /* Return the frq of the external secondary
                  Low Power OSC   */
             break;

        case 6:
```

```
            CPU_Clk_Frq = 0;                                        /* Return 0 for the Reserved clock setting
                                    */
            break;

        default:
            CPU_Clk_Frq = 0;                                        /* Return 0 if the clock source cannot be
                 determined        */
            break;
    }

    CPU_Clk_Frq   /=  2;                                            /* Divide the final frq by 2, get the actual
          CPU Frq (Fcy)  */

    return (CPU_Clk_Frq);                                           /* Return the operating frequency
                                    */
}

/*
*********************************************************************************************************
*                                     DISABLE ALL INTERRUPTS
*
* Description : This function disables all interrupts from the interrupt controller.
*
* Arguments   : none
*********************************************************************************************************
*/

void  BSP_IntDisAll (void)
{
        SRbits.IPL = 0b111;
}

/*
*********************************************************************************************************
*                                       TICKER INITIALIZATION
*
* Description : This function is called to initialize uC/OS-II's tick source (typically a timer generating
*               interrupts every 1 to 100 mS).
*
* Arguments   : none
*
* Note(s)     : 1) The timer operates at a frequency of Fosc / 4
*               2) The timer resets to 0 after period register match interrupt is generated
*********************************************************************************************************
*/

static  void  Tmr_TickInit (void)
{
    CPU_INT32U  tmr_frq;
    CPU_INT16U  cnts;


    //tmr_frq   =   BSP_CPU_ClkFrq();                                 /* Get the CPU Clock Frequency (Hz) (Fcy)
                        */
    //tmr_frq   =   39804000;
                //cnts      =   (tmr_frq / OS_TICKS_PER_SEC) - 1;                   /* Calaculate the number of
                     timer ticks between interrupts  */

#if BSP_OS_TMR_SEL == 2
    T2CON     =   0;                                                /* Use Internal Osc (Fcy), 16 bit mode,
          prescaler = 1           */
    TMR2      =   0;                                                /* Start counting from 0 and clear the
          prescaler count      */
    T2CONbits.TCKPS = 0;        //Prescaler divide por 8
                //PR2       =   cnts;                                             /* Set the period register
                                                        */
    //PR2       =   2498;               //Pres = 8 => 1000.3 ticks por segundo
                //luisPR2       =   39996;      //19996;                //Pres = 1 => 1000.0 ticks por segundo
                PR2                             = 3980;                 //luis para 10.000 ticks per sec
                IPC1     &=  ~T2IP_MASK;                                        /* Clear all timer 2 interrupt
                     priority bits                  */
    IPC1     |=  (TIMER_INT_PRIO << 12);                                /* Set timer 2 to operate with an interrupt
          priority of 4   */
    IFS0     &=  ~T2IF;                                                 /* Clear the interrupt for timer 2
                                */
    IEC0     |=   T2IE;                                                 /* Enable interrupts for timer 2
                                  */
    T2CON    |=   TON;                                                  /* Start the timer
                                            */
#endif

#if BSP_OS_TMR_SEL == 4
    T4CON     =   0;                                                /* Use Internal Osc (Fcy), 16 bit mode,
          prescaler = 1           */
    TMR4      =   0;                                                /* Start counting from 0 and clear the
          prescaler count      */
    PR4       =   cnts;                                             /* Set the period register
                                        */
    IPC6     &=  ~T4IP_MASK;                                        /* Clear all timer 4 interrupt priority bits
                        */
    IPC6     |=  (TIMER_INT_PRIO << 12);                            /* Set timer 4 to operate with an interrupt
          priority of 4   */
```

```
    IFS1     &=  ~T4IF;                                          /* Clear the interrupt for timer 4
                                    */
    IEC1     |=   T4IE;                                          /* Enable interrupts for timer 4
                                      */
    T4CON    |=   TON;                                           /* Start the timer
                                                 */
#endif
}

/*
*********************************************************************************************************
*                                       OS TICK INTERRUPT SERVICE ROUTINE
*
* Description : This function handles the timer interrupt that is used to generate TICKs for uC/OS-II.
*********************************************************************************************************
*/

void OS_Tick_ISR_Handler (void)
{
#if  BSP_OS_TMR_SEL == 2
    IFS0 &= ~T2IF;
#endif

#if  BSP_OS_TMR_SEL == 4
    IFS1 &= ~T41F;
#endif

    OSTimeTick();
}
```

../../v0.1/dsPIC_cfg.h

```
/*
*********************************************************************************************************
*                                              Microchip PIC33
*                                            Board Support Package
*
*                                                  Micrium
*                                     (c) Copyright 2005, Micrium, Weston, FL
*                                               All Rights Reserved
*
*
* File : BSP.H
* By   : Eric Shufro
*********************************************************************************************************
*/

/*
*********************************************************************************************************
*                                         OSCILLATOR FREQUENCIES
*********************************************************************************************************
*/

#define  CPU_PRIMARY_OSC_FRQ         8000000L                        /* Primary External Oscillator Frequency
                    */
#define  CPU_FRC_OSC_FRQ             7370000L                        /* Internal Fast Oscillator Frequency
                      */
#define  CPU_SECONDARY_OSC_FRQ         32768L                        /* Secondary External Oscillator
      Frequency              */

/*
*********************************************************************************************************
*                                         OS TICK TIMER SELECTION
*********************************************************************************************************
*/

#define  BSP_OS_TMR_SEL                   2                         /* Select a timer for the OS Tick
      Interrupt (2 or 4)    */
#define  TIMER_INT_PRIO                   4                         /* Configure the timer to use interrupt
      priority 4      */
#define  PROBE_INT_PRIO                   4                         /* Configure UART2 Interrupts to use
      priority 4         */

/*
*********************************************************************************************************
*                                              DATATYPES
*********************************************************************************************************
*/

typedef  void (*PFNCT)(void);

/*
*********************************************************************************************************
*                                              MACROS
*********************************************************************************************************
*/

/*
*********************************************************************************************************
*                                       CHIP SPECIFIC MACROS
```

```
*********************************************************************************************************
*/
                                                                        /* OSCCON register bits
                                                                                                        */
#define  XT_HS_EC_PLL_SEL           (CPU_INT16U)(3 <<  0)
#define  COSC_MASK                  (CPU_INT16U)(7 << 12)
#define  LOCK                       (CPU_INT16U)(1 <<  5)
#define  OSWEN                      (CPU_INT16U)(1 <<  0)
                                                                        /* CLKDIV register bits
                                                                                                        */
#define  FRCDIV_MASK                (CPU_INT16U)(7 <<  8)
#define  PLLPOST_MASK               (CPU_INT16U)(3 <<  6)
#define  PLLPRE_MASK                (CPU_INT16U)(0x1F <<  0)
#define  PLLDIV_MASK                (CPU_INT16U)(0xFF <<  0)
                                                                        /* Timer Control register bits
                                                                                                      */
#define  TON                        (CPU_INT16U)(1 << 15)
                                                                        /* IPC1 Interrupt Priority register bits
                                                                                                     */
#define  T2IP_MASK                  (CPU_INT16U)(7 << 12)
                                                                        /* IPC5 Interrupt Priority register bits
                                                                                                     */
#define  T4IP_MASK                  (CPU_INT16U)(7 << 12)
                                                                        /* IPC7 Interrupt Priority register bits
                                                                                                     */
#define  U2TXIP_MASK                (CPU_INT16U)(7 << 12)
#define  U2RXIP_MASK                (CPU_INT16U)(7 <<  8)
                                                                        /* IEC0 Interrupt Enable register bits
                                                                                                      */
#define  T2IE                       (CPU_INT16U)(1 <<  7)
                                                                        /* IEC1 Interrupt Enable register bits
                                                                                                      */
#define  T4IE                       (CPU_INT16U)(1 << 11)
#define  U2TXIE                     (CPU_INT16U)(1 << 15)
#define  U2RXIE                     (CPU_INT16U)(1 << 14)
                                                                        /* IFS0 Interrupt Flag register bits
                                                                                                       */
#define  T2IF                       (CPU_INT16U)(1 <<  7)
                                                                        /* IFS1 Interrupt Flag register bits
                                                                                                       */
#define  T4IF                       (CPU_INT16U)(1 << 11)
#define  U2TXIF                     (CPU_INT16U)(1 << 15)
#define  U2RXIF                     (CPU_INT16U)(1 << 14)
                                                                        /* UxMODE register bits
                                                                                                        */
#define  UART_EN                    (CPU_INT16U)(1 << 15)
                                                                        /* UxSTA register  bits
                                                                                                        */
#define  UTXISEL                    (CPU_INT16U)(1 << 15)
#define  UTXEN                      (CPU_INT16U)(1 << 10)
#define  TRMT                       (CPU_INT16U)(1 <<  8)
#define  URXDA                      (CPU_INT16U)(1 <<  0)

                                                                        /* System Control register bits
                                                                                                      */
#define  SWDTEN                     (CPU_INT16U)(1 <<  5)

                                                                        /* Interrupt Configuration register 1 bits
                                                                                                     */
#define  NSTDIS                     (CPU_INT16U)(1 << 15)

/*
*********************************************************************************************************
*                                          FUNCTION PROTOTYPES
*********************************************************************************************************
*/

void        BSP_Init(void);
void        BSP_IntEn(CPU_INT08U IntCont, CPU_INT08U IntNum, CPU_INT08U IntPol, CPU_INT08U IntAct, PFNCT pfnct);
void        BSP_IntDis(CPU_INT08U IntCont, CPU_INT08U IntNum);
void        BSP_IntDisAll(void);

CPU_INT32U  BSP_CPU_ClkFrq(void);

/*
*********************************************************************************************************
*                                             LED SERVICES
*********************************************************************************************************
*/

//void     LED_Init(void);
//void     LED_On(CPU_INT08U led);
//void     LED_Off(CPU_INT08U led);
//void     LED_Toggle(CPU_INT08U led);

/*
*********************************************************************************************************
*                                            TICK SERVICES
*********************************************************************************************************
*/

void     Tmr_TickISR_Handler(void);
```

```
/*
*********************************************************************************************************************
*                                        CONFIGURATION CHECKING
*********************************************************************************************************************
*/

#if ((BSP_OS_TMR_SEL != 2) && (BSP_OS_TMR_SEL != 4))
#error ''BSP_OS_TMR_SEL is illegally defined in bsp.h. Allowed values: 2 or 4''
#endif
```

../../v0.1/dsPIC_delay.c

```
//INCLUDES
        #include ''dsPIC_delay.h''


//DEFINICI N DE FUNCIONES
        /*Funcin  DelayTcy
              ------------------------------------------------------------------------------------------------------------

        Descripcin: Esta funcin  realiza una demora de ''ciclos'' ciclos
        Entrada:
                INT16U ciclos: nmero de ciclos de demora
        Salida: nada
        //----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
              */
        void DelayTcy(INT16U ciclos)
        {
                INT16U i;
                for     (i=0;i<ciclos;i++)
                        Nop();
        }

        /*Funcin  Delay_3_6useg
              ------------------------------------------------------------------------------------------------------------

        Descripcin: Esta funcin  realiza una demora de, ms o menos, 3,6 useg.
        Entrada: nada
        Salida: nada
        //----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
              */
                void Delay_3_6useg()
                {
                        Nop();
                }

        /*Funcin  Delay_10useg
              ------------------------------------------------------------------------------------------------------------

        Descripcin: Esta funcin  realiza una demora de, ms o menos, 10 useg.
        Entrada: nada
        Salida: nada
        //----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
              */
                void Delay_10useg()
                {
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                        Nop();
                }

        /*Funcin  Delay_100useg
              ------------------------------------------------------------------------------------------------------------

        Descripcin: Esta funcin  realiza una demora de, ms o menos, 100 useg.
        Entrada: nada
        Salida: nada
        //----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
              */
                void Delay_100useg()
                {
                        char i;
                        for(i=0;i<39;i++)
                                Nop();
```

```
        }

    /*Funcin  Delay_x100useg
         -------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

    Descripcin: Esta funcin  realiza una demora de, ms o menos, x*100 useg. Es muy imprecisa, jeje
    Entrada: x: Cantidad de veces que se repite la demora de 100 useg
    Salida: nada
    //-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
          */
        void Delay_x100useg(int x)
        {
                int i;
                while(x!=0)
                {
                        for(i=0;i<37;i++)
                                Nop();
                        x--;
                }
        }
```

../../v0.1/dsPIC_delay.h

```
#ifndef DELAY_H
    #define DELAY_H

//INCLUDES
//#include ``p30fxxxx.h''
#include ``os_cpu.h''

//PROTOTIPOS DE FUNCIONES

/*Funcin  DelayTcy
     -------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Descripcin: Esta funcin  realiza una demora de ``ciclos'' ciclos
Entrada:
    INT16U ciclos: nmero de ciclos de demora
Salida: nada
//-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
     */
void DelayTcy(INT16U ciclos);

/*Funcin  Delay_3_6useg
     -------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Descripcin: Esta funcin  realiza una demora de, ms o menos, 3,6 useg.
Entrada: nada
Salida: nada
//-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
     */
void Delay_3_6useg();

/*Funcin  Delay_10useg
     -------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Descripcin: Esta funcin  realiza una demora de, ms o menos, 10 useg.
Entrada: nada
Salida: nada
//-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
     */
void Delay_10useg();

/*Funcin  Delay_100useg
     -------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Descripcin: Esta funcin  realiza una demora de, ms o menos, 100 useg.
Entrada: nada
Salida: nada
//-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
     */
void Delay_100useg();

/*Funcin  Delay_x100useg
     -------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Descripcin: Esta funcin  realiza una demora de, ms o menos, x*100 useg. Es muy imprecisa, jeje
Entrada: x: Cantidad de veces que se repite la demora de 100 useg
Salida: nada
//-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
     */
void Delay_x100useg(int x);

#endif
```

../../v0.1/globals.c

```
#include ``globals.h''
```

```
//VARIABLES GLOBALES
uint8_t err;

float TmpCnt;

OS_EVENT        *mBoxPromData;  //Manejador del MailBox que significa que un nuevo periodo ha sido leido y debe
      almacenarse en el buffer

//DIO variable
uint16_t ValChZero, CntData = 0;
float Prom = 0;
float *PtrPromFromMBox;
float PromFromMbox;
uint16_t whole = 0;
uint16_t decimal = 0;
char array[9];
float TmpCnt;
uint8_t iiTaskUart;
```

../../v0.1/globals.h

```
#ifndef GLOBALS_H
#define GLOBALS_H

//INCLUDES

#include <dsPIC_delay.h>
#include  <p33FJ128GP804.h>
#include        <stdint.h>
#include <cpu.h>
#include <includes.h>

//DEFINES RELATIVOS A LAS BASES DE TIEMPO
#define TOSC                            0.000000203021  //0.000000040200
#define TCY                                     ((float) 4 * (float) TOSC)
#define FCY                                     10000000UL
//#define       BASE_T0                 (TCY * 10000)

//DEFINES GENERALES
//Defines utilizados para hacer demoras
#define NOP5 Nop();Nop();Nop();Nop();Nop();
#define NOP10 NOP5 NOP5
#define NOP15 NOP10 NOP5
#define NOP20 NOP10 NOP10
#define NOP30 NOP20 NOP10
#define NOP40 NOP20 NOP20
#define NOP50 NOP40 NOP10
#define NOP100 NOP50 NOP50

#ifndef NULL
#define NULL    0
#endif


//#define       Sleep();        _asm SLEEP _endasm
//#define       Reset();        _asm RESET _endasm

//#define PIN_POWER_ON_OFF
//#define TRIS_POWER_ON_OFF
#define IE_POWER_ON_OFF         INTCON3bits.INT3IE
#define IF_POWER_ON_OFF         INTCON3bits.INT3IF
#define IP_POWER_ON_OFF         INTCON2bits.INT3IP
#define EDGE_POWER_ON_OFF       INTCON2bits.INTEDG3

//VARIABLES GLOBALES

extern OS_EVENT *mBoxPromData;  //Manejador del MailBox que significa que un nuevo periodo ha sido leido y debe
      almacenarse en el buffer

extern struct ConfigdsPIC33 config;

#define TIMEOUT_PEND_MBOX       50000

//DIO variable
extern uint16_t ValChZero, CntData ;
extern float Prom;
extern float *PtrPromFromMBox;
extern float PromFromMbox;
extern uint16_t whole;
extern uint16_t decimal;
extern char array[];
extern float TmpCnt;

extern uint8_t err;
extern uint8_t iiTaskUart;

extern float TmpCnt;
```

```
extern OS_EVENT *mBoxPromData;  //Manejador del MailBox que significa que un nuevo periodo ha sido leido y debe
      almacenarse en el buffer


#endif //GLOBALS_H
```

../../v0.1/includes.h

```
/*
*********************************************************************************************************
*                                                uC/OS-II
*                                          The Real-Time Kernel
*
*                                  (c) Copyright 2006, Micrium, Weston, FL
*                                           All Rights Reserved
*
*                                           MASTER INCLUDE FILE
*********************************************************************************************************
*/

#ifndef     INCLUDES_H
#define     INCLUDES_H

#include    <stdio.h>
#include    <string.h>
#include    <ctype.h>
#include    <stdlib.h>

#include    <p33FJ128GP804.h>

#include    <cpu.h>
#include    <ucos_ii.h>

#include    <lib_def.h>
#include    <lib_str.h>
#include    <lib_mem.h>

#include    <dsPIC_cfg.h>
#include                <DIO.H>
#include                <UART.h>

#if (uC_PROBE_OS_PLUGIN > 0)
#include  <os_probe.h>
#endif

#if (uC_PROBE_COM_MODULE > 0)
#include  <probe_com.h>

#if (PROBE_COM_METHOD_RS232 > 0)
#include  <probe_rs232.h>
#endif
#endif


#endif                                                                  /* End of File
                                                                        */
```

../../v0.1/drivers/DIO/SOURCE/DIO.C

```
/*
*********************************************************************************************************
*                                    Embedded Systems Building Blocks
*                                  Complete and Ready-to-Use Modules in C
*
*                                            Discrete I/O Module
*
*                                (c) Copyright 1999, Jean J. Labrosse, Weston, FL
*                                            All Rights Reserved
*
* Filename   : DIO.C
* Programmer : Jean J. Labrosse
*********************************************************************************************************
*/

/*
*********************************************************************************************************
*                                             INCLUDE FILES
*********************************************************************************************************
*/

#define  DIO_GLOBALS
#include <includes.h>
//#include "DIO.H"
#include <os_cpu.h>
#include <cpu_def.h>
#include <cpu.h>
//#include <teclado.h>
```

```
/*
*********************************************************************************************************
*                                          LOCAL VARIABLES
*********************************************************************************************************
*/

extern OS_STK      DIOTaskStk[DIO_TASK_STK_SIZE];

/*
*********************************************************************************************************
*                                     LOCAL FUNCTION PROTOTYPES
*********************************************************************************************************
*/


static  void        DIIsTrig(DIO_DI *pdi);

static  void        DIOTask(void *data);

static  void        DIUpdate(void);

static  BOOLEAN     DOIsBlinkEn(DIO_DO *pdo);
static  void        DOUpdate(void);

/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                                 CONFIGURE DISCRETE INPUT EDGE DETECTION
*
* Description : This function is used to configure the edge detection capability of the discrete input
*               channel.
* Arguments   : n     is the discrete input channel to configure (0..DIO_MAX_DI-1).
*               fnct  is a pointer to a function that will be executed if the desired edge has been
*                     detected.
*               arg   is a pointer to arguments that are passed to the function called.
* Returns     : None.
*********************************************************************************************************
*/

#if  DI_EDGE_EN
void  DICfgEdgeDetectFnct (INT8U n, void (*fnct)(void *), void *arg)
{
    DIO_DI  *pdi;
 #if (CPU_CFG_CRITICAL_METHOD == CPU_CRITICAL_METHOD_STATUS_LOCAL)
  CPU_SR        cpu_sr;
  #endif

    if (n < DIO_MAX_DI) {
        pdi                = &DITbl[n];
        OS_ENTER_CRITICAL();
        pdi->DITrigFnct    = fnct;
        pdi->DITrigFnctArg = arg;
        OS_EXIT_CRITICAL();
    }
}
#endif
/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                                    CONFIGURE DISCRETE INPUT MODE
*
* Description : This function is used to configure the mode of a discrete input channel.
* Arguments   : n     is the discrete input channel to configure (0..DIO_MAX_DI-1).
*               mode  is the desired mode and can be:
*                     DI_MODE_LOW               input is forced LOW
*                     DI_MODE_HIGH              input is forced HIGH
*                     DI_MODE_DIRECT            input is based on state of physical sensor (default)
*                     DI_MODE_INV               input is based on the complement of physical sensor
*                     DI_MODE_EDGE_LOW_GOING    a LOW-going  transition is detected
*                     DI_MODE_EDGE_HIGH_GOING   a HIGH-going transition is detected
*                     DI_MODE_EDGE_BOTH         both a LOW-going and a HIGH-going transition are detected
*                     DI_MODE_TOGGLE_LOW_GOING  a LOW-going  transition is detected in toggle mode
*                     DI_MODE_TOGGLE_HIGH_GOING a HIGH-going transition is detected in toggle mode
* Returns     : None.
* Notes       : Edge detection is only available if the configuration constant DI_EDGE_EN is set to 1.
*********************************************************************************************************
*/

void  DICfgMode (INT8U n, INT8U mode)
{
 #if (CPU_CFG_CRITICAL_METHOD == CPU_CRITICAL_METHOD_STATUS_LOCAL)
  CPU_SR        cpu_sr;
  #endif
    if (n < DIO_MAX_DI) {
        OS_ENTER_CRITICAL();
        DITbl[n].DIModeSel = mode;
        OS_EXIT_CRITICAL();
    }
}
/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
```

```
*                                       CLEAR A DISCRETE INPUT CHANNEL
*
* Description : This function clears the number of edges detected if the discrete input channel is
*               configured to count edges.
* Arguments   : n     is the discrete input channel (0..DIO_MAX_DI-1) to clear.
* Returns     : none
*********************************************************************************************************
*/

#if  DI_EDGE_EN
void  DIClr (INT8U n)
{
    DIO_DI  *pdi;
 #if (CPU_CFG_CRITICAL_METHOD == CPU_CRITICAL_METHOD_STATUS_LOCAL)
  CPU_SR        cpu_sr;
  #endif

    if (n < DIO_MAX_DI) {
        pdi = &DITbl[n];
        OS_ENTER_CRITICAL();
        if (pdi->DIModeSel == DI_MODE_EDGE_LOW_GOING  ||        /* See if edge detection mode selected */
            pdi->DIModeSel == DI_MODE_EDGE_HIGH_GOING ||
            pdi->DIModeSel == DI_MODE_EDGE_BOTH) {
            pdi->DIVal = 0;                                     /* Clear the number of edges detected  */
        }
        OS_EXIT_CRITICAL();
    }
}
#endif

/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                                    GET THE STATE OF A DISCRETE INPUT CHANNEL
*
* Description : This function is used to get the current state of a discrete input channel.  If the input
*               mode is set to one of the edge detection modes, the number of edges detected is returned.
* Arguments   : n     is the discrete input channel (0..DIO_MAX_DI-1).
* Returns     : 0     if the discrete input is negated  or, if an edge has not been detected
*               1     if the discrete input is asserted
*               > 0   if edges have been detected
*********************************************************************************************************
*/

INT16U  DIGet (INT8U n)
{
    INT16U  val;
 #if (CPU_CFG_CRITICAL_METHOD == CPU_CRITICAL_METHOD_STATUS_LOCAL)
  CPU_SR        cpu_sr;
  #endif

    if (n < DIO_MAX_DI) {
        OS_ENTER_CRITICAL();
        val = DITbl[n].DIVal;                               /* Get state of DI channel                  */
        OS_EXIT_CRITICAL();
        return (val);
    } else {
        return (0);                                         /* Return negated for invalid channel       */
    }
}

/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                                          DETECT EDGE ON INPUT
*
* Description : This function is called to detect an edge (low-going, high-going or both) on the selected
*               discrete input.
* Arguments   : pdi    is a pointer to the discrete input data structure.
* Returns     : none
*********************************************************************************************************
*/

#if DI_EDGE_EN
static  void  DIIsTrig (DIO_DI *pdi)
{
    BOOLEAN  trig;


    trig = FALSE;
    switch (pdi->DIModeSel) {
        case DI_MODE_EDGE_LOW_GOING:                        /* Negative going edge                      */
             if (pdi->DIPrev == 1 && pdi->DIIn == 0) {
                 trig = TRUE;
             }
             break;

        case DI_MODE_EDGE_HIGH_GOING:                       /* Positive going edge                      */
             if (pdi->DIPrev == 0 && pdi->DIIn == 1) {
                 trig = TRUE;
             }
             break;
```

```
        case DI_MODE_EDGE_BOTH:                             /* Both positive and negative going         */
             if ((pdi->DIPrev == 1 && pdi->DIIn == 0) ||
                 (pdi->DIPrev == 0 && pdi->DIIn == 1)) {
                 trig = TRUE;
             }
             break;
    }
    if (trig == TRUE) {                                     /* See if edge detected                     */
        if (pdi->DITrigFnct != NULL) {                      /* Yes, see used defined a function         */
            (*pdi->DITrigFnct)(pdi->DITrigFnctArg);         /* Yes, execute the user function           */
        }
        if (pdi->DIVal < 255) {                             /* Increment number of edges counted        */
            pdi->DIVal++;
        }
    }
    pdi->DIPrev = pdi->DIIn;                                /* Memorize previous input state            */
}
#endif

/*$PAGE*/
/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                                     UPDATE DISCRETE IN CHANNELS
*
* Description : This function processes all of the discrete input channels.
* Arguments   : None.
* Returns     : None.
*********************************************************************************************************
*/

static  void  DIUpdate (void)
{
    INT8U    i;
    DIO_DI  *pdi;


    pdi = &DITbl[0];
    for (i = 0; i < DIO_MAX_DI; i++) {
        if (pdi->DIBypassEn == FALSE) {          /* See if discrete input channel is bypassed          */
            switch (pdi->DIModeSel) {            /* No, process channel                                */
                case DI_MODE_LOW:                /* Input is forced low                                */
                     pdi->DIVal = 0;
                     break;

                case DI_MODE_HIGH:               /* Input is forced high                               */
                     pdi->DIVal = 1;
                     break;

                case DI_MODE_DIRECT:                  /* Input is based on state of physical input     */
                     pdi->DIVal = (INT8U)pdi->DIIn;   /* Obtain the state of the sensor                */
                     break;

                case DI_MODE_INV:                /* Input is based on the complement state of input    */
                     pdi->DIVal = (INT8U)(pdi->DIIn ? 0 : 1);
                     break;

#if DI_EDGE_EN
                case DI_MODE_EDGE_LOW_GOING:
                case DI_MODE_EDGE_HIGH_GOING:
                case DI_MODE_EDGE_BOTH:
                     DIIsTrig(pdi);              /* Handle edge triggered mode                         */
                     break;
#endif
/*$PAGE*/
                case DI_MODE_TOGGLE_LOW_GOING:
                     if (pdi->DIPrev == 1 && pdi->DIIn == 0) {
                         pdi->DIVal = pdi->DIVal ? 0 : 1;
                     }
                     pdi->DIPrev = pdi->DIIn;
                     break;

                case DI_MODE_TOGGLE_HIGH_GOING:
                     if (pdi->DIPrev == 0 && pdi->DIIn == 1) {
                         pdi->DIVal = pdi->DIVal ? 0 : 1;
                     }
                     pdi->DIPrev = pdi->DIIn;
                     break;
            }
        }
        pdi++;                                   /* Point to next DIO_DO element                       */
    }
}

/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                                   DISCRETE I/O MANAGER INITIALIZATION
*
* Description : This function initializes the discrete I/O manager module.
* Arguments   : None
```

```
* Returns     : None.
*********************************************************************************************************************
*/

void  DIOInit (void)
{
    INT8U    err;
    INT8U    i;
    DIO_DI  *pdi;
    DIO_DO  *pdo;


    pdi = &DITbl[0];
    for (i = 0; i < DIO_MAX_DI; i++) {
        pdi->DIVal          = 0;
        pdi->DIBypassEn     = FALSE;
        pdi->DIModeSel      = DI_MODE_DIRECT;     /* Set the default mode to direct input               */
#if DI_EDGE_EN
        pdi->DITrigFnct     = (void *)0;          /* No function to execute when transition detected    */
        pdi->DITrigFnctArg = (void *)0;
#endif
        pdi++;
    }
    pdo = &DOTbl[0];
    for (i = 0; i < DIO_MAX_DO; i++) {
        pdo->DOOut         = 0;
        pdo->DOBypassEn    = FALSE;
        pdo->DOModeSel     = DO_MODE_DIRECT;      /* Set the default mode to direct output              */
        pdo->DOInv         = FALSE;
#if DO_BLINK_MODE_EN
        pdo->DOBlinkEnSel = DO_BLINK_EN_NORMAL;  /* Blinking is enabled by direct user request         */
        pdo->DOA           = 1;
        pdo->DOB           = 2;
        pdo->DOBCtr        = 2;
#endif
        pdo++;
    }
#if DO_BLINK_MODE_EN
    DOSyncCtrMax = 100;
#endif
    DIOInitIO();
    //OSTaskCreate(DIOTask, (void *)0, &DIOTaskStk[DIO_TASK_STK_SIZE], DIO_TASK_PRIO);

                OSTaskCreateExt(DIOTask,
                    (void *)0,
                    (OS_STK *)&DIOTaskStk[0],
                    DIO_TASK_PRIO,
                    DIO_TASK_PRIO,
                    (OS_STK *)&DIOTaskStk[DIO_TASK_STK_SIZE-1],
                    DIO_TASK_STK_SIZE,
                    (void *)0,
                    OS_TASK_OPT_STK_CHK | OS_TASK_OPT_STK_CLR);
}

/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************************
*                                        DISCRETE I/O MANAGER TASK
*
* Description : This task is created by DIOInit() and is responsible for updating the discrete inputs and
*               discrete outputs.
*               DIOTask() executes every DIO_TASK_DLY_TICKS.
* Arguments   : None.
* Returns     : None.
*********************************************************************************************************************
*/

static  void  DIOTask (void *data)
{
    data = data;                                        /* Avoid compiler warning (uC/OS requirement)    */
    for (;;) {
        OSTimeDly(DIO_TASK_DLY_TICKS);                  /* Delay between execution of DIO manager        */
        DIRd();                                         /* Read physical inputs and map to DI channels   */
        DIUpdate();                                     /* Update all DI channels                        */
        DOUpdate();                                     /* Update all DO channels                        */
        DOWr();                                         /* Map DO channels to physical outputs           */
    }
}
/*$PAGE*/

/*
*********************************************************************************************************************
*                                    SET THE STATE OF THE BYPASSED SENSOR
*
* Description : This function is used to set the state of the bypassed sensor.  This function is used to
*               simulate the presence of the sensor.  This function is only valid if the bypass 'switch'
*               is open.
* Arguments   : n     is the discrete input channel (0..DIO_MAX_DI-1).
*               val   is the state of the bypassed sensor:
*                         0     indicates a  negated  sensor
*                         1     indicates an asserted sensor
*                         > 0   indicates the number of edges detected in edge mode
```

```
* Returns     : None.
*********************************************************************************************************
*/

void  DISetBypass (INT8U n, INT16U val)
{
    DIO_DI  *pdi;

 #if (CPU_CFG_CRITICAL_METHOD == CPU_CRITICAL_METHOD_STATUS_LOCAL)
  CPU_SR        cpu_sr;
  #endif
    if (n < DIO_MAX_DI) {
        pdi = &DITbl[n];
        OS_ENTER_CRITICAL();
        if (pdi->DIBypassEn == TRUE) {           /* See if sensor is bypassed                          */
            pdi->DIVal = val;                    /* Yes, then set the new state of the DI channel      */
        }
        OS_EXIT_CRITICAL();
    }
}

/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                                SET THE STATE OF THE SENSOR BYPASS SWITCH
*
* Description : This function is used to set the state of the sensor bypass switch.  The sensor is
*               bypassed when the 'switch' is open (i.e. DIBypassEn is set to TRUE).
* Arguments   : n     is the discrete input channel (0..DIO_MAX_DI-1).
*               state is the state of the bypass switch:
*                         FALSE disables sensor bypass (i.e. the bypass 'switch' is closed)
*                         TRUE  enables  sensor bypass (i.e. the bypass 'switch' is open)
* Returns     : None.
*********************************************************************************************************
*/

void  DISetBypassEn (INT8U n, BOOLEAN state)
{
 #if (CPU_CFG_CRITICAL_METHOD == CPU_CRITICAL_METHOD_STATUS_LOCAL)
  CPU_SR        cpu_sr;
  #endif
    if (n < DIO_MAX_DI) {
        OS_ENTER_CRITICAL();
        DITbl[n].DIBypassEn = state;
        OS_EXIT_CRITICAL();
    }
}

/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                               CONFIGURE THE DISCRETE OUTPUT BLINK MODE
*
* Description : This function is used to configure the blink mode of the discrete output channel.
* Arguments   : n     is the discrete output channel (0..DIO_MAX_DO-1).
*               mode  is the desired blink mode:
*                     DO_BLINK_EN         Blink is always enabled
*                     DO_BLINK_EN_NORMAL  Blink depends on user request's state
*                     DO_BLINK_EN_INV     Blink depends on the complemented user request's state
*               a     is the ON  time relative to how often the DIO task executes  (1..250)
*               b     is the period (in DO_MODE_BLINK_ASYNC mode) (1..250)
* Returns     : None.
*********************************************************************************************************
*/

#if  DO_BLINK_MODE_EN
void  DOCfgBlink (INT8U n, INT8U mode, INT8U a, INT8U b)
{
    DIO_DO  *pdo;

 #if (CPU_CFG_CRITICAL_METHOD == CPU_CRITICAL_METHOD_STATUS_LOCAL)
  CPU_SR        cpu_sr;
  #endif

    if (n < DIO_MAX_DO) {
        pdo               = &DOTbl[n];
        OS_ENTER_CRITICAL();
        pdo->DOBlinkEnSel = mode;
        pdo->DOA          = a;
        pdo->DOB          = b;
        pdo->DOBCtr       = 0;
        OS_EXIT_CRITICAL();
    }
}
#endif

/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                                   CONFIGURE DISCRETE OUTPUT MODE
*
* Description : This function is used to configure the mode of a discrete output channel.
```

```
* Arguments   : n     is the discrete output channel to configure (0..DIO_MAX_DO-1).
*               mode  is the desired mode and can be:
*                     DO_MODE_LOW              output is forced LOW
*                     DO_MODE_HIGH             output is forced HIGH
*                     DO_MODE_DIRECT           output is based on state of DOBypass
*                     DO_MODE_BLINK_SYNC       output will be blinking synchronously with DOSyncCtr
*                     DO_MODE_BLINK_ASYNC      output will be blinking based on DOA and DOB
*               inv   indicates whether the output will be inverted:
*                     TRUE   forces the output to be inverted
*                     FALSE  does not cause any inversion
* Returns     : None.
*********************************************************************************************************
*/

void  DOCfgMode (INT8U n, INT8U mode, BOOLEAN inv)
{
    DIO_DO  *pdo;

     #if (CPU_CFG_CRITICAL_METHOD == CPU_CRITICAL_METHOD_STATUS_LOCAL)
  CPU_SR        cpu_sr;
  #endif

    if (n < DIO_MAX_DO) {
        pdo            = &DOTbl[n];
        OS_ENTER_CRITICAL();
        pdo->DOModeSel = mode;
        pdo->DOInv     = inv;
        OS_EXIT_CRITICAL();
    }
}

/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                                  GET THE STATE OF THE DISCRETE OUTPUT
*
* Description : This function is used to obtain the state of the discrete output.
* Arguments   : n     is the discrete output channel (0..DIO_MAX_DO-1).
* Returns     : TRUE  if the output is asserted.
*               FALSE if the output is negated.
*********************************************************************************************************
*/

BOOLEAN  DOGet (INT8U n)
{
    BOOLEAN  out;
 #if (CPU_CFG_CRITICAL_METHOD == CPU_CRITICAL_METHOD_STATUS_LOCAL)
  CPU_SR        cpu_sr;
  #endif

    if (n < DIO_MAX_DO) {
        OS_ENTER_CRITICAL();
        out = DOTbl[n].DOOut;
        OS_EXIT_CRITICAL();
        return (out);
    } else {
        return (FALSE);
    }
}

/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                                          SEE IF BLINK IS ENABLED
*
* Description : See if blink mode is enabled.
* Arguments   : pdo    is a pointer to the discrete output data structure.
* Returns     : TRUE   if blinking is enabled
*               FALSE  otherwise
*********************************************************************************************************
*/

#if DO_BLINK_MODE_EN
static  BOOLEAN  DOIsBlinkEn (DIO_DO *pdo)
{
    BOOLEAN  en;


    en = FALSE;
    switch (pdo->DOBlinkEnSel) {
        case DO_BLINK_EN:                   /* Blink is always enabled                              */
             en = TRUE;
             break;

        case DO_BLINK_EN_NORMAL:            /* Blink depends on user request's state                */
             en = pdo->DOBypass;
             break;

        case DO_BLINK_EN_INV:               /* Blink depends on the complemented user request's state  */
             en = pdo->DOBypass ? FALSE : TRUE;
             break;
    }
```

```
    return (en);
}
#endif

/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                                  SET THE STATE OF THE DISCRETE OUTPUT
*
* Description : This function is used to set the state of the discrete output.
* Arguments   : n     is the discrete output channel (0..DIO_MAX_DO-1).
*               state is the desired state of the output:
*                         FALSE indicates a  negated  output
*                         TRUE  indicates an asserted output
* Returns     : None.
* Notes       : The actual output will be complemented if 'DIInv' is set to TRUE.
*********************************************************************************************************
*/

void  DOSet (INT8U n, BOOLEAN state)
{
 #if (CPU_CFG_CRITICAL_METHOD == CPU_CRITICAL_METHOD_STATUS_LOCAL)
  CPU_SR        cpu_sr;
  #endif
    if (n < DIO_MAX_DO) {
        OS_ENTER_CRITICAL();
        DOTbl[n].DOCtrl = state;
        OS_EXIT_CRITICAL();
    }
}

/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                                    SET THE STATE OF THE BYPASSED OUTPUT
*
* Description : This function is used to set the state of the bypassed output.  This function is used to
*               override (or bypass) the application software and allow the output to be controlled
*               directly.  This function is only valid if the bypass switch is open.
* Arguments   : n       is the discrete output channel (0..DIO_MAX_DO-1).
*               state   is the desired state of the output:
*                         FALSE indicates a  negated  output
*                         TRUE  indicates an asserted output
* Returns     : None.
* Notes       : 1) The actual output will be complemented if 'DIInv' is set to TRUE.
*               2) In blink mode, this allows blinking to be enabled or not.
*********************************************************************************************************
*/

void  DOSetBypass (INT8U n, BOOLEAN state)
{
    DIO_DO  *pdo;
     #if (CPU_CFG_CRITICAL_METHOD == CPU_CRITICAL_METHOD_STATUS_LOCAL)
  CPU_SR        cpu_sr;
  #endif

    if (n < DIO_MAX_DO) {
        pdo = &DOTbl[n];
        OS_ENTER_CRITICAL();
        if (pdo->DOBypassEn == TRUE) {
            pdo->DOBypass = state;
        }
        OS_EXIT_CRITICAL();
    }
}

/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                                    SET THE STATE OF THE OUTPUT BYPASS
*
* Description : This function is used to set the state of the output bypass switch.  The output is
*               bypassed when the 'switch' is open (i.e. DOBypassEn is set to TRUE).
* Arguments   : n     is the discrete output channel (0..DIO_MAX_DO-1).
*               state is the state of the bypass switch:
*                         FALSE disables output bypass (i.e. the switch is closed)
*                         TRUE  enables  output bypass (i.e. the switch is open)
* Returns     : None.
*********************************************************************************************************
*/

void  DOSetBypassEn (INT8U n, BOOLEAN state)
{
 #if (CPU_CFG_CRITICAL_METHOD == CPU_CRITICAL_METHOD_STATUS_LOCAL)
  CPU_SR        cpu_sr;
  #endif
    if (n < DIO_MAX_DO) {
        OS_ENTER_CRITICAL();
        DOTbl[n].DOBypassEn = state;
        OS_EXIT_CRITICAL();
    }
}
```

```
/*$PAGE*/

/*
*********************************************************************************************************************
*                                SET THE MAXIMUM VALUE FOR THE SYNCHRONOUS COUNTER
*
* Description : This function is used to set the maximum value taken by the synchronous counter which is
*               used in the synchronous blink mode.
* Arguments   : val   is the maximum value for the counter (1..255)
* Returns     : None.
*********************************************************************************************************************
*/

#if  DO_BLINK_MODE_EN
void  DOSetSyncCtrMax (INT8U val)
{
 #if (CPU_CFG_CRITICAL_METHOD == CPU_CRITICAL_METHOD_STATUS_LOCAL)
  CPU_SR        cpu_sr;
  #endif
    OS_ENTER_CRITICAL();
    DOSyncCtrMax = val;
    DOSyncCtr    = val;
    OS_EXIT_CRITICAL();
}
#endif
/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************************
*                                       UPDATE DISCRETE OUT CHANNELS
*
* Description : This function is called to process all of the discrete output channels.
* Arguments   : None.
* Returns     : None.
*********************************************************************************************************************
*/

static  void  DOUpdate (void)
{
    INT8U     i;
    BOOLEAN   out;
    DIO_DO   *pdo;


    pdo = &DOTbl[0];
    for (i = 0; i < DIO_MAX_DO; i++) {           /* Process all discrete output channels               */
        if (pdo->DOBypassEn == FALSE) {          /* See if DO channel is enabled                       */
            pdo->DOBypass = pdo->DOCtrl;         /* Obtain control state from application              */
        }
        out = FALSE;                             /* Assume that the output will be low unless changed  */
        switch (pdo->DOModeSel) {
            case DO_MODE_LOW:                    /* Output will in fact be low                         */
                 break;

            case DO_MODE_HIGH:                   /* Output will be high                                */
                 out = TRUE;
                 break;

            case DO_MODE_DIRECT:                 /* Output is based on state of user supplied state    */
                 out = pdo->DOBypass;
                 break;
/*$PAGE*/
#if DO_BLINK_MODE_EN
            case DO_MODE_BLINK_SYNC:                        /* Sync. Blink mode                         */
                 if (DOIsBlinkEn(pdo)) {                    /* See if Blink is enabled ...              */
                     if (pdo->DOA >= DOSyncCtr) {           /* ... yes, High when below threshold       */
                         out = TRUE;
                     }
                 }
                 break;

            case DO_MODE_BLINK_ASYNC:                       /* Async. Blink mode                        */
                 if (DOIsBlinkEn(pdo)) {                    /* See if Blink is enabled ...              */
                     if (pdo->DOA >= pdo->DOBCtr) {         /* ... yes, High when below threshold       */
                         out = TRUE;
                     }
                 }
                 if (pdo->DOBCtr < pdo->DOB) {              /* Update the threshold counter             */
                     pdo->DOBCtr++;
                 } else {
                     pdo->DOBCtr = 0;
                 }
                 break;
#endif
        }
        if (pdo->DOInv == TRUE) {                           /* See if output needs to be inverted ...   */
            pdo->DOOut = out ? FALSE : TRUE;                /* ... yes, complement output               */
        } else {
            pdo->DOOut = out;                               /* ... no,  no inversion!                   */
        }
        pdo++;                                              /* Point to next DIO_DO element             */
    }
```

```
#if DO_BLINK_MODE_EN
    if (DOSyncCtr < DOSyncCtrMax) {                      /* Update the synchronous free running ctr  */
        DOSyncCtr++;
    } else {
        DOSyncCtr = 0;
    }
#endif
}
/*$PAGE*/
#ifndef CFG_C
/*
*********************************************************************************************************
*                                      INITIALIZE PHYSICAL I/Os
*
* Description : This function is by DIOInit() to initialze the physical I/O used by the DIO driver.
* Arguments   : None.
* Returns     : None.
* Notes       : The physical I/O is assumed to be an 82C55 chip initialized as follows:
*                   Port A = OUT  (Discrete outputs)
*                   Port B = IN   (Discrete inputs)
*                   Port C = OUT  (not used)
*********************************************************************************************************
*/

void  DIOInitIO (void)
{
        //Configuracin  de los puertos como
        // SALIDAS
        TRISBbits.TRISB9 = 0;
        TRISBbits.TRISB8 = 0;
        TRISBbits.TRISB7 = 0;
        TRISBbits.TRISB6 = 0;
        // ENTRADAS
        AD1PCFGLbits.PCFG6 = 1; //RC0
        AD1PCFGLbits.PCFG7 = 1; //RC1
        AD1PCFGLbits.PCFG8 = 1; //RC2

        TRISCbits.TRISC0 = 1;
        TRISCbits.TRISC1 = 1;
        TRISCbits.TRISC2 = 1;
        TRISCbits.TRISC3 = 1;
}

/*
*********************************************************************************************************
*                                       READ PHYSICAL INPUTS
*
* Description : This function is called to read and map all of the physical inputs used for discrete
*               inputs and map these inputs to their appropriate discrete input data structure.
* Arguments   : None.
* Returns     : None.
*********************************************************************************************************
*/

void  DIRd (void)
{
    DIO_DI  *pdi;
    INT8U    i;
    INT8U    in;
    INT8U    msk;


    pdi = &DITbl[0];                                     /* Point at beginning of discrete inputs    */
    msk = 0x01;                                          /* Set mask to extract bit 0                */
                in = 0;
    in  |= PORTCbits.RC0;                                   /* Read the physical port (8 bits)          */
                in  |= (PORTCbits.RC1<<1);
                in  |= (PORTCbits.RC2<<2);
                in  |= (PORTCbits.RC3<<3);
    for (i = 0; i < 8; i++) {                            /* Map all 8 bits to first 8 DI channels    */
        pdi->DIIn   = (BOOLEAN)(in & msk) ? 1 : 0;
        msk       <<= 1;
        pdi++;
    }
}
/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************
*                                      UPDATE PHYSICAL OUTPUTS
*
* Description : This function is called to map all of the discrete output channels to their appropriate
*               physical destinations.
* Arguments   : None.
* Returns     : None.
*********************************************************************************************************
*/

void  DOWr (void)
{
    DIO_DO  *pdo;
    INT8U    i;
    INT8U    out;
```

```
    INT8U    msk;

    pdo = &DOTbl[0];                        /* Point at first discrete output channel                */
    msk = 0x01;                             /* First DO will be mapped to bit 0                      */
    out = 0x00;                             /* Local 8 bit port image                                */
    for (i = 0; i < 8; i++) {               /* Map first 8 DO to 8 bit port image                    */
        if (pdo->DOOut == TRUE) {
            out |= msk;
        }
        msk <<= 1;
        pdo++;
    }
                PORTBbits.RB9 = out & 0x01;
                PORTBbits.RB8 = (out>>1) & 0x01;
                PORTBbits.RB7 = (out>>2) & 0x01;
                PORTBbits.RB6 = (out>>3) & 0x01;
}
#endif
```

../../v0.1/drivers/DIO/SOURCE/DIO.H

```
/*
*********************************************************************************************************************
*                                     Embedded Systems Building Blocks
*                                  Complete and Ready-to-Use Modules in C
*
*                                            Discrete I/O Module
*
*                              (c) Copyright 1999, Jean J. Labrosse, Weston, FL
*                                           All Rights Reserved
*
* Filename   : DIO.H
* Programmer : Jean J. Labrosse
*********************************************************************************************************************
*/

/*
*********************************************************************************************************************
*                                        CONFIGURATION CONSTANTS
*********************************************************************************************************************
*/

#ifndef  CFG_H
#define FALSE                                                                                                   0
#define TRUE                                                                                                !FALSE
#define  DIO_TASK_PRIO              1
#define  DIO_TASK_DLY_TICKS         1
#define  DIO_TASK_STK_SIZE        256//luis126

#define  DIO_MAX_DI                 8       /* Maximum number of Discrete Input  Channels (1..255)     */
#define  DIO_MAX_DO                 8       /* Maximum number of Discrete Output Channels (1..255)     */

#define  DI_EDGE_EN                 1       /* Enable code generation to support edge trig. (when 1)   */

#define  DO_BLINK_MODE_EN           1       /* Enable code generation to support blink mode (when 1)   */

#endif

#ifdef   DIO_GLOBALS
#define  DIO_EXT
#else
#define  DIO_EXT  extern
#endif

/*
*********************************************************************************************************************
*                                       DISCRETE INPUT CONSTANTS
*********************************************************************************************************************
*/

                                        /* DI MODE SELECTOR VALUES                                 */
#define  DI_MODE_LOW                0       /* Input is forced low                                     */
#define  DI_MODE_HIGH               1       /* Input is forced high                                    */
#define  DI_MODE_DIRECT             2       /* Input is based on state of physical input               */
#define  DI_MODE_INV                3       /* Input is based on the complement of the physical input  */
#define  DI_MODE_EDGE_LOW_GOING     4       /* Low  going edge detection of input                      */
#define  DI_MODE_EDGE_HIGH_GOING    5       /* High going edge detection of input                      */
#define  DI_MODE_EDGE_BOTH          6       /* Both low and high going edge detection of input         */
#define  DI_MODE_TOGGLE_LOW_GOING   7       /* Low  going edge detection of input                      */
#define  DI_MODE_TOGGLE_HIGH_GOING  8       /* High going edge detection of input                      */

                                        /* DI EDGE TRIGGERING MODE SELECTOR VALUES                 */
#define  DI_EDGE_LOW_GOING          0       /* Negative going edge                                     */
#define  DI_EDGE_HIGH_GOING         1       /* Positive going edge                                     */
#define  DI_EDGE_BOTH               2       /* Both positive and negative going                        */

/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************************
```

```
*                                        DISCRETE OUTPUT CONSTANTS
*********************************************************************************************************************
*/

                                                /* DO MODE SELECTOR VALUES                                  */
#define  DO_MODE_LOW                0           /* Output will be low                                       */
#define  DO_MODE_HIGH               1           /* Output will be high                                      */
#define  DO_MODE_DIRECT             2           /* Output is based on state of user supplied state          */
#define  DO_MODE_BLINK_SYNC         3           /* Sync.  Blink mode                                        */
#define  DO_MODE_BLINK_ASYNC        4           /* Async. Blink mode                                        */

                                                /* DO BLINK MODE ENABLE SELECTOR VALUES                     */
#define  DO_BLINK_EN                0           /* Blink is always enabled                                  */
#define  DO_BLINK_EN_NORMAL         1           /* Blink depends on user request's state                    */
#define  DO_BLINK_EN_INV            2           /* Blink depends on the complemented user request's state   */

/*
*********************************************************************************************************************
*                                                DATA TYPES
*********************************************************************************************************************
*/

typedef struct dio_di {                 /* DISCRETE INPUT CHANNEL DATA STRUCTURE                            */
    BOOLEAN    DIIn;                    /* Current state of sensor input                                    */
    INT16U     DIVal;                   /* State of discrete input channel (or # of transitions)            */
    BOOLEAN    DIPrev;                  /* Previous state of DIIn for edge detection                        */
    BOOLEAN    DIBypassEn;              /* Bypass enable switch (Bypass when TRUE)                          */
    INT8U      DIModeSel;               /* Discrete input channel mode selector                             */
#if DI_EDGE_EN
    void     (*DITrigFnct)(void *);     /* Function to execute if edge triggered                            */
    void      *DITrigFnctArg;           /* arguments passed to function when edge detected                  */
#endif
} DIO_DI;


typedef struct dio_do {                 /* DISCRETE OUTPUT CHANNEL DATA STRUCTURE                           */
    BOOLEAN    DOOut;                   /* Current state of discrete output channel                         */
    BOOLEAN    DOCtrl;                  /* Discrete output control request                                  */
    BOOLEAN    DOBypass;                /* Discrete output control bypass state                             */
    BOOLEAN    DOBypassEn;              /* Bypass enable switch (Bypass when TRUE)                          */
    INT8U      DOModeSel;               /* Discrete output channel mode selector                            */
    INT8U      DOBlinkEnSel;            /* Blink enable mode selector                                       */
    BOOLEAN    DOInv;                   /* Discrete output inverter selector (Invert when TRUE)             */
#if DO_BLINK_MODE_EN
    INT8U      DOA;                     /* Blink mode ON time                                               */
    INT8U      DOB;                     /* Asynchronous blink mode period                                   */
    INT8U      DOBCtr;                  /* Asynchronous blink mode period counter                           */
#endif
} DIO_DO;
/*$PAGE*/
/*
*********************************************************************************************************************
*                                              GLOBAL VARIABLES
*********************************************************************************************************************
*/

DIO_EXT  DIO_DI      DITbl[DIO_MAX_DI];
DIO_EXT  DIO_DO      DOTbl[DIO_MAX_DO];

#if      DO_BLINK_MODE_EN
DIO_EXT  INT8U       DOSyncCtr;
DIO_EXT  INT8U       DOSyncCtrMax;
#endif

/*
*********************************************************************************************************************
*                                              FUNCTION PROTOTYPES
*********************************************************************************************************************
*/

void     DIOInit(void);

void     DICfgMode(INT8U n, INT8U mode);
INT16U   DIGet(INT8U n);
void     DISetBypassEn(INT8U n, BOOLEAN state);
void     DISetBypass(INT8U n, INT16U val);

#if      DI_EDGE_EN
void     DIClr(INT8U n);
void     DICfgEdgeDetectFnct(INT8U n, void (*fnct)(void *), void *arg);
#endif


void     DOCfgMode(INT8U n, INT8U mode, BOOLEAN inv);
BOOLEAN  DOGet(INT8U n);
void     DOSet(INT8U n, BOOLEAN state);
void     DOSetBypass(INT8U n, BOOLEAN state);
void     DOSetBypassEn(INT8U n, BOOLEAN state);

#if      DO_BLINK_MODE_EN
void     DOCfgBlink(INT8U n, INT8U mode, INT8U a, INT8U b);
void     DOSetSyncCtrMax(INT8U val);
```

```
#endif

/*
*********************************************************************************************************
*                                          FUNCTION PROTOTYPES
*                                           HARDWARE SPECIFIC
*********************************************************************************************************
*/

void     DIOInitIO(void);
void     DIRd(void);
void     DOWr(void);
```

../../v0.1/drivers/UART.c

```
//#include <includes.h>
#include <p33FJ128GP804.h>
#include ''UART.h''
void InitUART1(void) {

        // configure U1MODE
        U1MODEbits.UARTEN = 0;  // Bit15 TX, RX DISABLED, ENABLE at end of func
        //U1MODEbits.notimplemented;    // Bit14
        U1MODEbits.USIDL = 0;   // Bit13 Continue in Idle
        U1MODEbits.IREN = 0;    // Bit12 No IR translation
        U1MODEbits.RTSMD = 0;   // Bit11 Simplex Mode
        //U1MODEbits.notimplemented;    // Bit10
        U1MODEbits.UEN = 0;             // Bits8,9 TX,RX enabled, CTS,RTS not
        U1MODEbits.WAKE = 0;    // Bit7 No Wake up (since we don't sleep here)
        U1MODEbits.LPBACK = 0;  // Bit6 No Loop Back
        U1MODEbits.ABAUD = 0;   // Bit5 No Autobaud (would require sending '55')
        U1MODEbits.URXINV = 0;  // Bit4 IdleState = 1  (for dsPIC)
        U1MODEbits.BRGH = 0;    // Bit3 16 clocks per bit period
        U1MODEbits.PDSEL = 0;   // Bits1,2 8bit, No Parity
        U1MODEbits.STSEL = 0;   // Bit0 One Stop Bit

        //  U1BRG = (Fcy / (16 * BaudRate)) - 1
        //  U1BRG = (39.804.000 / (16 * 9600)) - 1
        //  U1BRG = 258.140625 //Round to 258

        U1BRG = 258;

        // Load all values in for U1STA SFR
        U1STAbits.UTXISEL1 = 0; //Bit15 Int when Char is transferred (1/2 config!)
        U1STAbits.UTXINV = 0;   //Bit14 N/A, IRDA config
        U1STAbits.UTXISEL0 = 0; //Bit13 Other half of Bit15
        //U1STAbits.notimplemented = 0; //Bit12
        U1STAbits.UTXBRK = 0;   //Bit11 Disabled
        U1STAbits.UTXEN = 0;    //Bit10 TX pins controlled by periph
        U1STAbits.UTXBF = 0;    //Bit9 *Read Only Bit*
        U1STAbits.TRMT = 0;     //Bit8 *Read Only bit*
        U1STAbits.URXISEL = 0;  //Bits6,7 Int. on character recieved
        U1STAbits.ADDEN = 0;    //Bit5 Address Detect Disabled
        U1STAbits.RIDLE = 0;    //Bit4 *Read Only Bit*
        U1STAbits.PERR = 0;             //Bit3 *Read Only Bit*
        U1STAbits.FERR = 0;             //Bit2 *Read Only Bit*
        U1STAbits.OERR = 0;             //Bit1 *Read Only Bit*
        U1STAbits.URXDA = 0;    //Bit0 *Read Only Bit*

        U1MODEbits.UARTEN = 1;  // And turn the peripheral on
        U1STAbits.UTXEN = 1 ;
        // I think I have the thing working now.
}
```

../../v0.1/drivers/UART.h

```
#ifndef UART_H
#define UART_H

void InitUART1(void );

#endif                                                          /* End of file
                                                        */
```

/media/sda2/SOFTWARE/UCOS–II/TFINAL/TFINAL.C

```
#include ``includes.h''

/*
*********************************************************************************************************
*                                              CONSTANTES
*********************************************************************************************************
*/

#define         TASK_STK_SIZE     512   /* Size of each task's stacks (# of WORDs)       */

#define CFG_H           1

/*
*********************************************************************************************************
*                                              VARIABLES
*********************************************************************************************************
*/

OS_STK           TaskStartStk[TASK_STK_SIZE];           /* Startup    task stack                        */
OS_STK           TaskTimesStk[TASK_STK_SIZE];           /* Task Times task stack                        */
OS_STK           TaskRxStk[TASK_STK_SIZE];              /* Task RX    task stack                        */

OS_EVENT         *TransmisionesListasSem;
OS_EVENT         *DatoRecibidoMbox;

/*******Variables globales************/


/*
*********************************************************************************************************
*                                          FUNCTION PROTOTYPES
*********************************************************************************************************
*/

void    TaskStart (void *data);               /* Function prototypes of tasks                  */
void    Task_Rx (void *data);
void    Task_Times (void *data);

/*
*********************************************************************************************************
*                                                MAIN
*********************************************************************************************************
*/

void main (void)
{
        PC_DispClrScr(DISP_FGND_WHITE);    /* Clear the screen                         */
        OSInit();                          /* Initialize uC/OS-II                      */
        PC_DOSSaveReturn();                /* Save environment to return to DOS        */
        PC_VectSet(uCOS, OSCtxSw);         /* Install uC/OS-II's context switch vector */

        CommInit();

        //Crear los Semaphores (Buzones)
        TransmisionesListasSem = OSSemCreate(0);

        //Crear los MailBox (Buzones)
        DatoRecibidoMbox=OSMboxCreate((void *)0);

        OSTaskCreate(TaskStart, (void *)0, &TaskStartStk[TASK_STK_SIZE-1], 0);

        OSStart();                         /* Start multitasking                       */
}
/*
*********************************************************************************************************
*                                            STARTUP TASK
*********************************************************************************************************
*/

void  TaskStart (void *data)
{
        char   s[80];
        WORD key;

        data = data;                       /* Prevent compiler warning                 */

        PC_DispStr(25, 27, ``<-PRESS 'ESC' TO QUIT->``, DISP_FGND_WHITE);
        PC_DispStr(16,  1, ``Trabajo Final - uC/OS-II, The Real-Time Kernel``, DISP_FGND_WHITE + DISP_BGND_RED);

        OS_ENTER_CRITICAL();               /* Install uC/OS-II's clock tick ISR        */
        PC_VectSet(0x08, OSTickISR);
        PC_SetTickRate(OS_TICKS_PER_SEC); /* Reprogram tick rate                       */
        OS_EXIT_CRITICAL();
        OSStatInit();

        OSTaskCreate(Task_Times, (void *)0, &TaskTimesStk[TASK_STK_SIZE-1], 7);
        OSTaskCreate(Task_Rx, (void *)0, &TaskRxStk[TASK_STK_SIZE-1], 8);
```

```
        for (;;)
        {
                PC_DispStr(25, 27, ``<-PRESS 'ESC' TO QUIT->``, DISP_FGND_WHITE);
                PC_DispStr(16,  1, ``Trabajo Final - uC/OS-II, The Real-Time Kernel``, DISP_FGND_WHITE + DISP_BGND_RED
                      );

                if (PC_GetKey(&key)== TRUE)     /* See if key has been pressed              */
                {
                        if (key == 0x1B)        /* Yes, see if it's the ESCAPE key          */
                        {
                                PC_DOSReturn();       /* Yes, return to DOS                       */
                        }
                }
                OSTimeDlyHMSM(0, 0, 1, 0);          /* Espera 1 segundo */
        }
}

/*
*********************************************************
*                           TASK_RX
*********************************************************
*/
void Task_Rx (void *data)
{
        INT8U   error, errSem,errMbox;
        INT8U   i, c;
        INT8U   periodo[7],s[8];
        int k=0,kk=0 ,kdata = 0;
        char sdata[] = ``0000.00``;
        INT8U   FlagInicio = 0;

        data = data;

        CommCfgPort(COMM2,9600,8,COMM_PARITY_NONE,1);
        CommSetIntVect(COMM2);
        CommRxIntEn(COMM2);

        for(;;)
        {
                PC_DispStr(28, 6, `` Dato recibido: ``, DISP_FGND_YELLOW + DISP_BGND_BLUE);
                PC_DispStr(28, 8, `` Periodo [seg.]: ``, DISP_FGND_YELLOW);
                PC_DispStr(28, 10, `` Char recibidos: ``, DISP_FGND_YELLOW);

                if(!CommIsEmpty(COMM2))
                {
                        c = CommGetChar(COMM2,&error);
                        if(error==COMM_NO_ERR)
                        {
                                switch(c)
                                {
                                        case 58:
                                                FlagInicio = 1;
                                                break;
                                        case 10:
                                                kdata = 0;
                                                FlagInicio = 0;
                                                //errSem = OSSemPost(TransmisionesListasSem);
                                                //printf(``\n %s``,sdata);
                                                errMbox = OSMboxPost(DatoRecibidoMbox, (void *)&sdata[0]);
                                                break;
                                        default:
                                                if(FlagInicio == 1)
                                                {
                                                        k++;
                                                        kdata++;
                                                        sprintf(s, ``%d``, k);
                                                        PC_DispStr(55, 10, s, DISP_FGND_YELLOW);
                                                        sdata[kdata] = c;
                                                }
                                }
                        }
                }

                OSTimeDlyHMSM(0, 0, 0, 100);
        }
}
/*
*********************************************************************************************************************
*                                                Task_Times
*                                    Medicion de tiempos de ejecucion
*********************************************************************************************************************
*/

void  Task_Times(void *data)
{
        INT8U   err;
        INT8U   errSem,errMbox;
        char    s[40];
        char * PtrSData;
        float  Fdata,periodo;
        data = data;
```

```
        for (;;)
        {

                //OSSemPend(TransmisionesListasSem,0,&errSem);

                PtrSData = OSMboxPend(DatoRecibidoMbox,0,&errMbox);

                PC_DispStr(55, 6, PtrSData, DISP_FGND_YELLOW);

                Fdata = atof(PtrSData);

                if(Fdata == 0.0)
                        periodo = 0.0;
                else
                        periodo = 0.1 / Fdata;

                sprintf(s, ``%e'', periodo);
                PC_DispStr(55, 8, s, DISP_FGND_YELLOW);


                //PC_DispClrScr(DISP_FGND_WHITE);
                //clrscr();

                OSTimeDlyHMSM(0, 0, 0, 100);      /* Espera 1 Segundo   */
        }
        }
```

/media/sda2/SOFTWARE/UCOS–II/TFINAL/OS_CFG.H

```
/*
*********************************************************************************************************
*                                              uC/OS-II
*                                        The Real-Time Kernel
*
*                       (c) Copyright 1992-1998, Jean J. Labrosse, Plantation, FL
*                                          All Rights Reserved
*
*                                    Configuration for Intel 80x86 (Large)
*
* File : OS_CFG.H
* By   : Jean J. Labrosse
*********************************************************************************************************
*/

/*
*********************************************************************************************************
*                                       uC/OS-II CONFIGURATION
*********************************************************************************************************
*/

#define OS_MAX_EVENTS             30    /* Max. number of event control blocks in your application ...  */
                                        /* ... MUST be >= 2                                            */
#define OS_MAX_MEM_PART           30     /* Max. number of memory partitions ...                        */
                                        /* ... MUST be >= 2                                            */
#define OS_MAX_QS                 30     /* Max. number of queue control blocks in your application ...  */
                                        /* ... MUST be >= 2                                            */
#define OS_MAX_TASKS              30    /* Max. number of tasks in your application ...                */
                                        /* ... MUST be >= 2                                            */

#define OS_LOWEST_PRIO            20    /* Defines the lowest priority that can be assigned ...        */
                                        /* ... MUST NEVER be higher than 63!                           */

#define OS_TASK_IDLE_STK_SIZE    512    /* Idle task stack size (# of 16-bit wide entries)             */

#define OS_TASK_STAT_EN            1    /* Enable (1) or Disable(0) the statistics task                */
#define OS_TASK_STAT_STK_SIZE    512    /* Statistics task stack size (# of 16-bit wide entries)       */

#define OS_CPU_HOOKS_EN            1    /* uC/OS-II hooks are found in the processor port files        */
#define OS_MBOX_EN                 1    /* Include code for MAILBOXES                                  */
#define OS_MEM_EN                  0    /* Include code for MEMORY MANAGER (fixed sized memory blocks) */
#define OS_Q_EN                    0    /* Include code for QUEUES                                     */
#define OS_SEM_EN                  1    /* Include code for SEMAPHORES                                 */
#define OS_TASK_CHANGE_PRIO_EN     1    /* Include code for OSTaskChangePrio()                         */
#define OS_TASK_CREATE_EN          1    /* Include code for OSTaskCreate()                             */
#define OS_TASK_CREATE_EXT_EN      1    /* Include code for OSTaskCreateExt()                          */
#define OS_TASK_DEL_EN             1    /* Include code for OSTaskDel()                                */
#define OS_TASK_SUSPEND_EN         1    /* Include code for OSTaskSuspend() and OSTaskResume()         */

#define OS_TICKS_PER_SEC         200    /* Set the number of ticks in one second                       */
```