



POLITÉCNICA

Escuela Técnica Superior de
Ingeniería y Sistemas de
Telecomunicación

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE
MADRID



INGENIERÍA DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS

BLOQUE 2

***Diseño del hardware de
 acondicionamiento de medida
 para una RTD e integración con
 el servidor Web***

Versión 2.0

(21 de abril de 2020)

Curso 2019/2020

Departamento de Ingeniería Telemática y Electrónica

Introducción

En este diseño el alumno utilizará los conocimientos adquiridos durante la realización del Bloque 1 de la asignatura, así como en el desarrollo de asignaturas anteriores del plan de estudios, para implementar la base de un sistema electrónico de mediana complejidad.

Para el desarrollo del diseño, los alumnos elegirán la temporización más adecuada para su realización y deberán dividir su trabajo en sesiones de preparación, análisis, estudio y trabajo práctico.

Ante la situación de incertidumbre en la que nos encontramos, se proponen dos posibles hipótesis de trabajo dependiendo de si se retoman las clases presenciales o no. El desarrollo del diseño tendrá por tanto unos hitos iniciales comunes y un último hito diferente dependiendo de la situación en la que nos encontremos cuando haya que abordar su desarrollo.

Objetivos

El estudiante, una vez desarrollado el diseño debe:

1. Ser capaz de interpretar unas especificaciones, así como ampliarlas y completarlas de forma que la realización del sistema final sea viable.
2. Saber integrar en un sistema electrónico los conocimientos adquiridos en diferentes disciplinas durante sus estudios.
3. Saber elegir la solución más adecuada entre diferentes alternativas tecnológicas.
4. Comprender la utilidad del diseño de sistemas electrónicos utilizando sistemas operativos embebidos.
5. Conocer y aplicar las técnicas básicas de programación de sistemas utilizando sistemas operativos en tiempo real.
6. Saber realizar pruebas del software sin disponer de todos los elementos del sistema.
7. Ser capaz de calcular los errores generados por los diferentes elementos analógicos del sistema y su repercusión en la precisión de las medidas.

Material necesario

Para la realización de esta parte de la asignatura es necesario diseñar el hardware específico que cada pareja de estudiantes considere conveniente. Si finalmente es posible su implementación, cada pareja de alumnos deberá adquirir el material correspondiente antes de acudir al laboratorio.

El sistema se desarrollará utilizando obligatoriamente el módulo mbed NXP LPC1768 + mbed APPBoard y las herramientas de desarrollo de Keil μ Vision. El prototipo electrónico, si finalmente se materializa, se podrá presentar en cualquier modalidad de montaje, aunque se recomienda la realización de circuitos impresos.

Especificaciones

El sistema que se debe diseñar y poner a punto es un controlador que pretende utilizarse para medir de forma precisa la temperatura. Además, el sistema permitirá registrar la información sobre el subsistema de almacenamiento que a posteriori se detallará.

El diagrama de bloques del sistema se muestra en la Figura 1. Como se puede apreciar, se proponen dos alternativas para realizar la medida a partir de la tensión acondicionada generada por una RTD, la primera consistente en emplear un ADC para obtener la tensión proporcional a la temperatura que se desea medir; la segunda consiste en convertir la tensión acondicionada en una señal de frecuencia proporcional a la temperatura a medir.

La segunda de las estrategias tiene como ventaja que la señal digital se puede conectar al microcontrolador mediante un “cable largo” sin que la frecuencia de la señal se modifique lo que facilita medidas de temperatura a distancia. Sin embargo, el proceso de conversión V/f incluye un elemento adicional que genera error en la medida. Por tanto, y dependiendo de la aplicación, se debe emplear uno u otro mecanismo. La primera estrategia elimina el error generado por el convertidor V/f pero a cambio requiere que la señal no se degrade y su precisión depende de las características del ADC que se utilice para realizar la conversión.

En este diseño se realizará la medida empleando una u otra técnica (nunca las dos simultáneamente).

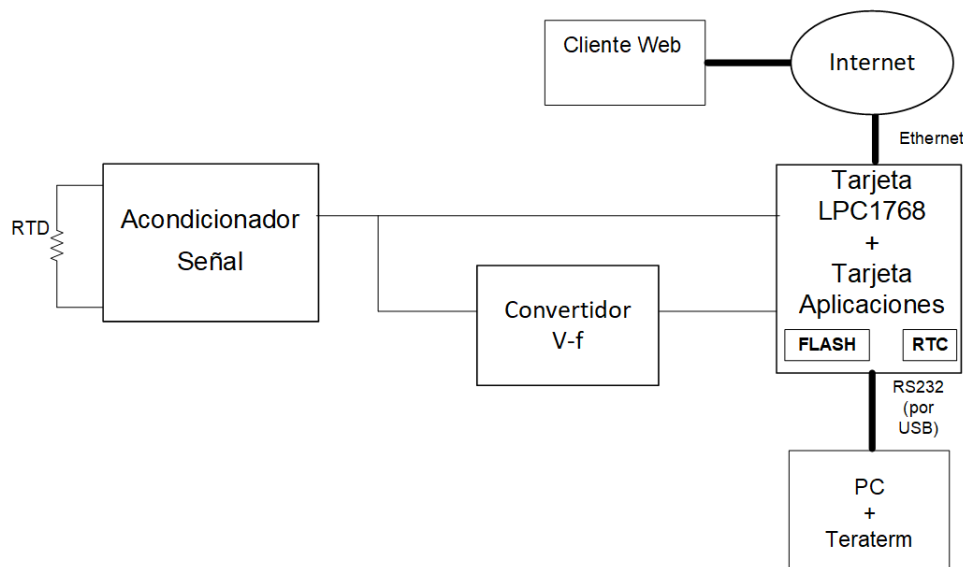


Figura 1. Esquema básico del sistema.

El sistema estará compuesto por una CPU basada en el módulo mbed LPC1768 y los siguientes elementos:

- Una RTD **PT1000** (*Resistance Temperature Detector*) y su circuito acondicionador para monitorizar la temperatura del recinto.
- Un convertidor tensión-frecuencia que permitirá obtener una señal cuadrada de frecuencia proporcional a la tensión de entrada.
- La memoria FLASH del microcontrolador que permitirá almacenar la información de las variables físicas medidas.

- El reloj en tiempo real RTC para conocer los instantes precisos en los que se realizan las medidas.
- Una conexión serie asíncrona RS232 que permitirá enviar hacia el PC información de las medidas realizadas. Se empleará el puerto serie que se encuentra encapsulado a través de la interface USB.
- El servidor Web desarrollado en el bloque 1 y que permitirá controlar remotamente el funcionamiento del sistema y visualizar información.

El sistema deberá estar monitorizando continuamente la temperatura, bien convirtiendo la tensión analógica generada por el acondicionador con el ADC interno del microcontrolador, bien midiendo la frecuencia de la señal generada por el convertidor V-f. En ningún caso se realizarán simultáneamente ambas medidas.

Los valores de temperatura medida deberán: representarse en el LCD, enviarse a través del puerto serie RS232 al PC, mostrarse en el cliente Web y almacenarse en la memoria Flash. Cuándo y cómo se deben realizar estas acciones se describe en el apartado denominado "requisitos" de este documento.

Por otro lado, algunas opciones de configuración serán controladas desde el interface web a través del servidor que se está ejecutando en el microcontrolador y que se ha ido desarrollando en las prácticas anteriores.

Finalmente se emplearán algunos elementos de la tarjeta mbed APPBoard (LEDs, LED RGB, joystick y LCD) para visualizar información y controlar el funcionamiento del sistema.

Requisitos del sistema

El sistema debe cumplir una serie de requisitos que han de ser considerados globalmente desde el comienzo del diseño.

Requisitos Hardware

- El sistema utilizará únicamente la alimentación de aproximadamente 5V proporcionada por el USB al módulo LPC1768, y ésta será utilizada para alimentar tanto el conjunto NXP LPC1768 + mbed APPBoard como la electrónica que diseñe. Tenga en cuenta que la tensión del puerto USB no está estabilizada y que la corriente que proporciona está limitada.
- El rango de medida de temperatura para el cual se diseñará el acondicionador para la RTD será de -20°C a 60°C , con una resolución de $0,1^{\circ}\text{C}$.
- La precisión de la medida de temperatura deberá ser mejor de $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$.
- Para comprobar el adecuado funcionamiento de la medida de temperatura se podrá sustituir la RTD por resistores fijos de precisión (1%) con valores conocidos. Nunca se utilizarán potenciómetros.
- Deberá proponer un método de ajuste del circuito acondicionador, justificarlo en la memoria que debe entregar, y dejar preparado en el circuito terminales para su ajuste y verificación.
- Deberá seleccionar un convertidor V/f que, a partir de la señal analógica acondicionada, sea capaz de generar una señal cuadrada de frecuencia proporcional a la tensión de entrada. Esta señal será conectada a alguno de los pines del microcontrolador de modo que midiendo la frecuencia de esta señal se podrá calcular la temperatura.

Requisitos Software

- Deberá desarrollar el software adecuado para que se pueda realizar la verificación del sistema. Utilice para ellos los recursos que considere conveniente, justificando su elección y modo de funcionamiento en la memoria.
- La presentación de las medidas de temperatura debe realizarse periódicamente. Inicialmente se debe mostrar en la primera línea del LCD la tensión/frecuencia medida, así como la temperatura equivalente cada 3 segundos.
- La periodicidad con la que se muestra la información se puede modificar actuando sobre los gestos right/left del joystick. Tanto el incremento/decremento realizado con cada pulsación, como los rangos máximo y mínimo, deben ser elegidos por los estudiantes. La periodicidad empleada en cada momento debe mostrarse también en la primera línea del LCD. El formato para mostrar esta información es libre, pero debe tener en cuenta toda la información que es necesario presentar en todas las fases del diseño descritas más adelante.
- La información que se debe almacenar en la Flash estará compuesta por el instante en el que se ha realizado la medida (*timestamp*), temperatura en °C (con la resolución indicada anteriormente) y el modo en el que se ha medido dicha temperatura (tensión o frecuencia). El formato para cada una de las entradas será el siguiente:

DD/MM/AAAA hh:mm:ss ±TT.T V/f

- El sistema debe ser capaz de almacenar hasta 10 medidas en la memoria Flash. Se guardará una medida cada vez que se realice una pulsación en el botón central del joystick. Una vez que se hayan guardado 10 medidas debe ser posible empezar a sobre escribir las más antiguas como si se tratara de un *buffer* circular.
- Cada medida presentada en el LCD debe ser enviada por el puerto serie RS232. Para los datos a enviar debe emplear los parámetros de comunicación que se deseen y el mismo formato que el utilizado para almacenar la información en la Flash.
- Desde el cliente Web se debe poder configurar si la medida de temperatura se realiza en tensión, midiendo la tensión analógica de salida del acondicionador o en frecuencia, midiendo la frecuencia de la señal generada por el convertidor V/f. Así mismo se debe mostrar la tensión/frecuencia medida y la temperatura equivalente. Esta información se debe presentar periódicamente con el periodo que se desee de forma similar a como se realizó en el bloque 1. El diseño de la Web es libre aunque se recomienda basarse en el realizado en el bloque 1.
- La hora del sistema debe gestionarse de igual modo que se hizo en el bloque 1 empleando el RTC interno y las conexiones al servidor de hora mediante SNTP.
- El LED RGB debe mostrar un color diferente en función de la temperatura medida. Para temperaturas inferiores a 25°C se empleará el color azul del LED con intensidad gradual en función de la temperatura, correspondiendo la mayor intensidad (90%) a la temperatura mínima (-20°C) y la menor intensidad (20%) a 24.9°C. Para temperaturas iguales o superiores a 25 °C se utilizará el LED en color rojo, con el mismo criterio anterior (20% para 25°C; 90% para 60°C).

- Cada alumno podrá incorporar al sistema todas aquellas mejoras que estime oportunas, siempre y cuando el sistema cumpla con las especificaciones básicas anteriores.

Fases y plazos de entrega

Fase 1: Análisis del subsistema analógico

En esta fase se pretende que los estudiantes realicen un estudio del diseño analógico del sistema y realicen una propuesta en base a componentes reales y disponibles en el mercado. En el análisis se debe incluir un diagrama con los bloques en los que espera dividir el diseño, indicando los cálculos necesarios para ajustar los diferentes componentes que lo forman.

Cada uno de los bloques propuestos debe ser simulado (a excepción del convertidor V/f). Para la simulación puede emplear cualquier herramienta que incorpore modelos de los componentes que haya empleado. Desde la asignatura se pone a disposición de los estudiantes la herramienta de simulación Orcad de la que se dispone de 25 licencias (ver documento en Moodle para instalar la aplicación y configurar el servidor de licencias). Debe tener en cuenta la existencia de un modelo Orcad que permita la simulación a la hora de elegir los componentes.

Una vez simulado cada bloque independientemente con las señales de excitación más similares posibles a los valores reales empleados en el diseño, debe integrarlos todos y realizar de nuevo una simulación completa (a excepción del convertidor V/f). Se recomienda ir haciendo la integración por etapas y realizar simulaciones parciales.

Los cálculos realizados de cada uno de los componentes deben mostrarse en la memoria de forma clara. También debe incluir en el informe los cálculos que demuestren que el sistema diseñado cumple los requisitos (precisión de la medida) indicados en las especificaciones del diseño, así como el análisis del error máximo y la precisión del sistema.

El informe debe entregarse a través de Moodle antes del **martes 28 de abril** a las 23:59. **No se admitirán** esquemas o ecuaciones **manuscritas** en este informe. **Junto con el informe deben entregarse los proyectos de Orcad que haya utilizado para el diseño y las simulaciones realizadas, así como los resultados de estas. Recuerde que no será necesario realizar simulaciones del subsistema de alimentación.**

Fase 2: Diseño del SW del sistema para entrada analógica

En esta fase se pretende desarrollar TODA la aplicación SW que cumpla los requisitos expuestos al comienzo de este documento **para la entrada analógica del sistema**. Obviamente para el desarrollo de este apartado no es posible disponer aún de la señal analógica (y por tanto tampoco de la digital) por lo que no es posible disponer de datos reales de la entrada del ADC del microcontrolador.

Por tanto, debe conectar la entrada del convertidor a masa lo que provocará que se lea un valor 0. Para poder probar el correcto funcionamiento de este sistema en estas condiciones puede “simular” el valor del convertidor definiéndolo con una constante. De este modo se podrá comprobar si la conversión a temperatura se realiza correctamente y si los datos visualizan en el LCD, se guardan en la Flash y se envían por el puerto serie correctamente.

El diseño de esta aplicación se puede realizar en paralelo con el análisis del sistema analógico. Se estima que el SW debería estar finalizado el **5 de mayo** junto con la siguiente fase.

Fase 3: Emulación de la entrada analógica

En este apartado se pretende simular la existencia de la señal analógica de entrada para comprobar el correcto funcionamiento del SW diseñado en la fase anterior. Para ello debe emplear el DAC que integra el microcontrolador. En la librería CMSIS que ha empleado en prácticas anteriores puede consultar algunos ejemplos del funcionamiento de este periférico.

La salida del DAC debe conectarse a la entrada analógica seleccionada en la fase anterior y que se debe corresponde con uno de los canales libres del ADC. El nivel generado por el DAC debe estar en el rango que puede proporcionar el circuito analógico diseñado en la fase 1. El nivel de la señal se puede controlar con el joystick y sus gestos up/down. El incremento/decremento que se produce en la salida del DAC con cada pulsación del joystick debe ser elegido por los estudiantes. El nivel de tensión generado debe mostrarse en la segunda fila del LCD.

Toda la gestión del DAC debe realizarse en una tarea independiente, lo que permitirá eliminarla fácilmente si se dispone del subsistema analógico.

Esta ampliación del diseño debe realizarse en paralelo con la fase anterior y su plazo de finalización es también el **5 de mayo**. Una vez finalizada esta fase debe subir el diseño a Moodle.

Fase 4: Medida y emulación de la entrada digital

En esta fase se pretende medir la temperatura a partir de la señal digital periódica generada por el convertidor V/f. Para poder disponer de una señal de entrada a medir se propone emplear un pin de salida del microcontrolador por el que se generará una señal cuadrada de frecuencia comprendida en el rango de frecuencias que generará su subsistema analógico. Analice detalladamente los pines disponibles para generar la señal cuadrada y elija la técnica más adecuada para hacerlo.

El pin a través del que se genera la señal cuadrada se conectará al pin de entrada que desea emplear para realizar la medida de la frecuencia. Elija adecuadamente estos pines puesto que una decisión errónea podría tener efectos inesperados.

La frecuencia de la señal generada se podrá modificar en pasos adecuados para probar las especificaciones del sistema. Para incrementar/decrementar la frecuencia generada se deben emplear los gestos up/down del joystick.

La generación de la señal digital a través de un pin del sistema debe realizarse en una tarea independiente para facilitar su eliminación una vez que se disponga del subsistema analógico.

Esta fase debe estar finalizada el **12 de mayo** y deberá ser subida en el enlace correspondiente de Moodle.

Fase 5: Simulación del sistema remotamente

El objetivo de esta fase es que se pueda controlar todo el sistema (sin parte analógica) remotamente. **Para ello, se deberá habilitar un canal de comunicaciones serie entre el PC y el sistema desarrollado (a través de la UART integrada en el USB), que permita enviar comandos y datos entre ambos dispositivos.**

Para la simulación del subsistema analógico se deberán generar señales equivalentes a las que éste proporcionaría en caso de estar desarrollado y conectado, tanto para la salida analógica del acondicionador de señal como para la señal digital de salida del convertidor tensión-frecuencia.

El sistema deberá admitir tramas con el siguiente formato a través de una canal serie desde el PC:

“SIMULA Temp=xx.x °C”

donde xx.x será la temperatura que se quiere simular.

Para cada trama recibida, el sistema deberá responder al PC con la siguiente información:

“T=xx.x; V=y.yyyy; F=zzz.zzzz”

donde xx.x será la temperatura recibida desde el PC; y.yyyy (debe definir y justificar el número de dígitos decimales utilizados) será la tensión en voltios que su circuito entregaría a la salida del acondicionador para esa temperatura; y zzz.zzzz (debe definir y justificar el número de dígitos enteros y decimales utilizados) será la frecuencia en hercios de la señal que su circuito entregaría a la salida del convertidor tensión-frecuencia para esa temperatura.

Una vez calculados los valores anteriores, debe generar dichas señales (tensión analógica con el valor y.yyyy y señal digital de frecuencia zzz.zzzz, utilizando los recursos del microcontrolador que haya seleccionado, y conectar dichas señales a las líneas a las que estaría conectado el subsistema analógico, de forma que pueda verificarse el funcionamiento del circuito completo (excepto, evidentemente, el subsistema analógico).

Esta fase debe estar finalizada el **26 de mayo** y deberá ser subida en el enlace correspondiente de Moodle.

Memoria final

Una vez finalizada la fase 5 se deberá elaborar una memoria completa del sistema desarrollado. Cada grupo deberá entregar una memoria similar a la elaborada en el bloque 1 de la asignatura, **que además deberá incorporar, al menos, los siguientes puntos:**

- Descripción del subsistema analógico diseñado, justificación de las soluciones de diseño adoptadas, cálculos realizados, documentación de diseño utilizada.
- Esquemas completos del diseño del subsistema analógico elaborados en una herramienta CAD de diseño electrónico.
- Ficheros empleados en el diseño y las simulaciones del subsistema analógico.
- Resultados de las simulaciones.

La fecha tope de entrega de la memoria será el **martes 26 de mayo**, a las 23:59 horas.