

Domótica. Desarrollo del sistema de control para un edificio inteligente

Fontana, Sebastián Alejandro⁽¹⁾ sebastianfontana@outlook.com; Penillas, Juan Manuel⁽¹⁾ juan.penillas@gmail.com
Héctor Hugo Mazzeo⁽²⁾ hmgvm@yahoo.com; José A. Rapallini⁽²⁾ josrap@gmail.com.ar

⁽¹⁾ Alumnos del Trabajo Final de Aplicaciones en Tiempo Real, ⁽²⁾ Profesor -Director del Trabajo

⁽²⁾ CODAPLI (Proyecto Codiseño Hardware Software para Aplicaciones en Tiempo Real) – Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional La Plata, Calle 60 y 124, La Plata 1900, Argentina.

Resumen—El presente documento tiene como principal objetivo estudiar un sistema domótico típico y desarrollar un sistema de control básico para una casa o edificio inteligente. Se realizó tanto el análisis de los requerimientos como la implementación del mismo al nivel de una placa de experimentación. El control está basado en la programación de una placa Arduino cuyo código lee el estado de dos tipos de sensores y ejecuta el accionamiento de los actuadores correspondientes.

Palabras clave: Domótica, edificios inteligentes, Arduino.

I. INTRODUCCIÓN

La Domótica comprende al conjunto de sistemas integrados que permiten automatizar procesos dentro de una vivienda o edificio. Algunas de las actividades más usuales que desarrolla un sistema domótico son: control automático de luminosidad y de temperatura, seguridad ante intrusos e incendios, ahorro energético (apagado automático de las luces al no detectarse movimientos por más de un determinado tiempo), detección de fuga de gas, entre otras.

En los últimos tiempos han surgido otros dos conceptos referidos a la domótica pero que tienen otro fin: *inmótica* y *urbótica*[1]. La inmótica radica en la automatización de procesos dentro de edificios como hoteles, hospitales, edificios de oficinas, centros de enseñanza, ayuntamientos, etc. Mientras que la urbótica, es un término que se utiliza para definir a las instalaciones automatizadas que se encuentran en los entornos urbanos, como pueden ser el control del alumbrado, el riego de jardines o los sistemas de seguridad de urbanizaciones mediante televigilancia.

II. PROCESOS SELECCIONADOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

El desarrollo del sistema implementado se basó en dos aspectos relevantes dentro de los sistemas domóticos: confort y seguridad. Para cada uno de ellos se definieron las magnitudes a controlar en cada caso: luminosidad y

temperatura para el primero y alarmas de incendio y de intrusión para la seguridad.

Confort

Control de Luminosidad: la intensidad de la luz se adecua de acuerdo a la que proviene del exterior.

Control de Temperatura: el usuario establece la temperatura deseada. A través de un sensor se mide la temperatura existente en la habitación, de ser menor a la establecida por el usuario debe encenderse el calefactor, en caso contrario, el aire acondicionado, hasta alcanzar la temperatura deseada (fig. 1). Cabe destacar que se establece un rango de temperatura “ideal” a partir del valor ingresado por el usuario, esto es, para evitar que siempre haya un equipo prendido (sea el aire acondicionado o el calefactor). A modo de ejemplo, si el usuario ingresa 25°C el rango de temperatura será el siguiente: 24°C – 26°C. De esta manera si la temperatura disminuye de los 24°C se enciende el calefactor hasta alcanzar los 26°C y si aumenta por encima de los 26°C se enciende el AA hasta alcanzar los 24°C.

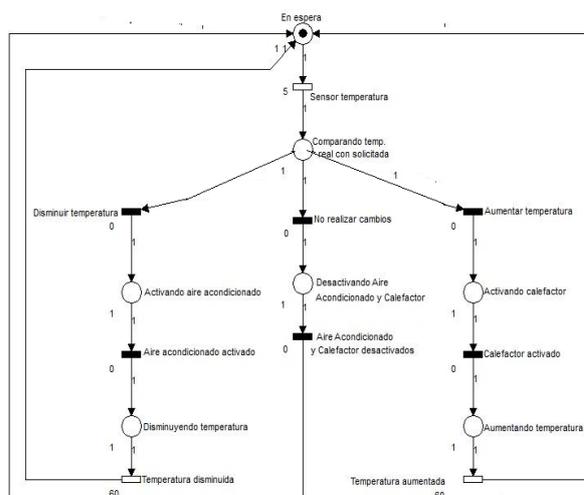


Fig. 1: Red de Petri correspondiente al control de Temperatura

Seguridad

Ante intrusos: se coloca un sensor de movimiento para detectar si hay algún intruso en la casa. Para que la alarma suene, ésta deberá ser activada con anticipación.

Ante incendios: se coloca un sensor de humo que permitirá determinar si se produjo un incendio, en caso afirmativo hará sonar una sirena.

En la fig. 2 se muestra la red de Petri correspondiente a la detección de intrusiones y de humo así como la activación de los elementos de alerta correspondientes.

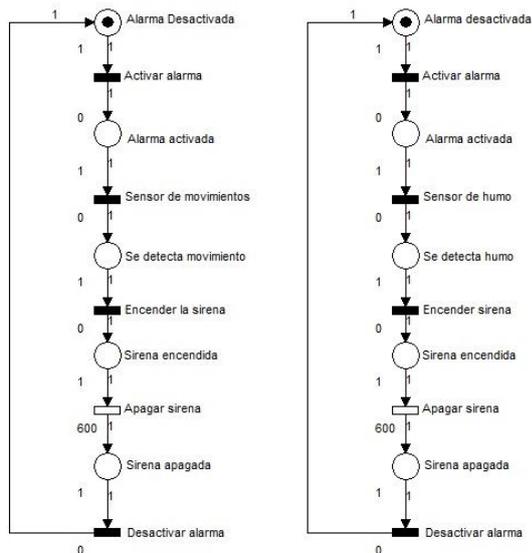


Fig. 2: Red de Petri correspondiente al control de la seguridad

IV. DIAGRAMA EN BLOQUES DEL MICROCONTROLADOR

En la figura 3 se puede apreciar el diagrama en bloques de un sistema microcontrolador, incluyendo los sensores y actuadores necesarios para desarrollar el sistema.

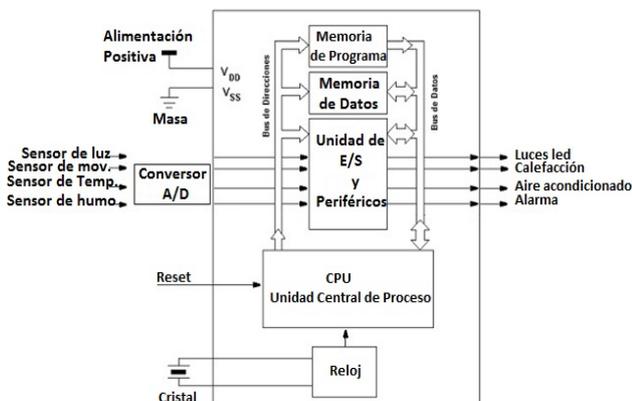


Fig. 3. Diagrama en bloques del microcontrolador

V. CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA EN TIEMPO REAL Y REQUISITOS

El Sistema de Tiempo Real desarrollado se encuentra dentro de la categoría de los “Soft Real Time Systems” [1] o sistemas de tiempo real blandos, debido a que puede tolerar retrasos ocasionales en la respuesta de un suceso. Los requisitos se enumeran a continuación de acuerdo a su clasificación [2] (temporales, fiabilidad y seguridad y funcionales):

Temporales

Tal como se mencionó anteriormente, desarrollamos un STR (Sistema en Tiempo Real) del tipo Soft Real Time Systems [3], por lo tanto, se busca que la respuesta del sistema sea lo más rápida posible, pero esto no implica que puedan ocurrir pequeños retardos, de hecho, si ocurriesen no pondrían en riesgo la seguridad del usuario ni del inmueble donde es instalado. No obstante a ello, se pueden determinar los siguientes tiempos óptimos de respuesta (muestreo y trabajo) por parte de los sensores y actuadores (con tiempo óptimo se hace referencia a que, es deseable que se realicen en dichos tiempos para que el sistema sea eficaz, pero al tratarse de un Soft Real Time Systems, puede haber mínimas variaciones en dichos tiempos y el sistema no dejará de ser eficaz por ello):

- Sensor de movimientos: envía información cada 20 ms.
- Sensor de humo: envía información cada 20 ms.
- Sensor de temperatura: envía información cada 1 s.
- Sensor de luminosidad: envía información cada 20 ms.
- Aire acondicionado y calefactor: se enciende cada uno respectivamente hasta alcanzar la temperatura establecida por el usuario.
- Luces led y alarma: el tiempo de encendido es casi inmediato, es decir, aproximadamente unos 3 ms.

Fiabilidad y Seguridad:

La fiabilidad es la probabilidad de proporcionar el servicio especificado, para ello se mide el tiempo promedio hasta que se produce una falla. En lo que respecta a la seguridad, dichos fallos no deben poner en riesgo la vida de las personas, no deben afectar al medio ambiente, ni provocar pérdidas económicas al cliente que adquirió el STR. Por ello, en nuestro proyecto hemos detectado como un requisito fundamental de fiabilidad y seguridad el correcto funcionamiento de las alarmas (tanto de intrusos, como de detección de incendio), de los sensores de movimiento y de detección de humo, planteando para tal fin un mantenimiento periódico de dichos elementos.

Funcionales:

- Adecuar la intensidad de luz de la habitación de acuerdo a la que proviene del exterior. Para ello, se colocará un total de 20 luces led en la habitación. De acuerdo a la luz que proviene del exterior, se

encenderán y apagarán de a una a la vez y se irá comparando con los umbrales preestablecidos hasta alcanzar la luminosidad deseada.

- Regular la temperatura a través de los actuadores (aire acondicionado y calefacción), de acuerdo a la provista por el usuario.
- Encender la alarma, cuando el sensor de intrusos detecte movimiento, siempre y cuando haya sido activada previamente. Se puede apagar manualmente, o bien, el sistema se encarga de hacerlo a los 10 minutos de estar encendida.
- Encender la alarma de detección de humo, cuando el sensor de detección de humo lo detecta. El funcionamiento es similar al de la alarma de intrusos, puede ser apagada manualmente, o bien, el sistema lo hace a los 10 minutos de estar encendida.

VI. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL UTILIZADO

El sistema de control es de tipo empotrado o embebido[4]. Esto implica, que en un microcontrolador se carga una rutina en lenguaje de programación C que permite llevar a cabo todas las funciones que se mencionaron en el apartado II. Dicho microcontrolador con la rutina incorporada junto a los sensores y actuadores (ya descriptos anteriormente) conformarán el Sistema Domótico.

VII. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

A. Componentes utilizados para el armado

El prototipo del sistema domótico fue realizado sobre una placa Arduino (modelo UNO R3). Los componentes que se utilizaron se describen a continuación, clasificados por la función que desempeñan:

- Control de luminosidad: sensor de luminosidad LDR, cuatro leds que indican la intensidad de luz ambiental, una resistencia de 220 ohms para cada led y una resistencia de 1 Kohms para el sensor LDR.
- Seguridad (incendio e intrusos): un botón (en reemplazo del sensor de humo y de movimiento), un botón que permite activar y desactivar la alarma, buzzer piezoeléctrico, una resistencia de 10K ohms para cada botón, una resistencia de 100 ohms para el buzzer. A su vez, un led celeste que indica que la alarma se encuentra activada y una resistencia de 220 ohms para el mismo.
- Control de temperatura: sensor de temperatura DHT11, led rojo (en reemplazo del actuador calefactor), led azul (en reemplazo del actuador aire acondicionado), resistencia de 10K ohms para el sensor, resistencia de 220 ohms para cada led.

B. Explicación del funcionamiento

- Control de luminosidad: el control de luminosidad tal como se mencionó anteriormente, se compuso a través de un sensor LDR y cuatro leds que indican la intensidad de la luz ambiental. Si en el ambiente no hay luz proveniente del exterior, es decir, se encuentra totalmente oscuro, se encenderán las cuatro luces led. En cambio, si la habitación posee una intensidad de luz considerable, las luces led se mantendrán apagadas. A medida que la intensidad de luz ambiental disminuya las luces led se irán encendiendo. A su vez, se colocó un potenciómetro de 10K ohms para ajustar la configuración inicial de los leds.
- Seguridad (incendio e intrusos): para la implementación de la seguridad se utilizaron dos botones: el primero de ellos para activar y desactivar la alarma (enciende y apaga el led celeste respectivamente); mientras que el segundo reemplaza al sensor de humo y sensor de movimiento. Cabe destacar que, si el sensor de humo detecta humo (se presiona el botón), o bien, si el sensor de movimientos detecta un movimiento (se presiona el botón), dará lugar al encendido de la sirena (buzzer) si es que la misma fue activada con anterioridad. Al ser ambas funciones similares se decidió utilizar el mismo botón en representación de ambos sensores con el fin de poder utilizar más pines de la placa Arduino para explayar mejor otras funcionalidades.

Una vez que la sirena comienza a sonar, finalizará al poco tiempo y se desactivará automáticamente. Se debe aclarar que no volverá a sonar hasta que se la active nuevamente.

- Control de la temperatura: se establece la temperatura de 24° C como la óptima, debido a que por debajo de ésta el consumo del aire acondicionado aumenta mucho y a su vez puede provocar daños en la salud. Por tanto, se establece como rango de temperatura ideal el siguiente: 24°c – 26°c, de esta manera, cuando la temperatura en el ambiente sea menor a 24°c se encenderá el calefactor (led rojo) hasta alcanzar los 26°c (límite superior del rango, para permitir una tolerancia de 2°c respecto a la temperatura ideal, evitando que alguno de los equipos esté constantemente encendido, sea el aire acondicionado o el calefactor). Si la temperatura supera los 26°c se enciende el aire acondicionado (led azul) hasta alcanzar los 24°c (siendo este el límite inferior del rango).

C. Identificación de los componentes utilizados sobre un protoboard

En la figura 4 se pueden observar los sensores y actuadores (componentes que los reemplazan) que componen el prototipo del sistema domótico. Cabe destacar que para la realización del prototipo se efectuaron algunas simplificaciones respecto a los actuadores a utilizar, en primer lugar, porque no afecta a

la demostración de las distintas funcionalidades que presenta el sistema realizado y en segundo lugar, porque se intentó desarrollar el prototipo utilizando componentes que no sean costosos, pero que a la vez permitan lograr los objetivos propuestos.

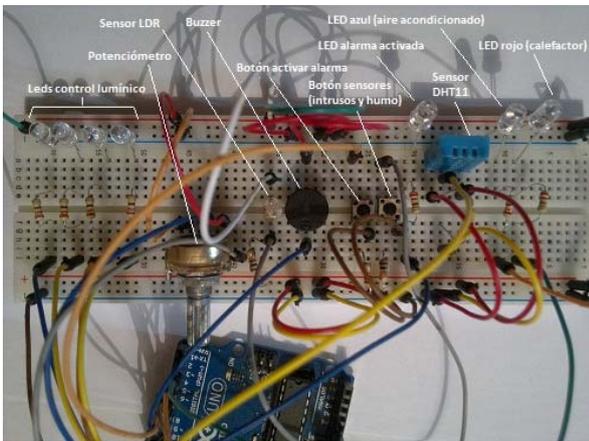


Fig 4. Vista de los componentes utilizados en el protoboard

D. Imágenes del prototipo en funcionamiento

Se desarrolló un prototipo a nivel de simulación donde se utilizaron algunos leds para indicar el estado de algunas de las magnitudes controladas.

Para el caso del control de temperatura, se indica la activación del calefactor mediante un led rojo encendido (fig. 5).

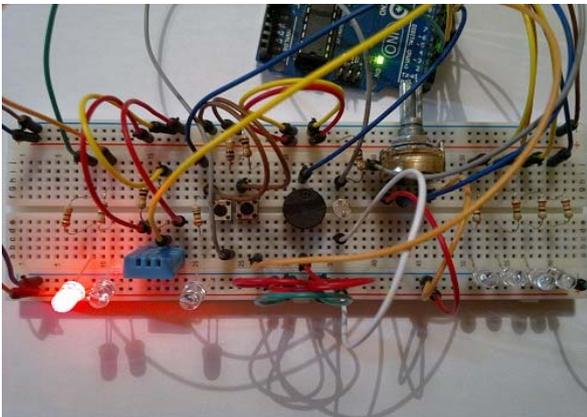


Fig 5. Led rojo indicando que el calefactor se encuentra funcionando.

En el caso que el valor de temperatura del ambiente bajo control aumente por sobre la temperatura programada (por ej. 24° C), se indicará la desactivación del calefactor mediante el apagado del led rojo. De forma similar, el encendido de un led azul es indicativo del accionamiento del aire acondicionado para condiciones de elevada temperatura ambiente (fig. 6).

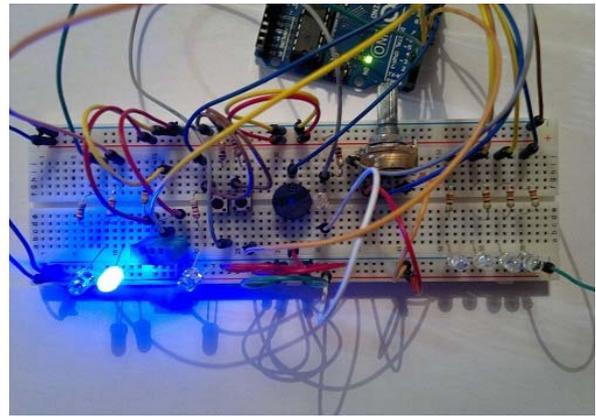


Fig 6. Led azul encendido que indica que el aire acondicionado se encuentra funcionando.

Para el caso del control de luminosidad, directamente se utiliza un grupo de leds blancos que al encenderse indican una baja luminosidad en el ambiente controlado (fig. 7).

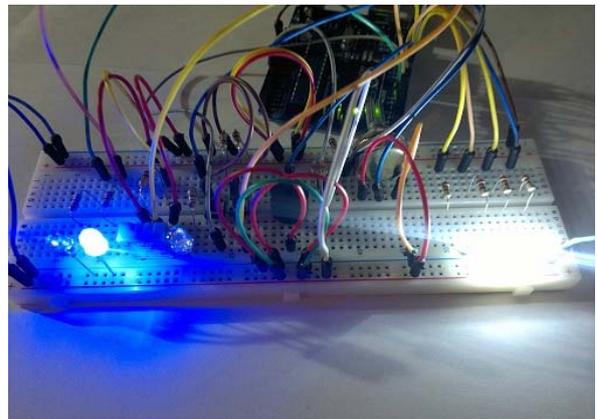


Fig 7. Al disminuir totalmente la luz ambiental, se encienden los 4 leds blancos ubicados a la derecha.

El caso de activación de una alarma se hace tanto auditivamente mediante el buzzer y también se visualiza mediante el encendido de otro led azul (fig. 8).

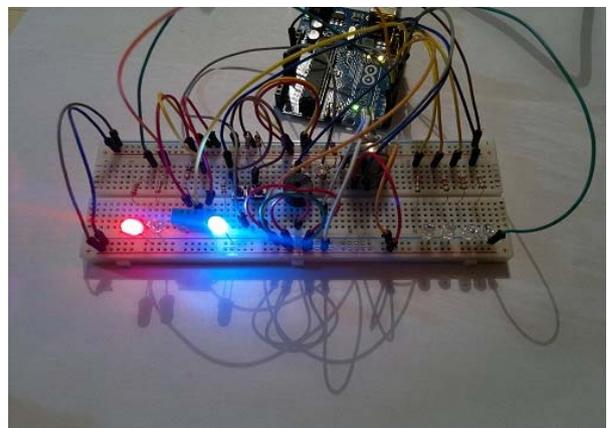


Fig 8. El led celeste encendido indica que la alarma se encuentra activada.

VIII. POSIBILIDADES DE EXPANSIÓN

Tal como se mencionó con anterioridad, se utilizó una placa Arduino Uno R3 para la realización del prototipo. A continuación se presentan las características principales de la misma:

- Voltaje de operación: 5V.
- Pines digitales E/S: 14.
- Pines de entradas analógicas: 6.
- Memoria flash: 32 KB.

Si bien, la rutina cargada tiene un tamaño de 8 KB, lo cual permitiría añadir más código y por ende más funcionalidad, la restricción o limitación la tenemos respecto a los pines digitales E/S. Los 14 pines fueron utilizados para implementar las funcionalidades que se mostraron anteriormente, lo que impide que se pueda añadir nuevas acciones, tales como permitir desactivar las alarmas con contraseñas, acciones de ahorro energético o apagado voluntario de luces, etc. Para poder resolver estos inconvenientes y tener la posibilidad de realizar un prototipo más completo y más adaptado a situaciones reales, se debería optar por adquirir otra placa que tenga mayor cantidad de pines digitales E/S, tal como el modelo Arduino Mega 2560 (por citar a alguno a modo de ejemplo que permita realizar las expansiones mencionadas) que posee 54 pines digitales E/S y una Memoria flash de 256 KB.

IX. CONCLUSIONES

Si bien no llegó a implementarse un prototipo completo de un sistema de control domótico, el trabajo fue útil para investigar los conceptos principales de la domótica y realizar la simulación del sistema de control de la iluminación, temperatura y seguridad de una vivienda.

REFERENCIAS

- [1] Rubén Saavedra Silveira, "Automatización de viviendas y edificios", ediciones Ceac, pp. 9-10, 2009.
- [2] Hermann Kopetz, "Real-Time Systems, Design Principles for Distributed Embedded Applications" Springer, pp. 3-13, 2011.
- [3] Hermann Kopetz, "Real-Time Systems, Design Principles for Distributed Embedded Applications" Springer, pp. 13-17, 2011.
- [4] Robert Oshana, Mark Kraeling, "Software Engineering For Embedded Systems", Newness, pp. 7-9, 2013.