

SISTEMA DE ALARMA DE HOMBRE CAÍDO

Jorge R. Chianalino, Dpto. de Electrónica, UTN, FRVM
jrchianalino@hotmail.com
Tutor: Ing. Fabián Sensini

Resumen

Un dispositivo llamado Alarma de Hombre Caído es un dispositivo que activa una alarma sonora y luminosa cuando la persona que lo utiliza permanece quieta durante un periodo de tiempo. La Alarma de Hombre Caído o también conocido como alarma de hombre muerto es utilizado usualmente por personas que realizan trabajos riesgosos, como mineros, rescatistas, bomberos, etc.

El dispositivo es personal y va sujeto a la indumentaria de la persona, el objetivo es coadyuvar a bomberos y brigadistas que se encuentran en la zona del incendio o accidente ante la falta de comunicación adecuada entre el usuario y el centro de comando.

El Sistema de Alarma de Hombre Caído, además de activar las alarmas correspondientes del dispositivo personal al detectar que una persona no está en movimiento, incorpora un sensor de temperatura y transmite en forma inalámbrica el registro de esta magnitud junto a la información del movimiento de la persona con el fin de aumentar la distancia del pedido de auxilio y con el objetivo de que el centro de comando posea información permanente sobre los rescatistas que se encuentran trabajando, lo cual brinda una ayuda para la toma de decisiones.

Introducción

En interiores de incendios estructurales, los cuales se desarrollan dentro de las partes que conforman la estructura de un edificio, el trabajo que realiza un bombero es sumamente riesgoso. El ser humano capta la información que lo rodea por medio de los sentidos en estos porcentajes aproximados: vista 83%, oído 11%, olfato 3,5%, gusto 1,5% y tacto 1%. Un bombero con su equipo estructural de protección (casco, botas, pantalón, chaqueta, guantes) y su equipo de respiración autónoma (que cubre toda la cara) pierde en gran porcentaje la captación de estos sentidos. Sumadas las condiciones internas del lugar en el momento de un incendio, densidad del humo y temperaturas elevadas, las cuales no son comunes para el ser humano y donde la comunicación con el exterior es casi nula, se crea un ambiente hostil, con condiciones adversas para los bomberos. Las mismas influyen en el funcionamiento del organismo de toda persona, causando estrés y aumento de la frecuencia respiratoria. De esta forma observamos que la probabilidad de que un bombero sufra un accidente es elevada.

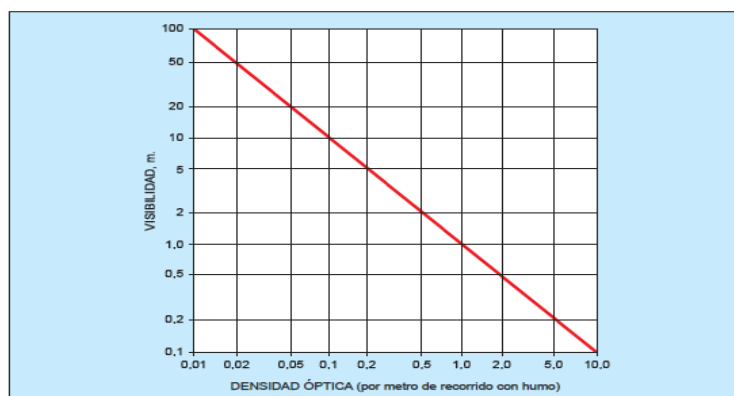


Fig. 1 – Relación entre la Densidad Óptica y la Visibilidad.

Conociendo los problemas que se presentan en la labor de los bomberos en un incendio estructural, el objetivo es diseñar y desarrollar un Sistema de Alarma de Hombre Caído, cuya tarea sea lograr una comunicación eficiente entre cada bombero que se encuentra en el interior

del edificio y el exterior, transmitiendo datos significativos como temperatura ambiente, estado del bombero y el tiempo que ha transcurrido desde que ingreso al edificio. Estos datos que se transmiten desde el interior del edificio tendrán que ser visualizados desde el exterior con el fin de monitorear el ingreso al edificio de cada bombero, contabilizar el personal que se encuentra en el interior y conocer el tiempo que lleva cada bombero en el interior.

Un Sistema de Alarma estaría compuesto de dos dispositivos. El Dispositivo Emisor, que se encontraría en el interior del edificio, lo llevaría cada uno de los bomberos que ha ingresado, por lo que habría tantos dispositivos como bomberos en el interior del edificio. Cada uno de estos dispositivos se activará en el momento en que se ingresa al lugar y contendrá un sensor de temperatura para monitorear la temperatura ambiente y un acelerómetro, utilizado como sensor de movimiento, para conocer si el bombero ha sufrido un accidente. Este dispositivo también contará con una alarma sonora y luminosa que se activaran si no se registra movimiento después de un período de tiempo. Esta tiene como fin facilitar al grupo de rescate el encuentro de la persona caída. Toda esta información captada por el dispositivo es codificada y transmitida hacia el dispositivo Receptor por medio de radio frecuencia (RF).

El Dispositivo Receptor, que se encontraría en el exterior, recibiría la información visualizándose la misma a través de un display. En el mismo se podría observar la señal enviada del dispositivo Emisor de cada uno de los bomberos que están en el interior del edificio y conocer el estado de los mismos, si alguno de ellos esta caído y la consiguiente activación de la alarma personal.

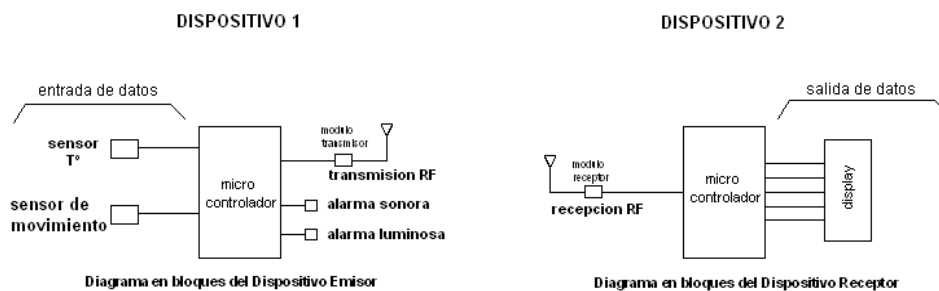


Fig. 2 – Diagrama en bloques del Sistema de Alarma de Hombre Caído.

Sensores

Al considerar el Sistema de Alarma de Hombre Caído, los sensores cumplen la tarea de recoger los datos que luego se utilizarán para la correcta toma de decisiones.

La temperatura a la que se va a encontrar el dispositivo es muy importante, ya que va a trabajar en condiciones casi extremas debido a las temperaturas que pueden existir dentro de una habitación donde se desarrolla un incendio.

Se realizaron mediciones de temperaturas a diferentes alturas en una habitación donde se desarrollaba un incendio estructural en la fase de libre combustión durante un simulacro realizado por el departamento de incendios del Cuerpo de Bomberos Voluntarios de la ciudad de Villa María, donde se registraron los siguientes datos:

Tabla 1 – Valores de Temperaturas medidas en un simulacro.

ALTURA	TEMPERATURA
0,5 metros del piso	120 °C
1,5 metros del piso	550 °C
3,5 metros del piso	más de 1000 °C

Si bien la temperatura en un incendio estructural puede alcanzar valores superiores a los 600 °C, dependiendo de la fase en que se encuentre un incendio y de la altura a la que se la mida, un bombero no va a estar expuesto a dichas temperatura.

Estos valores corresponden a temperaturas de llamas, gases y humos los cuales son diferentes a los valores de temperaturas de la zona de trabajo en la que se puede encontrar un bombero aunque se sitúe en el mismo recinto que el foco del incendio, ya que en una misma habitación se pueden encontrar distintas temperaturas y la diferencia entre las mismas pueden ser significativas, sin embargo estas temperaturas pueden aumentar rápidamente si no se ataca el incendio eficientemente y rodear al personal que se encuentra trabajando.

Por lo que comúnmente, un bombero no va a estar sometido a temperaturas superiores a 70 °C, por ende el dispositivo tiene que ser capaz de medir y trabajar en estos valores.

Solo son de interés los sensores del tipo eléctrico debido a que el dato debe ser procesado por un microcontrolador. Se escogió como sensor de temperatura el LM335, el cual al estar calibrado en grados Kelvin permite implementar un sistema que pueda trabajar en otros ambientes, en donde la temperatura sea inferior a 0°C, ampliando la utilidad y las prestaciones de la ALARMA DE HOMBRE CAÍDO.

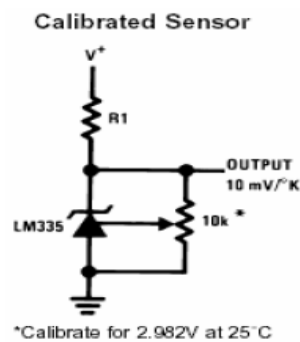


Fig. 3 – Calibración del LM335.

De acuerdo con las exigencias del sistema se utilizó como sensor de movimiento un acelerómetro, debido a que este dispositivo brinda la posibilidad de calibrar, en un principio, la sensibilidad requerida y además cuenta con la opción de sensar el movimiento en diferentes ejes del espacio.

Teniendo en cuenta esta particularidad la mejor elección es la de un sensor triaxial, ya que permite conocer el movimiento en el eje x, el eje y y el eje z por separado, con lo cual no solo se obtiene como dato si una persona está o no en movimiento, sino también la postura en la que se encuentra esa persona, lo que ofrece mayor información en el momento de imaginarse la situación en el interior del edificio.

El acelerómetro con el que se decidió trabajar es el MMA7361, un sensor de tres ejes cuya temperatura de trabajo se encuentra dentro de las especificaciones del sistema, es posible seleccionar la sensibilidad y la señal analógica de salida puede ser procesada sin inconvenientes.

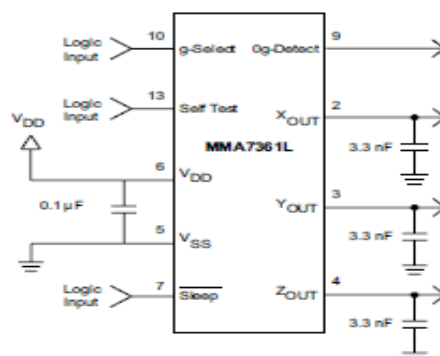


Fig. 4 – Diagrama de conexión del Acelerómetro.

Teniendo en cuenta que las señales provenientes de los sensores que se utilizaran son señales analógicas, se deberá contar con un conversor analógico/digital, con lo que resulta

necesario fijar una tensión de referencia, asegurándonos que las señales de dichos sensores varíen entre cero y esta tensión de referencia.

Analizando el valor de tensión que entregan los sensores utilizados y la resolución requerida por el sistema, se decidió utilizar un conversor A/D de 10 bits y se fijó una tensión de referencia de 5 volt, obteniéndose la siguiente resolución por bits:

$$\text{Resolución} = V_{\text{ref}} / (2^n - 1) = 5\text{v} / 1023 \text{ bits} = 4,88 \text{ mV/bits} \quad (1)$$

Como se ha definido en la elección del sensor, el rango de temperatura a medir se extiende desde los -40°C a los 100°C . Por lo tanto con este dato y conociendo la sensibilidad, se podrán determinar las variaciones de voltaje de salida.

El circuito integrado LM335 esta calibrado en $^{\circ}\text{K}$, por lo que es necesario realizar una conversión de unidades para obtener los valores en las condiciones extrema.

Sabiendo que $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.16$ se realiza la conversión:

$$\begin{aligned} \text{Temperatura mínima a medir} &= -40^{\circ}\text{C} \Rightarrow 233.16^{\circ}\text{K} \\ \text{Temperatura máxima a medir} &= 100^{\circ}\text{C} \Rightarrow 373.16^{\circ}\text{K} \end{aligned}$$

Por lo tanto los voltajes máximos y mínimos respectivamente son:

$$V_{\text{min}} = 233.16 * 0.01 = 2.3316 \text{ V} \quad V_{\text{máx}} = 373.16 * 0.01 = 3.7316 \text{ V}$$

Los dos valores están comprendidos entre los 0 y 5 volts requeridos por el conversor A/D, solo resta determinar la resolución.

Teniendo presente que la sensibilidad del conversor A/D es de 4,88 mV por bits y la sensibilidad del sensor es de 10 mV / $^{\circ}\text{K}$, puede determinarse la resolución:

$$\text{Resolución} = (4,88 \text{ mV/bits}) / (10 \text{ mV}/^{\circ}\text{K}) = 0.488 \text{ }^{\circ}\text{K/bits} \quad (2)$$

En cuanto al sensor de movimiento, debido a que solamente se necesita conocer si existe o no movimiento, no hace falta conocer con precisión el valor de g, aunque si es necesario que la sensibilidad no sea alta ya que el dispositivo no debe reaccionar a pequeñas vibraciones.

Por este motivo es conveniente calibrar el dispositivo con una sensibilidad de 206mV/g, con lo cual es posible ampliar el rango de trabajo del sensor y con esto conocer mayor cantidad de movimientos y posteriormente por medio de software distinguir aquellos que son significativos.

Teniendo en cuenta esta sensibilidad del sensor junto con la del conversor A/D, la resolución de lectura va ser la siguiente:

$$\text{Resolución} = (4,88 \text{ mV/bits}) / (206 \text{ mV}/^{\circ}\text{g}) = 0.023 \text{ g/bits} \quad (3)$$

Sistema de transmisión de datos

La transmisión de la información hacia el dispositivo receptor se realiza de forma inalámbrica, mediante comunicación serial, a través de la interfaz RS-232, entre el microcontrolador y el módulo transmisor de RF.

La configuración USART del microcontrolador permite la comunicación con un ordenador trabajando en modo full-dúplex asíncrono o con periféricos trabajando en modo half-duplex.

La principal función del USART es la de transmitir o recibir datos en serie. Esta transmisión puede dividirse en dos categorías: síncrona o asíncrona. La transmisión síncrona utiliza una señal de reloj y una línea de datos, mientras que en la transmisión asíncrona no se envía la señal de reloj, por la que el transmisor y receptor deben tener relojes con la misma frecuencia y fase.

Básicamente la transmisión serie consiste en enviar los datos bit a bit a través de una línea común en periodos de tiempo fijos, dando lugar a la llamada velocidad de transmisión o números de bits enviados por segundo (baudios).

Como dispositivo de transmisión, entre las distintas opciones, se escogió utilizar el módulo APC 230-43 de la marca appcon, debido a que además de presentar las características exigidas, la comunicación con el microcontrolador se realiza de manera simple, siendo totalmente compatibles el lenguaje utilizado y los niveles de tensión que ambos dispositivos requieren para lograr eficientemente dicha comunicación.

El APC230-43 es un transceptor half-duplex de alto nivel de integración. Cuenta con un MCU de altísima velocidad y un CI con grandes capacidades en sus características de RF. Posee una zona de buffer de datos de 256 bytes para transferencias y posee la capacidad de discriminar hasta 100 canales diferentes lo cual lo hace altamente versátil.

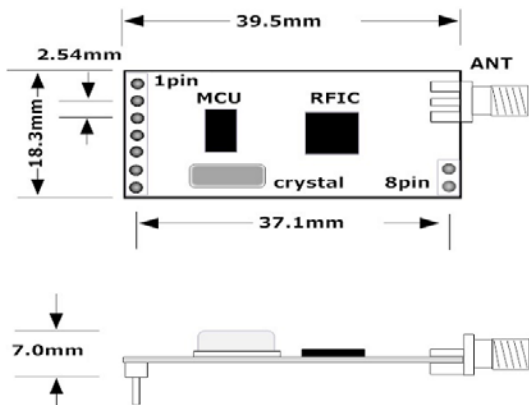


Fig. 5 – Dimensiones del Módulo.

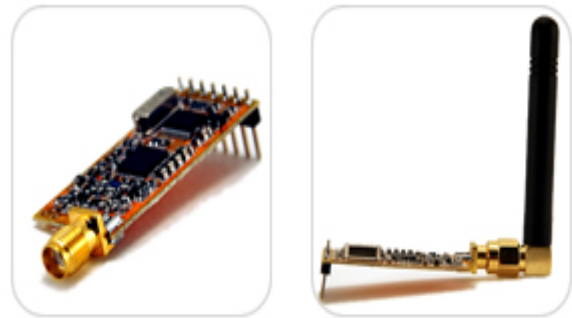


Fig. 6 – Imágenes del Módulo.

Señalización y visualización de la información

Para el diseño de la alarma luminosa es fundamental considerar que el ambiente de trabajo será oscuro y la visibilidad escasa, y esta señal debe ser visible en ese entorno. El espectro visible para el ojo humano es aquel que va desde los 380nm de longitud de onda para el color violeta hasta los 780 nm para el color rojo. Fuera de estos límites, el ojo no percibe ninguna clase de radiación.

La sensibilidad del ojo a las distintas longitudes de onda de la luz del mediodía soleado, suponiendo a todas las radiaciones luminosas de igual energía, se representa mediante una curva denominada “curva de sensibilidad del ojo” ó “curva VI”. El ojo tiene su mayor sensibilidad en la longitud de onda de 555 nm que corresponde al color amarillo verdoso y la mínima a los colores rojo y violeta. Esta situación es la que se presenta a la luz del día ó con buena iluminación y se denomina “visión fotópica” (actúan ambos sensores de la retina: los conos, fundamentalmente sensibles al color y los bastoncillos, sensibles a la luz). En el crepúsculo y la noche, (“visión escotópica”) se produce el denominado Efecto Purkinje, que consiste en el desplazamiento de la curva VI hacia las longitudes de onda más bajas, quedando la sensibilidad máxima en la longitud de onda de 507 nm. Esto significa que, aunque no hay visión de color, (no trabajan los conos) el ojo se hace relativamente muy sensible a la energía en el extremo azul del espectro y casi ciego al rojo; es decir que, durante el Efecto Purkinje, de dos haces de luz de igual intensidad, uno azul y otro rojo, el azul se verá mucho más brillante que el rojo cuando haya escasa visibilidad.

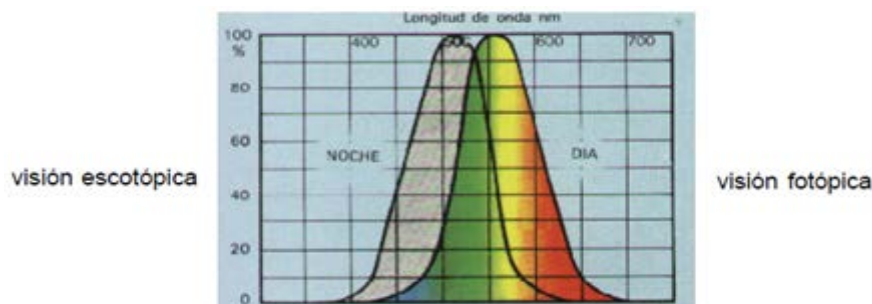


Fig. 7 – Sensibilidad del Ojo.

Es de suma importancia el tener en cuenta estos efectos cuando se trabaje con bajas iluminancias.

Teniendo en cuenta estos factores y además el consumo de corriente, el voltaje de alimentación y las dimensiones físicas, se optó por utilizar varios LEDs de alta luminosidad de color azul como señal luminosa.

El ambiente donde se encuentran trabajando las personas que utilizarían el dispositivo que posee la alarma sonora suele ser un lugar donde la probabilidad de que haya mucho ruido es elevada, por lo que la señal que emita este dispositivo debe ser audible dentro de este contexto.

La figura siguiente muestra los niveles de ruido que existen en distintos lugares, con los cuales podemos obtener una referencia del nivel sonoro que debiera emitir nuestra alarma.

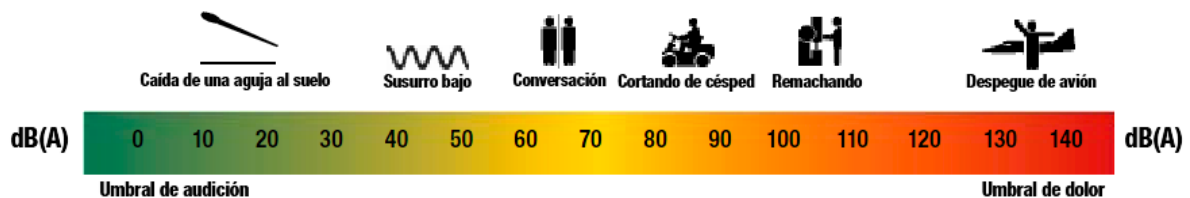


Fig. 8 – Nivel Sonoro de diferentes actividades.

Se propone entonces que la señal sonora no debe ser inferior a los 90 db. Para cumplir con esta exigencia y teniendo en cuenta requisitos técnicos como voltaje de alimentación, consumo de corriente y dimensiones físicas se optó por trabajar con Buzzers Piezoeléctricos.

Para que la visualización de la información en el dispositivo receptor pueda realizarse de una manera simple y correcta se utilizará un display LCD de 4x20 caracteres.

Conclusiones

El objetivo del proyecto ha sido desarrollar un sistema que aumente la seguridad de aquellas personas que realizan trabajos riesgosos, enfocando el diseño en especial al trabajo que llevan a cabo los bomberos durante un incendio, pero teniendo en cuenta ciertas consideraciones para que el sistema pueda ser empleado en otros escenarios que amerite su utilización.

El dispositivo diseñado logró cubrir las expectativas y necesidades existentes, debido a que facilita la tarea del Jefe de Seguridad de siniestros ya que contabiliza la cantidad de personas que se encuentran dentro de un edificio y registra los tiempos de ingreso. Aumenta la seguridad del personal al transmitir a grandes distancias las señales de alarmas pudiendo de esta manera conocer la existencia de un problema a una distancia superior a la que las señales sonoras y luminosas pueden cubrir. Y además puede el dispositivo utilizarse en ambientes cuya temperatura sea inferior a 0°C, permitiendo de esta manera que el dispositivo pueda ser empleado en diversos trabajos y tareas de rescates.

Referencias

José Miguel Lacosta Berna; El Control del Humo en Caso de Incendio; Mapfre; Tercera Edición; 1998.

Ma. Angeles de Vicente Abad; Análisis Bibliográfico de la Profesión de Bombero; Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2005.

Asociación Argentina de Luminotecnia; Manual de Iluminación; Asoc. Arg. De Luminotecnia; Primera Edición; 2001.

Pedro Danizio; Teoría de las Telecomunicaciones; Universitas; Segunda Edición; 2004.