

El AS3935 (FRANKLIN): Un detector temprano de rayos

Artículo cedido por CEMDAL y **ams AG**



www.cemdal.com



www.ams.com

Autor: Francesc Daura Luna, Ing. Industrial, Director de CEMDAL. Representante de **ams AG** para España y Portugal

Bañarse en el mar durante una tormenta eléctrica conlleva cierto riesgo, ya que existe la posibilidad de quedar electrocutado por la caída de un rayo. Encontrarse en la montaña con una fuerte tormenta también es arriesgado si no estamos a tiempo de protegernos de los rayos. Saber que se acerca una tormenta eléctrica con suficiente tiempo permite protegernos con seguridad. Un detector de rayos es un dispositivo que detecta los rayos producidos por las tormentas eléctricas. El primer dispositivo fue inventado en 1894 por Alexander Stepanovich Popov.

ams, fabricante líder en el diseño y fabricación de circuitos integrados analógicos, ha presentado el primer circuito integrado (CI) del mercado con capacidad de detectar relámpagos nube-nube o rayos nube-tierra a 40 Km. de distancia, mucho mayor de la que los sentidos humanos pueden detectar. Este revolucionario sensor detecta tormentas eléctricas, permitiendo realizar distintas acciones de protección con tiempo suficiente. Con la aparición del AS3935, **ams** introduce en el mercado una nueva categoría de sensores que antes no existía. Se trata pues de un nuevo concepto de sensor con gran potencial en muchas aplicaciones.

El AS3935 es el resultado de un desarrollo tecnológico conjunto entre **ams** y un fabricante de teléfonos móviles. El algoritmo básico para de-

tectar el frente de una tormenta y para estimar la distancia a la tormenta se basa en las investigaciones iniciales y **ams** ha mejorado el algoritmo. Las aplicaciones del AS3935 son ideales en pequeños dispositivos para la seguridad personal o en instalaciones fijas para proteger equipos electrónicos. El detector AS3935, llamado Franklin, ha recibido los premios siguientes: Sensors Expo 2012: Gold Award Winner, EDN's list of "Hot 100 Products 2012", Elektra Award: Finalist 2012, Electronic Product Magazine: "Product of the Year" 2012, Wireless Design & Development: 2012 Readers Choice Award, tercer lugar de Elektronik Product of the Year 2013.

Cuando descarga un rayo, circula un gran flujo de corriente desde la nube a tierra o de nube a nube (relámpago). Este flujo de corriente produce un gran campo electromagnético. El AS3935 recibe y procesa la señal de radiofrecuencia (RF) generada por el campo magnético. A partir del análisis de la forma de la señal es posible distinguir entre una perturbación artificial y el rayo, para luego estimar la distancia al rayo. Los sentidos humanos pueden detectar el trueno correspondiente a las descargas situadas a un máximo de 10 Km. Poder detectar con tiempo que se avecina una tormenta eléctrica es una medida de seguridad personal ante una situación de alto riesgo, como en el caso de estar en alta montaña, el mar, zonas sin árboles, etc. La influencia de las descargas sobre

los equipos electrónicos puede llegar a causar su destrucción en caso extremo, pero también puede provocar fallos de funcionamiento. Los mecanismos de acoplamiento de las interferencias debido a las descargas atmosféricas siguen siendo en este caso los mismos: acoplamiento galvánico, inductivo, capacitivo y acoplamiento por radiación.

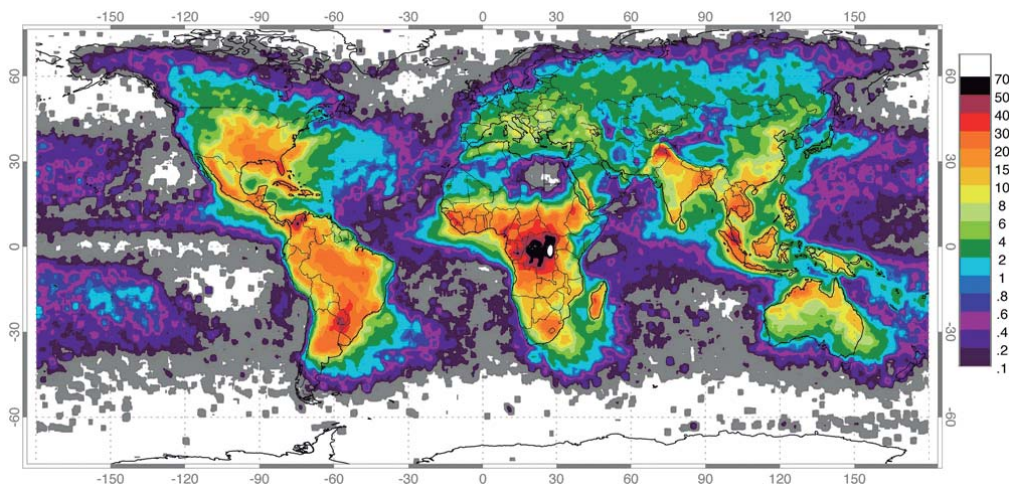
Se han usado el sensor LIS (Lightning Image Sensor) y el sensor OTD (Optical Transient Detector) del satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) de la NASA (<http://thunder.nsstc.nasa.gov/research.html>) para confeccionar el mapa fidedigno de la actividad eléctrica de las tormentas a escala planetaria mostrado en la figura 1, en número de descargas / km² / año, donde se constata que los rayos y los relámpagos brillan por su ausencia en las regiones polares (manchas blancas). Lo mismo ocurre en algunas zonas del Pacífico, donde el fenómeno eléctrico es casi desconocido. En cambio, Florida, el Himalaya y África central son las zonas más propensas a sufrir las consecuencias de los rayos (manchas negras). Las imágenes del TRMM muestran que a las tormentas eléctricas les gusta más la tierra firme que el mar. El 90% de los rayos cae en los continentes.

Características de las descargas atmosféricas

Las descargas atmosféricas son uno de los fenómenos naturales más espectaculares y comunes. En los dos siglos transcurridos desde que Benjamín Franklin demostró en 1.752 que el rayo era una descarga eléctrica gigantesca, relámpagos y rayos han sido objeto de numerosas investigaciones científicas. Desde Franklin se ha aceptado que el relámpago es el paso de carga eléctrica, positiva o negativa, de una región de la nube a otra, y el rayo el tránsito equivalente de nube a tierra. Para que ocurra ese traspaso de cargas, la nube debe hallarse electrificada, es decir, las cargas eléctricas positivas deben estar separadas de las negativas.

En nuestro planeta circulan simultáneamente como media 2.000 tor-

Figura 1: Distribución global anual de la densidad de descargas atmosféricas (número de descargas / km² / año) entre Abril de 1995 y Febrero de 2003, medida con los sensores OTD y LIS del satélite TRMM de la NASA.



mentas y cerca de 100 rayos descargan sobre la Tierra cada segundo. En total ello representa unas 4.000 tormentas diarias y unos 9 millones de descargas atmosféricas cada día. Los rayos pueden descargar en exceso intensidades de 200 kA (ocasionalmente 500 kA), con una energía total que podría levantar el trasatlántico Queen Elizabeth II unos 50 cm. sobre el agua. La energía media disipada por unidad de longitud del canal de descarga formado por un simple rayo es de 100 kJoules/m., equivalente a unos 100 kg. de dinamita. No es factible proteger una persona o un equipo de un rayo directo con esta energía. En cambio, sí es factible la protección de equipos contra los efectos del 95% de las descargas, que se estima deben aguantar tensiones de más de 5 kV y corrientes de unos 6 kA.

Existe una gran dispersión de datos referentes a la caracterización de las descargas atmosféricas. El 95% de los rayos no sobrepasan los 6 kA mientras que sólo un 5% de los rayos tienen parámetros mayores a: $I_{pico} = 100 \text{ kA}$, $(di/dt)_{m\acute{a}x} = 100 \text{ kA}/\mu\text{s}$, energía = 5 kA²s, y una carga eléctrica de 100 As. Los valores correspondientes al 5% de la caída de los rayos sólo son excedidos por el 5% de todos los casos.

La figura 2 muestra la distribución estadística de las intensidades de caída de los rayos.

A una distancia de 100 m, el campo eléctrico es de unos 40 kV/m y el campo magnético es de unos 160 kA/m. La longitud media de un rayo es de 3 Km. y la energía media total por descarga es de 300 MJoules. La duración media de una descarga es de aproximadamente 30 μs . Usualmente en un rayo hay 3 o 4 descargas separadas unos 40 ms. Así, la potencia media por rayo es de unos 10 Terawattios. Considerando la energía y las 100 descargas/segundo que caen en la Tierra, la energía eléctrica global total disipada en un año es de aproximadamente 1 GWh.

Una porción de la energía de una descarga atmosférica se disipa en la forma acústica llamada trueno y otra mucho mayor ($\approx 75\%$) se disipa en forma de calor, alcanzando una temperatura en el canal de descarga de 15.000 a 30.000 °C y, como consecuencia, la presión de los gases generados puede llegar a unas 100 atmósferas. El trueno es el sonido de la explosión a lo largo de todo el canal de descarga de estos gases. Su larga duración en comparación

con el rayo se debe a las numerosas reflexiones del sonido.

Los tipos de descargas atmosféricas más importantes son : relámpagos entre nubes, relámpagos internos en la nube, relámpagos nube-aire, los rayos negativos (nube (+) \rightarrow tierra (-) ó rayos positivos tierra (-) \rightarrow nube (+) (menos frecuentes y más energéticos). El AS3935 los detecta todos.

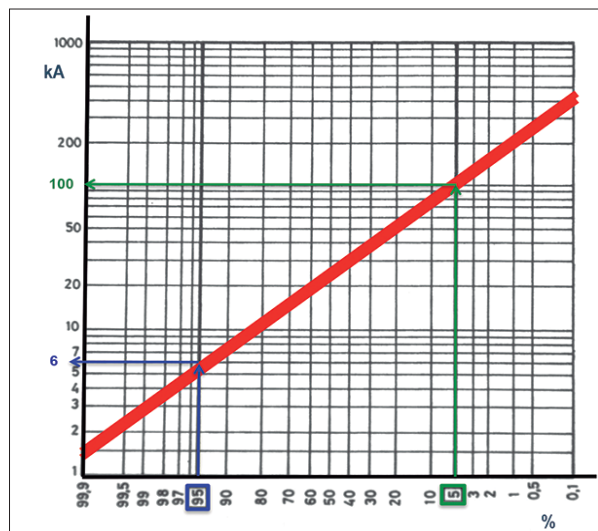
La figura 3 muestra el espectro de frecuencia de banda ancha en A/Hz de los cuatro tipos de rayo tipificados como extremo (230 kA), alto (40 a 60 kA), típico (10 a 25 kA) y bajo (2 a 8 kA). Como se ve, su espectro de frecuencia llega a unos 2 MHz.

Climatología de las descargas atmosféricas

La Tierra puede compararse a una batería gigante que pierde continuamente electrones hacia la atmósfera, en la cual existe un flujo incesante de cargas (iones) debido a un campo eléctrico natural que, en ausencia de tormentas, es de unos 100 V/m. Si la carga de esta batería no se reemplazara continuamente, se estima que la Tierra podría perderla en pocos minutos. Consecuentemente, existen mecanismos de formación de iones (separación de cargas) que mantienen el campo eléctrico de la Tierra. Entre la superficie terrestre cargada negativamente, y la alta atmósfera, cargada positivamente, hay una diferencia de potencial casi constante de 300 kV. Hay corrientes de aproximadamente 1 amperio que salen continuamente de las cimas de las nubes tormentosas o del suelo (corriente de buen tiempo) y ayudan a mantener la diferencia de potencial; esto requiere que una corriente similar vaya del suelo a la parte baja de las nubes. A gran escala global, la corriente de fuga de buen tiempo es de unos 2000 amperios.

El área de una amplia tormenta se estima en aproximadamente 500 km². La mayoría de las observaciones de tormentas sugieren que la media de destellos en una célula tormentosa es de unos tres por minuto, sin tener en cuenta su localización. El tiempo de vida de una simple célula es de algo menos de una hora y durante este tiempo la tasa de destellos varía de 1 descarga/minuto a unas 10 descargas/minuto.

Las grandes tormentas pueden llegar a producir rayos a razón de más de 100 descargas por minuto. La fracción de



descargas que llegan a la tierra en una tormenta es extremadamente variable. Debido a que la topografía local es importante, los rayos son más comunes en las regiones montañosas que en las regiones llanas. En los continentes, el máximo de actividad tormentosa usualmente ocurre por la tarde, mientras que el mínimo ocurre cerca de las 8 de la mañana, aunque hay variaciones mensuales y estacionales. En los océanos, el ciclo diurno es aproximadamente opuesto al de los continentes, encontrándose el máximo de actividad entre las dos y las cuatro de la madrugada.

Las instalaciones más expuestas están generalmente situadas en zonas rurales o de montaña. Sin embargo, las instalaciones en zona urbana son también vulnerables a los rayos, a pesar de la sensación de gran seguridad en la ciudad. La frecuencia de caída de rayos por km² y por año es en el norte de Europa de 0,3 a 3, en las estribaciones alpinas es de 3 a 12, y en las regiones subtropicales y tropicales es de 30 a 70.

Figura 2: Distribución estadística de la intensidad de caída de los rayos. El 95% de los rayos no sobrepasan los 6 kA mientras que sólo un 5% sobrepasan los 100 kA.

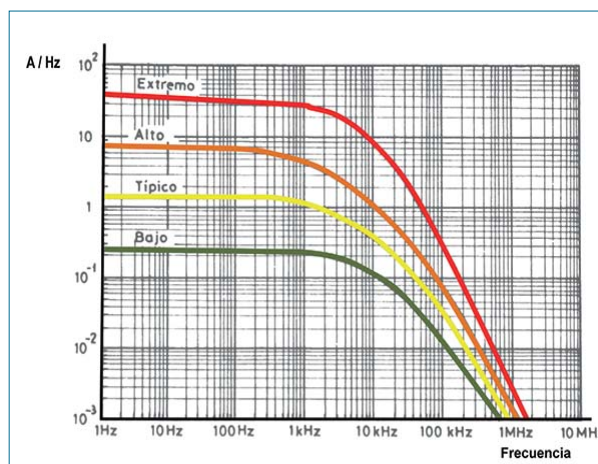


Figura 3 : Espectro de frecuencias de un rayo para los cuatro tipos tipificados: extremo, alto, típico y bajo.

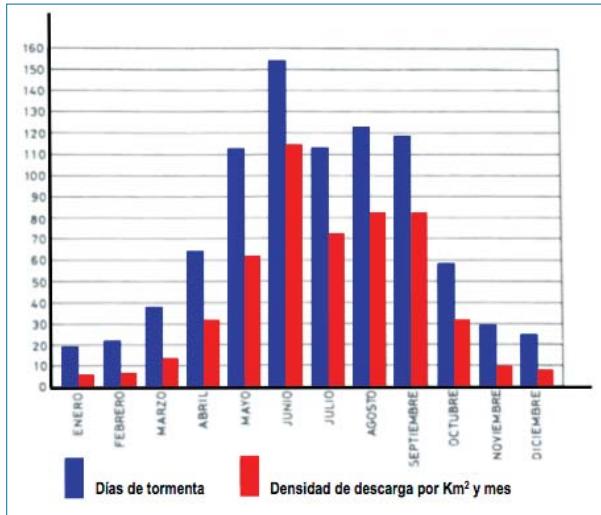


Figura 4: Variación mensual a lo largo del año de los días de tormenta y densidad de descarga mensual correspondiente a España.

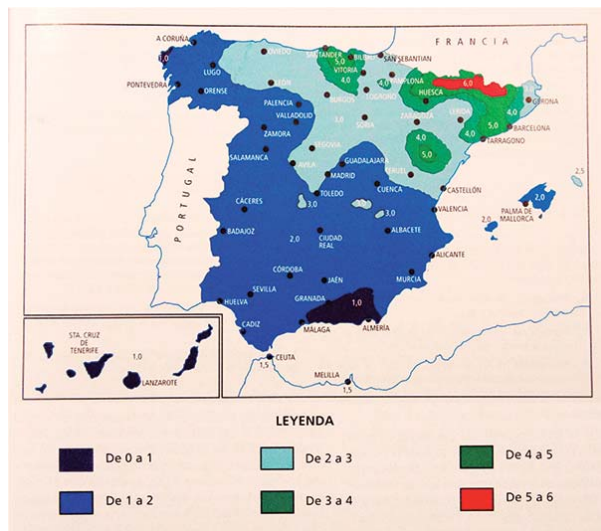


Figura 5: Densidad de descargas (número de descargas / km2/año) en España

La variación mensual a lo largo del año de los días de tormenta se presenta cualitativamente en la figura 4. También se muestra gráficamente al lado la densidad de descarga mensual (descargas / km2 / mes). El mes con más descargas es Junio. La figura 5 muestra el mapa de España con la densidad anual de descargas por zonas (número de descargas por año y km2).

Efectos de los rayos

Los efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano están principalmente determinados por la tensión de la fuente de tensión en circuito abierto y por la resistencia total del camino seguido por la corriente, incluyendo la resistencia interna del cuerpo humano. Esta resistencia puede disminuir en un factor de 100 entre una condición totalmente

seca y otra húmeda. La resistencia de la piel humana se puede estimar entre 650 y 2.500 Ω . La corriente eléctrica a través del cuerpo puede producir variados efectos, incluyendo la muerte, dependiendo de la magnitud de la intensidad que lo atraviesa. En el caso de que una persona sea alcanzada por un rayo, éste penetra en su cuerpo y se descarga a tierra por el camino que presenta la menor resistencia eléctrica. Si atraviesa el corazón, la persona sufrirá una parada cardíaca, ya que basta una descarga a través del cuerpo de unos pocos miliamperios durante un segundo para paralizar el corazón. Visto esto, supongamos que cae en el mar un rayo de 10.000 amperios. ¿A qué distancia tenemos que encontrarnos para estar expuestos a una corriente, por ejemplo, de 10 miliamperios? El rayo provoca en la superficie marina una gran dispersión de energía, debido a la evaporación instantánea de parte del agua. Esto atenúa la intensidad de la corriente, por lo que esa decena de miliamperios puede alcanzarse en un radio de 130 metros del punto de impacto. Ahora bien, hay que tener presente la diferencia que hay entre la resistencia del agua y la del cuerpo, ya que la mayor parte de la intensidad eléctrica se transmitirá por toda la masa de agua y sólo una pequeña fracción podría alcanzar al bañista. En otras palabras, la conductividad relativa del organismo respecto a la del agua salada es el valor que determinará que la corriente opte para propagarse por una u otra vía. En el caso de la montaña, la caída del rayo podría ser mucho más peligrosa al impactar por ejemplo sobre un árbol cercano y no tener el efecto de dispersión del agua.

La probabilidad de destrucción debida a un rayo es una combinación de la localización geográfica, la estructura geológica del suelo y de la situación topográfica. En general, los sistemas localizados en alta montaña, tienen más probabilidades de sufrir daños por rayos en comparación con aquellos situados más bajos en un valle. Los objetos más altos de 100 metros en las regiones bajas, así como los objetos más expuestos en áreas montañosas son golpeados por rayos algunas decenas de veces por año. Entre las instalaciones de más riesgo están los repetidores de TV y radio, los ferrocarriles de montaña y los aerogeneradores. Cada año los rayos son responsables de la destrucción de

muchas hectáreas de bosques y praderas, de animales muertos, interferencias y desperfectos en los sistemas de comunicaciones y distribución de energía eléctrica y de la pérdida de casas y vidas humanas (100 a 600 vidas/año).

El rayo es el causante de la destrucción para los equipos electrónicos y las personas en razón a su alta energía. Se distinguen diferentes casos :

1. La caída de un rayo directo sobre una línea de energía o de comunicaciones crea una onda de corriente que se propaga por ambas partes del punto de impacto.
2. Un rayo sobre el terreno provoca una elevación brutal del potencial de tierra en una zona de algunos Km., induciendo sobre tensiones importantes en los cables subterráneos y provocando la elevación de la tensión de las conexiones a tierra.
3. Un rayo que cae en un pararrayos aumenta el potencial de tierra cuando su corriente circula a tierra. La disposición de una superficie equipotencial con conductores enterrados alrededor y por debajo del edificio conectando entre sí en toda la estructura, las cañerías y todos los elementos metálicos pertenecientes al edificio reduce esta elevación de potencial.

Como protegerse de las descargas atmosféricas

Ante una tormenta, se debe pensar : ¿ dónde hay más probabilidad de caída de un rayo ?. Por supuesto, la respuesta es donde haya una menor resistencia hacia tierra. Por ello está claro que si estamos al aire libre no debemos representar un camino de baja resistencia para el posible rayo, en comparación a todo lo que nos rodee. Así, si estamos en una llanura o en una playa, debemos ponernos en cuclillas y no quedarnos de pie ni guarecernos debajo de un árbol, ni en un refugio aislado y menos debajo una sombrilla. Podemos morir si nos ponemos debajo de árboles aislados en una tormenta, si cae casualmente un rayo en el árbol en el que nos cobijamos. Debemos evitar los árboles aislados como mínimo 10 m. También, si no estamos solos, tenemos que separarnos entre las personas 3 m.

No es conveniente quedarse dentro del mar nadando ni en una lancha. Nos debemos separar de las vallas metálicas, cañerías vistas, raíles de tren o cualquier objeto metálico y largo que pueda llevar

corrientes debidas a la caída de un rayo lejano. Aunque hay una probabilidad menor de caída directa de rayos, si una tormenta nos sorprende fuera de casa en una ciudad hay que buscar abrigo en un edificio (preferiblemente con estructura metálica y/o con pararrayos) o en un coche no descapotado, subiendo las ventanas. En espacios abiertos buscar un barranco, valle o, como último recurso, un agujero en el suelo. En un bosque debemos buscar refugio en la parte más densa de la vegetación. Debemos estirar en el suelo las bicicletas o los palos de golf y alejarnos de ellos más de 3 m.

En la figura 6 se presentan los niveles de peligrosidad de los rayos en función de la distancia a la tormenta eléctrica. La distancia máxima que una persona puede detectar una tormenta es de unos 10 Km. y ya se considera peligrosa. Entre 10 y 20 Km. el peligro es inminente. A más de 20 Km. nos da tiempo de protegernos. El AS3935 puede detectar una tormenta a 40 Km. de distancia.

El detector AS3935 se puede usar, por ejemplo, cuando vamos a pescar o cazar para avisarnos a tiempo que una tormenta se avecina. En el caso de estar en un camping, al detectar que se avecina una tormenta podríamos asegurarnos que nuestra tienda está lejos de un árbol aislado y que hay una distancia de 3 m, como mínimo, entre nuestras tiendas de camping. Si vamos en una barca que esta debidamente protegida contra rayos deberemos entrar en su cabina para protegernos. Uno de los lugares mas seguros para protegernos de una tormenta es estar dentro de nuestro vehículo con las ventanas subidas debido a que el vehículo es como una jaula de Faraday. Si nuestro hogar no está debidamente protegido contra los rayos si recibimos la alarma de nuestro detector Franklin sería conveniente desconectar la antena de TV y los electrodomésticos para evitar su destrucción. Al mismo tiempo no convalidaría en esta situación ducharnos o tomar un baño en nuestro hogar.

Descripción del AS3935 (FRANKLIN)

El AS3935 es un CI detector de rayos o relámpagos totalmente programable que detecta la presencia la actividad eléctrica potencialmente peligrosa en sus inmediaciones y ofrece la estimación de la distancia a la tormenta, donde se

define el borde de ataque de la tormenta como la distancia mínima desde el sensor hasta el borde más cercano de la tormenta. Una representación gráfica se muestra en la Figura 7. El algoritmo integrado de detección de rayo comprueba el patrón de señal entrante para rechazar el posible ruido perturbador.

El AS3935 también puede proporcionar información sobre el nivel de ruido e informar a la unidad externa (por ejemplo, el microcontrolador) en caso de detectar condiciones de ruido demasiado elevado. Los sentidos humanos normalmente pueden detectar el trueno y el relámpago o rayo a aproximadamente 10 Km. ¡Muchas veces esto es ya demasiado tarde! El detector de rayos proporciona una alarma cuando el frente de una tormenta se encuentra a 40 Km., proporcionando tiempo suficiente para dirigirse a un lugar seguro. En el interior, se está protegido y el riesgo de accidentes físicos es mínimo. Sin embargo, al aire libre, esto puede ser crítico porque una distancia de 10 km hasta el frente de la tormenta no da tiempo suficiente para ponerse a cubierto en la zona de peligro extremo, porque los rayos pueden descargar en ángulo.

Por lo tanto, es imperativo que cualquier tipo de sistema de alerta temprana sea capaz de avisar con anticipación de tal forma que de tiempo suficiente para ponerse a cubierto, antes de que la tormenta se acerque a la zona de peligro de 10 Km. Aquí es donde el sensor AS3935 puede ser muy útil, al poder llegar a los 40 Km.

El sensor de rayos advierte de la actividad de tormenta eléctrica dentro de un radio de 40 Km. con una estimación de la distancia al frente de la tormenta de hasta como mínimo 1 Km. en 14 pasos. El sensor AS3935 proporciona una alarma temprana de rayos y esta advertencia se puede enviar fuera utilizando una interfaz SPI o I2C. Se pueden programar los niveles del umbral de detección.

El algoritmo integrado de estimación de distancia del AS3935 emite una alarma cada vez que detecta un rayo. La distancia estimada, que se muestra en el registro de la distancia, no representa la distancia absoluta a un rayo único. Representa la distancia estimada al frente de la tormenta.

A partir del análisis de la forma de la señal es posible distinguir entre un ruido artificial y el rayo y calcular la

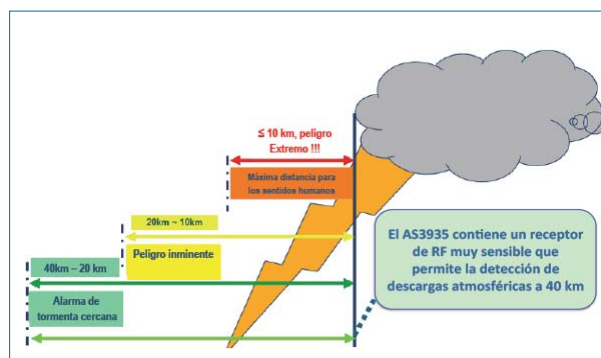


Figura 6: Niveles de peligrosidad en función de la distancia a la tormenta eléctrica

distancia al rayo. En la forma de señal típica de una señal eléctrica, el tiempo de decaimiento está en un intervalo de 100 us-1ms. En las señales artificiales (chispas, ruido de conmutaciones en equipos electrónicos, etc.) tienen un tiempo de decaimiento en el orden de 10 a 1000ns. En el AS3935 es posible distinguir un rayo mediante su algoritmo interno para calificar y luego proporcionar la distancia estimada al frente de tormenta sin procesamiento adicional externo.

La distancia al frente de tormenta se determina a partir de la energía recibida: A mayor energía recibida, más cercana es la tormenta.

ams ha llevado a cabo dos fases de pruebas de campo. Primero en Finlandia y Florida y luego en Austria y Florida. Los datos del sensor se comparó con los datos captados por la redes nacionales de detección de rayos. Los datos fueron analizados por una de las

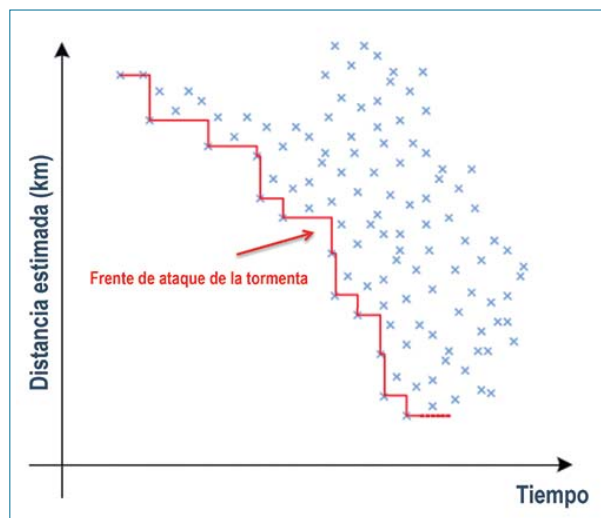


Figura 7: La distancia estimada no representa la distancia a un único rayo. La distancia estimada es para el frente de ataque de la tormenta.

instituciones líderes en la investigación de rayos en EEUU (FIT: Florida Institute of Technology) y encontró una buena correlación de datos, de forma que el AS3935 puede ser utilizado como un sistema de alarma temprana para las tormentas eléctricas. El AS3935 no sólo detecta rayos de nube a tierra, sino que también detecta relámpagos entre nubes, que otros sistemas de detección no son capaces de detectar. La mayoría de los servicios meteorológicos nacionales equipan solo detectores de nube a tierra.

Un rayo genera un campo electromagnético (señal "estática" en una radio AM) y un impulso de luz (flash visible) de muy corta duración. Un detector de rayos que funcione sólo mediante la detección de una de estas señales puede malinterpretar las señales procedentes de otras fuentes que no son rayos, dando una falsa alarma. Específicamente, los detectores basados en sensores de RF pueden malinterpretar las señales debidas a ruido de RF, también conocida como interferencia de radiofrecuencia o electromagnética (RFI

o EMI). Estas señales son generadas por muchas fuentes ambientales comunes, tales como las bujías de los automóviles, las luces fluorescentes, interruptores de luz, motores eléctricos, cables de alta tensión, etc. Del mismo modo, los detectores basados en detectar la luz del flash pueden malinterpretar la luz vacilante generada en el medio ambiente, como los reflejos de las ventanas, la luz del sol a través de las hojas de los árboles, los coches que pasan, televisores y luces fluorescentes.

Funcionalidad

La figura 8 muestra uno de los posibles esquemas de aplicación del AS3935. El sistema se compone principalmente del AS3935 y una unidad de control externa, como un microcontrolador. La figura 9 muestra el diagrama de bloques interno. La antena externa está conectada directamente al módulo de entrada analógica llamado AFE, que amplifica y demodula la señal recibida. El perro guardián (watchdog) supervisa continuamente la salida del AFE y alerta al bloque integrado del algoritmo de detección de rayo al llegar una señal entrante. El bloque del algoritmo de detección valida la señal mediante la comprobación del patrón de señal de entrada, calcula la energía y entonces el AS3935 proporciona al microcontrolador una estimación de la distancia hasta el frente de la tormenta. El bloque del algoritmo de detección procesa la señal demodulada y distingue entre la señal de proveniente de un rayo o relámpago y una perturbación artificial. El AS3935 cuenta con 3 modos de funcionamiento: modo de bajo consumo, modo de escucha y modo de verificación de señal.

En el modo de bajo consumo, todo se apaga para reducir el consumo de corriente al mínimo (típico 1uA). En el modo de escucha, varios bloques, como el módulo de entrada (AFE), el watchdog, el generador de ruido de fondo, el bloque de polarización, el reloj TRCO y el regulador de tensión (en caso de que esté habilitado) funcionan, con un consumo de energía de unos 60µA. En el caso de que la alimentación de tensión máxima no exceda de 3,6 V, es posible desconectar el regulador de tensión para ahorrar energía.

El AS3935 entra en el modo de verificación de señal cada vez que el watchdog detecta actividad recibida por la

antena. El CI dejará este modo tanto si la señal entrante se clasifica como perturbadora o como si el análisis del evento individual (rayo) se termina. Si la señal recibida se clasifica como perturbadora, entonces el AS3935 volverá automáticamente al modo de escucha, sin ser necesaria ninguna acción ordenada desde fuera y se generará una interrupción. Si el patrón recibido coincide con todos los requisitos de ser un rayo, se realiza el cálculo de la energía y el AS3935 proporciona una estimación de la distancia. El oscilador LC, junto con el bloque de calibración, puede calibrar los dos relojes internos para compensar las variaciones del proceso. El algoritmo de detección de rayo se divide en tres sub bloques:

1. Validación de la señal: Verificación de que la señal entrante puede ser clasificada como un rayo o relámpago.
2. Cálculo de la energía: Cálculo de la energía de un solo evento.
3. Estimación estadística de la distancia: de acuerdo con el número de eventos almacenados (rayos), se calcula una estimación de la distancia.

Si la validación de la señal falla (la señal entrante no tiene las características de un rayo), no se ejecutan los procesos de cálculo de la energía y de estimación de la distancia estadística y el evento se clasifica como perturbador.

La antena especificada debe tener una inductancia de 100µH porque la sensibilidad de la antena necesita la correlación con el análisis estadístico. La frecuencia de resonancia puede estar entre 485 a 515 kHz, lo que permite una variación de los componentes externos de ± 15 kHz. La antena tiene que ser diseñada para tener su frecuencia de resonancia a 500kHz y un factor de calidad Q aproximado a 15. La unidad externa puede medir esta frecuencia y sintonizar la antena, añadiendo o eliminando de los condensadores internos. Es necesario sintonizar la antena con una precisión de ± 3,5% para optimizar el rendimiento de la señal de validación y estimación de la distancia. El módulo Analog Front-End (AFE) amplifica y demodula la señal de RF captada por la antena. La ganancia por defecto del módulo AFE está optimizada para funcionar en áreas interiores (por ejemplo, en el interior de un edificio). Si el AS3935 opera al aire libre, entonces el ajuste de ganancia AFE debe tener un valor inferior. El ajuste de ganancia debe ser seleccionado

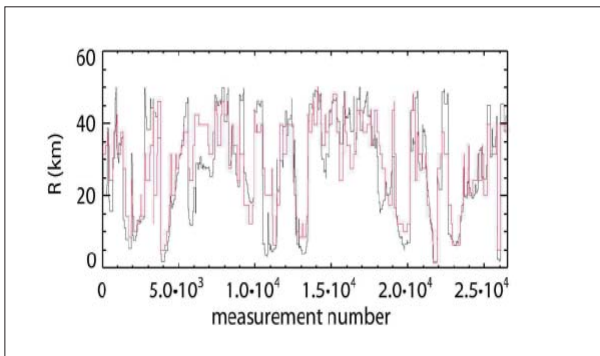


Figura 8: Buena correlación de datos entre los datos del NDLN (US National Lightning Detection Network) y los datos medidos con el detector AS3935

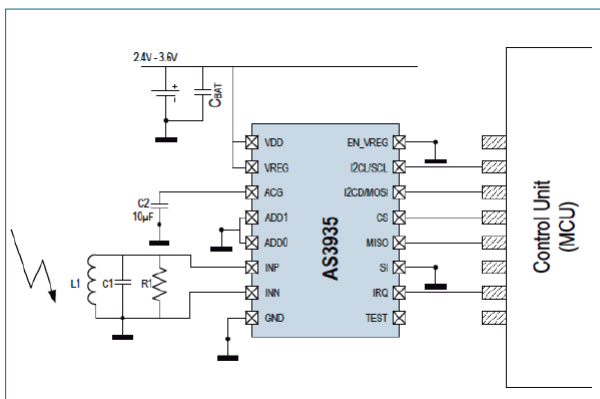


Figura 9: Esquema básico del conexionado del AS3935 con el regulador de tensión interno desactivado y el SPI activado

de acuerdo con el tipo de la aplicación.

La señal de salida del módulo AFE es supervisada por el watchdog, que permite la validación de la señal en caso de que la señal de entrada supere un umbral determinado. El AS3935 vuelve automáticamente al modo de escucha una vez que el bloque de validación de señal ha realizado la evaluación de la naturaleza de la señal recibida (rayo o perturbadora). Es posible cambiar el nivel de este umbral para aumentar la robustez contra las señales ruidosas. Si se usan valores de umbral más elevados, el AS3935 pierde sensibilidad a los rayos lejanos, pero mejora el rechazo a las señales ruidosas.

El AS3935 estima la distancia a la cabecera de una tormenta que se acerca en base a cálculos estadísticos. La energía de un evento único (rayo) proporcionada por el bloque de cálculo de la energía se almacena en una memoria interna, junto con la información pertinente de su temporización. Los eventos almacenados en la memoria se usan por el bloque de estimación de distancia, que proporciona una estimación definitiva de la distancia hasta el frente de la tormenta.

El algoritmo elimina automáticamente los eventos que duran más de un tiempo determinado. Así determina si la tormenta está justo encima nuestro, o si la tormenta está fuera de rango. Este algoritmo está realizado en hardware y no es accesible desde el exterior. La distancia estimada está directamente representada en Km. en el registro interno correspondiente. La estimación de la distancia puede cambiar si no hay un nuevo evento que dispare el AS3935 y los eventos más antiguos se borran.

Aplicaciones

En las posibles aplicaciones debemos distinguir entre aquellas que son portátiles, que nos permiten llevarlas en nuestro bolsillo para protegernos a nivel personal, de las que instalaríamos el detector en instalaciones fijas para proteger equipos.

El AS3935 es ideal para relojes, estaciones meteorológicas, artículos deportivos, seguridad en piscinas, sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), navegadores GPS, sistemas de telecomunicaciones, pequeños ordenadores para bicicletas, teléfonos móviles, equipos para golf, pesca, caza y para entusiastas del deporte, todos para

ser usados al aire libre. Otras buenas aplicaciones pueden ser: sistemas de redes inteligentes, sistemas de vigilancia del medio ambiente, acondicionadores de red eléctrica, estaciones base, transporte, anemómetros para grúas de construcción, equipos para fincas como sistemas automáticos de distribución de comida para animales, y de una forma general, cualquier equipo que necesite protección contra tormentas.

Los equipos electrónicos sensibles, tales como servidores o equipos de telecomunicaciones normalmente se alimentan a través de un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), pero la conmutación sólo se produce después de un corte de energía o de que se produce un evento transitorio. Un detector de rayos puede proporcionar información temprana para el sistema de energía eléctrica, lo que permite al SAI que conmute de manera proactiva antes de que un ocurra transitorio indeseado en el suministro eléctrico. Aunque muestras instalaciones estén bien protegidas con buenas tomas de tierra y sistemas pararrayos el detector AS3935 puede enviarnos una alarma que un frente de tormenta se está acercando.


El uso de esta señal de alarma puede ayudarnos a tener una protección adicional inteligente. Esta alarma puede hacer desconectar equipos más sensibles que temporalmente pueden dejar de funcionar por razones de seguridad, hasta que pase la tormenta (unos 30 minutos). Por ejemplo en sistemas de telecomunicaciones situados en alta montaña puede ser de gran ayuda. Otra posibilidad es la desconexión galvánica temporal de cámaras de video exteriores para evitar la destrucción de los equipos internos a los que están conectadas.

También, en grandes instalaciones industriales exteriores se puede gestionar temporalmente la desconexión de algunas redes exteriores. En el caso de los aerogeneradores instalados normalmente en los puntos altos de cordilleras, el AS3935 nos avisa de la llegada de la tormenta y podemos actuar en consecuencia para proteger algunos equipos internos más sensibles.

Recordar que el AS3935 puede detectar rayos (nube a tierra) y relámpagos (nube a nube). Es importante ser capaz de detectar ambos porque las tormentas típicas pueden comenzar con un relámpago seguido de rayos, que pueden ser muy destructivos.

Resumen

El nuevo e innovador sensor de rayos llamado "Lightning Sensor™ FRANKLIN" (AS3935) inicia una nueva categoría en el mercado de sensores. Su alto nivel de integración permite detectar y seleccionar los rayos de las perturbaciones artificiales ruidosas. Su algoritmo integrado permite detectar los rayos a mucha más distancia (40 Km.) y permite tener una alerta temprana de tormentas eléctricas con mayor sensibilidad que los sentidos humanos. El AS3935 es adecuado en aplicaciones de baja potencia que funcionan con pilas.

La sintonización automática de la antena hace que sea fácil de fabricar y mantener un rendimiento óptimo. Es el único sensor que detecta los rayos de nube a tierra y los relámpagos de nube a nube. En la figura 10 se presenta la placa de evaluación del AS3935 que ofrece **ams** para empezar a utilizar el AS3935. 

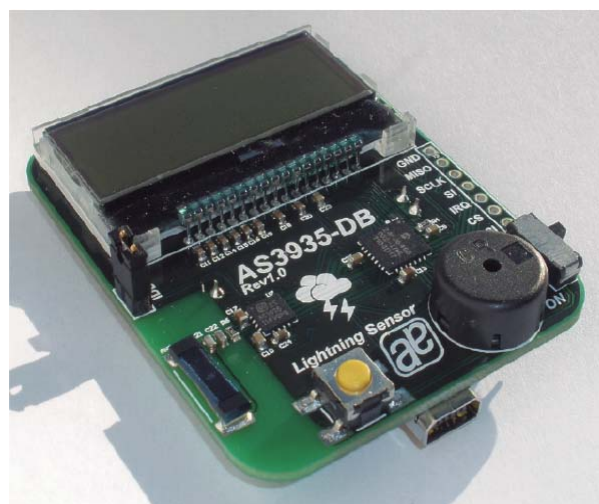


Figura 10: Placa de evaluación del AS3935

REFERENCIAS

- F.Daura / J.Balcells / R.Pallàs / R.Esparza, *Interferencias Electromagnéticas En Sistemas Electrónicos*, 1992, Boixareu Editores
- *When Lightning Strikes, what to do during a Thunderstorm*, 2013, DEHN + SÖHNE GmbH + Co.K.G.
- *BLITZPLANER, Manual de protección contra rayos*, 2007, DEHN IBERICA
- W.C.Hart, E.W. Malone, *Lightning and Lightning Protection*, 1985, Don White Consultants, Inc
- *Documentos varios sobre el AS3935 (FRANKLIN) de ams AG: data sheet, nota de aplicación y presentación general.*