

Arduino Nano BLE 33: Garaje inteligente

IE-0624 Laboratorio de Microcontroladores

Deybin García, B93171
Sharlin Hernández, B83821
Escuela Ingeniería Eléctrica
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Resumen—El proyecto consiste en un garaje inteligente que utiliza reconocimiento de voz para identificar la placa del carro y controlar la apertura de la puerta. Mediante un Arduino Nano 33 BLE, equipado con un micrófono, se entrenó una red neuronal utilizando Edge Impulse para procesar comandos de voz. Cuando el sistema reconoce la placa correcta, activa un servomotor que abre la puerta del garaje; de lo contrario, la mantiene cerrada. Este diseño combina inteligencia artificial y automatización, demostrando una integración efectiva entre hardware y software para crear una solución innovadora y práctica.

Palabras Clave—Garaje inteligente, reconocimiento de voz, Arduino Nano 33 BLE, Red Neuronal, Edge Impulse, servo motor.

I. INTRODUCCIÓN

En un mundo donde la tecnología avanza rápidamente, la integración de soluciones inteligentes en el hogar y la industria se ha vuelto cada vez más relevante. Este proyecto presenta un sistema de garaje inteligente que utiliza reconocimiento de voz para controlar el acceso vehicular, mejorando la seguridad y la comodidad del usuario. Basado en el uso de un Arduino Nano 33 BLE y una red neuronal entrenada mediante Edge Impulse, el sistema identifica de manera precisa la placa del carro pronunciada por el conductor, permitiendo la apertura de la puerta solo si la información es correcta.

La seguridad es uno de los principales beneficios de este sistema, ya que garantiza que solo vehículos autorizados puedan acceder al garaje. Al emplear tecnología de reconocimiento de voz y aprendizaje automático, se minimiza el riesgo de intrusiones no deseadas, eliminando la necesidad de controles físicos o códigos que puedan ser fácilmente vulnerados. Esto convierte al sistema en una herramienta confiable para proteger propiedades personales y comerciales.

Además, el proyecto ofrece una solución práctica y cómoda, ya que los usuarios no necesitan bajar del vehículo para abrir la puerta, reduciendo tiempos de espera y esfuerzos físicos. Este aspecto resulta particularmente beneficioso en condiciones climáticas adversas o en situaciones de apuro. La combinación de inteligencia artificial, automatización y facilidad de uso en este proyecto lo posiciona como una contribución innovadora en el ámbito de los sistemas de

acceso inteligentes.

II. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema inteligente de control de acceso vehicular basado en reconocimiento de voz y aprendizaje automático, utilizando un Arduino Nano 33 BLE Sense y una red neuronal entrenada en Edge Impulse, para garantizar seguridad, comodidad y eficiencia en la gestión de puertas de garaje.

III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Implementar un sistema de reconocimiento de voz capaz de identificar con alta precisión las placas vehiculares pronunciadas por el usuario, utilizando una red neuronal entrenada en Edge Impulse.
2. Diseñar y programar un controlador automatizado para puertas de garaje, basado en el Arduino Nano 33 BLE Sense, que permita la apertura y cierre de la puerta únicamente a vehículos autorizados.
3. Optimizar la experiencia del usuario mediante la integración de tecnologías inteligentes, asegurando una operación eficiente y segura del sistema en diversas condiciones ambientales y de uso.

IV. ALCANCES

- **Reconocimiento de voz integrado:** El sistema será capaz de reconocer placas vehiculares pronunciadas por el usuario con una precisión adecuada para garantizar la autenticidad del acceso.
- **Automatización del control de acceso:** Se implementará un mecanismo que abra y cierre automáticamente la puerta del garaje únicamente cuando se detecte una placa autorizada.
- **Portabilidad y escalabilidad:** El sistema será diseñado de manera modular, permitiendo futuras actualizaciones o adaptaciones para otros entornos, como edificios residenciales, oficinas o industrias.
- **Seguridad avanzada:** El uso de inteligencia artificial reducirá riesgos de acceso no autorizado, eliminando la dependencia de sistemas físicos como controles remotos o tarjetas de proximidad.

- **Interacción sin contacto:** La tecnología utilizada permitirá a los usuarios operar el sistema sin necesidad de bajar del vehículo, brindando comodidad y mejorando la experiencia general.

V. JUSTIFICACIÓN

En un mundo donde la seguridad y la eficiencia son prioridades, este proyecto aborda la necesidad de soluciones inteligentes para el control de acceso vehicular, un aspecto crítico tanto en propiedades residenciales como comerciales. El uso de reconocimiento de voz basado en inteligencia artificial garantiza un nivel de seguridad superior al de métodos tradicionales como controles remotos, claves o tarjetas, que pueden ser fácilmente robados, duplicados o vulnerados.

Además, la implementación de este sistema mejora la comodidad del usuario al permitir la apertura automática del garaje sin necesidad de interacción física. Esto no solo ahorra tiempo, sino que resulta particularmente valioso en condiciones adversas, como lluvias, o en situaciones de urgencia.

El proyecto también promueve el uso de tecnologías modernas como el Arduino Nano 33 BLE Sense y redes neuronales entrenadas, posicionándose como una solución innovadora y adaptable a un mercado en constante evolución. Por último, su diseño escalable y modular lo convierte en una inversión viable para una variedad de aplicaciones más allá del entorno doméstico, asegurando su relevancia a largo plazo.

VI. NOTA TEÓRICA

A continuación se desarrollan los aspectos técnicos.

VI-A. Placa Arduino NANO 33 BLE

El Arduino Nano 33 BLE está equipado con un microcontrolador nRF52840 que incluye las siguientes especificaciones:

- **CPU:** ARM Cortex-M4, 32 bits, funcionando a 64 MHz con unidad de punto flotante (FPU).
- **Memoria:** 1 MB de memoria Flash y 256 KB de SRAM.
- **Conectividad inalámbrica:** Bluetooth 5 y compatibilidad con IEEE 802.15.4-2006 en la banda de 2.4 GHz.
- **Seguridad:** Subsistema ARM TrustZone Cryptocell 310, incluyendo arranque seguro.
- **Interfaces:**
- **Entradas/Salidas:** 48 pines GPIO.
- **Conversión analógica-digital:** ADC de 12 bits con 8 canales.
- **Comparadores:** 64 comparadores de nivel, 15 de ellos de bajo consumo.
- **Sensores:** Sensor de temperatura integrado.
- **Audio:** Compatibilidad con interfaces I2S y PDM.
- **Temporizadores:** 5 temporizadores de 32 bits.

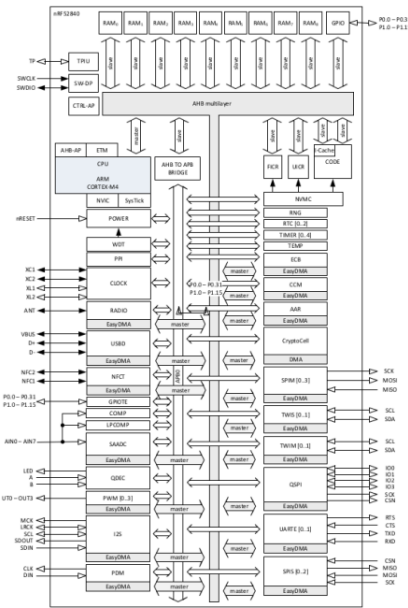


Figura 1. Diagrama de bloques.

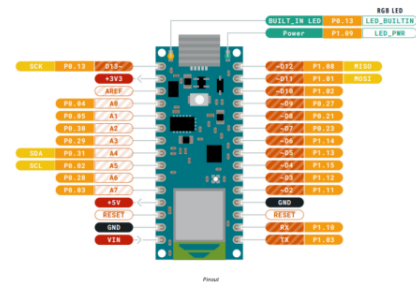


Figura 2. Diagrama de pines.

1.2 Power Consumption

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
PBL	Power consumption with busy loop		1.8		mW
PLP	Power consumption in low power mode		1.8		mW
PMAX	Maximum Power Consumption		1.8		mW

Figura 3. Características eléctricas.

VI-B. Machine Learning

El aprendizaje automático (machine learning) es una rama de la inteligencia artificial que permite a las máquinas aprender de los datos y mejorar su rendimiento sin ser programadas explícitamente para cada tarea. En el ámbito de la automatización, el machine learning desempeña un papel crucial al permitir que los sistemas identifiquen patrones y tendencias en grandes volúmenes de datos, lo que facilita la toma de decisiones y la ejecución de tareas de manera más eficiente y precisa.

Al aplicar algoritmos de machine learning, las empresas pueden automatizar procesos que antes requerían intervención humana, como la clasificación de correos electrónicos, el

análisis de imágenes o la predicción de demandas de mercado. Esto no solo aumenta la eficiencia operativa, sino que también libera a los empleados para que se concentren en actividades más complejas y creativas.

Además, el machine learning permite la automatización de decisiones en tiempo real, adaptándose a cambios en el entorno y mejorando continuamente a medida que se recopilan más datos. Esta capacidad es especialmente valiosa en sectores como la manufactura, la salud y las finanzas, donde la precisión y la rapidez son esenciales.

VI-C. Edge Impulse

Edge Impulse es una plataforma diseñada para facilitar la implementación de modelos de aprendizaje automático directamente en dispositivos de borde, como microcontroladores, sensores y sistemas embebidos. Esta herramienta permite a los desarrolladores entrenar, optimizar y desplegar modelos de Machine Learning utilizando datos capturados por estos dispositivos, maximizando su rendimiento sin depender de conexiones a la nube. Al centrarse en la computación en el borde, Edge Impulse habilita aplicaciones rápidas, seguras y eficientes, ideales para escenarios donde la latencia o la privacidad de los datos son críticas.

Uno de los aspectos más destacados de Edge Impulse es su enfoque accesible y versátil. La plataforma integra herramientas para la captura de datos, preprocesamiento, entrenamiento de modelos y despliegue, todo en un entorno intuitivo. Además, admite múltiples lenguajes de programación y hardware diverso, incluyendo microcontroladores como Arduino y sistemas más avanzados como Raspberry Pi. Esto permite a desarrolladores de diferentes niveles de experiencia abordar problemas complejos en áreas como el reconocimiento de voz, la clasificación de imágenes, la detección de movimientos y el monitoreo de señales acústicas o biométricas.

Gracias a su capacidad para optimizar modelos para hardware de recursos limitados, Edge Impulse es una herramienta clave para el desarrollo de soluciones en campos como IoT, robótica, y wearables. La plataforma genera modelos ligeros que pueden ejecutarse en dispositivos con restricciones de memoria y procesamiento, haciendo posible integrar inteligencia artificial en productos cotidianos. Este enfoque democratiza el acceso al aprendizaje automático, permitiendo que más innovadores y empresas desarrollen aplicaciones personalizadas y de alto impacto.

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se inicia con la preparación del entorno de desarrollo. Se realizó la actualización de la plataforma Arduino para garantizar la compatibilidad con la biblioteca TensorFlow Lite, necesaria para implementar el modelo de aprendizaje automático. Este paso fue fundamental para asegurar el correcto funcionamiento del sistema y la integración con el hardware utilizado, específicamente el Arduino Nano 33 BLE.

El siguiente paso fue la creación de una cuenta en Edge Impulse, una herramienta que facilita la creación

y entrenamiento de modelos de machine learning en dispositivos embebidos. En esta plataforma se configuraron todos los parámetros requeridos para el modelo, incluyendo la recolección de datos y el entrenamiento de la red neuronal.

Para entrenar el modelo, se recopiló un total de 40 muestras de audio. De estas, 20 correspondían a la combinación "abrir", grabadas en diferentes entonaciones y con ruido de fondo, lo que permitió que la red neuronal pudiera identificar esta clave en condiciones variadas. Las otras 20 muestras consistieron en la palabra "cerrar". Este conjunto de datos balanceado permitió entrenar y afinar el modelo para maximizar su precisión en la identificación de placas válidas, reduciendo errores en la detección.

Además, para hacer el modelo aún más completo, se incluyeron muestras de voz de una segunda persona, simulando que ambas fueran los únicos dueños del garaje. Esto añadió una capa adicional de personalización al sistema, asegurando que la red neuronal no solo reconociera la combinación "abrir y cerrar", sino que también pudiera discriminar entre tonos de voz específicos. Así, el sistema quedó configurado para responder únicamente a las voces autorizadas, reforzando la seguridad y exclusividad del acceso al garaje.

VII-A. Análisis de código:

VII-B. Funcionamiento General

El código controla un sistema para abrir y cerrar una puerta de garaje utilizando un servomotor, comandos de voz reconocidos mediante un modelo de Edge Impulse, y retroalimentación visual a través de un LED.

■ **Estados Principales:**

- STATE_CLOSED: La puerta está cerrada.
- STATE_OPEN: La puerta está abierta.

■ **Flujo General:**

1. El sistema comienza en el estado STATE_OPEN.
2. Procesa continuamente comandos de voz a través del modelo de inferencia.
3. Los comandos válidos con suficiente confianza (CONFIDENCE_THRESHOLD) mueven el servo a la posición deseada.
4. Se utiliza un LED para indicar visualmente el estado actual del sistema.

VII-C. Variables

VII-C1. Variables de Periféricos:

■ **Servo:**

- garageServo: Controla el servomotor conectado al pin 2 (SERVO_PIN).
- servoMoveStartTime: Marca el tiempo en el que comenzó el movimiento del servo.
- servoMoving: Bandera para indicar si el servo está en movimiento.

■ LED:

- LED_PIN: Pin del LED integrado (LED_BUILTIN).
- LED_CLOSED_BLINK: Intervalo de parpadeo en el estado STATE_CLOSED.
- LED_OPEN_BLINK: Intervalo de parpadeo en el estado STATE_OPEN.
- previousMillis: Marca el último cambio de estado del LED.
- ledState: Almacena el estado actual del LED (encendido/apagado).

VII-C2. Variables de Control:

■ Estados:

- currentState: Estado actual (STATE_OPEN o STATE_CLOSED).
- lastCommandTime: Marca el último momento en que se ejecutó un comando válido.

■ Configuraciones Temporales:

- DEBOUNCE_TIME: Tiempo mínimo entre comandos para evitar rebotes.
- SERVO_DELAY_TIME: Tiempo estimado para que el servo complete un movimiento.
- OPEN_HOLD_TIME: Tiempo mínimo que el sistema debe permanecer abierto antes de cerrarse.

VII-C3. Variables de Inferencia:

■ Buffers:

- sampleBuffer: Almacena las muestras de audio para la inferencia.
- inference: Estructura para manejar doble búfer y conteos de muestras.

■ Inferencia de Voz:

- debug_nn: Bandera para activar/desactivar la depuración del modelo.
- EI_CLASSIFIER_SLICE_SIZE: Tamaño de los fragmentos de inferencia.

VII-D. Periféricos

1. Servomotor:

- Conectado al pin 2.
- Controlado mediante la librería `Servo.h`.
- Movimiento gradual en pasos de 1° con un retraso de 15 ms.

2. LED:

- Indicador visual del estado:
 - Parpadeo lento (1s) en STATE_CLOSED.
 - Parpadeo rápido (200ms) en STATE_OPEN.

3. Micrófono:

- Utiliza `PDM.h` para capturar datos de audio.
- Procesa las muestras de audio mediante `Edge Impulse`.

VII-E. Lógica del Sistema

VII-E1. Estados y Transiciones:

- **Estado Inicial:** El servo comienza en posición cerrada (0°), pero el sistema lógico se inicializa en STATE_OPEN.

■ Transición a STATE_CLOSED:

- Comando reconocido: “cerrar”.
- Condiciones:
 - Estado actual: STATE_OPEN.
 - Confianza: >CONFIDENCE_THRESHOLD.
 - Servo no en movimiento.
- Acción: Mover el servo a 0°.

■ Transición a STATE_OPEN:

- Comando reconocido: “open”.
- Condiciones:
 - Estado actual: STATE_CLOSED.
 - Confianza: >CONFIDENCE_THRESHOLD.
 - Servo no en movimiento.
- Acción: Mover el servo a 90°.

VII-E2. Procesamiento de Comandos de Voz:

- Utiliza el modelo de `Edge Impulse`.
- Solo los comandos con confianza >CONFIDENCE_THRESHOLD son procesados.

VII-E3. Control del Movimiento del Servo:

- Movimiento gradual mediante `moveServo(targetAngle)`.
- El movimiento se considera completo después de SERVO_DELAY_TIME.

VIII. FUNCIONAMIENTO ELECTRÓNICO

VIII-A. Señal PWM

- El pin 2 del Arduino genera una señal PWM (generalmente entre 0 y 3.3V o 0 y 5V, dependiendo del modelo).
- Esta señal indica la posición que debe tomar el servomotor, variando la duración del pulso (ancho de pulso) entre aproximadamente 1 ms (posición mínima) y 2 ms (posición máxima), con una frecuencia típica de 50 Hz.

VIII-B. Alimentación del Servomotor

- El servomotor está alimentado por la batería de 9V.
- Convierte esta energía en movimiento mecánico para alcanzar la posición indicada por la señal PWM.

VIII-C. GND Compartido

- El GND del Arduino y el GND de la batería están conectados.
- Esto es necesario porque la señal PWM es un voltaje relativo al GND. Sin un GND común, el servomotor no podría interpretar correctamente los niveles de la señal PWM.

IX. ANÁLISIS DE POSIBLES PROBLEMAS

IX-A. Sobretensión en el Servomotor

- Los servomotores suelen estar diseñados para operar entre 4.8V y 6V. Alimentarlos directamente con 9V puede dañarlos o generar un sobrecalentamiento.
- **Solución:**
 - Utilizar un regulador de voltaje (como un LM7806) para reducir los 9V de la batería a 6V.
 - Alternativamente, usar un paquete de baterías que entregue un voltaje adecuado (por ejemplo, 4 baterías AA que sumen 6V).

IX-B. Ruido Eléctrico en el GND

- Los servomotores generan ruido eléctrico debido a las corrientes transitorias de los motores internos, lo que puede afectar el funcionamiento del microcontrolador.
- **Solución:**
 - Añadir un condensador de desacoplo (por ejemplo, 100 μ F) entre los terminales de alimentación del servo (V+ y GND) para reducir el ruido.

IX-C. Consumo de Corriente del Servomotor

- Un servomotor típico puede consumir hasta 1-2 A en cargas altas. Las baterías de 9V estándar tienen una capacidad de corriente limitada (500 mA), lo que puede llevar a una caída rápida del voltaje.
- **Solución:**
 - Utilizar una fuente de alimentación más adecuada, como un paquete de baterías recargables NiMH o una batería LiPo con un regulador de voltaje.

IX-D. Compatibilidad del PWM

- Si el Arduino opera a 3.3V (como el Nano 33 BLE Sense), el nivel lógico de la señal PWM puede ser insuficiente para algunos servomotores que esperan una señal de 5V.
- **Solución:**
 - Confirmar la compatibilidad del servomotor con señales PWM de 3.3V.
 - En caso de incompatibilidad, usar un convertidor de nivel lógico (por ejemplo, un transistor o un MOSFET) para aumentar el PWM a 5V.

IX-E. Conclusión

El código es modular y cumple con su propósito principal de controlar un servomotor mediante comandos de voz. Sin embargo, se identificaron áreas de mejora, particularmente en la eficiencia y la sincronización. Por ejemplo, la implementación de estrategias no bloqueantes para el movimiento del servo y la sincronización inicial entre el estado lógico y la posición física del servo son ajustes importantes que pueden optimizar el rendimiento del sistema. Además, se requiere una revisión cuidadosa de las conexiones eléctricas para evitar problemas de alimentación y ruido.

Durante el desarrollo de este proyecto, se enfrentaron diversos retos técnicos. Uno de los primeros desafíos fue la instalación del CLI de Edge Impulse. Este proceso tuvo que repetirse en varias ocasiones debido a que la computadora no reconocía correctamente la herramienta. Esto obligó a realizar ajustes adicionales, incluyendo la instalación de nuevas versiones de Python y Visual Studio, lo que tomó tiempo para configurar correctamente el entorno de trabajo.

Otro obstáculo significativo ocurrió durante la toma de muestras de audio. Inicialmente, los entrenamientos no lograron alcanzar el 100% de precisión deseado, lo que implicó realizar el proceso en tres ocasiones diferentes. Las primeras pruebas generaron resultados por debajo de las expectativas, lo que requirió ajustes en la captura y procesamiento de los datos. Finalmente, se consiguió un modelo confiable después de optimizar tanto las muestras de entrada como los parámetros del modelo.

Finalmente, surgieron complicaciones relacionadas con la configuración del servomotor. El problema principal era que no estaba recibiendo una alimentación adecuada, lo que impedía su correcto funcionamiento. Aunque intentaba moverse, solo emitía un sonido que indicaba un esfuerzo fallido por operar. Este inconveniente requirió una revisión exhaustiva de las conexiones eléctricas, incluyendo la fuente de energía, para garantizar que el servomotor pudiera operar de manera óptima.

Conclusiones

- El sistema desarrollado es funcional y modular, con una estructura que facilita la comprensión y el mantenimiento del código.
- La integración de estrategias no bloqueantes para el control del servomotor es esencial para evitar interrupciones en otras tareas críticas del sistema, como la inferencia continua de voz y la actualización de indicadores visuales.
- Es fundamental asegurar la sincronización inicial entre el estado lógico del software y el estado físico del hardware, especialmente para garantizar que el servomotor inicie en la posición adecuada.
- En el aspecto electrónico, garantizar una alimentación estable y adecuada para el servomotor (por ejemplo, mediante reguladores de voltaje y condensadores de desacoplo) es crucial para evitar problemas de ruido eléctrico o fallos en el funcionamiento.
- Los desafíos enfrentados durante la instalación de herramientas y la optimización del modelo de inferencia resaltan la importancia de un entorno de desarrollo bien configurado y una estrategia efectiva para la recolección y procesamiento de datos.
- La resolución de los problemas de hardware y software en este proyecto permitió obtener un sistema robusto y funcional, pero también dejó en claro la necesidad de realizar pruebas exhaustivas tanto en las conexiones electrónicas como en el rendimiento del código.

■ **Optimización del código:**

- Implementar estrategias no bloqueantes para el movimiento del servomotor con el fin de evitar interrupciones en otras tareas críticas, como la inferencia continua de voz y la actualización de indicadores visuales.
- Sincronizar el estado inicial lógico del software con el estado físico del hardware, garantizando que el servomotor inicie en la posición adecuada al encender el sistema.

■ **Mejoras en la electrónica:**

- Utilizar reguladores de voltaje para alimentar el servomotor de manera segura, especialmente si se emplean fuentes de alimentación como baterías de 9V.
- Incorporar condensadores de desacoplo (por ejemplo, 100 μ F y 0.1 μ F) cerca del servomotor y del microcontrolador para mitigar el ruido eléctrico.
- Revisar y asegurar que el nivel lógico de la señal PWM sea compatible con el servomotor, implementando un convertidor de nivel lógico si es necesario.
- Utilizar fuentes de alimentación con capacidad suficiente para cubrir la demanda de corriente del servomotor, especialmente en situaciones de carga elevada.

■ **Modelado e inferencia:**

- Realizar una recolección de datos más extensa y diversificada para mejorar la precisión del modelo de inferencia de voz.
- Optimizar los parámetros del modelo de Edge Impulse para garantizar un equilibrio entre rendimiento y consumo de recursos en el microcontrolador.
- Verificar que el sistema pueda tolerar condiciones de ruido ambiental sin afectar significativamente la clasificación de comandos.

■ **Pruebas y validación:**

- Realizar pruebas exhaustivas del sistema en condiciones reales, incluyendo variaciones de carga del servomotor y niveles de ruido ambiental.
- Validar el correcto funcionamiento de la sincronización hardware-software en diferentes escenarios de encendido y apagado.
- Diseñar casos de prueba específicos para identificar posibles fallos en las transiciones entre estados del sistema.

XI-A. Repositorio

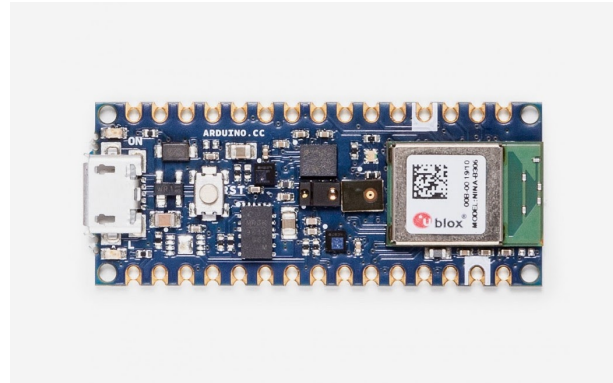
El código del laboratorio se encuentra en el siguiente repositorio: Repositorio de Laboratorio de Microcontroladores. A

XI-B. Hojas del fabricante

A continuación se muestra la hoja del fabricante.

X. REFERENCIAS

- [1] Nano 33 ble. <https://docs.arduino.cc/hardware/nano-33-ble/>
 [2] TensorFlow Lite library <https://github.com/tensorflow/tflite-micro-arduino-examples>

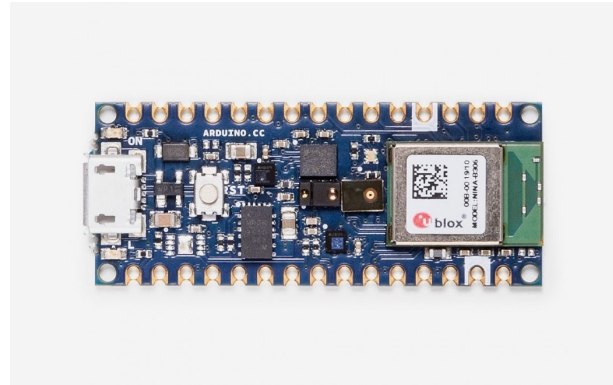


Description

Nano 33 BLE Sense is a miniature sized module containing a NINA B306 module, based on Nordic nRF52480 and containing a Cortex M4F, a crypto chip which can securely store certificates and pre shared keys and a 9 axis IMU. The module can either be mounted as a DIP component (when mounting pin headers), or as a SMT component, directly soldering it via the castellated pads

Target areas:

Maker, enhancements, IoT application



Description

Nano 33 BLE Sense is a miniature sized module containing a NINA B306 module, based on Nordic nRF52480 and containing a Cortex M4F, a crypto chip which can securely store certificates and pre shared keys and a 9 axis IMU. The module can either be mounted as a DIP component (when mounting pin headers), or as a SMT component, directly soldering it via the castellated pads

Target areas:

Maker, enhancements, IoT application



Features

- **NINA B306 Module**
 - **Processor**
 - 64 MHz Arm® Cortex-M4F (with FPU)
 - 1 MB Flash + 256 KB RAM
 - **Bluetooth® 5 multiprotocol radio**
 - 2 Mbps
 - CSA #2
 - Advertising Extensions
 - Long Range
 - +8 dBm TX power
 - -95 dBm sensitivity
 - 4.8 mA in TX (0 dBm)
 - 4.6 mA in RX (1 Mbps)
 - Integrated balun with 50 Ω single-ended output
 - IEEE 802.15.4 radio support
 - Thread
 - Zigbee
 - **Peripherals**
 - Full-speed 12 Mbps USB
 - NFC-A tag
 - Arm CryptoCell CC310 security subsystem
 - QSPI/SPI/TWI/I²S/PDM/QDEC
 - High speed 32 MHz SPI
 - Quad SPI interface 32 MHz
 - EasyDMA for all digital interfaces
 - 12-bit 200 ksp/s ADC
 - 128 bit AES/ECB/CCM/AAR co-processor
- **LSM9DS1** (9 axis IMU)
 - 3 acceleration channels, 3 angular rate channels, 3 magnetic field channels
 - $\pm 2/\pm 4/\pm 8/\pm 16$ g linear acceleration full scale
 - $\pm 4/\pm 8/\pm 12/\pm 16$ gauss magnetic full scale
 - $\pm 245/\pm 500/\pm 2000$ dps angular rate full scale
 - 16-bit data output
- **LPS22HB** (Barometer and temperature sensor)
 - 260 to 1260 hPa absolute pressure range with 24 bit precision
 - High overpressure capability: 20x full-scale
 - Embedded temperature compensation
 - 16-bit temperature data output
 - 1 Hz to 75 Hz output data rate/Interrupt functions: Data Ready, FIFO flags, pressure thresholds
- **HTS221** (relative humidity sensor)
 - 0-100% relative humidity range
 - High rH sensitivity: 0.004% rH/LSB
 - Humidity accuracy: $\pm 3.5\%$ rH, 20 to +80% rH
 - Temperature accuracy: ± 0.5 °C, 15 to +40 °C
 - 16-bit humidity and temperature output data



- **APDS-9960** (Digital proximity, Ambient light, RGB and Gesture Sensor)
 - Ambient Light and RGB Color Sensing with UV and IR blocking filters
 - Very high sensitivity – Ideally suited for operation behind dark glass
 - Proximity Sensing with Ambient light rejection
 - Complex Gesture Sensing
- **MP34DT05** (Digital Microphone)
 - AOP = 122.5 dB SPL
 - 64 dB signal-to-noise ratio
 - Omnidirectional sensitivity
 - -26 dBFS ± 3 dB sensitivity
- **ATECC608A** (Crypto Chip)
 - Cryptographic co-processor with secure hardware based key storage
 - Protected storage for up to 16 keys, certificates or data
 - ECDH: FIPS SP800-56A Elliptic Curve Diffie-Hellman
 - NIST standard P256 elliptic curve support
 - SHA-256 & HMAC hash including off-chip context save/restore
 - AES-128 encrypt/decrypt, galois field multiply for GCM
- **MPM3610** DC-DC
 - Regulates input voltage from up to 21V with a minimum of 65% efficiency @minimum load
 - More than 85% efficiency @12V



Contents

1 The Board	5
1.1 Ratings	5
1.1.1 Recommended Operating Conditions	5
1.2 Power Consumption	5
2 Functional Overview	5
2.1 Board Topology	5
2.2 Processor	6
2.3 Crypto	6
2.4 IMU	7
2.5 Barometer and Temperature Sensor	7
2.6 Relative Humidity and Temperature Sensor	7
2.7 Digital Proximity, Ambient Light, RGB and Gesture Sensor	7
2.7.1 Gesture Detection	7
2.7.2 Proximity Detection	7
2.7.3 Color and ALS Detection	8
2.8 Digital Microphone	8
2.9 Power Tree	8
3 Board Operation	9
3.1 Getting Started - IDE	9
3.2 Getting Started - Arduino Web Editor	9
3.3 Getting Started - Arduino IoT Cloud	9
3.4 Sample Sketches	9
3.5 Online Resources	9
3.6 Board Recovery	9
4 Connector Pinouts	9
4.1 USB	10
4.2 Headers	10
4.3 Debug	11
5 Mechanical Information	11
5.1 Board Outline and Mounting Holes	11
6 Certifications	12
6.1 Declaration of Conformity CE DoC (EU)	12
6.2 Declaration of Conformity to EU RoHS & REACH 211 01/19/2021	12
6.3 Conflict Minerals Declaration	13
7 FCC Caution	13
8 Company Information	14
9 Reference Documentation	14
10 Revision History	14



1 The Board

As all Nano form factor boards, Nano 33 BLE Sense does not have a battery charger but can be powered through USB or headers.

NOTE: Arduino Nano 33 BLE Sense only supports 3.3V I/Os and is **NOT** 5V tolerant so please make sure you are not directly connecting 5V signals to this board or it will be damaged. Also, as opposed to Arduino Nano boards that support 5V operation, the 5V pin does NOT supply voltage but is rather connected, through a jumper, to the USB power input.

1.1 Ratings

1.1.1 Recommended Operating Conditions

Symbol	Description	Min	Max
	Conservative thermal limits for the whole board:	-40 °C (40 °F)	85°C (185 °F)

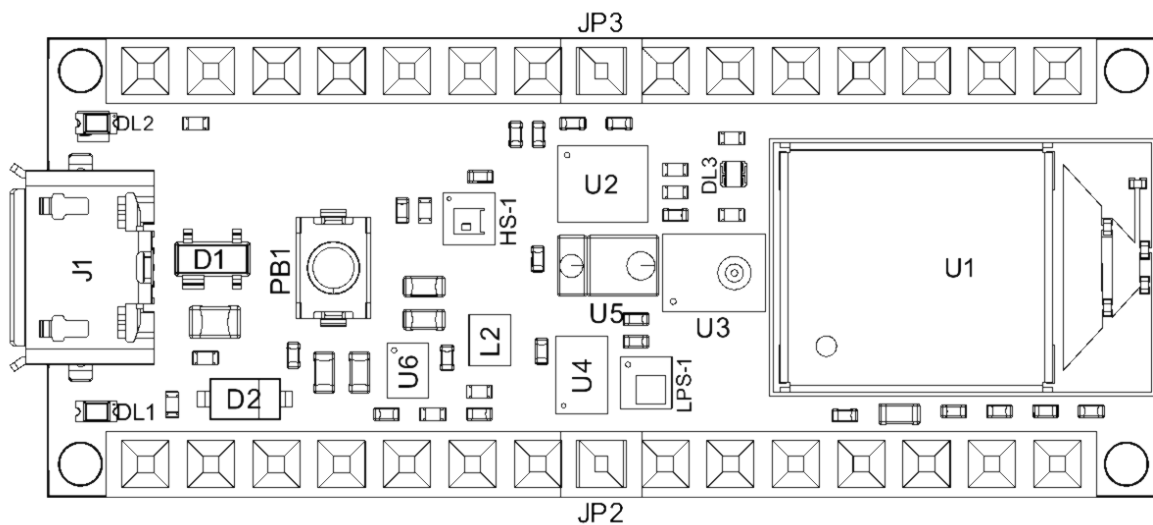
1.2 Power Consumption

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
PBL	Power consumption with busy loop		TBC		mW
PLP	Power consumption in low power mode		TBC		mW
PMAX	Maximum Power Consumption		TBC		mW

2 Functional Overview

2.1 Board Topology

Top:



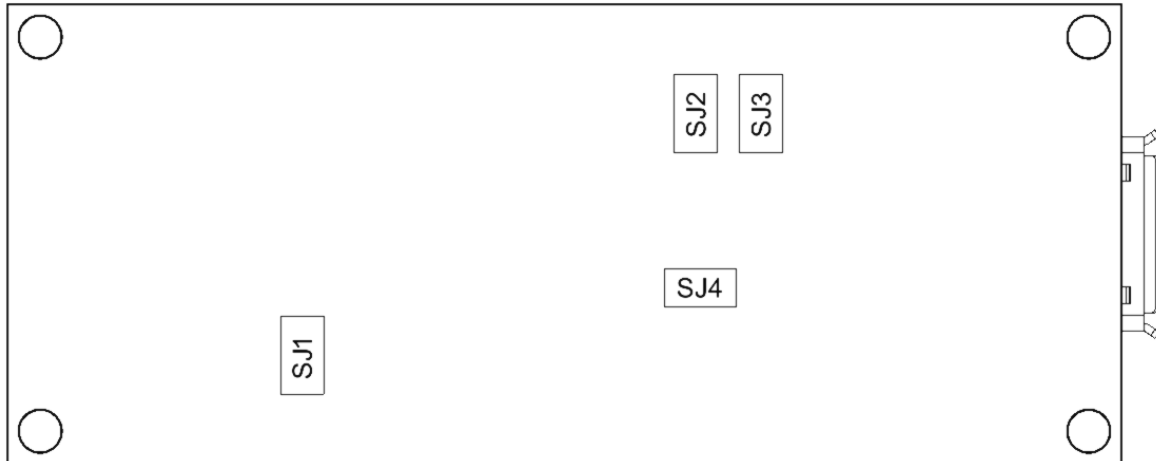
Board topology top

Ref.	Description	Ref.	Description
U1	NINA-B306 Module Bluetooth® Low Energy 5.0 Module	U6	MP2322GQH Step Down Converter
U2	LSM9DS1TR Sensor IMU	PB1	IT-1185AP1C-160G-GTR Push button
U3	MP34DT06JTR Mems Microphone	HS-1	HTS221 Humidity Sensor
U4	ATECC608A Crypto chip	DL1	Led L



Ref.	Description	Ref.	Description
U5	APDS-9660 Ambient Module	DL2	Led Power

Bottom:



Board topology bot

Ref.	Description	Ref.	Description
SJ1	VUSB Jumper	SJ2	D7 Jumper
SJ3	3v3 Jumper	SJ4	D8 Jumper

2.2 Processor

The Main Processor is a Cortex M4F running at up to 64MHz. Most of its pins are connected to the external headers, however some are reserved for internal communication with the wireless module and the on-board internal I²C peripherals (IMU and Crypto).

NOTE: As opposed to other Arduino Nano boards, pins A4 and A5 have an internal pull up and default to be used as an I²C Bus so usage as analog inputs is not recommended.

2.3 Crypto

The crypto chip in Arduino IoT boards is what makes the difference with other less secure boards as it provides a secure way to store secrets (such as certificates) and accelerates secure protocols while never exposing secrets in plain text.

Source code for the Arduino Library that supports the Crypto is available [\[8\]](#)



2.4 IMU

Arduino Nano 33 BLE has an embedded 9 axis IMU which can be used to measure board orientation (by checking the gravity acceleration vector orientation or by using the 3D compass) or to measure shocks, vibration, acceleration and rotation speed.

Source code for the Arduino Library that supports the IMU is available [\[9\]](#)

2.5 Barometer and Temperature Sensor

The embedded Barometer and temperature sensor allow measuring ambient pressure. The temperature sensor integrated with the barometer can be used to compensate the pressure measurement.

Source code for the Arduino Library that supports the Barometer is available [\[10\]](#)

2.6 Relative Humidity and Temperature Sensor

Relative humidity sensor measures ambient relative humidity. As the Barometer this sensor has an integrated temperature sensor that can be used to compensate for the measurement.

Source code for the Arduino Library that supports the Humidity sensor is available [\[11\]](#)

2.7 Digital Proximity, Ambient Light, RGB and Gesture Sensor

Source code for the Arduino Library that supports the Proximity/gesture/ALS sensor is available [\[12\]](#)

2.7.1 Gesture Detection

Gesture detection utilizes four directional photodiodes to sense reflected IR energy (sourced by the integrated LED) to convert physical motion information (i.e. velocity, direction and distance) to a digital information. The architecture of the gesture engine features automatic activation (based on Proximity engine results), ambient light subtraction, cross-talk cancellation, dual 8-bit data converters, power saving inter-conversion delay, 32-dataset FIFO, and interrupt driven I2C communication. The gesture engine accommodates a wide range of mobile device gesturing requirements: simple UP-DOWN-RIGHT-LEFT gestures or more complex gestures can be accurately sensed. Power consumption and noise are minimized with adjustable IR LED timing.

2.7.2 Proximity Detection

The Proximity detection feature provides distance measurement (E.g. mobile device screen to user's ear) by photodiode detection of reflected IR energy (sourced by the integrated LED). Detect/release events are interrupt driven, and occur whenever proximity result crosses upper and/ or lower threshold settings. The proximity engine features offset adjustment registers to compensate for system offset caused by unwanted IR energy reflections appearing at the sensor. The IR LED intensity is factory trimmed to eliminate the need for end-equipment calibration due to component variations. Proximity results are further improved by automatic ambient light subtraction.



2.7.3 Color and ALS Detection

The Color and ALS detection feature provides red, green, blue and clear light intensity data. Each of the R, G, B, C channels have a UV and IR blocking filter and a dedicated data converter producing 16-bit data simultaneously. This architecture allows applications to accurately measure ambient light and sense color which enables devices to calculate color temperature and control display backlight.

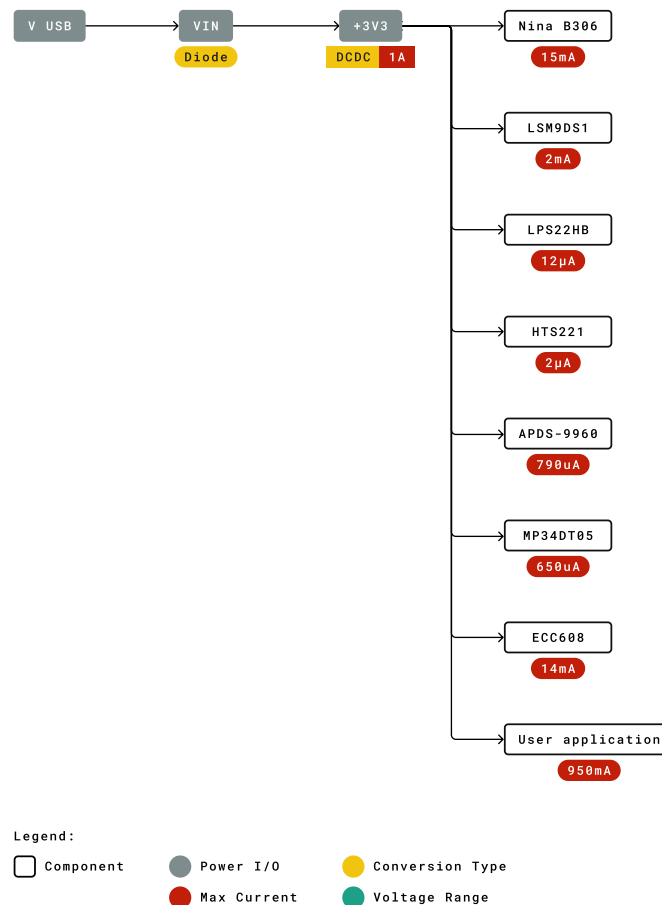
2.8 Digital Microphone

The MP34DT05 is an ultra-compact, low-power, omnidirectional, digital MEMS microphone built with a capacitive sensing element and an IC interface.

The sensing element, capable of detecting acoustic waves, is manufactured using a specialized silicon micromachining process dedicated to produce audio sensors

2.9 Power Tree

The board can be powered via USB connector, V_{IN} or V_{USB} pins on headers.



Power tree

NOTE: Since V_{USB} feeds V_{IN} via a Schottky diode and a DC-DC regulator specified minimum input voltage is 4.5V the minimum supply voltage from USB has to be increased to a voltage in the range between 4.8V to 4.96V depending on the current being drawn.



3 Board Operation

3.1 Getting Started - IDE

If you want to program your Arduino Nano 33 BLE while offline you need to install the Arduino Desktop IDE [1] To connect the Arduino Nano 33 BLE to your computer, you'll need a Micro-B USB cable. This also provides power to the board, as indicated by the LED.

3.2 Getting Started - Arduino Web Editor

All Arduino boards, including this one, work out-of-the-box on the Arduino Web Editor [2], by just installing a simple plugin.

The Arduino Web Editor is hosted online, therefore it will always be up-to-date with the latest features and support for all boards. Follow [3] to start coding on the browser and upload your sketches onto your board.

3.3 Getting Started - Arduino IoT Cloud

All Arduino IoT enabled products are supported on Arduino IoT Cloud which allows you to Log, graph and analyze sensor data, trigger events, and automate your home or business.

3.4 Sample Sketches

Sample sketches for the Arduino Nano 33 BLE can be found either in the "Examples" menu in the Arduino IDE or in the "Documentation" section of the Arduino Pro website [4]

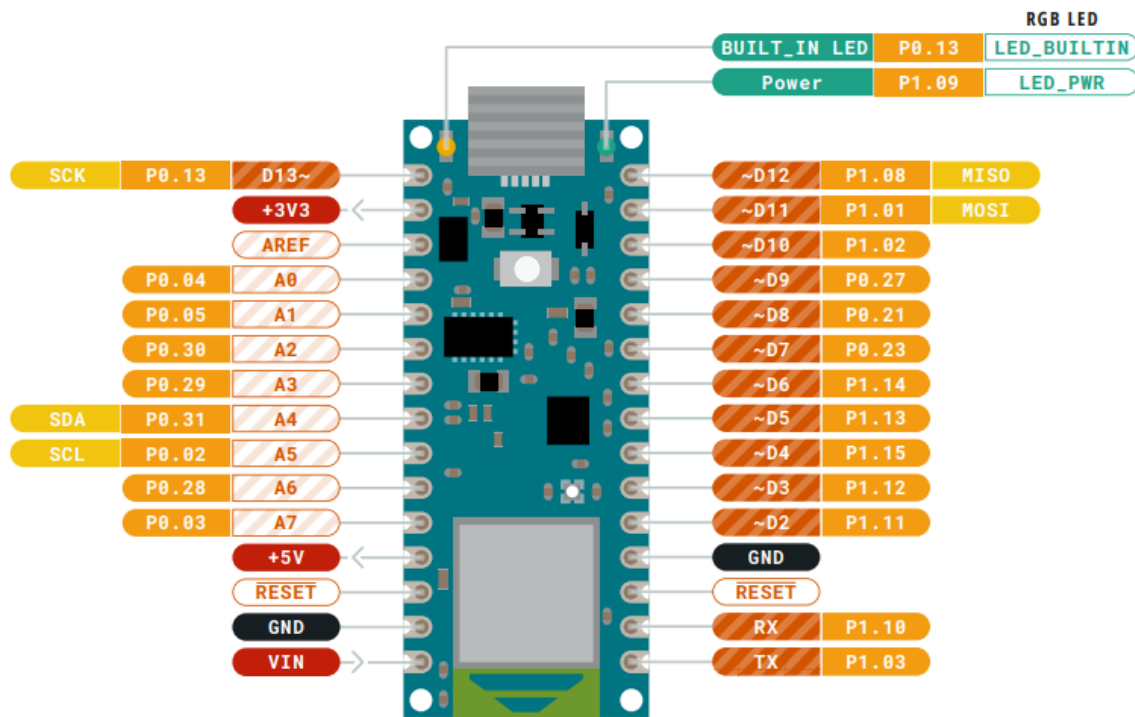
3.5 Online Resources

Now that you have gone through the basics of what you can do with the board you can explore the endless possibilities it provides by checking exciting projects on ProjectHub [13], the Arduino Library Reference [14] and the on line store [15] where you will be able to complement your board with sensors, actuators and more.

3.6 Board Recovery

All Arduino boards have a built-in bootloader which allows flashing the board via USB. In case a sketch locks up the processor and the board is not reachable anymore via USB it is possible to enter bootloader mode by double-tapping the reset button right after power up.

4 Connector Pinouts



Pinout

4.1 USB

Pin	Function	Type	Description
1	VUSB	Power	Power Supply Input. If board is powered via VUSB from header this is an Output (1)
2	D-	Differential	USB differential data -
3	D+	Differential	USB differential data +
4	ID	Analog	Selects Host/Device functionality
5	GND	Power	Power Ground

4.2 Headers

The board exposes two 15 pin connectors which can either be assembled with pin headers or soldered through castellated vias.

Pin	Function	Type	Description
1	D13	Digital	GPIO
2	+3V3	Power Out	Internally generated power output to external devices
3	AREF	Analog	Analog Reference; can be used as GPIO
4	A0/DAC0	Analog	ADC in/DAC out; can be used as GPIO
5	A1	Analog	ADC in; can be used as GPIO
6	A2	Analog	ADC in; can be used as GPIO
7	A3	Analog	ADC in; can be used as GPIO
8	A4/SDA	Analog	ADC in; I2C SDA; Can be used as GPIO (1)
9	A5/SCL	Analog	ADC in; I2C SCL; Can be used as GPIO (1)
10	A6	Analog	ADC in; can be used as GPIO
11	A7	Analog	ADC in; can be used as GPIO
12	VUSB	Power In/Out	Normally NC; can be connected to VUSB pin of the USB connector by shorting a jumper
13	RST	Digital In	Active low reset input (duplicate of pin 18)
14	GND	Power	Power Ground



Pin	Function	Type	Description
15	VIN	Power In	Vin Power input
16	TX	Digital	USART TX; can be used as GPIO
17	RX	Digital	USART RX; can be used as GPIO
18	RST	Digital	Active low reset input (duplicate of pin 13)
19	GND	Power	Power Ground
20	D2	Digital	GPIO
21	D3/PWM	Digital	GPIO; can be used as PWM
22	D4	Digital	GPIO
23	D5/PWM	Digital	GPIO; can be used as PWM
24	D6/PWM	Digital	GPIO, can be used as PWM
25	D7	Digital	GPIO
26	D8	Digital	GPIO
27	D9/PWM	Digital	GPIO; can be used as PWM
28	D10/PWM	Digital	GPIO; can be used as PWM
29	D11/MOSI	Digital	SPI MOSI; can be used as GPIO
30	D12/MISO	Digital	SPI MISO; can be used as GPIO

4.3 Debug

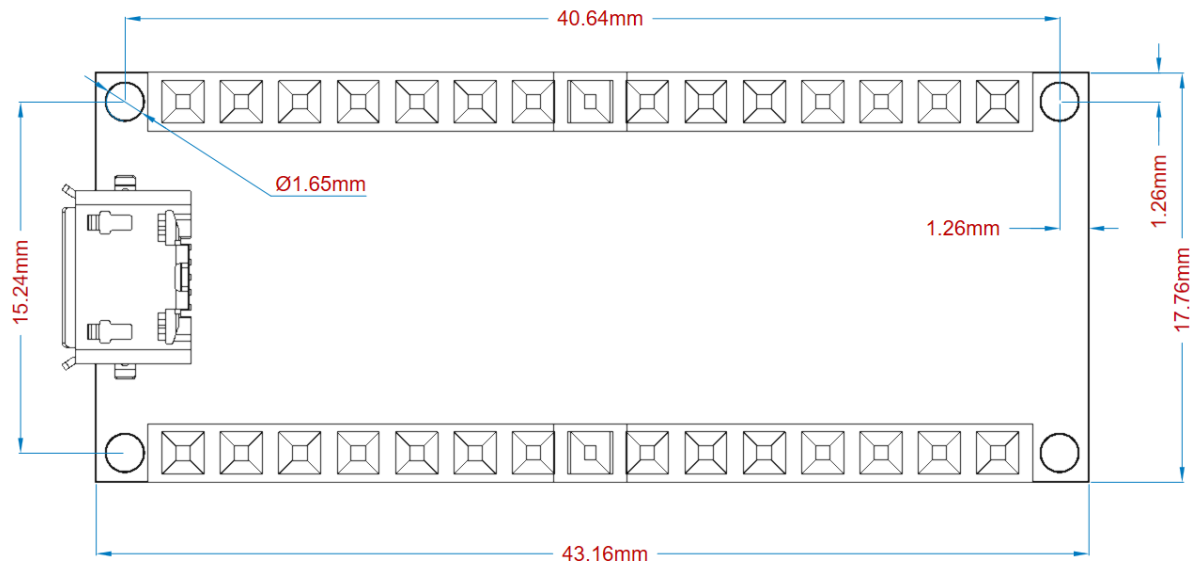
On the bottom side of the board, under the communication module, debug signals are arranged as 3x2 test pads with 100 mil pitch with pin 4 removed. Pin 1 is depicted in Figure 3 – Connector Positions

Pin	Function	Type	Description
1	+3V3	Power Out	Internally generated power output to be used as voltage reference
2	SWD	Digital	nRF52480 Single Wire Debug Data
3	SWCLK	Digital In	nRF52480 Single Wire Debug Clock
5	GND	Power	Power Ground
6	RST	Digital In	Active low reset input

5 Mechanical Information

5.1 Board Outline and Mounting Holes

The board measures are mixed between metric and imperial. Imperial measures are used to maintain 100 mil pitch grid between pin rows to allow them to fit a breadboard whereas board length is Metric



Board layout

6 Certifications

6.1 Declaration of Conformity CE DoC (EU)

We declare under our sole responsibility that the products above are in conformity with the essential requirements of the following EU Directives and therefore qualify for free movement within markets comprising the European Union (EU) and European Economic Area (EEA).

6.2 Declaration of Conformity to EU RoHS & REACH 211 01/19/2021

Arduino boards are in compliance with RoHS 2 Directive 2011/65/EU of the European Parliament and RoHS 3 Directive 2015/863/EU of the Council of 4 June 2015 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment.

Substance	Maximum limit (ppm)
Lead (Pb)	1000
Cadmium (Cd)	100
Mercury (Hg)	1000
Hexavalent Chromium (Cr6+)	1000
Poly Brominated Biphenyls (PBB)	1000
Poly Brominated Diphenyl ethers (PBDE)	1000
Bis(2-Ethylhexyl) phthalate (DEHP)	1000
Benzyl butyl phthalate (BBP)	1000
Dibutyl phthalate (DBP)	1000
Diisobutyl phthalate (DIBP)	1000

Exemptions : No exemptions are claimed.

Arduino Boards are fully compliant with the related requirements of European Union Regulation (EC) 1907 /2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals (REACH). We declare none of the SVHCs (<https://echa.europa.eu/web/guest/candidate-list-table>), the Candidate List of Substances of Very High Concern for authorization currently released by ECHA, is present in all products (and also package) in quantities totaling in a concentration equal or above 0.1%. To the best of our knowledge, we also declare that our products do not contain any of the substances listed on the "Authorization List"



(Annex XIV of the REACH regulations) and Substances of Very High Concern (SVHC) in any significant amounts as specified by the Annex XVII of Candidate list published by ECHA (European Chemical Agency) 1907 /2006/EC.

6.3 Conflict Minerals Declaration

As a global supplier of electronic and electrical components, Arduino is aware of our obligations with regards to laws and regulations regarding Conflict Minerals, specifically the Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act, Section 1502. Arduino does not directly source or process conflict minerals such as Tin, Tantalum, Tungsten, or Gold. Conflict minerals are contained in our products in the form of solder, or as a component in metal alloys. As part of our reasonable due diligence Arduino has contacted component suppliers within our supply chain to verify their continued compliance with the regulations. Based on the information received thus far we declare that our products contain Conflict Minerals sourced from conflict-free areas.

7 FCC Caution

Any Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment.

This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions:

- (1) This device may not cause harmful interference
- (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

FCC RF Radiation Exposure Statement:

1. This Transmitter must not be co-located or operating in conjunction with any other antenna or transmitter.
2. This equipment complies with RF radiation exposure limits set forth for an uncontrolled environment.
3. This equipment should be installed and operated with minimum distance 20cm between the radiator & your body.

English: User manuals for license-exempt radio apparatus shall contain the following or equivalent notice in a conspicuous location in the user manual or alternatively on the device or both. This device complies with Industry Canada license-exempt RSS standard(s). Operation is subject to the following two conditions:

- (1) this device may not cause interference
- (2) this device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device.

French: Le présent appareil est conforme aux CNR d'Industrie Canada applicables aux appareils radio exempts de licence. L'exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes :

- (1) l'appareil n'a pas de brouillage
- (2) l'utilisateur de l'appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d'en compromettre le fonctionnement.

IC SAR Warning:

English This equipment should be installed and operated with minimum distance 20 cm between the radiator and your body.

French: Lors de l'installation et de l'exploitation de ce dispositif, la distance entre le radiateur et le corps est d'au moins 20 cm.

Important: The operating temperature of the EUT can't exceed 85°C and shouldn't be lower than -40°C.

Hereby, Arduino S.r.l. declares that this product is in compliance with essential requirements and other relevant provisions of Directive 2014/53/EU. This product is allowed to be used in all EU member states.

Frequency bands	Maximum output power (ERP)
863-870Mhz	5.47 dBm



8 Company Information

Company name	Arduino S.r.l
Company Address	Via Andrea Appiani 25 20900 MONZA Italy

9 Reference Documentation

Reference	Link
Arduino IDE (Desktop)	https://www.arduino.cc/en/software
Arduino IDE (Cloud)	https://create.arduino.cc/editor
Cloud IDE Getting Started	https://create.arduino.cc/projecthub/Arduino_Genuino/getting-started-with-arduino-web-editor-4b3e4a
Forum	http://forum.arduino.cc/
Nina B306	https://content.u-blox.com/sites/default/files/NINA-B3_DataSheet_UBX-17052099.pdf
ECC608	https://ww1.microchip.com/downloads/aemDocuments/documents/SCBU/ProductDocuments/DataSheets/ATECC608A-CryptoAuthentication-Device-Summary-Data-Sheet-DS40001977B.pdf
MPM3610	https://www.monolithicpower.com/pub/media/document/MPM3610_r1.01.pdf
ECC608 Library	https://github.com/arduino-libraries/ArduinoECCX08
LSM6DSL Library	https://github.com/adafruit/Adafruit_LSM9DS1
LPS22HB	https://github.com/stm32duino/LPS22HB
HTS221 Library	https://github.com/stm32duino/HTS221
APDS9960 Library	https://github.com/adafruit/Adafruit_APDS9960
ProjectHub	https://create.arduino.cc/projecthub?by=part&part_id=11332&sort=trending
Library Reference	https://www.arduino.cc/reference/en/

10 Revision History

Date	Revision	Changes
08/03/2022	2	Reference documentation links updates
04/27/2021	1	General datasheet updates

Bussmann

REN (250V) & RES (600V) Renewable Class H Fuses



Description

Non-current limiting, renewable 250V (REN) and 600V (RES) Class H fuses and fuse links (250V LKN and 600V LKS) for use in electrical systems where the available fault current is less than 10,000 amps and frequent outages dictate the economy of these renewable type fuses.

NOTE: The 70-600 amp ratings of the REN and RES fuses are now discontinued.

Suggested replacements are:

- REN; Use 250V FRN-R Class RK5 fuses (see data sheet # 1020)
- RES; Use 600V FRS-R Class RK5 fuses (see data sheet # 1018)

Replacement fuse links for all 1-600A ratings (250V LKN & 600V LKS) will continue to be available to service the installed base of REN and RES fuses.

Ratings

- Volts - REN 250Vac
- - RES 600Vac
- Amps - 1-60A
- Interrupting Rating - 10kA RMS Sym.

250V REN Catalog numbers (1-60 Amps)

REN-1	REN-6	REN-15	REN-40
REN-2	REN-7	REN-20	REN-45
REN-3	REN-8	REN-25	REN-50
REN-4	REN-10	REN-30	REN-60
REN-5	REN-12	REN-35	-

250V REN Carton quantity and weight

Catalog Number	Carton Qty	Weight Lbs (kg)*
REN 1-30	10	0.55 (0.249)
REN 35-60	10	1.40 (0.634)

*Weight per carton.

600V RES Catalog numbers (1-60 Amps)

RES-1	RES-6	RES-20	RES-45
RES-2	RES-8	RES-25	RES-50
RES-3	RES-10	RES-30	RES-60
RES-4	RES-12	RES-35	-
RES-5	RES-15	RES-40	-

600V RES Carton quantity and weight

Catalog Number	Carton Qty	Weight Lbs (kg)*
RES 1-30	10	0.18 (0.082)
RES 35-60	10	0.36 (0.163)

*Weight per carton.

Features

- Designed without multiple links for easy fuse link replacement.
- These fuses are generally sized at the amp rating of non-inductive circuits and 300% for motor circuits.

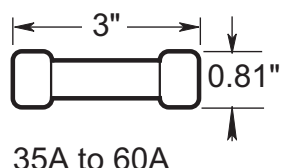
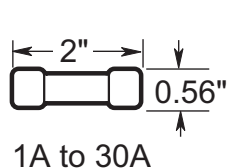
Recommended fuse blocks

Part Number	Description
H250 Series	250V, 30A & 60A 1-, 2- and 3-pole open fuse blocks
H600 Series	600V, 30A & 60A 1-, 2 and 3-pole open fuse blocks

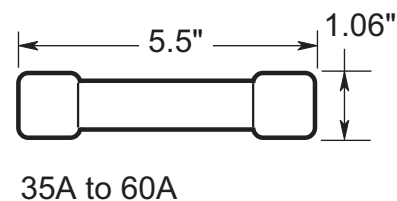
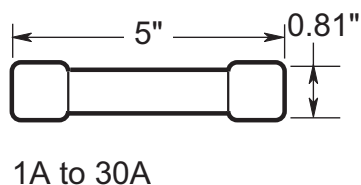
For details, see data sheet # 1112 for the H250 Series and data sheet # 1113 for the H600 Series.

Dimensions - in

250V REN



600V RES



Replacement 250V REN & 600V RES fuse links

250V LKN Fuse link catalog numbers (amps)

LKN-1	LKN-10	LKN-60	LKN-200
LKN-1-1/2	LKN-12	LKN-70	LKN-225
LKN-2	LKN-15	LKN-75	LKN-250
LKN-3	LKN-20	LKN-80	LKN-300
LKN-4	LKN-25	LKN-90	LKN-350
LKN-5	LKN-30	LKN-100	LKN-400
LKN-6	LKN-35	LKN-110	LKN-450
LKN-7	LKN-40	LKN-125	LKN-500
LKN-8	LKN-45	LKN-150	LKN-600
LKN-9	LKN-50	LKN-175	—

600V LKS Fuse link catalog numbers (amps)

LKS-1	LKS-10	LKS-50	LKS-200
LKS-2	LKS-12	LKS-60	LKS-225
LKS-2-1/2	LKS-15	LKS-70	LKS-250
LKS-3	LKS-17-1/2	LKS-80	LKS-300
LKS-4	LKS-20	LKS-90	LKS-350
LKS-5	LKS-25	LKS-100	LKS-400
LKS-6	LKS-30	LKS-110	LKS-450
LKS-7	LKS-35	LKS-125	LKS-500
LKS-8	LKS-40	LKS-150	LKS-600
LKS-9	LKS-45	LKS-175	—

250V LKN Fuse link carton quantity and weight

Catalog Number	Carton Qty	Weight Lbs (kg)*
LKN 1-30	20	0.05 (0.02)
LKN 35-60	20	0.20 (0.09)
LKN 70-100	10	0.20 (0.09)
LKN 110-200	5	0.25 (0.11)
LKN 225-400	5	0.55 (0.25)
LKN 450-600	2	0.32 (0.15)

*Weight per carton.

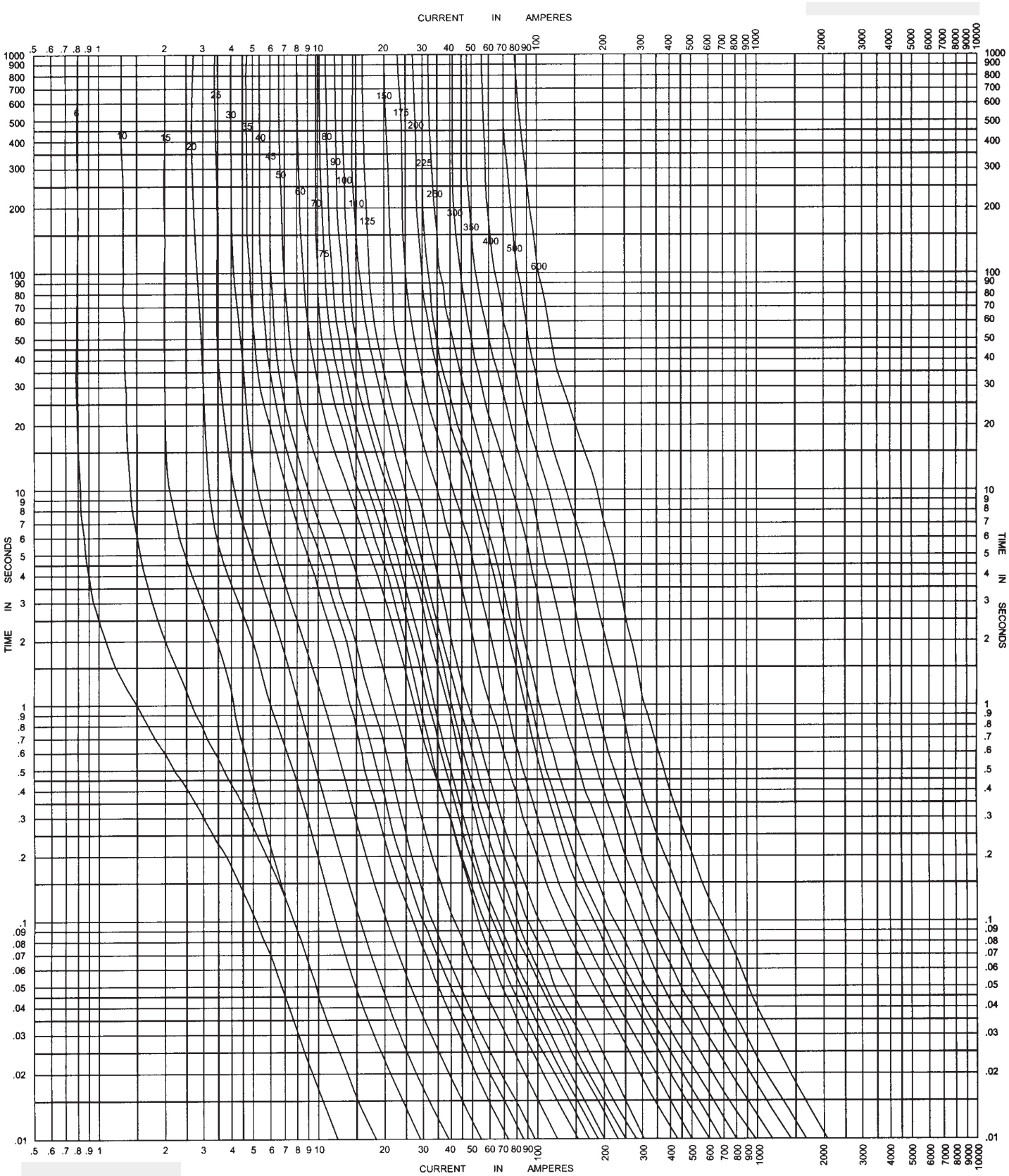
600V RES Fuse link carton quantity and weight

Catalog Number	Carton Qty	Weight Lbs (kg)*
LKS 1-30	20	0.05 (0.02)
LKS 35-60	20	0.02 (0.09)
LKS 65-100	10	0.02 (0.09)
LKS 110-200	5	0.25 (0.11)
LKS 225-400	5	0.55 (0.25)
LKS 450-600	2	0.32 (0.15)

*Weight per carton.

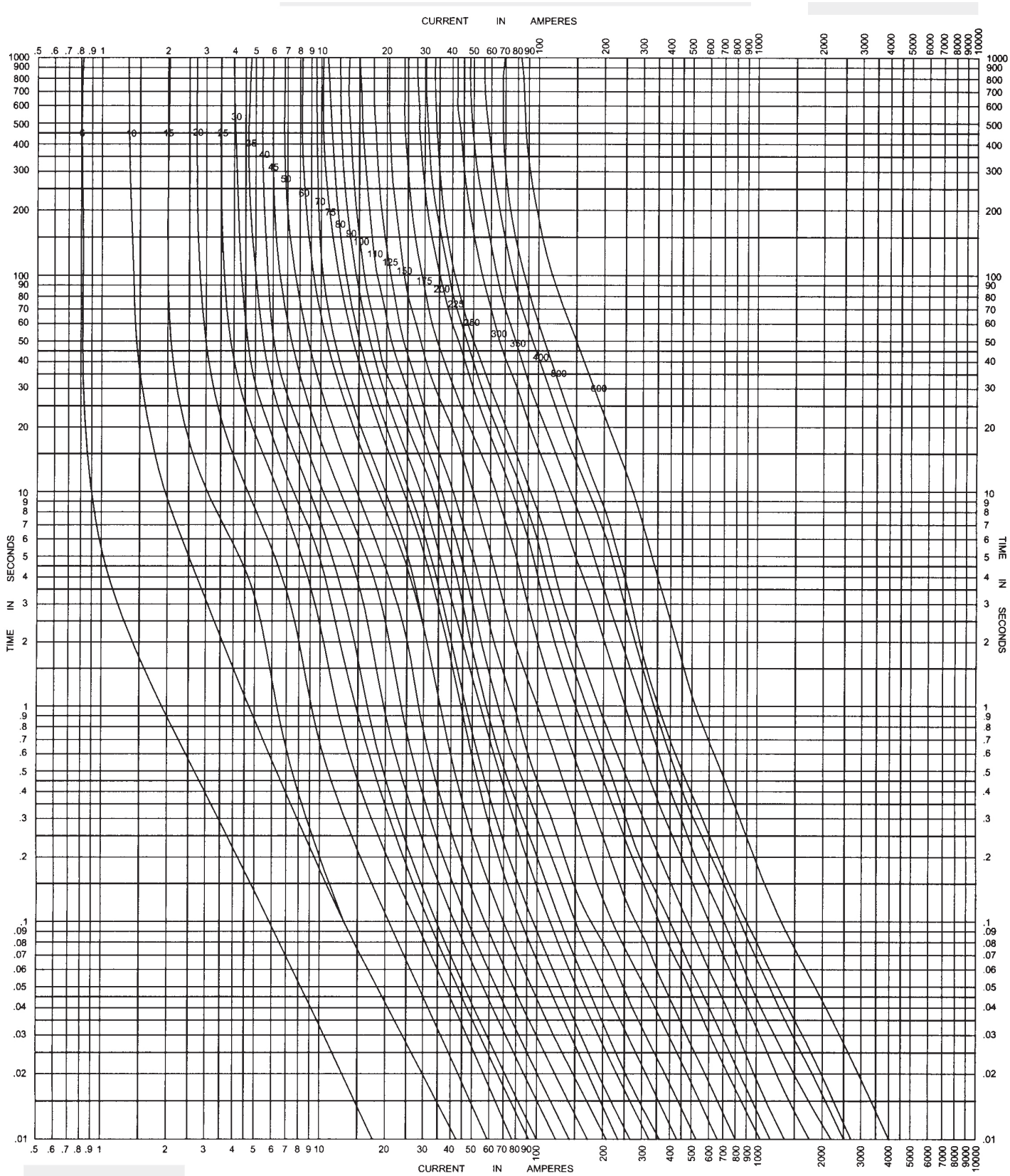
Time-current characteristic curves – average melt

250V REN (LKN Fuse links)



Time-current characteristic curves – average melt

600V RES (LKS Fuse links)



The only controlled copy of this Data Sheet is the electronic read-only version located on the Bussmann Network Drive. All other copies of this document are by definition uncontrolled. This bulletin is intended to clearly present comprehensive product data and provide technical information that will help the end user with design applications. Bussmann reserves the right, without notice, to change design or construction of any products and to discontinue or limit distribution of any products. Bussmann also reserves the right to change or update, without notice, any technical information contained in this bulletin. Once a product has been selected, it should be tested by the user in all possible applications.

Eaton's Bussmann Business
114 Old State Road
Ellisville, MO 63021
United States
www.bussmann.com



© 2014 Eaton
All Rights Reserved
Publication No. 1028 — BU-SB14109
March 2014

Eaton is a registered trademark.

All other trademarks are property
of their respective owners.



Rev. 3.00

General description

BBSC Capacitor targets Optical communication system such as ROSA/TOSA, SONET and all optoelectronics as well as High speed data system or products.

The BBSC is suitable for DC blocking, feedback, coupling and bypassing applications in all broadband optoelectronics and High-speed data system.

The unique technology of integrated passive device in silicon, developed by Murata Integrated Passive Solutions, offers unique performances with low insertion loss, low reflection and phase stability from 16 KHz to 40 GHz.

These BroadBand MOS Silicon Capacitors (BBSC) have been developed in a semiconductor process, in order to combine ultra-deep trench MOS capacitors for high capacitance value of 100 nF (for kHz–MHz range) and MIM capacitors for low capacitance value for GHz range), both in a 0402 [1.2x0.7mm] case.

The BBSC capacitor provides very high stability of the capacitance over temperature, voltage variation as well as a very high reliability.

BBSC capacitors have an extended operating temperature ranging from -55 to 150°C, with very low capacitance change over temperature (+70ppm/K)

Assembly: Suitable for surface mounted application on rigid PCB, ceramic substrate, FR4 (laminate) or flex platforms.

Bump finishing: ENIG

Copper pads optional for embedding version and SAC305 type 6 for pre-bumping version, as an optional finishing.

Key features

- Broadband performance to 40 GHz
- Resonance free
- Phase stability
- Insertion low < 0.3dB Typ. up to 40 GHz
- Ultra-high stability of capacitance value:
 - Temperature +70ppm/K (-55 °C to +150 °C)
 - Voltage <0.1%/Volts
 - Negligible capacitance loss through ageing
- Low profile: 400µm, 100 µm on request
- Break down voltage : 11V
- Low leakage current < 100pA
- High reliability
- High operating temperature (up to 150 °C)
- Compatible with high temperature cycling during manufacturing operations (exceeding 300 °C)
- Compatible with almost EIA 0402 footprint

Key applications

- ROSA/TOSA
- SONET
- High speed digital logic
- Microwave/millimetre system
- High volumetric efficiency (i.e. capacitance per unit volume)
- Broadband test equipment



Functional diagram

The next figure provides implementation set-up diagram.

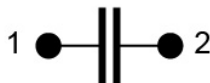


Figure 1 Block Diagram

Electrical performances

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
C	Capacitance value	@+25°C	-	100	-	nF
ΔC_P	Capacitance tolerance ⁽¹⁾	@+25°C	-15	-	+15	%
T _{OP}	Operating temperature		-55	20	150	°C
T _{STG}	Storage temperature ⁽²⁾		-70	-	165	°C
ΔC_T	Capacitance temperature variation	-55 °C to 150 °C	-	70	-	ppm/K
RV _{DC}	Rated voltage ⁽³⁾		-	-	3.8 ⁽⁴⁾ 3.4 ⁽⁵⁾	V _{DC}
BV	Break down voltage	@+25°C	11	-	-	V
ΔC_{RVDC}	Capacitance voltage variation	From 0 V to RV _{DC} , @+25°C	-	-	-0.1	%/V _{DC}
IR	Insulation resistor	@RV _{DC} , +25°C, 120s	-	10	-	GΩ
ESR	Equivalent Serial Resistance	@+25°C, shunt mode	-	400	-	mΩ
ESL	Equivalent Serial Inductance	@+25°C, SRF shunt mode	-	180	-	pH
Fc-3dB	Cut-off frequency at 3dB	@+25°C	-	16	19	kHz
IL	Insertion loss	@ 20 GHz, +25°C	-	0.2	-	dB
		@ 40GHz, +25°C	-	0.3	-	dB
RL	Return loss	Up to 40 GHz, +25°C	15	-	-	dB
ESD	HBM stress ⁽⁶⁾	JS-001-2017	2	-	-	kV

Table 1 - Electrical performances

⁽¹⁾: other tolerance available upon request

⁽²⁾: without packaging

⁽³⁾: Lifetime is voltage and temperature dependent, please refer to application note 'Lifetime of 3D capacitors'

⁽⁴⁾: 10 years of intrinsic life time prediction at 100°C continuous operation

⁽⁵⁾: 10 years of intrinsic life time prediction at 150°C continuous operation

⁽⁶⁾: please refer to application note 'ESD Challenge in 3D Murata Integrated Passive technology'



Module of S-parameters of 100nF BBSC in transmission mode

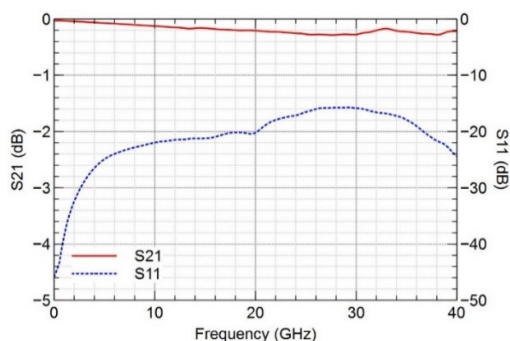
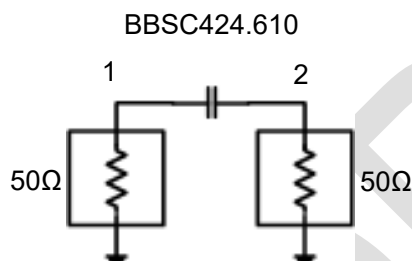


Figure 2 - 100nF UBSC Measured results
(module of S-parameters)

Schematic of 100nF UBSC in transmission mode



10-mil Rogers 4350B

Microstrip mode – line width = 0.551mm and gap = 0.246 mm.
(nominal 50 ohm characteristic impedance).

Figure 3 - 100nF UBSC measurement schematic

Example of 0402 surface mounted

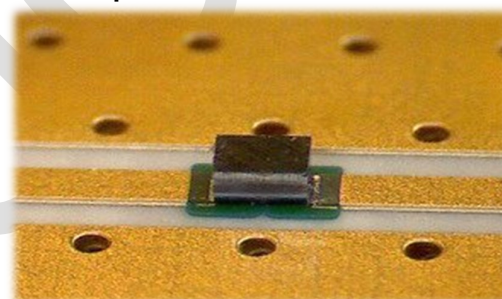


Figure 4 – micro picture of BBSC mounted on board
in coplanar mode



FREE S-Parameters-Based Linear Simulation Models for ADS

<http://www.modelithics.com/mvpmurata.asp>

Pinning definition

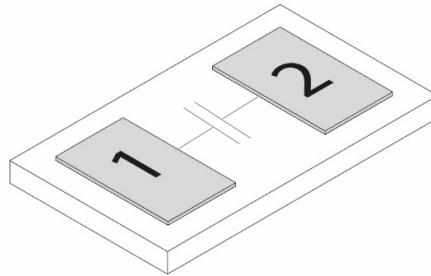


Figure 5 Pinning definition

pin #	Symbol	Coordinates X / Y
1	Signal	-350.0 / 0.0
2	Signal	350.0 / 0.0

Table 2 - Pinning description. Reference (0,0) located at the centre of the die.

Ordering Information

Murata Integrated Passive Devices delivers products with AQL level II (0.65). Tighter quality levels are available upon request.

Part number	Package		
	Packaging	Finishing	Description
939113424610-F1N	6" film frame carrier ⁽¹⁾	ENIG ⁽²⁾	BBSC 0402 - 100nF – 2 pads – 1.2 x 0.7mm x 0.4mm
939113424610-T3N	T&R 1 000units ⁽³⁾	ENIG ⁽²⁾	BBSC 0402 - 100nF – 2 pads – 1.2 x 0.7mm x 0.4mm
939113424610-T4N	T&R 10 000units ⁽³⁾	ENIG ⁽²⁾	BBSC 0402 - 100nF – 2 pads – 1.2 x 0.7mm x 0.4mm
939114424610-F1N	6" film frame carrier ⁽¹⁾	ENIG ⁽²⁾	BBSC 0402 - 100nF – 2 pads – 1.2 x 0.7mm x 0.1mm
939114424610-T3N	T&R 1 000units ⁽³⁾	ENIG ⁽²⁾	BBSC 0402 - 100nF – 2 pads – 1.2 x 0.7mm x 0.1mm
939114424610-T4N	T&R 10 000units ⁽³⁾	ENIG ⁽²⁾	BBSC 0402 - 100nF – 2 pads – 1.2 x 0.7mm x 0.1mm

Table 3 - Packaging and ordering information

- (1) Other film frame carrier are possible on request
 (2) ENIG (Min 0.1µm Au / 5µm Ni)
 (3) missing capacitors can reach 0.5%



Product Name	Die Name	Description
BBSC424.610	UC0402610	BBSC 100nF/0402/BV11V – 2 pads – 1.2 x 0.7 x 0.40 mm
BBSC424.610	UC0402610	BBSC 100nF/0402/BV11V – 2 pads – 1.2 x 0.7 x 0.10 mm

Table 4 - Die information

Pad Metallization

The standard pad finishing metallization is NiAu (ENIG : 0.1 μ m Au / 5 μ m Ni).

Other Metallization, such as Copper, Thick Gold or Aluminum pads are possible on request.

Silicon dies are not sensitive to humidity, please refer to applications notes 'Assembly Notes' section 'Handling precautions and storage'.

Material regulation

This product is RoHS compliant at the time of publication. For further information about regulation compliancy, please ask your sales representative.

Package outline

The product is delivered as a bare silicon die.

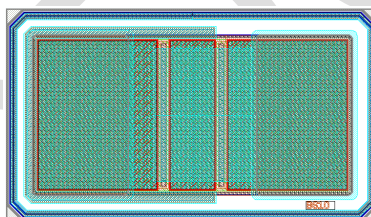


Figure 6 – Layout view

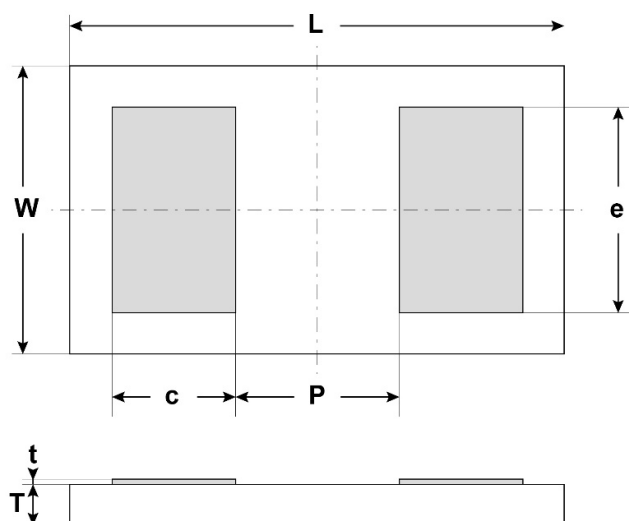


Figure 7 - Package outline drawing

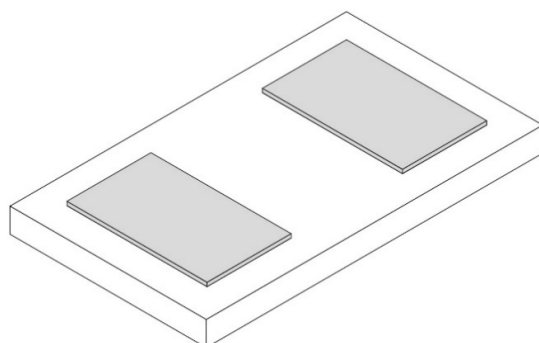


Figure 8: Package isometric view

L (mm)	W (mm)	T (mm)	c (mm)	p (mm)	e (mm)	t (mm)
1.2 ± 0.04	0.7 ± 0.04	0.40 or 0.10 ± 0.01	0.30	0.40	0.50	0.005

Table 5 - Dimensions and tolerances

Assembly

The attachment techniques recommended by Murata on the customer's substrates are fully detailed in specific documents available on our website. To assure the correct use and proper functioning of Murata capacitors **please download the assembly instructions on <https://www.murata.com/en-us/products/capacitor/siliconcapacitors> and read them carefully.**



Figure 5 Scan this QR Code to access the Murata Silicon Capacitor web page



Packaging format

Please refer to application note 'Products Storage Conditions and Shelf Life'.

Tape and Reel:

Dies are flipped in the tape cavity (bump down) with die ID located near the driving holes of the tape.

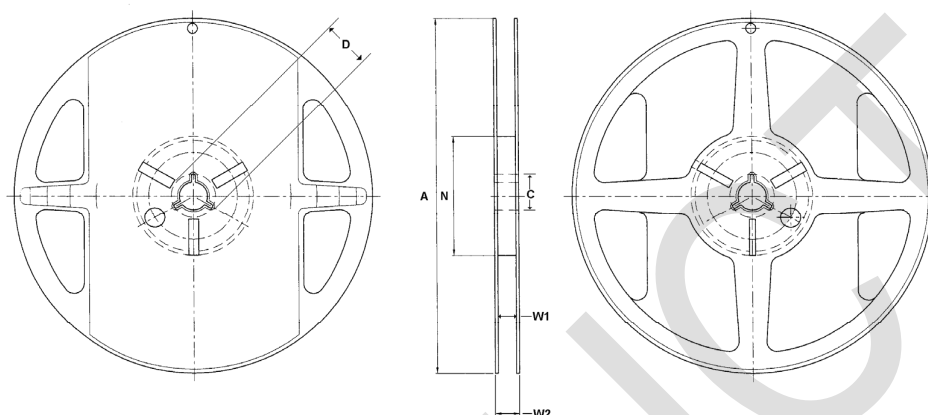


Figure 6 - Reel drawing

Tape Width	Diameter A	C	D	Hub N	W1	W2
8	178 (7 inches)	13.5	20.2	60	9.3	11.5

Table 6 – Reel dimensions (mm)

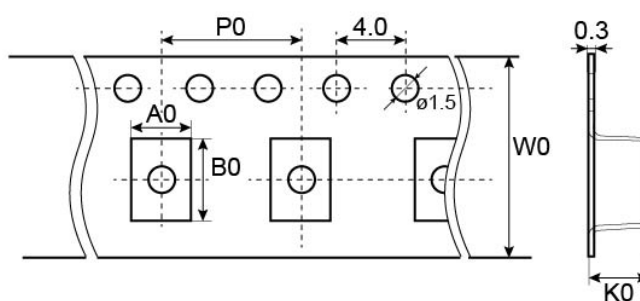


Figure 7 - Tape drawing

Cavity dimensions			Carrier tape width W0	Carrier tape pitch P0	Reel Capacity
Ao	Bo	Ko			
0.92	1.31	0.56	8	4	1 000

Table 7 - Tape dimensions (mm)



Film Frame Carrier:

With UV curable dicing tape (UV performed).

Good dies are identified using the SINF electronic mapping format. No ink is added on wafer to label other dies.

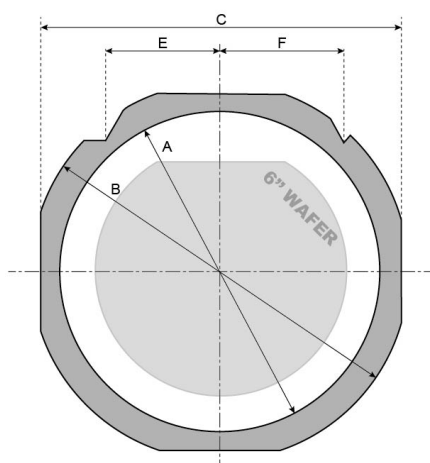


Figure 8 FF070 Frame with a 6" wafer

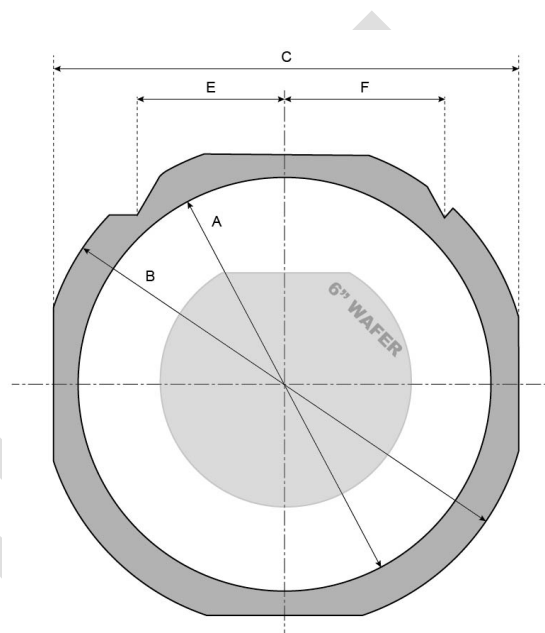


Figure 9 FF108 Frame with a 6" wafer

Frame Reference	Frame Style	Inside diameter A	Outside diameter B	Width C	Thickness	Pin location E	Pin location F
FF070 ⁽¹⁾	DTF-2-6-1	7.638"	8.976"	8.346"	0.048"	2.370"	2.5"
FF108 ⁽¹⁾	DTF-2-8-1	9.842"	11.653"	10.866"	0.048"	2.381"	2.5"

Table 8 - Frame dimensions (inches)

(1) or equivalent

Expander grip ring 6" diameter:

With UV curable dicing tape (UV performed)

Good dies are identified using the SINF electronic mapping format. No ink is added on wafer to label other dies.

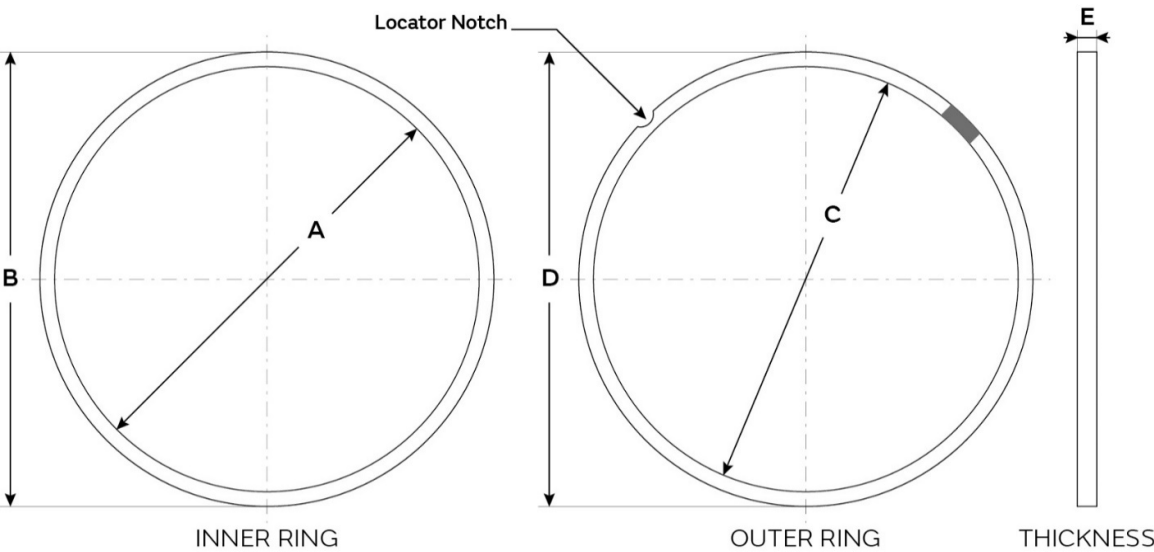


Figure 10 – Grip Ring drawing

Grip Ring Style	A	B	C	D	E	Locator Notch
GRP-2620-6 ⁽¹⁾	7.670"	7.973"	7.975"	8.280"	0.236"	None

Table 9 - Frame dimensions (inches)

(1) or equivalent

PR



Definitions

Data sheet status

Objective specification: This data sheet contains target or goal specifications for product development.

Preliminary specification: This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.

Product specification: This data sheet contains final product specifications.

Limiting values

Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or any other conditions above those given in the Electrical performances sections of this specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

Application information

Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.

Revision history

Revision	Date	Description	Author
Release 1.00	2016 February 18th	Objective specification	OGA
Release 1.07	2021 May 07th	Content and Layout update	OGA / DDE / LLE/SCA/CGU
Release 3.00	2021 May 21st	Minor update	OGA / DDE / LLE/SCA/CGU

Disclaimer / Life support applications

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Murata customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Murata for any damages resulting from such improper use or sale.

Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner. The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent or other industrial or intellectual property rights.

Murata Integrated Passive Solutions S.A. makes no representation that the use of its products in the circuits described herein, or the use of other technical information contained herein, will not infringe upon existing or future patent rights. The descriptions contained herein do not imply the granting of licenses to make, use, or sell equipment constructed in accordance therewith. Specifications are subject to change without notice.



www.murata.com

mis@murata.com

NTE3016 GaP Light-Emitting Diode (LED)

Description:

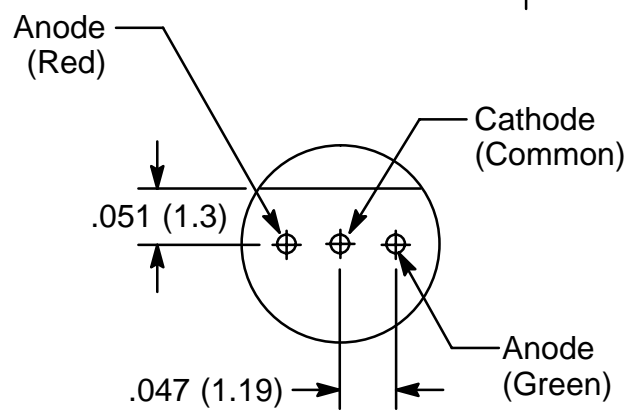
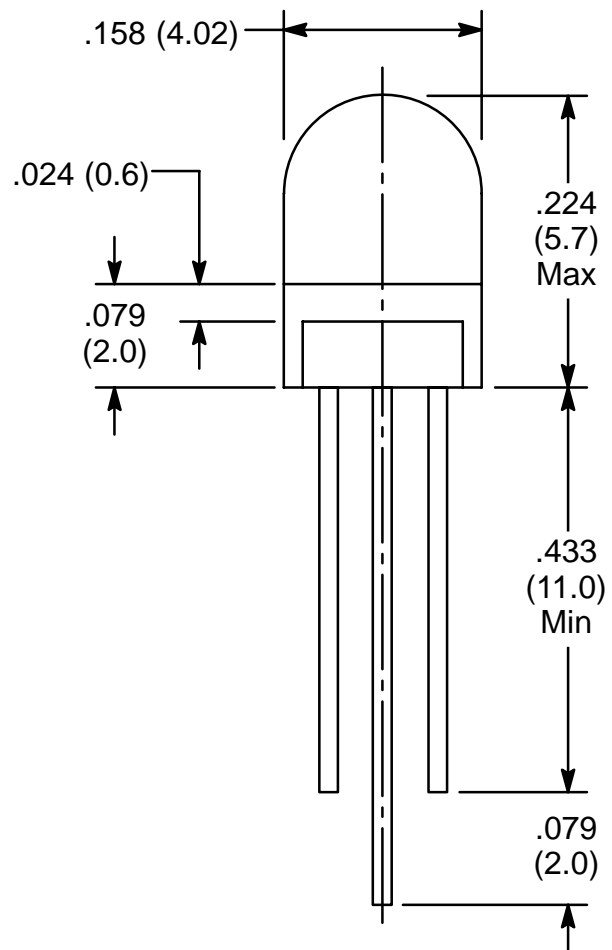
The NTE3016 is a 2 color panel circuit indicator which features low drive power, high intensity visible RED or GREEN light emission. A milk white diffused lens provides an excellent ON-OFF contrast ratio, while a fast response time permits pulse operation.

Absolute Maximum Ratings: ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Forward Current (DC), I_F 25mA
Reverse Voltage, V_R 4.0Volts
Power Dissipation, P_D 75mW
Operating Temperature Range, T_{opr} -20° to $+75^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range, T_{stg} -30° to $+100^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics: ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Forward Voltage	V_F	$I_F = 20\text{mA}$	—	2.1	2.6	V
Reverse Current	I_R	$V_R = 4\text{V}$	—	—	5	μA
Luminous Intensity Red	I_V	$I_F = 20\text{mA}$	0.5	0.75	—	mcd
Green			0.5	1.5	—	mcd
Peak Emission Wave Length Red	λ_P	$I_F = 20\text{mA}$	—	700	—	nm
Green			—	565	—	nm
Spectral Line half Width Red	$\Delta\lambda$	$I_F = 20\text{mA}$	—	100	—	nm
Green			—	25	—	nm



Pulsador A16

Pulsador/indicador de 16 mm de diámetro







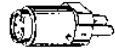


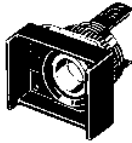
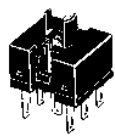
- Estructura modular (Pulsador + Carcasa + Indicador luminoso + Interruptor)
- Gran variedad de dispositivos de control y señalización: Con luz, sin luz y con zumbador
- Homologado UL y cUL.
- Conforme con las normas EN60947-5-1, IEC947-5-1
- Rápido y fácil ensamblaje
- Gran variedad de capacidad de conmutación de cargas estándar a microcargas
- Alta fiabilidad, IP65
- Poca profundidad de montaje, menos de 28,5 mm por debajo del panel



Estructura de la referencia

■ Composición de la referencia

Las lámparas de neón no se incluyen con los modelos que se piden como conjunto. Si se necesitan deben pedirse por separado. Consulte la página G-7.

Modelo	Pulsadores con luz	Pulsadores sin luz
Pulsador	<div>Rectangular</div> <div>Cuadrado</div> <div>Redondo</div>	<div>Rectangular</div> <div>Cuadrado</div> <div>Redondo</div>
Indicador luminoso	LED  Lámpara incandescente  Lámpara de neón 	
Carcasa		
Interruptor	Terminales para soldar (sin unidad de reducción de tensión) 	

Nota: No hay indicador luminoso en los modelos sin luz.

Pedido por piezas

1. Pulsador

Sin luz/con luz

A16-L-
1 2 3

1. Grado de protección

Ninguno: IP40

5: IP65

2. Forma

J: Rectangular

T: Redonda

A: Cuadrada

3. Color del pulsador en los modelos sin luz

R: Rojo

G: Verde

Y: Amarillo

W: Blanco

A: Azul

B: Negro

Color del pulsador con iluminación

LED/lámpara incandescente

R: Rojo

Y: Amarillo

PY: Ámbar

W: Blanco

A: Azul

LED

GY: Verde

Lámpara incandescente

G: Verde

Lámpara de neón

RN: Rojo

GN: Verde

2. Indicador luminoso

A16-
1 2

1. Tensión de operación (tensión nominal)

Lámpara incandescente

5: 5 Vc.a./Vc.c. (6 Vc.a./Vc.c.)

12: 12 Vc.a./Vc.c. (14 Vc.a./Vc.c.)

24: 24 Vc.a./Vc.c. (28 Vc.a./Vc.c.)

LED

5DS: 5 Vc.c. (5 Vc.c.)

12DS: 12 Vc.c. (12 Vc.c.)

24DS: 24 Vc.c. (24 Vc.c.)

Lámpara de neón

1N: 100 Vc.a. (110 Vc.a.)

2N: 200 Vc.a. (220 Vc.a.)

2. Color de iluminación

Ninguno: Lámpara incandescente

R: Rojo (LED)

G: Verde (LED)

Y: Amarillo (LED)

W: Blanco (LED)

A: Azul (LED)

RN: Rojo (lámpara de neón)

GN: Verde (lámpara de neón)

3. Carcasa

A16--
1 2 3

1. Grado de protección

Ninguno: IP40

5: IP65 (resistente al aceite)

2. Forma

CJ: Rectangular

CT: Redonda

CA: Cuadrada

3. Acción del interruptor

M: Instantánea

A: Alterna

4. Interruptor (terminales para soldar)

A16--
1 2

1. Circuito de reducción de tensión

(tensión de operación/tensión nominal)

Ninguno: Sin unidad de reducción de tensión

T1: 100 Vc.a./110 Vc.a.

2. Contactos

1: SPDT

2: DPDT

5. Base (sólo terminales para soldar)

M16-
1

1. Circuito de reducción de tensión

(tensión de operación/tensión nominal)

0: Sin unidad de reducción de tensión

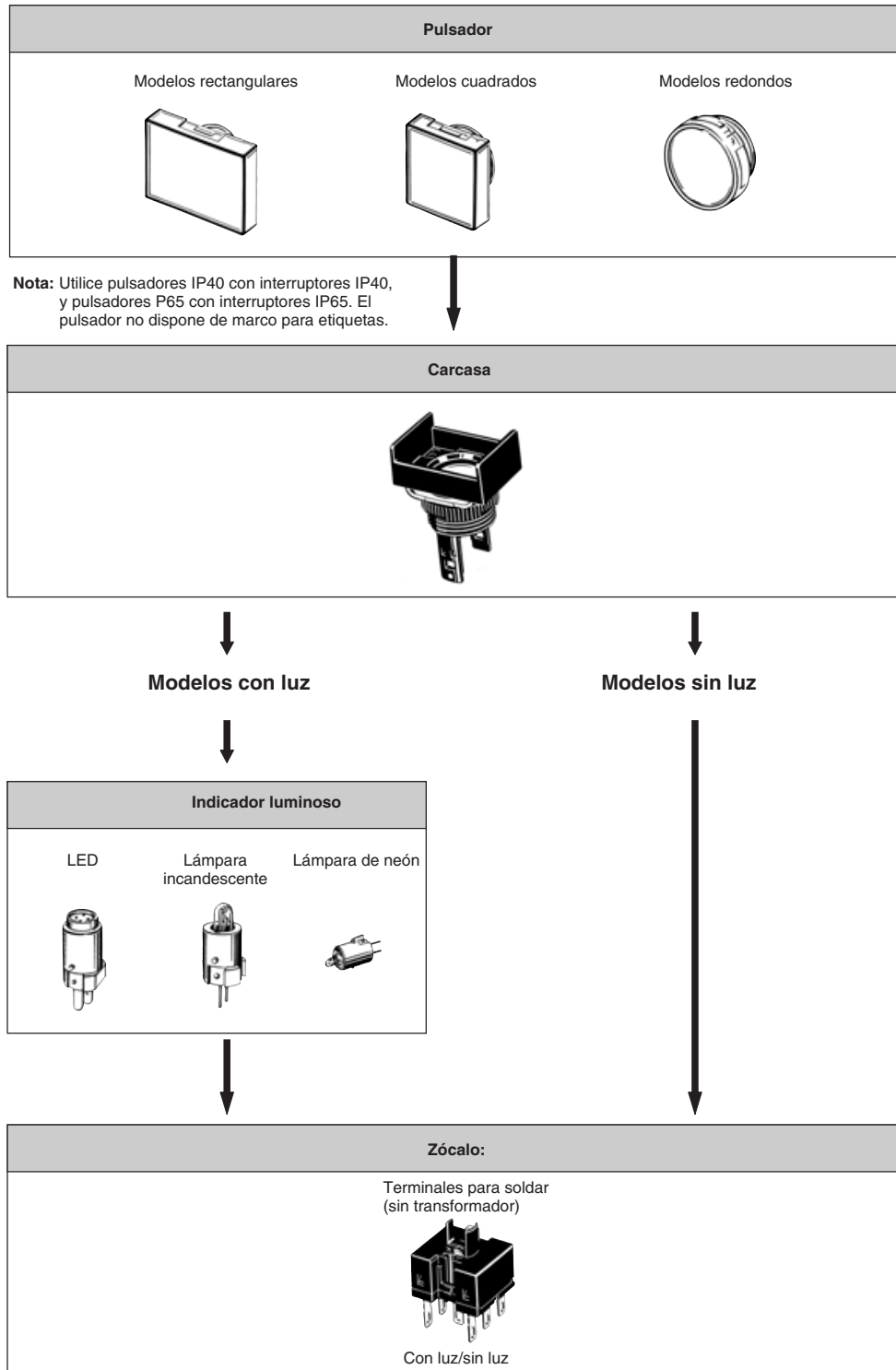
T1: 100 Vc.a./110 Vc.a.

Tabla de selección

■ Lista de modelos

Pedido por separado







Los pulsadores, indicadores luminosos, carcassas e interruptores (bases) pueden pedirse por separado. Se pueden crear combinaciones que no están disponibles como conjuntos utilizando unidades individuales. Asimismo, se pueden almacenar las piezas como repuestos para mantenimiento y reparaciones.









Pulsadores

Iluminación: roja, amarilla y blanca utilizan indicadores luminosos LED o incandescentes.







LED

Grado de protección	IP40			IP65 resistente a aceites		
	Rectangular 	Cuadrado 	Redondo 	Rectangular 	Cuadrado 	Redondo 
Rojo	A16L-JR	A16L-AR	A16L-TR	A165L-JR	A165L-AR	A165L-TR
Amarillo	A16L-JY	A16L-AY	A16L-TY	A165L-JY	A165L-AY	A165L-TY
Ámbar	A16L-JPY	A16L-APY	A16L-TPY	A165L-JPY	A165L-APY	A165L-TPY
Verde	A16L-JGY	A16L-AGY	A16L-TGY	A165L-TGY	A165L-AGY	A165L-TGY
Blanco	A16L-JW	A16L-AW	A16L-TW	A165L-TW	A165L-AW	A165L-TW
Azul	A16L-JA	A16L-AA	A16L-TA	A165L-JA	A165L-AA	A165L-TA







Lámparas incandescentes (con la excepción del verde, las unidades son las mismas que para LED).

Grado de protección	IP40			IP65 resistente a aceites		
	Rectangular 	Cuadrado 	Redondo 	Rectangular 	Cuadrado 	Redondo 
Rojo	A16L-JR	A16L-AR	A16L-TR	A165L-JR	A165L-AR	A165L-TR
Amarillo	A16L-JY	A16L-AY	A16L-TY	A165L-JY	A165L-AY	A165L-TY
Ámbar	A16L-JPY	A16L-APY	A16L-TPY	A165L-JPY	A165L-APY	A165L-TPY
Verde	A16L-JG	A16L-AG	A16L-TG	A165L-JG	A165L-AG	A165L-TG
Blanco	A16L-JW	A16L-AW	A16L-TW	A165L-JW	A165L-AW	A165L-TW
Azul	A16L-JA	A16L-AA	A16L-TA	A165L-JA	A165L-AA	A165L-TA

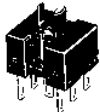


Sin luz (igual que las unidades para lámparas incandescentes).

Grado de protección	IP40			IP65 resistente a aceites		
	Rectangular 	Cuadrado 	Redondo 	Rectangular 	Cuadrado 	Redondo 
Rojo	A16L-JR	A16L-AR	A16L-TR	A165L-JR	A165L-AR	A165L-TR
Amarillo	A16L-JY	A16L-AY	A16L-TY	A165L-JY	A165L-AY	A165L-TY
Ámbar	A16L-JPY	A16L-APY	A16L-TPY	A165L-JPY	A165L-APY	A165L-TPY
Verde	A16L-JG	A16L-AG	A16L-TG	A165L-JG	A165L-AG	A165L-TG
Blanco	A16L-JW	A16L-AW	A16L-TW	A165L-JW	A165L-AW	A165L-TW
Azul	A16L-JA	A16L-AA	A16L-TA	A165L-JA	A165L-AA	A165L-TA
Negro	A16L-JB	A16L-AB	A16L-TB	A165L-JB	A165L-AB	A165L-TB



Lámparas de neón

Grado de protección	IP40			IP65 resistente a aceites		
	Rectangular 	Cuadrado 	Redondo 	Rectangular 	Cuadrado 	Redondo 
Rojo	A16L-JRN	A16L-ARN	A16L-TRN	A165L-JRN	A165L-ARN	A165L-TRN
Verde	A16L-JGN	A16L-AGN	A16L-TGN	A165L-JGN	A165L-AGN	A165L-TGN
Blanco	A16L-JWN	A16L-AWN	A16L-TWN	A165L-JWN	A165L-AWN	A165L-TWN

Interruptores


Aspecto	Clasificación				Modelo
	Con luz/sin luz (uso común)	Carga estándar/ microcarga (uso común)	SPDT	Terminal para soldar	A16-1
			DPDT		A16-2
			SPDT	Terminal de PCB (placa de circuitos impresos)	A16-1P
			DPDT		A16-2P
			DPDT	Terminal sin tornillo (conexión rápida)	A16-2S

Interruptores de iluminación con reducción de tensión

Aspecto	Clasificación				Modelo
	100 V	Carga estándar/ microcarga (uso común)	SPDT	Terminal para soldar	A16-T1-1
			DPDT		A16-T1-2
	100 V		DPDT	Terminal sin tornillo (conexión rápida)	A16-T1-2S
	200 V				A16-T2-2S


Indicadores luminosos

LED


Tensión de funcionamiento	5 Vc.c.	12 Vc.c.	24 Vc.c.
			
Color de la luz			
Rojo	A16-5DSR	A16-12DSR	A16-24DSR
Amarillo	A16-5DSY	A16-12DSY	A16-24DSY
Verde	A16-5DSG	A16-12DSG	A16-24DSG
Blanco (ver nota).	A16-5DSW	A16-12DSW	A16-24DSW
Azul	A16-5DA	A16-12DA	A16-24DA

Nota: Utilice el indicador LED blanco junto con pulsadores de color blanco o ámbar.

Lámpara incandescente


Tensión de funcionamiento	5 Vc.a./Vc.c.	12 Vc.a./Vc.c.	24 Vc.a./Vc.c.
			
Modelo	A16-5	A16-12	A16-24

Lámpara de neón

Tensión de funcionamiento	100 Vc.a.	200 Vc.a.
		
Rojo (ver nota).	A16-1NRN	A16-2NRN
Verde	A16-1NGN	A16-2NGN




Nota: Utilice la lámpara de neón roja con pulsadores rojos o blancos.

Carcasas








Aspecto	Clasificación			Modelo
	IP40	Operación instantánea	Rectangular (protegido en 2 lados)	A16-CJM
			Rectangular (protegido en 3 lados)	A16-C3JM
			Cuadrado	A16-CAM
			Redondo	A16-CTM
		Operación alterna	Rectangular (protegido en 2 lados)	A16-CJA
			Rectangular (protegido en 3 lados)	A16-C3JA
			Cuadrado	A16-CAA
			Redondo	A16-CTA
	IP65 resistente a aceites	Operación instantánea	Rectangular (protegido en 2 lados)	A165-CJM
			Rectangular (protegido en 3 lados)	A165-C3JM
			Cuadrado	A165-CAM
			Redondo	A165-CTM
		Operación alterna	Rectangular (protegido en 2 lados)	A165-CJA
			Rectangular (protegido en 3 lados)	A165-C3JA
			Cuadrado	A165-CAA
			Redondo	A165-CTA

Accesorios (pedidos por separado)




Accesorios

Nombre	Aspecto	Clasificación	Modelo	Observaciones
Protectores de interruptor		Para modelos rectangulares	A16ZJ-5050	No se puede utilizar con la cubierta antipolvo.
		Para modelos cuadrados y redondos	A16ZA-5050	
Cubiertas antipolvo		Para modelos rectangulares	A16ZJ-5060	No se puede utilizar con el protector de interruptores.
		Para modelos cuadrados	A16ZA-5060	
		Para modelos redondos	A16ZT-5060	
Tapas para panel		Para modelos rectangulares	A16ZJ-3003	Se utiliza para cubrir las aberturas del panel para su futura expansión.
		Para modelos cuadrados	A16ZA-3003	
		Para modelos redondos	A16ZT-3003	

Recambios

Nombre	Aspecto	Clasificación		Modelo		Observaciones	
Marcos para etiquetas		Rectangular	IP40	Translúcido	A16ZJ-5204	Se incluye un único marco para etiquetas (transparente) con el modelo estándar. El marco para etiquetas translúcido se puede utilizar con el IP40 y el IP65 resistente al aceite.	
				Transparente	A16ZJ-5202		
			IP65 resistente a aceites	Translúcido	A16ZJ-5204		
				Transparente	A16ZJ-5203		
		Cuadrado	IP40	Translúcido	A16ZA-5204		
				Transparente	A16ZA-5202		
			IP65 resistente a aceites	Translúcido	A16ZA-5204		
				Transparente	A16ZA-5203		
		Redondo	IP40	Translúcido	A16ZT-5204		
				Transparente	A16ZT-5202		
			IP65 resistente a aceites	Translúcido	A16ZT-5204		
				Transparente	A16ZT-5203		
Tapas de color (para IP40)	<div>Rectangular</div>  <div>Cuadrado</div>  <div>Redondo</div> 	Indicador LED/lámpara incandescente/sin luz	Blanco	A16Z□-5001W	Inserte una de las siguientes letras en el cuadro (□). J Rectangular A: Cuadrado T: Redondo La tapa de color se suministra normalmente. Sustituya la tapa si se tiene que cambiar el color. Cuando utilice un indicador LED, asegúrese de utilizar una tapa de color que coincida con el color luminiscente del LED. Los materiales que se utilizan para el IP40 y el IP65 resistente al aceite son diferentes, asegúrese por tanto de utilizar una tapa de color que coincida con las especificaciones del interruptor.		
			Rojo	A16Z□-5001R			
			Amarillo	A16Z□-5001Y			
		Indicador LED	Ámbar	A16Z□-5001PY			
			Verde	A16Z□-5001GY			
		Lámpara incandescente/sin luz	Azul	A16Z□-5001A			
			Verde	A16Z□-5001G			
		Sin luz	Negro	A16Z□-5.011B			
		Tapas de color (para IP65 resistente a aceites)	<div>Rectangular</div>  <div>Cuadrado</div>  <div>Redondo</div> 	Indicador LED/lámpara incandescente/sin luz		Blanco	A16Z□-5101W
						Rojo	A16Z□-5101R
Amarillo	A16Z□-5101Y						
Indicador LED	Ámbar			A16Z□-5101PY			
	Verde			A16Z□-5101GY			
Lámpara incandescente/sin luz	Azul			A16Z□-5.101A			
	Verde			A16Z□-5101G			
Sin luz	Negro	A16Z□-5.111B					

Herramientas

Nombre	Aspecto	Modelo	Tipos aplicables					Observaciones
			Pulsador	Interruptor selector de maneta	Interruptor selector de llave	Interruptor de parada de emergencia	Indicador	
Extractor		A3PJ-5080	Sí	No	No	No	Sí	Apropiado para extraer pulsadores
Tornillo de ajuste		A16Z-3004	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Apropiado para instalación en grupo. Apriete con un par de apriete de 0,39 N·m mín.
Extractor		A16Z-5080	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Apropiado para extraer el interruptor y las lámparas.

Especificaciones

■ Normas aprobadas

Organismo	Normas	Nº de archivo
UL, cUL (ver nota).	UL508	E41515
---	EN60947-5-1	---

Nota: cUL: CSA, C22.2 Nº 14

■ Valores nominales de las normas aprobadas

UL, cUL (Nº de archivo E41515)

5 A a 125 Vc.a., 3 A a 250 Vc.a. (uso general)
3 A a 30 Vc.c. (resistivo)

EN60947-5-1 (Directivas de baja tensión)

3 A a 250 Vc.a. (c.a. 12), 3 A a 30 Vc.c. (c.c. 12)

■ Valores nominales

Contactos

Carga resistiva de c.a.	Carga resistiva de c.c.
3 A a 250 Vc.a. 5 A a 125 Vc.a.	3 A a 30 Vc.c.

Carga mínima aplicable: 1 mA a 5 Vc.c.

Los valores nominales se obtienen a partir de pruebas realizadas bajo las siguientes condiciones.

1. Carga: Carga resistiva;
2. Condiciones de montaje: Sin vibraciones ni golpes
3. Temperatura: 20±2°C
4. Frecuencia de operación: 20 operaciones/min

LED muy luminoso

Tensión nominal	Corriente nominal	Tensión de operación	Resistencia de limitación interna
5 Vc.c.	30 mA (15 mA)	5 Vc.c.±5%	33 Ω (68 Ω)
12 Vc.c.	15 mA	12 Vc.c.±5%	270 Ω (560 Ω)
24 Vc.c.	10 mA	24 Vc.c.±5%	1600 Ω (2.000 Ω)

Nota: Los valores entre paréntesis corresponden a los modelos con pulsadores azules.

Lámpara incandescente

Tensión nominal	Corriente nominal	Tensión de operación
6 Vc.a./Vc.c.	60 mA	5 Vc.a./Vc.c.
14 Vc.a./Vc.c.	40 mA	12 Vc.a./Vc.c.
28 Vc.a./Vc.c.	24 mA	24 Vc.a./Vc.c.

■ Características

Elemento		Pulsador
Frecuencia de operación permisible	Mecánica	Operación instantánea: 120 operaciones/minuto máx. (ver nota 1.) Operación alterna: 60 operaciones/minuto máx. (ver nota 1).
	Eléctrica	20 operaciones/minuto máx. (ver nota 1).
Resistencia de aislamiento		100 MΩ mín. (a 500 Vc.c.)
Rigidez dieléctrica		1.000 Vc.a., 50/60 Hz durante 1 minuto entre terminales de la misma polaridad 2.000 Vc.a., 50/60 Hz durante 1 minuto para terminales de polaridad diferente y también entre cada terminal y tierra 1.000 Vc.a., 50/60 Hz durante 1 minuto entre terminales de indicador luminoso (ver nota 2).
Resistencia a vibraciones	Mal funcionamiento	de 10 a 55 Hz, 1,5 mm amplitud p-p (malfunción dentro de 1 ms)
Resistencia a golpes	Mecánica	500 m/s ²
	Mal funcionamiento	150 m/s ² máx. (malfunción dentro de 1 ms)
Vida útil	Mecánica	Operación instantánea: 2.000.000 de operaciones mín. Operación alterna: 200.000 operaciones mín. (ver nota 1).
	Eléctrica	100.000 operaciones mín. (ver nota 1).
Temperatura ambiente		Operación: -10°C a 55°C (sin formación de hielo ni condensación) Almacenaje: -25°C a 65°C (sin formación de hielo ni condensación)
Humedad ambiente		Operación: 35% a 85%
Clase de protección contra descargas eléctricas		Clase II
PTI (características de seguimiento)		175
Nivel de contaminación		3 (IEC947-5-1)
Peso		Aprox. 10 g (en el caso de un interruptor DPDT con luz con terminales para soldar)

Nota: 1. Una operación comprende pulsación y reset.

2. Con lámpara incandescente e indicador LED sin montar.

Terminal sin tornillo (conexión rápida)

Elemento		Terminal sin tornillo (conexión rápida)			
Medidas de cables recomendados		0,5 mm ² cable trenzado o 0,8 mm-diámetro cable rígido			
Cables utilizables y resistencia a la tensión	Cable trenzado	0,3 mm ²	0,5 mm ²	0,75 mm ²	1,25 mm ²
	Cable rígido	0,5 mm diám.	0,8 mm diám.	1,0 mm diám.	---
	Resistencia a la tensión	10 N	20 N	30 N	40 N
Longitud de cable expuesto		10 ±1 mm			

■ Características de operación

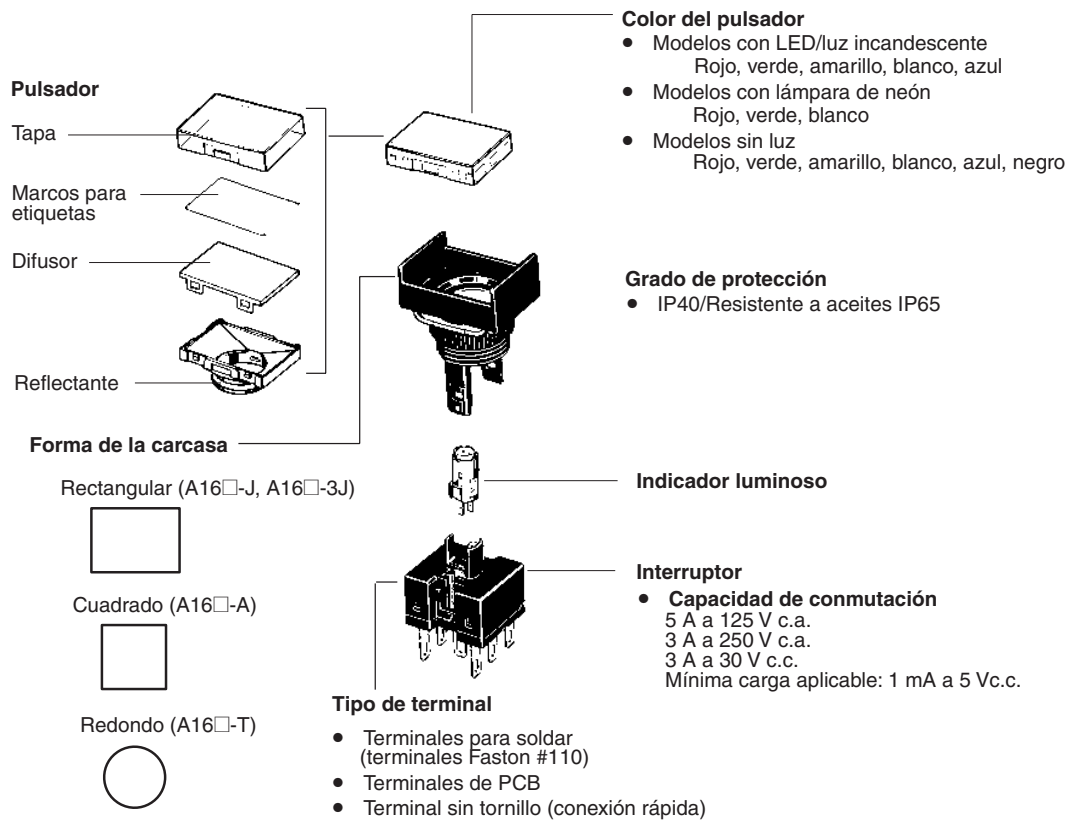
Características	Tipo	Pulsador			
		IP40		IP65 resistente a aceites	
		SPDT	DPDT	SPDT	DPDT
Fuerza operativa (OF) máx.		2,45 N	4,41 N	2,94 N	4,91 N
Fuerza de liberación (RF) mín.		0,29 N			
Carrera total (TT)		Aprox. 3 mm			
Precarrera (PT) máx.		2,5 mm			
Carrera de enclavamiento (LTA) mín. (ver nota).		0,5 mm			

Nota: La carrera de enclavamiento es sólo para los interruptores (operación alterna).

■ Configuración de contacto

Nombre	Contacto
DPDT	

Descripción



Dimensiones

Nota: Todas las dimensiones se expresan en milímetros, a menos que se especifique lo contrario.

■ Pulsadores con luz/sin luz sin unidad de reducción de tensión

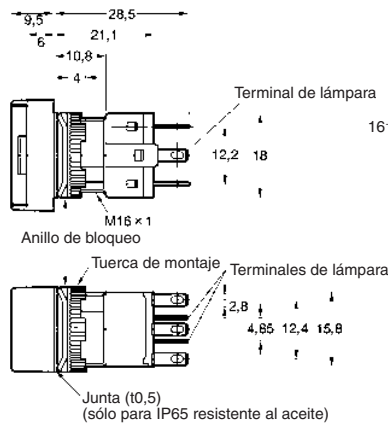
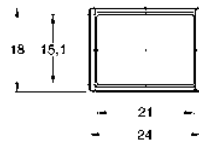
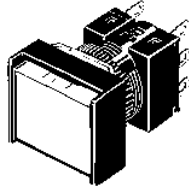
El terminal de indicador luminoso se suministra también con modelos sin luz.

Los terminales para soldar y los terminales Faston (#110) pueden utilizarse con pulsadores con luz y sin luz.

Rectangular

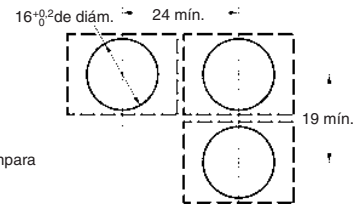
A16□-J

Terminales para soldar
(terminales Faston #110)



Sección del panel

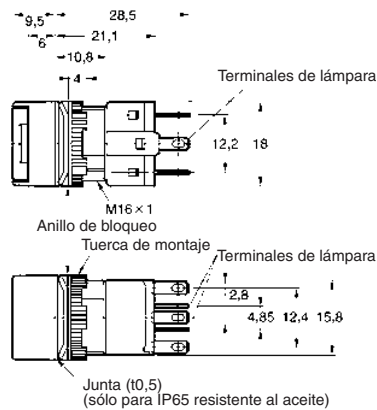
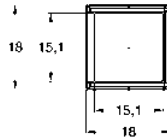
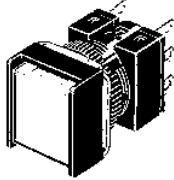
Consulte las secciones de panel en la página G-25



Cuadrado

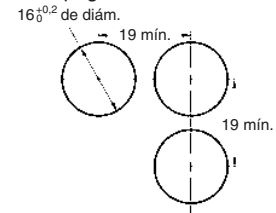
A16□-A

Terminales para soldar
(terminales Faston #110)



Sección del panel

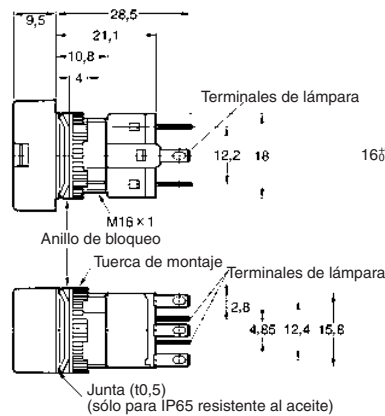
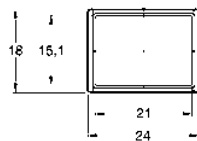
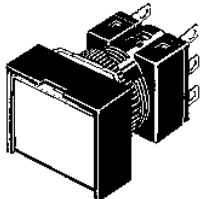
Consulte las secciones de panel en la página G-25



Rectangular

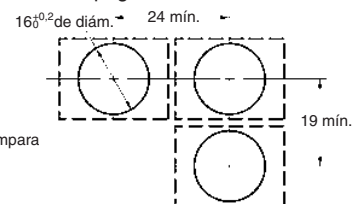
A16□-3J

Terminales para soldar
(terminales Faston #110)



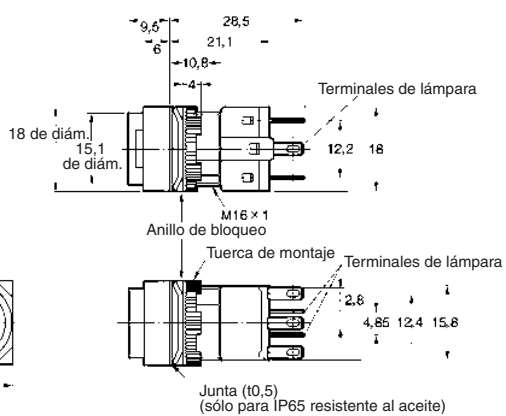
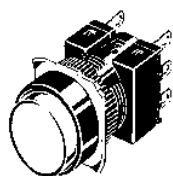
Sección del panel

Consulte las secciones de panel en la página G-25



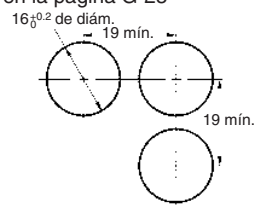
A16-T
redondo

Terminales para soldar
(terminales Faston #110)



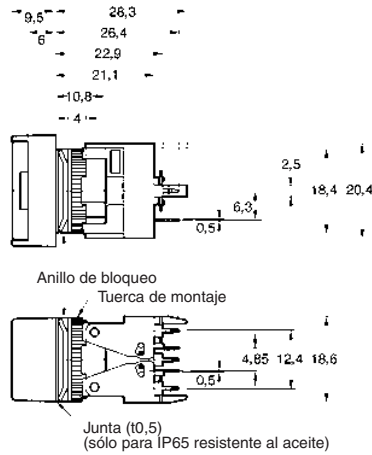
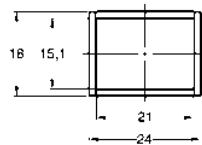
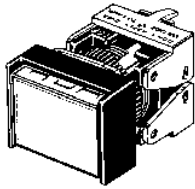
Sección del panel

Consulte las secciones de panel
en la página G-25



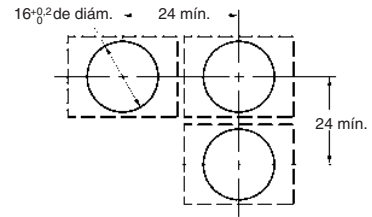
Los siguientes diagramas muestran el modelo rectangular a modo de ejemplo representativo.

A16□-J
rectangular
Terminales de PCB

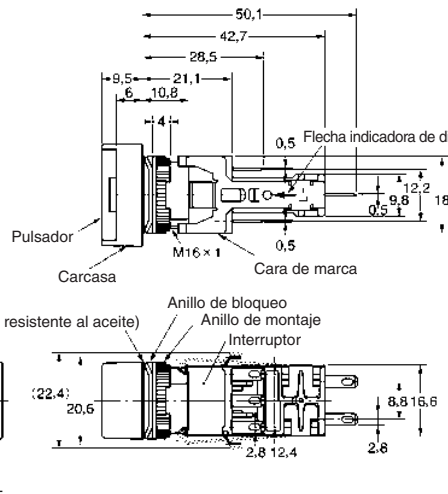
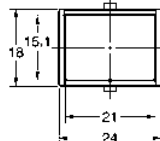
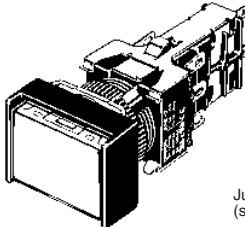


Sección del panel

Consulte las secciones de panel en la página G-25

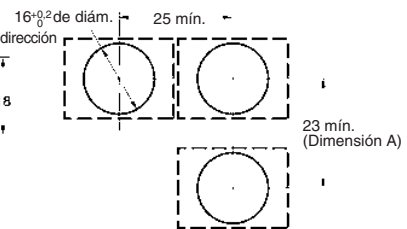


A16□-T1, T2
rectangular
Iluminación con reducción de tensión, terminales para soldar (terminales Faston #110)



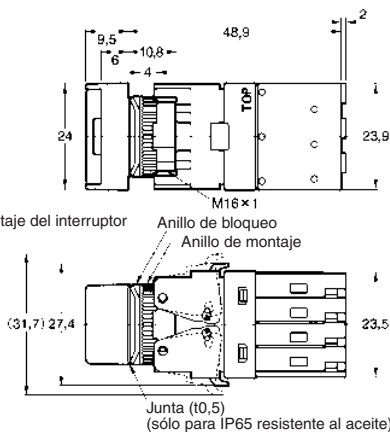
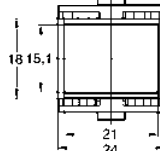
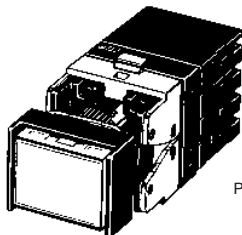
Sección del panel

Consulte las secciones de panel en la página G-25



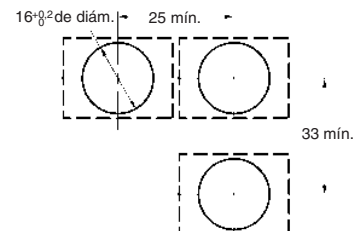
Grosor recomendado del panel: de 0,5 a 3,2 mm

A16□-2S
rectangular
Terminal sin tornillo (conexión rápida)



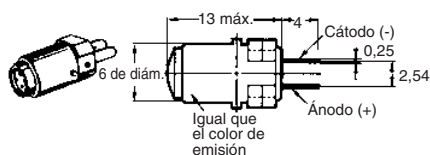
Sección del panel

Consulte las secciones de panel en la página G-25

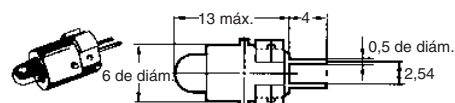


■ Indicadores luminosos

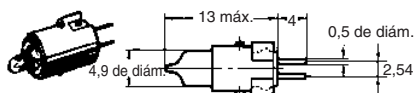
LED A16-5DS□/-12DS□/-24DS□



Lámpara incandescente A16-5/-12/-24

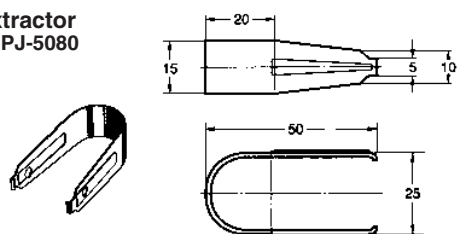


Lámpara de neón A16-1N/-2N

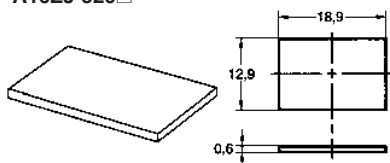


■ Accesorios, herramientas y componentes

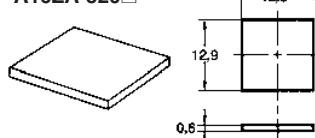
Extractor A3PJ-5080



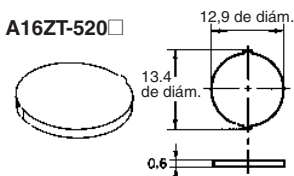
Marcos para etiquetas A16ZJ-520□



A16ZA-520□



A16ZT-520□

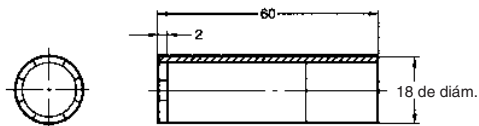
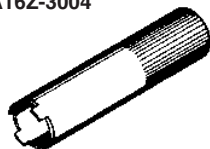


- Nota:** 1. El espesor del panel es de 0,6 mm.
2. Los materiales que componen el panel se enumeran en la tabla siguiente.

Color	Grado de protección	Materiales
Translúcido	IP40	Resina de poliacrilato
	IP65	
Transparente	IP40	Resina de policarbonato
	IP65	Resina de poliacrilato

Nota: El modelo estándar es transparente.

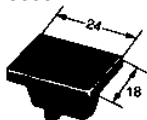
Tornillo de ajuste A16Z-3004



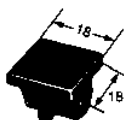
Tapas para panel (resina negra)

Seleccione la tapa adecuada para el diseño de panel y realice el montaje en la parte frontal del panel. Las secciones del panel son iguales que para los interruptores.

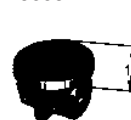
Rectangular A16ZJ-3003



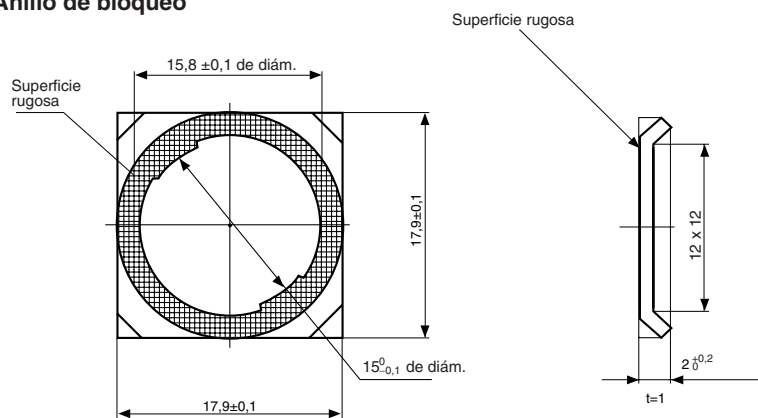
Cuadrado A16ZA-3003



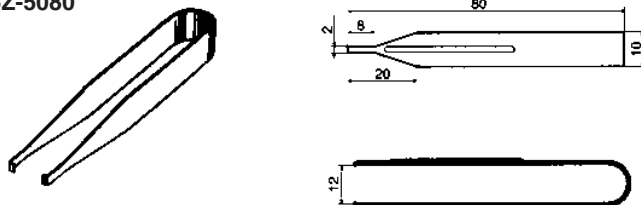
Redondo A16ZT-3003



Anillo de bloqueo



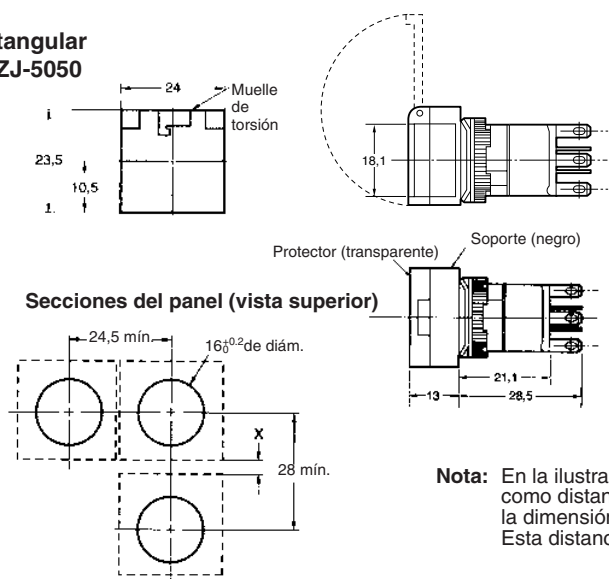
Extractor
A16Z-5080



■ Dimensiones con accesorios

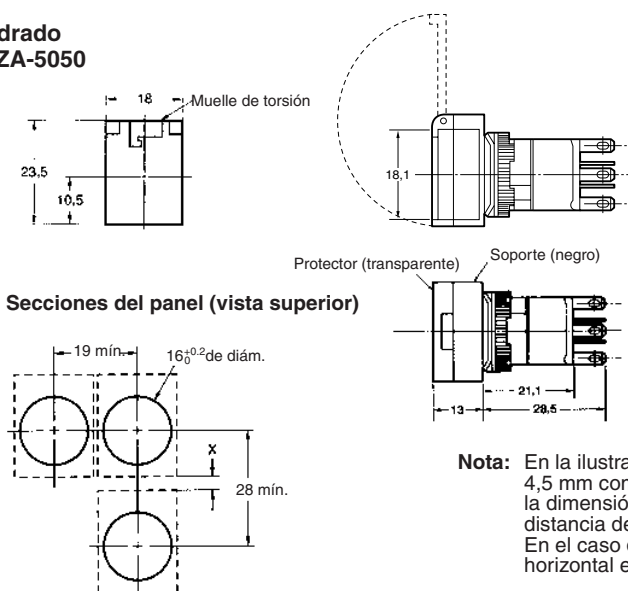
Protectores de interruptor

Rectangular A16ZJ-5050



Nota: En la ilustración anterior se muestra el caso en que se proporciona 4,5 mm como distancia "x". Si no se requiere holgura para la sección "x", la dimensión de montaje vertical puede reducirse hasta 24 mm. Esta distancia debe establecerse según las condiciones de funcionamiento.

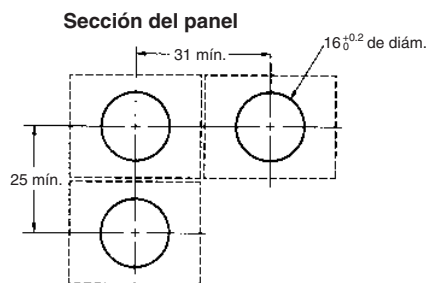
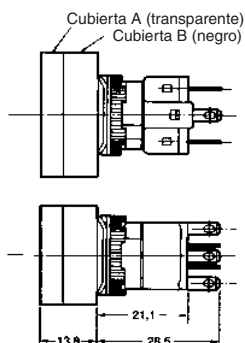
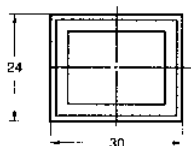
Cuadrado A16ZA-5050



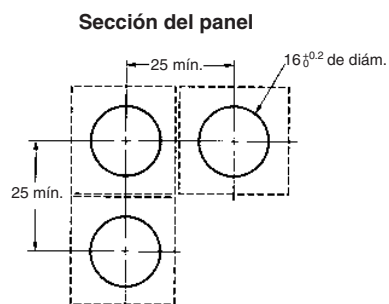
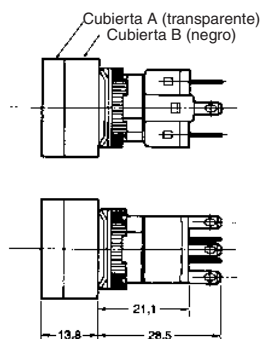
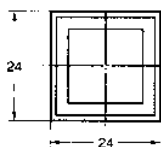
Nota: En la ilustración anterior se muestra el caso en que se proporciona 4,5 mm como distancia "x". Si no se requiere holgura para la sección "x", la dimensión de montaje vertical puede reducirse hasta 24 mm. Esta distancia debe establecerse según las condiciones de funcionamiento. En el caso de modelos con terminales PCB, la dimensión de montaje horizontal es de 24 mm mín.

Cubiertas antipolvo

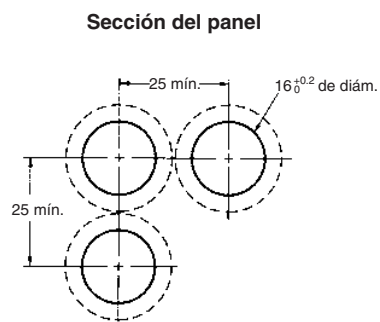
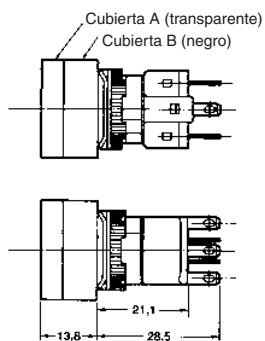
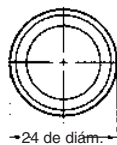
Rectangular A16ZJ-5060



Cuadrado A16ZA-5060



Redondo A16ZT-5050

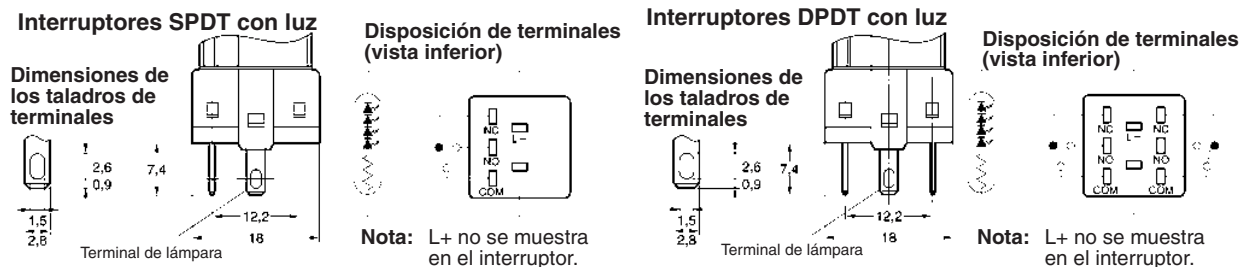


■ Disposición de terminales

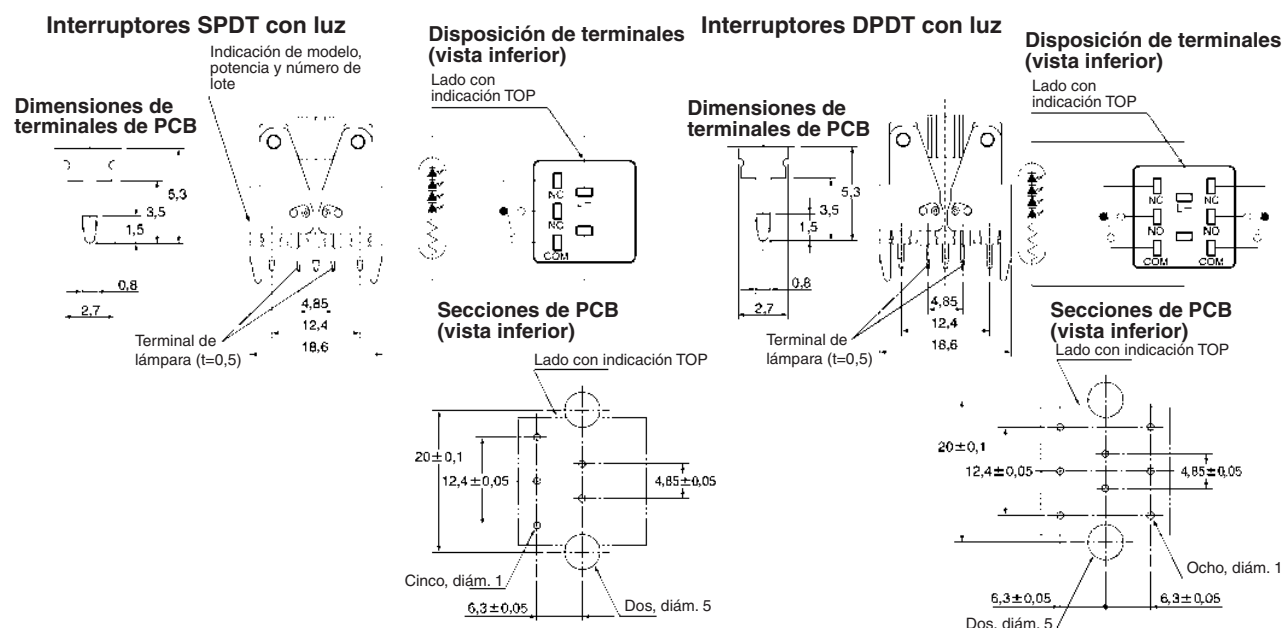
Modelos sin iluminación con reducción de tensión

Los pulsadores sin luz se suministran también con terminales de indicador luminoso.

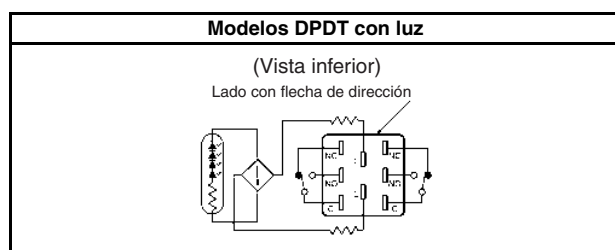
Terminales para soldar



Terminales de PCB (placa de circuitos impresos)

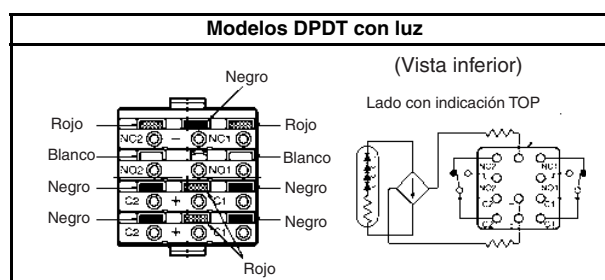


Unidades de reducción de tensión



- El circuito de reducción de tensión está incorporado.

Terminales sin tornillos (conexión rápida)

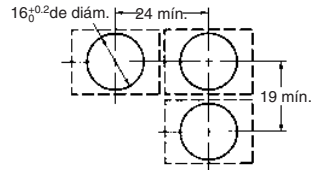


- Los modelos de iluminación con reducción de tensión con terminales sin tornillos (A16L-□T1-2S, A16L-□T2-2S) incorporan circuitos de reducción de tensión.

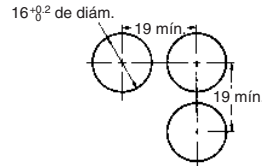
■ Cortes en el panel

Terminales para soldar

**A16□-J/M16□-□J rectangular
(vista superior)**



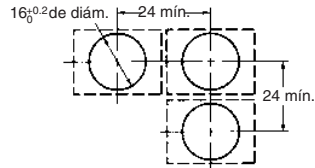
**A16□-A/M16□-A cuadrado
A16□-T/M16□-T redondo
(vista superior)**



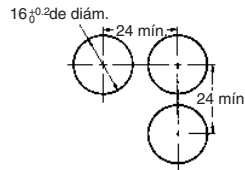
- Nota:**
1. Asegúrese de que el panel de montaje tiene un grosor entre 0,5 y 3,2 mm. No obstante, si se utiliza un protector de interruptor o una cubierta antipolvo, el grosor del panel de montaje debe estar entre 0,5 y 2 mm.
 2. Si se va a aplicar al panel un acabado, por ejemplo con recubrimiento, asegúrese de que el panel satisface las dimensiones especificadas tras la aplicación del recubrimiento.

Terminales de PCB (placa de circuitos impresos)

**A16□-J/M16□-J rectangular
(vista superior)**



**A16@-A/M16□-A, A165□-BA, M165-BA
cuadrado A16□-T/M16□-T redondo
(vista superior)**



- Nota:**
1. Asegúrese de que la variación de la distancia entre los centros de los taladros de montaje adyacentes es menor de $\pm 0,1$ mm.
 2. Asegúrese de que el panel de montaje tiene un grosor entre 0,5 y 3,2 mm. No obstante, si se utiliza un protector de interruptor o una cubierta antipolvo, el grosor del panel de montaje debe estar entre 0,5 y 2 mm.
 3. Si se va a aplicar al panel un acabado, por ejemplo con recubrimiento, asegúrese de que el panel satisface las dimensiones especificadas tras la aplicación del recubrimiento.

Instalación

Montaje en panel

Después de montar la unidad del pulsador (es decir, el pulsador y la carcasa) en el panel, encaje la unidad del interruptor (es decir, el interruptor y el indicador luminoso) desde la parte posterior del panel.

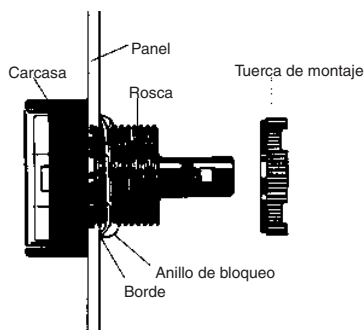
Montaje en el panel

Inserte la unidad del pulsador en el frente del panel, y fije el anillo de bloqueo y la tuerca de montaje desde el lado del terminal.

Asegúrese de que el anillo de bloqueo está alineado con el filo de la carcasa y de que el borde del anillo de bloqueo toca el panel.

Apriete las tuercas de montaje a un par de aproximadamente 0,29 a 0,49 N·m.

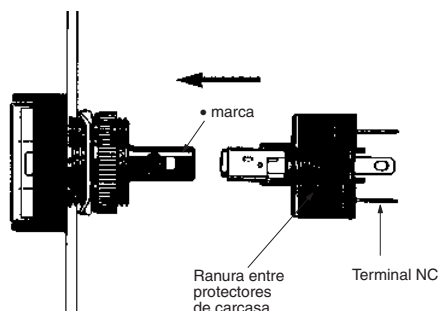
El par de torsión máximo es 0,49 N·m.



Montaje de la unidad del interruptor

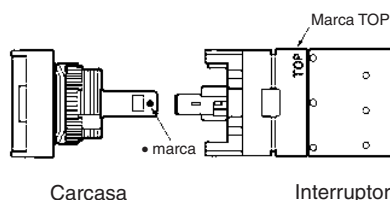
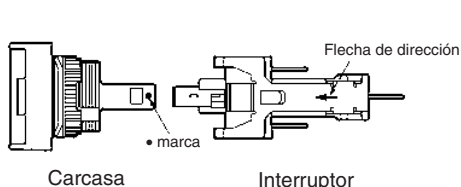
Encaje la unidad del interruptor en la unidad del pulsador

Asegúrese de que la unidad del interruptor tiene la orientación correcta al encajarla dentro de la carcasa. Alinee la marca • de la carcasa con la ranura que hay entre los protectores de carcasa del lado NC del terminal de la unidad del interruptor, tal como se muestra más abajo, y empuje la unidad del interruptor dentro de la carcasa hasta que encaje en su lugar haciendo clic. Confirme que la unidad del interruptor está en su lugar de forma segura antes de utilizarla.



Montaje de la unidad del interruptor para tipos con reducción de tensión

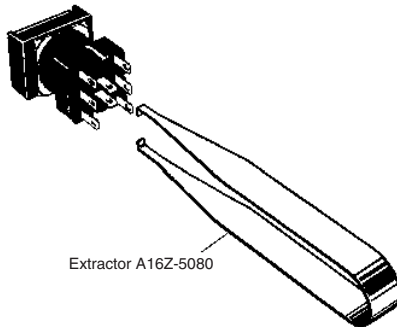
1. El panel de montaje debe tener un espesor entre 0,5 y 3,2 mm.
2. El anillo de montaje debe apretarse a un par de aproximadamente 0,29 a 0,49 N·m.
3. El taladro de montaje debe cortarse del modo que se ha descrito previamente. La dimensión A es la longitud necesaria para extraer el interruptor cuando está montado. Si se montan interruptores adosados separados por una distancia menor a la especificada, puede que no sea posible extraer el interruptor.
4. Asegúrese de que monta la carcasa del interruptor con la orientación correcta. Realice el montaje con la marca • de la carcasa mirando en la misma dirección que el lado del interruptor que tiene la flecha que indica dirección o la palabra TOP.



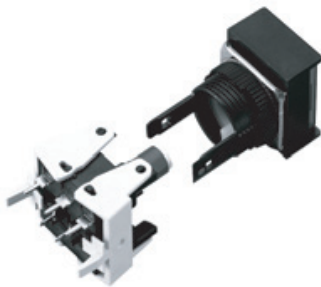
Extracción de la unidad del interruptor

Sujete la parte entre el soporte del interruptor de la carcasa y la unidad del interruptor utilizando el extractor A16Z-5080, y tire para extraer la unidad del interruptor.

- Modelos de 16-mm



- Modelos A16-P (con terminales PCB)

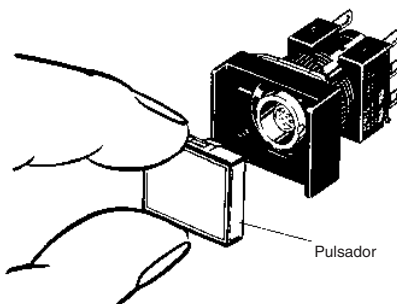


La unidad del interruptor puede montarse o desmontarse simplemente abriendo o cerrado la palanca.

■ Montaje y sustitución del pulsador

Extracción y montaje del pulsador

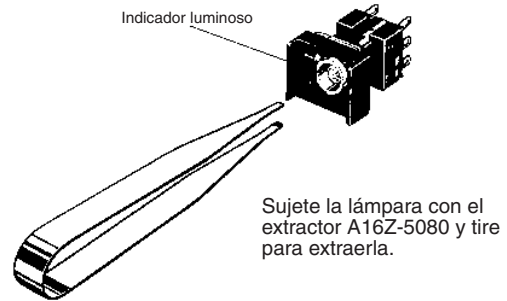
1. Extraiga el pulsador como se muestra en el siguiente diagrama. Si no se puede extraer a mano, utilice el extractor A3PJ-5080.



2. Para colocar el pulsador, empuje hasta que encaje en su lugar haciendo clic.

Extracción del indicador luminoso

Extracción desde el extremo del pulsador

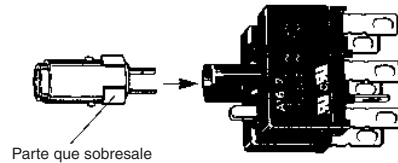


Extracción desde el extremo del interruptor

El indicador luminoso se puede extraer a mano una vez que se ha extraído el interruptor utilizando el extractor A16Z-5080.

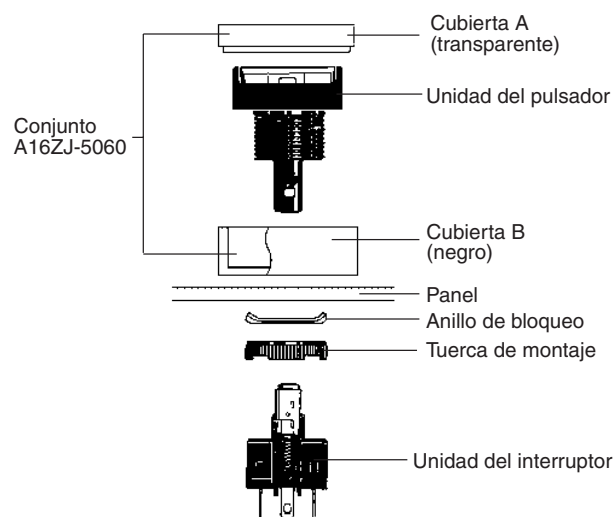
Instalación del indicador luminoso

Al montar el indicador luminoso, asegúrese de que mira en la dirección que se muestra en el siguiente diagrama. Inserte el indicador luminoso haciendo coincidir la parte que sobresale de él y las pequeñas guías de la superficie exterior de la carcasa.



El indicador luminoso se puede montar desde el extremo del pulsador utilizando el extractor A16Z-5080. Se puede montar siguiendo el procedimiento inverso a su extracción.

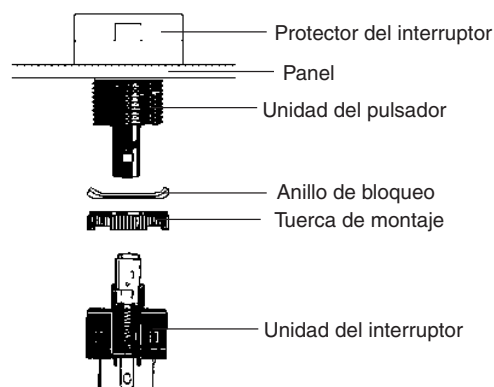
■ Montaje de la cubierta antipolvo A16Z



1. Separe la cubierta antipolvo en 2 partes: cubierta A y cubierta B.
2. Inserte la carcasa en la cubierta B.
3. Monte esas piezas juntas en el panel.
4. Desde la parte posterior del panel, monte el anillo de bloqueo y asegúrelo con la tuerca de montaje.
5. Inserte la cubierta A dentro de la cubierta B. Asegúrese de que el perímetro completo de la cubierta A está firmemente colocado en la cubierta B presionando en distintas direcciones.
6. Monte la unidad del interruptor en la carcasa.

Nota: Grosor del panel recomendado: de 0,5 a 2 mm.

■ Montaje de protector de interruptor A16Z



1. Inserte la carcasa dentro del protector de interruptor.
2. Monte esas piezas juntas en el panel.
3. Desde la parte posterior del panel, monte el anillo de bloqueo y asegúrelo con la tuerca de montaje.
4. Coloque la unidad del interruptor en la carcasa.

Nota: Grosor del panel recomendado: de 0,5 a 2 mm.