Comparación de Microcontroladores: STM32F4 vs. MIMXRT1062DVJ6B para Aplicaciones de Alto Rendimiento y Comunicación CAN

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Microcontrolador | STM32F407VG | MIMXRT1062DVJ6B |
| Fabricante | STMicroelectronics | NXP |
| Arquitectura | ARM Cortex-M4 | ARM Cortex-M7 |
| Frecuencia de reloj | 168 MHz | 600 MHz |
| Memoria Flash | 1 MB | Externa (FlexSPI) |
| SRAM | 192 KB | 1 MB en chip |
| Interfaces de comunicación | - 3x CAN  - 4x USART  - 3x SPI  - 3x I2C  - 2x USB OTG (FS y HS) | - 1x CAN FD  - 1x CAN 2.0  - 8x UART  - 4x SPI  - 4x I2C  - 2x USB OTG (FS y HS) |
| Aceleradores DSP y FPU | Si | Si |
| DMA | 12 canales | 32 canales |
| GPIO | 140 pines | 150 pines |
| ADC | 3x ADC de 12 bits | 2x ADC de 12 bits |
| DAC | 2x DAC de 12 bits | 1x DAC de 12 bits |
| Temperatura de operación | -40°C a 85°C | -40°C a 105°C |
| Paquetes | LQFP, BGA | LQFP, BGA |
| Disponibilidad | Buena en el mercado. | Buena en el mercado. |
| Precio (+100 piezas) | $11.36 | $12.73 |
| Certificaciones | Varias, incluidas aplicaciones automotrices. | Varias, incluidas aplicaciones automotrices. |
| Seguridad | Características básicas de seguridad. | Características avanzadas de seguridad. |

**Comparación**

1. **Arquitectura y Rendimiento:**

- STM32F4: Basado en ARM Cortex-M4, hasta 168 MHz.

- MIMXRT1062DVJ6B: Basado en ARM Cortex-M7, hasta 600 MHz. El Cortex-M7 ofrece un mayor rendimiento en comparación con el Cortex-M4, especialmente para aplicaciones que requieren procesamiento intensivo.

1. **Memoria:**

- STM32F4: Hasta 1 MB de Flash interna y 192 KB de SRAM.

- MIMXRT1062DVJ6B: No tiene Flash interna, usa memoria externa (FlexSPI), pero tiene 1 MB de SRAM en chip.

1. **Interfaces de Comunicación:**

- STM32F4: 3x CAN, más interfaces USART, SPI, I2C, y USB.

- MIMXRT1062DVJ6B: 1x CAN FD, 1x CAN 2.0, más interfaces UART, SPI, I2C, y USB. La inclusión de CAN FD es una ventaja para aplicaciones que requieren velocidades de datos más altas en la comunicación CAN.

1. **DMA:**

- STM32F4: 12 canales.

- MIMXRT1062DVJ6B: 32 canales, lo que permite una mayor flexibilidad y capacidad para manejar múltiples periféricos simultáneamente.

1. **Temperatura de Operación:**

- Ambos microcontroladores operan en un rango industrial, pero el MIMXRT1062DVJ6B soporta hasta 105°C, lo cual es una ventaja para aplicaciones en entornos más exigentes.

1. **GPIO:**

- STM32F4: Hasta 140 pines.

- MIMXRT1062DVJ6B: Hasta 150 pines, proporcionando más opciones de conexión.

**Conclusión Características**

- STM32F4 es una excelente opción para aplicaciones que requieren una combinación equilibrada de rendimiento y funcionalidades con una arquitectura Cortex-M4 probada.

- MIMXRT1062DVJ6B es más adecuado para aplicaciones que requieren un alto rendimiento y capacidad de procesamiento, gracias a su núcleo Cortex-M7 y su alta frecuencia de reloj. Además, la inclusión de CAN FD lo hace ideal para aplicaciones automotrices avanzadas y otras aplicaciones que requieren comunicación de alta velocidad en el bus CAN.

COMPARATIVA DE COSTOS DE DESARROLLO PARA EL STM32F4 Y EL MIMXRT1062DVJ6B

Una comparación de costos considerando una implementación básica para CAN, incluyendo el costo del microcontrolador y los componentes esenciales para la comunicación CAN.

**STM32F407VG**

1. **Costo del Microcontrolador**:
   * $9.27 (1000) a $14.64 USD por unidad.
2. **Transceptor CAN**:
   * MCP2551 o similar: Aproximadamente $0.50 a $1.50 USD por unidad.
3. **Componentes Pasivos (resistencias, condensadores, etc.)**:
   * Aproximadamente $0.50 a $1.00 USD por unidad.
4. **Conectores y Placa de Circuito Impreso (PCB)**:
   * Aproximadamente $2 a $5 USD por unidad.

**Costo Total Estimado para STM32F4:**

* **Total**: $13 a $22 USD por unidad.

**MIMXRT1062DVJ6B**

1. **Costo del Microcontrolador**:
   * $10.01 (1000) a $15.90 USD por unidad.
2. **Transceptor CAN FD**:
   * MCP2562FD o similar: Aproximadamente $1 a $2 USD por unidad.
3. **Componentes Pasivos (resistencias, condensadores, etc.)**:
   * Aproximadamente $0.50 a $1.00 USD por unidad.
4. **Conectores y Placa de Circuito Impreso (PCB)**:
   * Aproximadamente $2 a $5 USD por unidad.

**Costo Total Estimado para MIMXRT1062DVJ6B:**

* **Total**: $10.50 a $18 USD por unidad.

**Comparación de Costos**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Componente | STM32F4 (STM32F407VG) | MIMXRT1062DVJ6B |
| Microcontrolador | $9.27 - $14.64 USD | $10.01 - $15.90 USD |
| Transceptor CAN | $0.50 - $1.50 USD | $1 - $2 USD |
| Componentes Pasivos | $0.50 - $1 USD | $0.50 - $1 USD |
| Conectores y PCB | $2 - $5 USD | $2 - $5 USD |
| Costo Total Estimado | **$12.27 - $22.14 USD** | **$13.51 - $23.90 USD** |

Fuente

* [Digikey](https://www.digikey.com/en/products/detail/nxp-usa-inc/MIMXRT1062DVJ6B/13574426?utm_adgroup=Integrated%20Circuits&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=Dynamic%20Search_EN_Product&utm_term=&utm_content=Integrated%20Circuits&utm_id=go_cmp-120565755_adg-9159612915_ad-665604606686_dsa-112117096155_dev-c_ext-_prd-_sig-Cj0KCQjwwO20BhCJARIsAAnTIVQ2-OnaX68pnkZelZ2xXjZ5M4VTPlbpMU3oq_GLBFyXMJz9-vOtZX0aAt_0EALw_wcB&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwwO20BhCJARIsAAnTIVQ2-OnaX68pnkZelZ2xXjZ5M4VTPlbpMU3oq_GLBFyXMJz9-vOtZX0aAt_0EALw_wcB)
* [Mouser](https://www.mouser.com/c/semiconductors/embedded-processors-controllers/microcontrollers-mcu/arm-microcontrollers-mcu/?m=STMicroelectronics&series=STM32F407VG)

**Conclusión costos**

El MIMXRT1062DVJ6B ofrece un costo ligeramente superior para una implementación básica de CAN en comparación con el STM32F4. Sin embargo, el MIMXRT1062DVJ6B proporciona un rendimiento superior y soporte para CAN FD, lo que puede ser beneficioso por los requisitos específicos de aplicación.

COMPARATIVA DE ECOSISTEMAS DE DESARROLLO PARA EL STM32F4 Y EL MIMXRT1062DVJ6B

**Ecosistema de Desarrollo STM32F407VG**

1. **Herramientas de Desarrollo**
   * **STM32CubeIDE**: IDE basado en Eclipse, proporciona un entorno de desarrollo integrado con soporte completo para depuración y compilación.
   * **STM32CubeMX**: Herramienta para la configuración de microcontroladores STM32 y generación de código de inicialización.
   * **KEIL MDK**: IDE de desarrollo profesional con compilador ARM y herramientas avanzadas de depuración.
   * **IAR Embedded Workbench**: IDE con compilador y depurador optimizado para aplicaciones embebidas.
2. **Bibliotecas y Middleware**
   * **STM32Cube HAL (Hardware Abstraction Layer)**: Biblioteca de abstracción de hardware que facilita el uso de periféricos.
   * **STM32 Standard Peripheral Libraries**: Librerías de bajo nivel para acceso a periféricos.
   * **CMSIS (Cortex Microcontroller Software Interface Standard)**: Conjunto de APIs estándar para programación en microcontroladores Cortex.
3. **Kits de Desarrollo y Placas**
   * **STM32 Nucleo Boards**: Placas de desarrollo versátiles y económicas con soporte para Arduino shields.
   * **Discovery Kits**: Placas con funcionalidades avanzadas, incluyendo pantallas, sensores y conectividad.
   * **Evaluation Boards**: Placas completas con todos los periféricos y interfaces expuestas para pruebas exhaustivas.
4. **Documentación y Recursos**
   * **Manuales de Referencia y Datasheets**: Documentos detallados sobre el funcionamiento interno y características del microcontrolador.
   * **Guías de Usuario y Aplicación**: Documentos que explican cómo utilizar y configurar los diferentes periféricos y características.
   * **Ejemplos de Código**: Proyectos de ejemplo para una variedad de aplicaciones y periféricos.
5. **Soporte de Comunidad**
   * **ST Community**: Foro oficial de STMicroelectronics con soporte de expertos y usuarios.
   * **STM32 Forums**: Foros independientes donde los desarrolladores comparten experiencias y soluciones.
   * **GitHub**: Repositorios con proyectos de código abierto y ejemplos.
6. **Capacitación y Cursos**
   * **MOOCs y Webinars**: Cursos online y webinars ofrecidos por ST y otros proveedores de formación.
   * **Documentación Educativa**: Recursos educativos y libros sobre programación y desarrollo con STM32.

**Ecosistema de Desarrollo MIMXRT1062DVJ6B**

1. **Herramientas de Desarrollo**
   * **MCUXpresso IDE**: Entorno de desarrollo integrado proporcionado por NXP, basado en Eclipse, con soporte completo para depuración y compilación.
   * **MCUXpresso Config Tools**: Herramienta para la configuración de microcontroladores y generación de código de inicialización.
   * **IAR Embedded Workbench**: IDE con compilador y depurador optimizado para aplicaciones embebidas.
   * **KEIL MDK**: IDE de desarrollo profesional con compilador ARM y herramientas avanzadas de depuración.
2. **Bibliotecas y Middleware**
   * **MCUXpresso SDK**: Conjunto de software development kits que incluyen drivers, middleware y ejemplos de aplicaciones.
   * **FreeRTOS**: Soporte integrado para el sistema operativo en tiempo real FreeRTOS.
   * **USB y TCP/IP Stacks**: Pilas de comunicación USB y TCP/IP para desarrollo de aplicaciones de conectividad.
3. **Kits de Desarrollo y Placas**
   * **MIMXRT1060-EVK**: Kit de evaluación completo para el MIMXRT1062, con todos los periféricos y interfaces necesarias para pruebas exhaustivas.
   * **Development Boards de Terceros**: Placas de desarrollo ofrecidas por otros fabricantes compatibles con el microcontrolador.
4. **Documentación y Recursos**
   * **Manuales de Referencia y Datasheets**: Documentos detallados sobre el funcionamiento interno y características del microcontrolador.
   * **Guías de Usuario y Aplicación**: Documentos que explican cómo utilizar y configurar los diferentes periféricos y características.
   * **Ejemplos de Código**: Proyectos de ejemplo para una variedad de aplicaciones y periféricos.
5. **Soporte de Comunidad**
   * **NXP Community**: Foro oficial de NXP con soporte de expertos y usuarios.
   * **GitHub**: Repositorios con proyectos de código abierto y ejemplos.
   * **Stack Overflow**: Comunidad activa con preguntas y respuestas relacionadas con el desarrollo en microcontroladores NXP.
6. **Capacitación y Cursos**
   * **Webinars y Seminarios**: Eventos educativos y seminarios en línea ofrecidos por NXP.
   * **Documentación Educativa**: Recursos educativos y libros sobre programación y desarrollo con microcontroladores NXP.

**Comparación de Ecosistemas**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Aspecto | STM32F407VG | MIMXRT1062DVJ6B |
| IDE Principal | STM32CubeIDE, KEIL, IAR | MCUXpresso IDE, KEIL, IAR |
| Herramientas de Configuración | STM32CubeMX | MCUXpresso Config Tools |
| SDK y Middleware | STM32Cube HAL, CMSIS | MCUXpresso SDK, FreeRTOS, USB/TCP/IP |
| Placas de Desarrollo | Nucleo Boards, Discovery Kits | MIMXRT1060-EVK, placas de terceros |
| Documentación | Completa y detallada | Completa y detallada |
| Comunidad | Amplia, activa, múltiples foros | Amplia, activa, NXP Community, GitHub |
| Capacitación | MOOCs, webinars, documentación educativa | Webinars, seminarios, documentación educativa |
| Ejemplos de Código | Abundantes y variados | Abundantes y variados |

**Conclusión comparación de ecosistemas de desarrollo**

Ambos ecosistemas de desarrollo son robustos y completos, ofreciendo una amplia gama de herramientas, bibliotecas, documentación y soporte comunitario. La elección entre el ecosistema STM32F4 y el MIMXRT1062DVJ6B dependerá de las preferencias personales del desarrollador, la experiencia previa y las necesidades específicas del proyecto. El ecosistema STM32 es muy conocido por su facilidad de uso y la abundancia de recursos educativos, mientras que el ecosistema NXP ofrece herramientas poderosas y soporte para características avanzadas como CAN FD y alto rendimiento de procesamiento.

COMPARATIVA DE CERTIFICACIONES DE DESARROLLO PARA EL STM32F4 Y EL MIMXRT1062DVJ6B

**Certificaciones y Conformidades del MIMXRT1062DVJ6B**

1. **Certificación Automotriz**
   * **AEC-Q100**: El MIMXRT1062DVJ6B no está calificado bajo AEC-Q100, que es un estándar para la fiabilidad de componentes electrónicos en aplicaciones automotrices. Sin embargo, NXP tiene otros microcontroladores en su línea que sí cumplen con esta certificación.
2. **Certificación de Seguridad Funcional**
   * **IEC 61508**: NXP proporciona productos que pueden ser utilizados en aplicaciones que requieren el cumplimiento con IEC 61508 para la seguridad funcional. Aunque el MIMXRT1062DVJ6B no está específicamente certificado, puede ser parte de un sistema que cumple con esta norma.
   * **ISO 26262**: Similar a IEC 61508, este microcontrolador puede ser utilizado en aplicaciones que necesitan cumplir con ISO 26262 para la seguridad funcional automotriz, pero no está específicamente certificado para ello.
3. **Certificación Industrial**
   * **IEC 60730**: NXP ofrece soporte para IEC 60730, que es una norma relevante para aplicaciones seguras en electrodomésticos. El MIMXRT1062DVJ6B puede ser utilizado en sistemas que necesitan cumplir con esta norma.
4. **Certificación Médica**
   * **IEC 62304**: Aunque no está específicamente certificado, el MIMXRT1062DVJ6B puede ser parte de dispositivos médicos que necesitan cumplir con la norma IEC 62304 para el software de dispositivos médicos.

**Certificaciones y Conformidades del STM32F407VG**

1. **Certificación Automotriz**
   * **AEC-Q100**: Algunos modelos de la serie STM32F4, incluidos ciertos modelos específicos, están calificados bajo AEC-Q100. Sin embargo, el STM32F407VG en particular no está certificado AEC-Q100. STMicroelectronics ofrece otros modelos dentro de la serie STM32 que sí cumplen con esta certificación.
2. **Certificación de Seguridad Funcional**
   * **IEC 61508**: La serie STM32F4 puede ser utilizada en aplicaciones que requieren cumplimiento con IEC 61508 para la seguridad funcional. Sin embargo, el STM32F407VG no está específicamente certificado para esta norma, aunque puede ser parte de un sistema que cumple con IEC 61508.
   * **ISO 26262**: Similar a IEC 61508, algunos microcontroladores de la serie STM32 están diseñados para ayudar a cumplir con la norma ISO 26262, pero el STM32F407VG en particular no tiene esta certificación explícita.
3. **Certificación Industrial**
   * **IEC 60730**: La serie STM32F4, incluido el STM32F407VG, puede ser utilizada en aplicaciones que necesitan cumplir con la norma IEC 60730 para la seguridad de electrodomésticos y aplicaciones industriales.
4. **Certificación Médica**
   * **IEC 62304**: Los microcontroladores de la serie STM32, incluidos ciertos modelos de la serie F4, pueden ser utilizados en dispositivos médicos que necesitan cumplir con IEC 62304 para el software de dispositivos médicos. El STM32F407VG puede ser parte de un sistema que cumple con esta norma, pero no está específicamente certificado.

**Comparación de Certificaciones**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Certificación | MIMXRT1062DVJ6B | STM32F407VG |
| Automotriz (AEC-Q100) | No | No (otros modelos STM32F4 sí) |
| Seguridad Funcional (IEC 61508) | No específicamente, pero puede utilizarse en sistemas que cumplen | No específicamente, pero puede utilizarse en sistemas que cumplen |
| Seguridad Funcional (ISO 26262) | No específicamente, pero puede utilizarse en sistemas que cumplen | No específicamente, pero puede utilizarse en sistemas que cumplen |
| Industrial (IEC 60730) | Puede ser utilizado en sistemas que cumplen | Puede ser utilizado en sistemas que cumplen |
| Médica (IEC 62304) | Puede ser utilizado en sistemas que cumplen | Puede ser utilizado en sistemas que cumplen |

**Conclusión comparativa de certificaciones**

Ninguno de los microcontroladores (MIMXRT1062DVJ6B y STM32F407VG) está específicamente certificado para todas las normas mencionadas, pero ambos pueden ser utilizados en sistemas que cumplen con estas certificaciones, dependiendo de la implementación y las evaluaciones adicionales realizadas por los desarrolladores. La elección entre estos microcontroladores dependerá en gran medida de otros factores como el rendimiento, los periféricos y el soporte del ecosistema, además de las certificaciones específicas requeridas para la aplicación final.

COMPARATIVA DE SEGURIDAD DE DESARROLLO PARA EL STM32F4 Y EL MIMXRT1062DVJ6B

**Características de Seguridad del MIMXRT1062DVJ6B**

1. **Arranque Seguro (Secure Boot)**
   * **Características**: Soporte para arranque seguro que asegura que solo código firmado y autorizado puede ejecutarse en el dispositivo.
   * **Beneficio**: Protege contra la ejecución de firmware no autorizado o malicioso.
2. **Almacenamiento Seguro**
   * **Flash Seguro**: Soporte para particiones seguras en memoria flash.
   * **Protección de Lectura y Escritura**: Configuración para proteger ciertas áreas de memoria de ser leídas o escritas por código no autorizado.
3. **Criptografía**
   * **Aceleradores Criptográficos**: Hardware integrado para acelerar operaciones criptográficas como AES, RSA, SHA, y ECC.
   * **Generador de Números Aleatorios (TRNG)**: Hardware que proporciona números aleatorios de alta calidad para operaciones criptográficas.
4. **Gestión de Claves**
   * **Almacenamiento Seguro de Claves**: Módulos específicos para almacenar claves criptográficas de manera segura.
   * **Generación y Gestión de Claves**: Soporte para la generación, almacenamiento y gestión segura de claves.
5. **Detección de Intrusiones**
   * **Monitores de Voltaje y Temperatura**: Detecta condiciones fuera de los parámetros normales que podrían indicar un intento de intrusión.
   * **Protección contra Manipulaciones**: Mecanismos para detectar y responder a intentos de manipulación física del dispositivo.
6. **Protección de Memoria**
   * **Unidad de Protección de Memoria (MPU)**: Configura y protege regiones de memoria contra accesos no autorizados.
   * **Códigos de Integridad**: Verificación de la integridad del código y datos almacenados en memoria.

**Características de Seguridad del STM32F407VG**

1. **Arranque Seguro (Secure Boot)**
   * **Características**: No tiene soporte nativo para arranque seguro. Sin embargo, puede ser implementado mediante software adicional y configuraciones específicas.
2. **Almacenamiento Seguro**
   * **Protección de Lectura y Escritura**: Ofrece opciones para proteger la memoria flash contra lecturas y escrituras no autorizadas mediante niveles de protección (RDP - Read Protection).
3. **Criptografía**
   * **Aceleradores Criptográficos**: Incluye aceleradores de hardware para operaciones AES y hash (SHA-1, SHA-256).
   * **Generador de Números Aleatorios (RNG)**: Hardware para generar números aleatorios, aunque es un RNG no certificado como TRNG.
4. **Gestión de Claves**
   * **Almacenamiento Seguro de Claves**: No tiene módulos específicos para el almacenamiento seguro de claves, pero las claves pueden ser protegidas mediante software.
   * **Generación y Gestión de Claves**: Las claves deben ser gestionadas y almacenadas a través de software y configuraciones adicionales.
5. **Detección de Intrusiones**
   * **Monitores de Voltaje y Temperatura**: No tiene monitores específicos para detección de intrusiones.
   * **Protección contra Manipulaciones**: Carece de mecanismos avanzados para detectar manipulación física.
6. **Protección de Memoria**
   * **Unidad de Protección de Memoria (MPU)**: Soporta configuración de MPU para proteger regiones de memoria contra accesos no autorizados.
   * **Códigos de Integridad**: Puede implementar verificaciones de integridad de código mediante software.

**Comparación de Seguridad**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Característica | MIMXRT1062DVJ6B | STM32F407VG |
| Arranque Seguro (Secure Boot) | Sí | No nativo, puede ser implementado vía software |
| Almacenamiento Seguro | Flash seguro, protección de lectura/escritura | Protección de lectura/escritura mediante RDP |
| Criptografía | Aceleradores para AES, RSA, SHA, ECC; TRNG | Aceleradores para AES, SHA; RNG no certificado |
| Gestión de Claves | Almacenamiento y gestión segura de claves | No tiene módulos específicos, depende de software |
| Detección de Intrusiones | Monitores de voltaje y temperatura, protección contra manipulación | No tiene detección avanzada de intrusiones |
| Protección de Memoria | MPU, códigos de integridad | MPU, puede implementar verificaciones de integridad vía software |

**Conclusión seguridad**

El MIMXRT1062DVJ6B de NXP ofrece un conjunto más robusto de características de seguridad en comparación con el STM32F407VG de STMicroelectronics. Incluye soporte nativo para arranque seguro, aceleradores criptográficos avanzados, almacenamiento seguro de claves y detección de intrusiones, lo que lo hace más adecuado para aplicaciones que requieren altos niveles de seguridad.

Por otro lado, el STM32F407VG ofrece algunas características básicas de seguridad como protección de memoria y aceleradores criptográficos, pero carece de soporte nativo para arranque seguro y almacenamiento seguro de claves, lo que puede requerir soluciones adicionales basadas en software para cumplir con requisitos de seguridad más estrictos.