

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
IE0624 - LABORATORIO DE
MICROCONTROLADORES

INFORME DEL LABORATORIO 5
ARDUINO NANO 33 BLE: GPIO, EDGE
IMPULSE Y TINYML

PROFESOR
MARCO VILLALTA FALLAS

JOSE DANIEL BLANCO SOLIS, B71137

III 2024

26 DE FEBRERO DE 2025

Índice

1. Introducción	3
2. Nota teórica	4
2.1. Arduino Nano 33 BLE	4
2.2. Cámara OV7675	6
2.3. Edge Impulse	6
3. Desarrollo/Análisis	7
3.1. Implementación	7
3.1.1. Captura de Datos	7
3.1.2. Generación del Modelo	7
3.1.3. Carga en el Microcontrolador	11
4. Conclusiones y Recomendaciones	12

Resumen

Este informe muestra el desarrollo e implementación un detector de uso de mascarilla utilizando el kit Arduino Nano 33 BLE junto con la cámara OV7675, para ello se capturan 20 imágenes en tres categorías: personas con mascarilla, personas sin mascarilla y escenarios sin personas, posteriormente, se diseña un modelo en Edge Impulse empleando preprocesamiento de imágenes y aprendizaje por transferencia, ajustando parámetros para su correcta implementación en el microcontrolador, el modelo se ejecuta utilizando un LED RGB para indicar los resultados de la detección: verde personas con mascarilla, rojo personas sin mascarilla y azul no se detecta un rostro.

1. Introducción

El propósito de este proyecto es desarrollar un sistema de detección de mascarillas en tiempo real basado en inteligencia artificial de borde, utilizando el kit Arduino Nano 33 BLE y la cámara OV7675, el sistema debe cumplir con ciertos requisitos fundamentales, en primer lugar, se debe recolectar un conjunto de datos compuesto por 60 imágenes divididas equitativamente entre tres categorías: con mascarilla, sin mascarilla y sin presencia humana, luego se entrena un modelo en Edge Impulse utilizando bloques de preprocesamiento de imágenes y aprendizaje por transferencia, configurando parámetros como la tasa de aprendizaje y los ciclos de entrenamiento, el modelo se implementa en el microcontrolador y se integra con el LED RGB de la placa para proporcionar indicación visual sobre la detección realizada.

2. Nota teórica

2.1. Arduino Nano 33 BLE

Es un microcontrolador de bajo consumo diseñado para aplicaciones con conectividad Bluetooth, posee un procesador ARM Cortex-M4 con una frecuencia de 64 MHz, 256 KB de memoria flash y 32 KB de RAM, cuenta con interfaces de comunicación como ADC, PWM, UART, SPI e I2C, lo que facilita la conexión con sensores y dispositivos, en cuanto a sus especificaciones eléctricas, opera a 3.3V.

En este proyecto se utilizó el nRF52840 de Nordic Semiconductor, basado en un núcleo ARM Cortex-M4 y optimizado para aplicaciones de conectividad inalámbrica, su arquitectura incluye 1 MB de memoria flash y 256 KB de RAM, además de compatibilidad con Bluetooth 5, Bluetooth Mesh y 802.15.4.

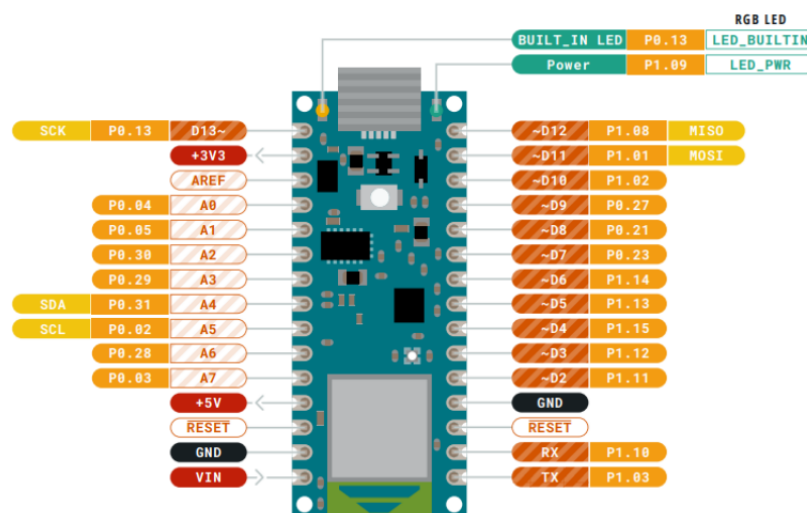


Figura 1: Diagrama del arduino Nano 33 BLE.

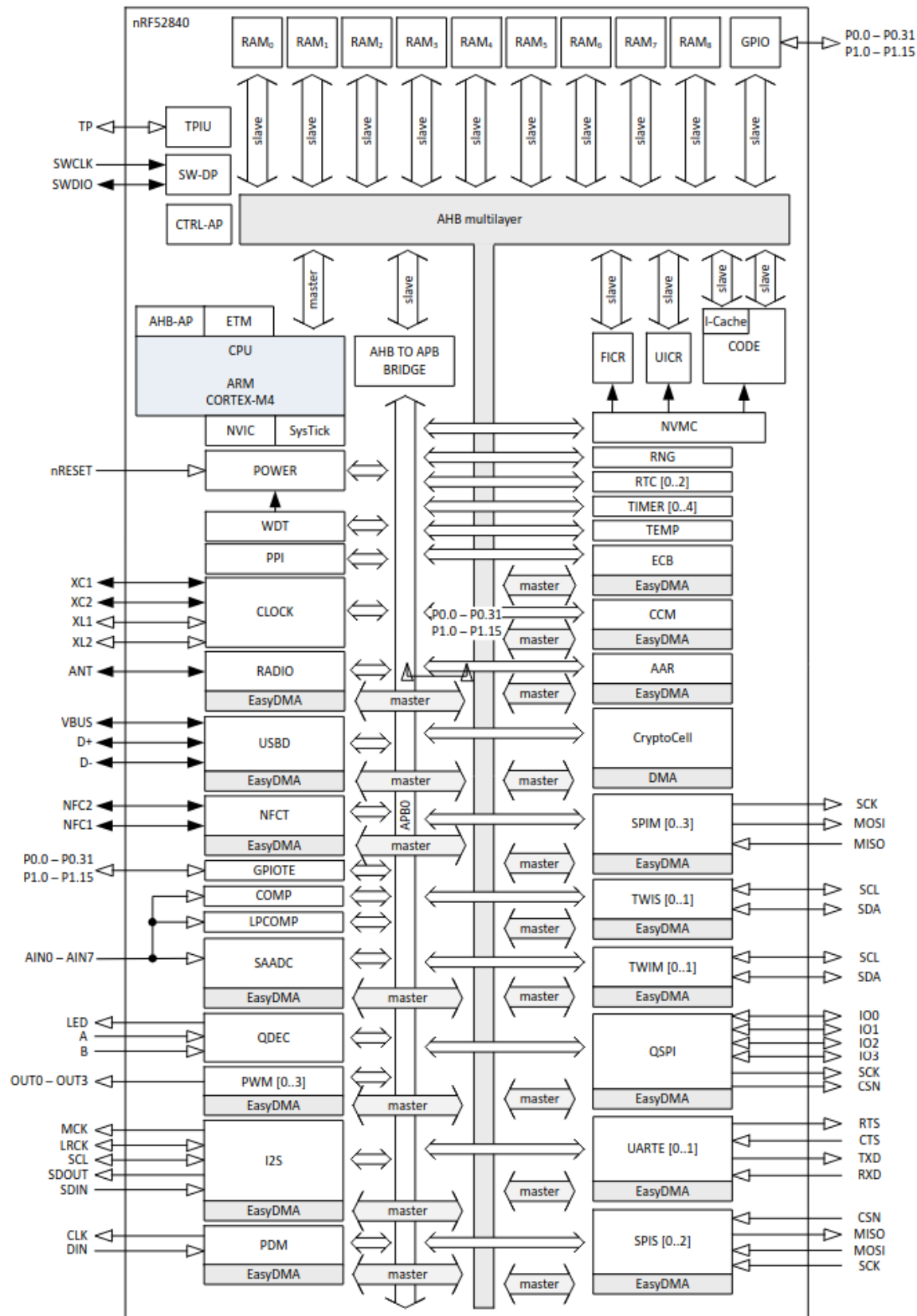


Figura 2: Diagrama de bloques del nRF52840.

2.2. Cámara OV7675

Es un sensor de imagen CMOS que ofrece una resolución de 640x480 píxeles, permitiendo la captura de imágenes en formato RGB o escala de grises, tiene gran capacidad de ajuste de exposición, balance de blancos y ganancia para diferentes condiciones de iluminación, en este caso la cámara se utiliza para capturar imágenes con y sin mascarilla, además de imágenes sin presencia humana, lo que crea la base de datos para el entrenamiento del modelo de detección.

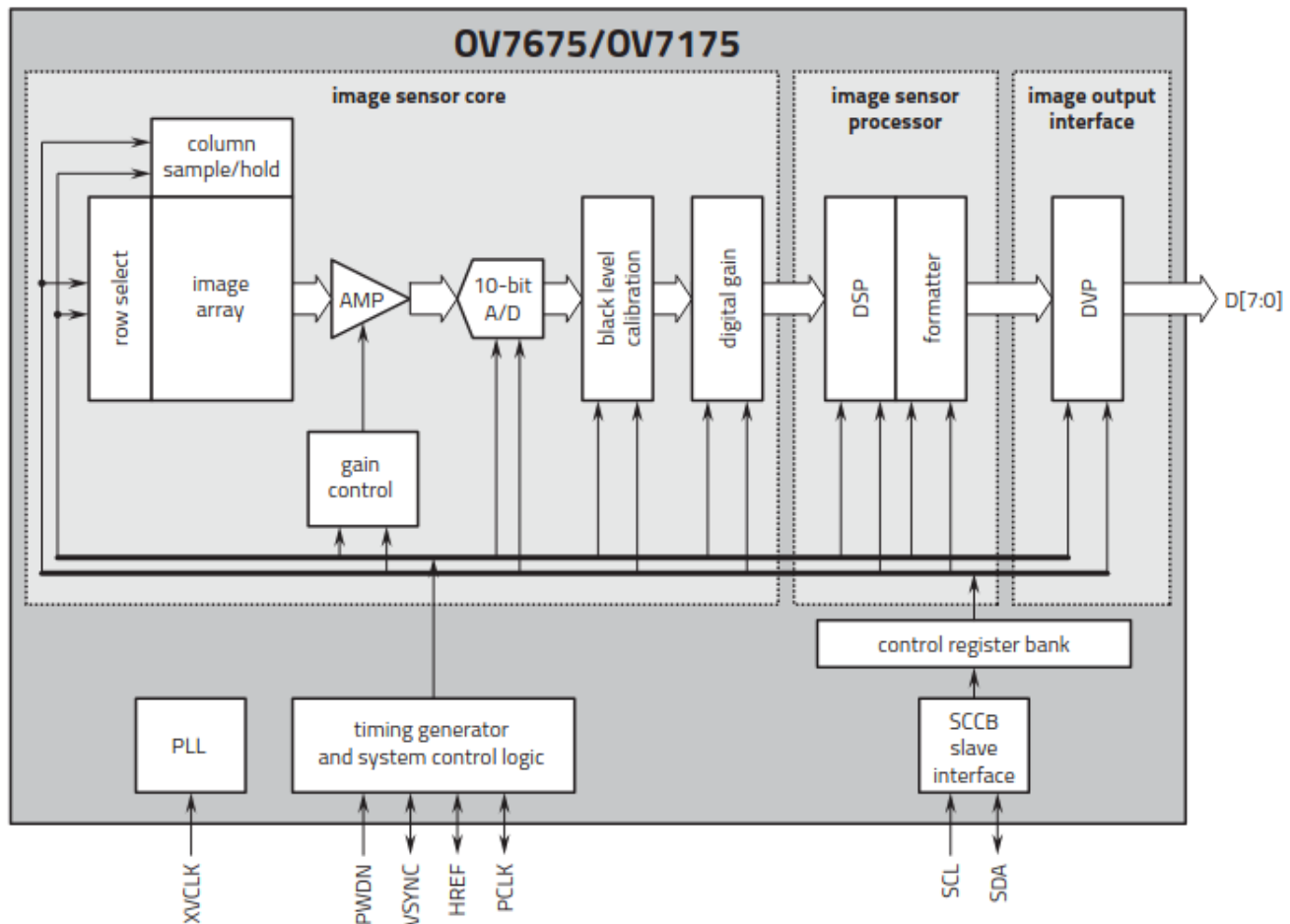


Figura 3: Diagrama de bloques de OV7675.

2.3. Edge Impulse

Es una plataforma que facilita el desarrollo e implementación de modelos de aprendizaje automático en dispositivos de borde, ofrece herramientas para el preprocesamiento de imágenes, entrenamiento mediante aprendizaje por transferencia y configuración de parámetros del modelo, como el número de ciclos de entrenamiento y la tasa de aprendizaje, permitiendo validar y probar el modelo antes de su implementación en hardware.

3. Desarrollo/Análisis

3.1. Implementación

3.1.1. Captura de Datos

Se recopilaron las imágenes necesarias para el entrenamiento del modelo con un medio externo, para asegurar la mejor calidad de datos y permitir la generación de modelos en Edge Impulse sin interrupciones y con lo mejores resultados posibles.

3.1.2. Generación del Modelo

El modelo de detección de mascarillas se entrenó en Edge Impulse utilizando un conjunto de datos de 60 imágenes distribuidas en tres categorías: con mascarilla, sin mascarilla y sin personas. Se implementó un flujo de trabajo en Edge Impulse que incluyó la selección de bloques de preprocesamiento de imágenes y aprendizaje por transferencia, configurando los parámetros de entrenamiento como la tasa de aprendizaje y el número de ciclos.

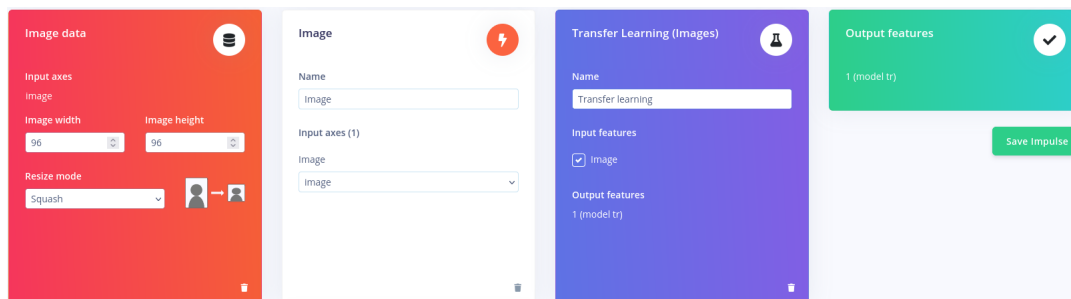


Figura 4: Impulse Design en Edge Impulse.

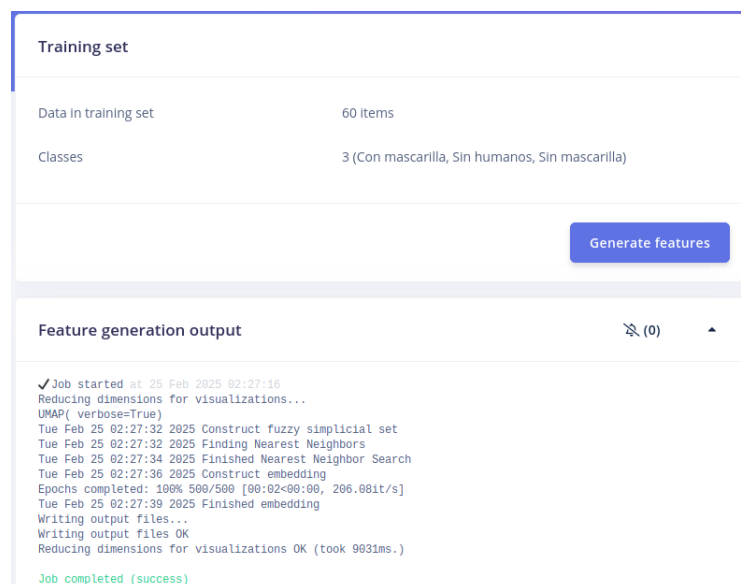


Figura 5: Generación de características.

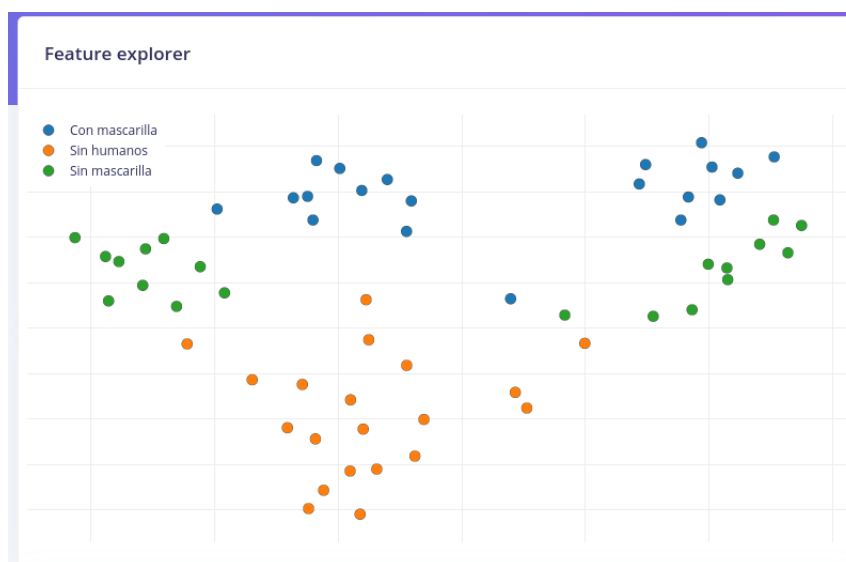


Figura 6: Características generadas.

The figure shows the 'Neural Network settings' interface. It is divided into two main sections: 'Training settings' and 'Advanced training settings'.

Training settings

- Number of training cycles: 55
- Use learned optimizer: ☐
- Learning rate: 0.005
- Training processor: CPU
- Data augmentation: ☐

Advanced training settings

- Validation set size: 35 %
- Split train/validation set on metadata key: (empty field)
- Batch size: 32
- Auto-weight classes: ☐
- Profile int8 model: ☒

Neural network architecture

- Input layer (27,648 features)

Figura 7: Neural network settings.



Figura 8: Resultados de precisión en la detección de mascarillas.

Configure your deployment

You can deploy your impulse to any device. This makes the model run without an internet connection, minimizes latency, and runs with minimal power consumption. [Read more.](#)

Search deployment options

DEFAULT DEPLOYMENT

C++ library

A portable C++ library with no external dependencies, which can be compiled with any modern C++ compiler.

MODEL OPTIMIZATIONS

Model optimizations can increase on-device performance but may reduce accuracy.

EON™ Compiler

Same accuracy, 17% less RAM, 14% less ROM.

Quantized (int8)

Select

	IMAGE	TRANSFER LEARNING	TOTAL
LATENCY	11 ms.	1,317 ms.	1,328 ms.
RAM	4.0K	334.7K	334.7K
FLASH	-	585.8K	-
ACCURACY			-

Unoptimized (float32)

Selected ✓

	IMAGE	TRANSFER LEARNING	TOTAL
LATENCY	11 ms.	15,437 ms.	15,448 ms.
RAM	4.0K	893.7K	893.7K
FLASH	-	1.6M	-
ACCURACY			-

Estimate for Nordic nRF52840 DK (Cortex-M4F 64MHz) - [Change target](#)

Build

Figura 9: Deployment.

Built C++ library

Learn how to integrate this library

Figura 10: Creación exitosa de la librería C.

Escuela de Ingeniería Eléctrica

10 de 13

Universidad de Costa Rica

3.1.3. Carga en el Microcontrolador

Una vez entrenado el modelo, se procedió a la fase de despliegue en el Arduino Nano 33 BLE, se generó una biblioteca en formato .zip en Edge Impulse que posteriormente se integró en el entorno de desarrollo de Arduino, el archivo descomprimido incluyó las carpetas necesarias para la ejecución del modelo en el microcontrolador, asegurando la correcta organización de las dependencias, para proporcionar retroalimentación visual, se implementó una Máquina de Estados Finitos (FSM) que gestiona el comportamiento del LED RGB integrado en la placa, dependiendo del resultado de la detección el LED se enciende en verde para indicar la presencia de una persona con mascarilla, en rojo si la persona no la usa y en azul cuando no se detecta ningún rostro en la imagen.

4. Conclusiones y Recomendaciones

El desarrollo del sistema de detección de mascarillas permitió explorar el uso de inteligencia artificial en dispositivos de borde al combinar hardware con técnicas avanzadas de aprendizaje automático, en este aspecto se logro la implementación exitosa, por cuestiones de tiempo aunque se logro crear un modelo eficiente, se tuvieron inconvenientes en la integración con el microcontrolador, por lo que no se obtienen una implementación totalmente completa.

Referencias

- [1] STMicroelectronics. (2024). *STM32F429xx 32b Arm Cortex-M4 MCU+FPU, 225DMIPS, up to 2MB Flash/256+4KB RAM, USB OTG HS/FS, Ethernet, 17 TIMs, 3 ADCs, 20 com. interfaces, camera & LCD-TFT Datasheet - production data*. Recuperado de <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f427vg.pdf>