



Arquitectura básica y el diseño preliminar del software MADCASE

(código: MADCASE-RS01-ARQ)

Autor:

Mg. Luis Alberto Gómez Parada

Director:

Ing. Juan Manuel Cruz (FIUBA)

Docentes:

Alejandro Permingeat; Esteban Volentini; Mariano Finochietto y Santiago Salamandri.

*Este documento fue realizado en el curso Ingeniería de Software
el 23 de noviembre de 2023, tercer bimestre.*

Índice

Introducción	4
1.1 Propósito	4
1.2 Ámbito del Sistema	4
1.3 Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas	5
1.4 Referencias	6
1.5 Módulos del sistema	6
1.6 Visión General del Documento	6
Arquitectura y diseño preliminar	7
2.1 Patrones	7
2.1.1 Patrón Arquitectura en capas	7
2.1.2 Patrón Capa de abstracción de hardware (HAL)	8
2.1.3 Observar y reaccionar	8
2.1.4 Segmentación de procesos (SP)	8
Componentes y responsabilidades.	9
3.1 Proceso observador:	10
3.2 Proceso buffer:	10
3.3 Proceso de análisis:	10
3.4 Proceso de despliegue:	11
3.5 Proceso reactor:	11
3.6 Proceso de alarma:	11
3.7 Modulo de energía:	11
Interfaces externas.	12

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
MADCASE-RS01-ARQ	Creación del documento	23 de noviembre de 2023

Introducción

1.1. Propósito

1. El presente documento (MADCASE-RS01-ARQ) proporciona un resumen de la arquitectura básica y el diseño preliminar del software denominado MADCASE.
2. Está dirigido a desarrolladores que se ocupen de implementación, así como también a quienes desarrollen el testing del software.

1.2. Ámbito del Sistema

1. Este software llevará el nombre comercial de MADCASE(Micro Administración de Datos de Calidad del Aire en Sistemas Embebidos).
2. Estará integrado a equipos de calidad de aire de MP2,5 que implementan sensores ópticos de bajo costo.

1.3. Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas

Abreviatura	Descripción
FTP	El Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP) es un estándar de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red TCP/IP, permitiendo la carga y descarga de archivos.
GPIO	(General-Purpose Input/Output): Son puertos de propósito general que pueden ser configurados como entradas o salidas para manejar señales digitales. Son versátiles y se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, como controlar LEDs, leer botones, entre otros.
I2C	Un protocolo de comunicación bidireccional, usado para conectar chips de bajo consumo en cortas distancias mediante dos líneas: datos y reloj.
IoT	Internet de las Cosas (IoT) conecta dispositivos cotidianos a Internet, permitiéndoles comunicarse y compartir datos, mejorando la eficiencia, la comodidad y el análisis de datos.
ISO 8601	Estándar internacional para la representación de fechas y horas, promoviendo la consistencia y claridad en la comunicación global, especialmente en el intercambio de datos electrónicos.
LED	Dispositivo semiconductor que emite luz visible cuando atraviesa corriente eléctrica, utilizado en señalización, iluminación y pantallas electrónicas.
MADCASE	Micro Administración de Datos de Calidad del Aire en Sistemas Embebidos es un software para microprocesadores que permite la gestión de datos de calidad del aire, enfocado en la recopilación y análisis precisos de información ambiental
MP2,5	Material Particulado Fino Respirable son micropartículas atmosféricas con un diámetro menor a 2.5 micrómetros de diámetro aerodinámico. Son peligrosas para la salud, ya que pueden penetrar en los pulmones y el torrente sanguíneo de las personas.
PWM	(Modulación por Ancho de Pulso) es una técnica para controlar la cantidad de energía entregada a un dispositivo, ajustando el ciclo de trabajo de una señal digital.
RTC	Real-Time Clock, es un reloj de computadora que mantiene un seguimiento preciso del tiempo actual, incluso cuando la energía principal está apagada, utilizando una batería independiente.
SI	El Sistema Internacional de Unidades, es un sistema de medida universal adoptado globalmente, basado en siete unidades básicas como el metro, kilogramo y segundo, para garantizar consistencia y claridad en mediciones.
SPI	Interfaz de comunicación serial síncrona de alta velocidad, usada para conectar microcontroladores con periféricos, utilizando líneas separadas para datos y reloj.
SD	tarjeta de almacenamiento pequeña y resistente, memoria, usada en dispositivos electrónicos para guardar datos como fotos y videos, con variadas capacidades y velocidades de transferencia.
UART	Protocolo de comunicación serial asíncrono, utilizado para el intercambio de datos entre dispositivos, transmitiendo datos en forma de serie.
Wi-Fi	Tecnología de red inalámbrica que permite conectar dispositivos a Internet o entre sí mediante ondas de radio, sin necesidad de cables físicos.
CND	Componente no definido

1.4. Referencias

DR01 MADCASE-RS01-REQ Especificación de requerimientos para el Software MADCASE.

DR02 MADCASE-RS01-USO Especificación de Uso del Software MADCASE

1.5. Módulos del sistema

A modo introductorio se detallan las principales módulos del sistema de monitoreo de calidad del aire en donde se implementará dicho software de administración de datos:

Muestreo de contaminantes: el sistema estará equipado con tres sensores de MP2,5 que se encargan de medir y registrar las concentraciones de partículas finas en el aire.

Cálculo de concentración: el sistema será capaz de estimar la concentración de MP2,5 promedio y su precisión, mediante procesamiento numérico estadístico. Este proceso se llevará a cabo dentro del microprocesador.

Marca temporal de mediciones: a partir de la integración los datos suministrados por el RTC, el sistema incorporará a cada dato de contaminantes, una estampa de tiempo, lo que es crucial para el análisis temporal y comparación de la calidad del aire con otros monitores.

Almacenamiento de datos: cada medición capturada por los sensores, o calculada por el microprocesador, se almacenará de manera local en un sistema de almacenamiento de datos integrado. Esto busca disminuir el riesgo de pérdida información relevante.

Transmisión de datos: el sistema incluye una funcionalidad de transmisión de datos que permite enviar las mediciones almacenadas a un servidor remoto para su posterior análisis y gestión. Esto facilita el monitoreo del equipo y la integración de los datos en redes de calidad de aire.

Gestión de Energía: El sistema es compatible con la red eléctrica y cuenta con una fuente de poder dedicada, asegurando su funcionamiento continuo y estable.

La figura 1 ilustra la forma en que los bloques de componentes del instrumento interactuarán entre sí. Se destaca la relación y flujo de información, sin profundizar en aspectos de diseño técnico.

Estos bloques forman la base operativa del sistema de monitoreo de calidad del aire, proporcionando un enfoque general para la detección y gestión de datos de MP2,5.

1.6. Visión General del Documento

1. Este documento incluye al inicio una definición de tipo de arquitectura utilizado.
2. Posteriormente se incluyen los componentes de software, sus responsabilidades e interfaces.
3. Por último, se incluye el diseño detallado de cada componente de software.

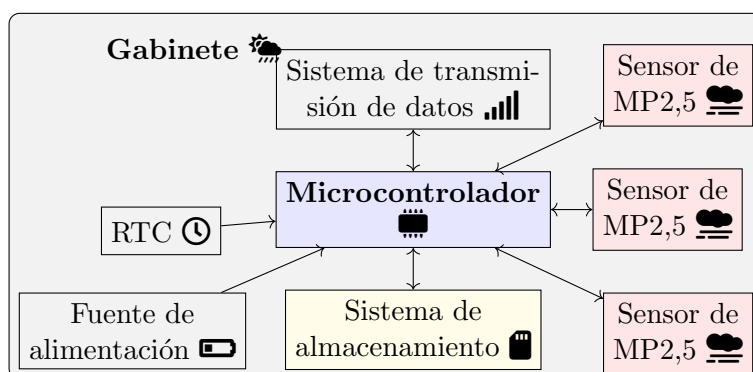


Figura 1. Arquitectura de bloques de los componentes del instrumento.

Arquitectura y diseño preliminar

2.1. Patrones

Para este software se emplearán los siguientes patrones arquitectónicos:

1. Arquitectura en capas.
2. Capa de abstracción de hardware (HAL).
3. Segmentación de procesos.
4. Observar y reaccionar.

2.1.1. Patrón Arquitectura en capas

1. Este patrón es utilizado cuando se desea separar la funcionalidad del software por niveles de abstracción.
2. En este proyecto se emplearán las siguientes capas:
 - 2.1. Capa de Aplicación
 - 2.2. Capa de Drivers
 - 2.3. Capa Abstracción de hardware (HAL)

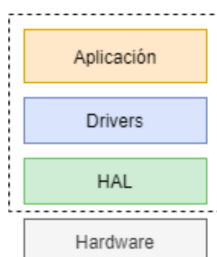


Figura 2. Patrón de arquitectura de capas, obtenido a partir de presentaciones de clases de Ingeniería de Software, CESE 2023

2.1.2. Patrón Capa de abstracción de hardware (HAL)

1. Este patrón se utilizará para abstraer el acceso al hardware.
2. Por definir debido a que no se a establecido el microcontrolador a emplear.

2.1.3. Observar y reaccionar

1. Este patrón, representado en la figura 3, permite que un conjunto de sensores sean monitoreados y su información sea procesada y desplegada de manera rutinaria. Será utilizado parte de la arquitectura central sistema.
2. Se empleará este patrón arquitectónico para la capa aplicación.



Figura 3. Patrón arquitectónico: "Observar y reaccionar" Imagen obtenida de diapositiva de la materia Ingeniería de Software.

2.1.4. Segmentación de procesos (SP)

1. Este patrón, representado en la figura 4, se usa al transformar datos de una representación a otra antes de que puedan procesarse.
2. Se implementa en la lectura de los sensores.
3. Se empleará este patrón arquitectónico dentro de la capa aplicación.
4. Se empleará este patrón en la comunicación denominada "*valores del sensor*" del patrón, observar y reaccionar.

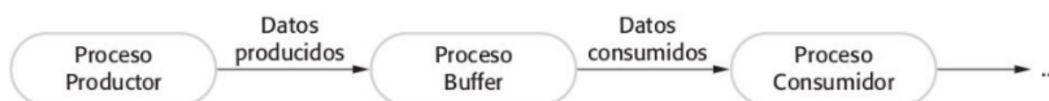


Figura 4. Patrón arquitectónico: "Segmentación de procesos" Imagen obtenida de diapositiva de la materia Ingeniería de Software.

Componentes y responsabilidades

En el desarrollo del sistema, se ha implementado una estructura basada en varios procesos interconectados, cada uno dedicado a una función específica. Esta organización permite la recolección y procesamiento de datos desde los sensores hasta su almacenamiento, ya sea en la memoria interna del instrumento o en un servidor remoto.

Los procesos mencionados se alinean con los patrones descritos anteriormente, como se ilustra en las figuras 5 y 6. Estos incluyen la observación, el buffer, el análisis, el despliegue, la alarma y el reactor.

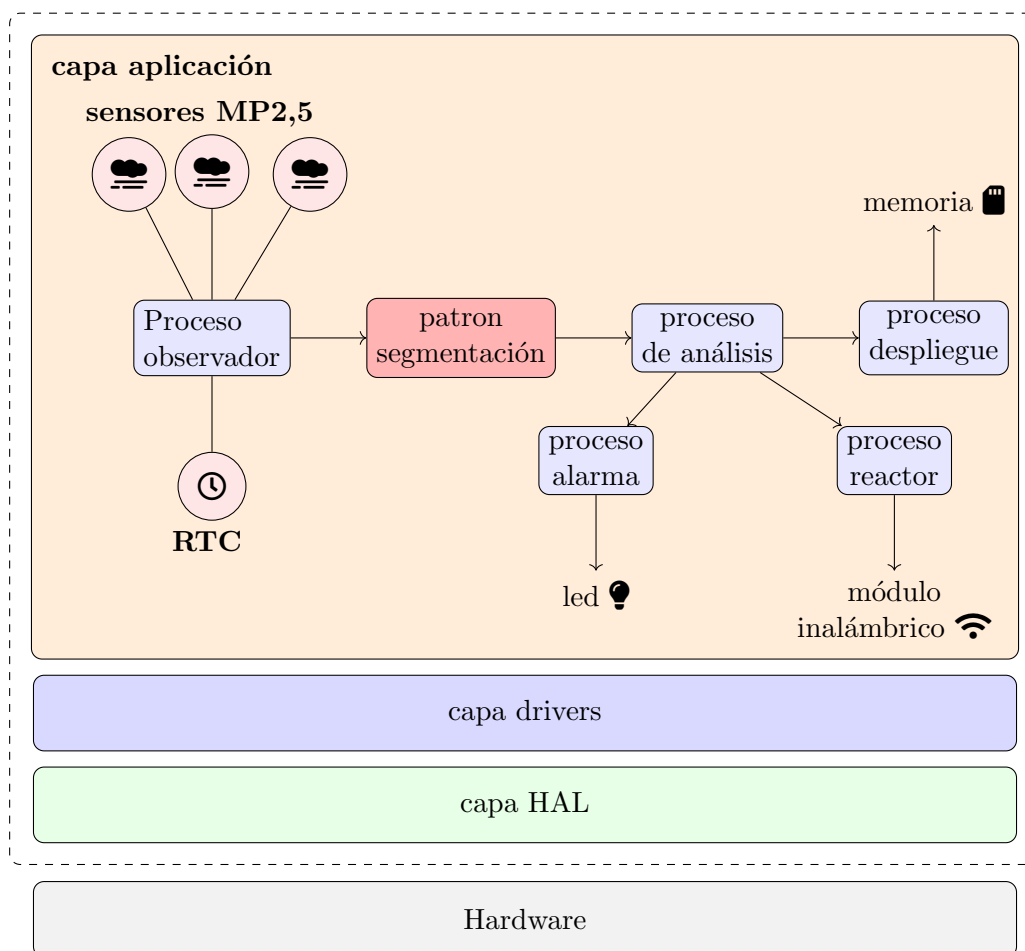


Figura 5. Arquitectura de bloques de los componentes del sistema.

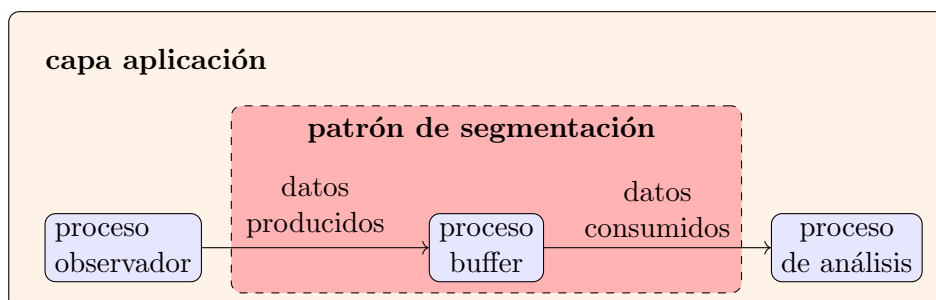


Figura 6. Detalle con el patrón de segmentación del software.

3.1. Proceso observador:

Este proceso se emplea durante la captura de datos en tiempo real, utilizando los sensores de MP2,5 y el Reloj de Tiempo Real (RTC). Su tarea esencial consiste en la recolección continua de información sobre la concentración de partículas en el aire, junto con marcas temporales para cada conjunto de datos. Posteriormente, estos datos son encaminados hacia la etapa de preprocesamiento (Proceso buffer - Segmentación de Procesos).

Responsabilidad: este proceso está encargado de solicitar y recabar datos de los sensores de MP2,5 en intervalos que pueden variar desde un minuto hasta horas, según la configuración establecida. Esta flexibilidad en la programación permite configurar la toma de muestras, adecuándose a diferentes necesidades de monitoreo y características específicas de cada sensor. Adicionalmente, el módulo se encargará de obtener del RTC y escribir en cada registro una marca temporal del dato. Una vez recolectados, estos datos son transmitidos al siguiente eslabón en el proceso, el “*proceso buffer*”, para su posterior tratamiento.

3.2. Proceso buffer:

Este proceso, parte del patrón de segmentación, alberga el Proceso de Buffer, cuya función esencial es la transformación de datos para su análisis posterior.

Responsabilidad: Dentro de este segmento, los datos recibidos del “Proceso Observador” son sometidos a un proceso de formateo y pre-validación, seguido de un almacenamiento temporal en el Proceso Buffer. Tras este paso, los datos son transferidos al Proceso Consumidor, o Proceso de Análisis, donde se realiza el procesamiento numérico de los mismos. El Proceso de Buffer mantiene los datos almacenados durante un periodo de 10 minutos para datos de alta frecuencia, 60 minutos para promedios horarios y hasta 24 horas para promedios diarios. Un ejemplo de la estructura de datos almacenados en el buffer se presenta en la siguiente tabla:

ID EQUIPO	ID SENSOR	DÍA HORA	[MP2,5]
INT	INT	AAAAMMDD HHMM	FLOAT

3.3. Proceso de análisis:

Se encarga de recibir de datos del buffer, procesarlos y enviarlos, a los procesos: despliegue, reactor y alarma, para su posterior almacenamiento local (memoria SD), servidor externo en Linux (mediante protocolo FTP o similar) y secuencia de parpadeo de un led, respectivamente.

Responsabilidad: proceso encargado del procesamiento de los datos. Incluye la realización de, corrección de la concentración de entrada con los parámetros de calibración, cálculos estadísticos para la estimación de los valores centrales y de dispersión de MP2,5, de los sensores y para un determinado espacio de tiempo (10 minutos, 1 hora y 24 horas). Estos datos nos permitirán estimar una medida de la precisión y exactitud de los datos y permitir aquellos valores que se alejen significativamente del valor central.

Con ello se generarán valores de confianza del dato o la generación de alarmas que permitan identificar posibles fallos en alguno de los sensores.

3.4. Proceso de despliegue:

Este proceso tiene la responsabilidad clave de gestionar el almacenamiento de datos en una memoria local SD. Recibe datos del “proceso de análisis” y envía los datos al SD.

Responsabilidad: el subsistema está diseñado para garantizar que toda la información crítica se almacene de forma estructurada, facilitando su acceso y análisis posterior por parte de los usuarios. Se encarga de la creación y actualización de archivos que contienen datos temporales en intervalos de 10 minutos, 1 hora y 1 día. Además, es responsable de generar y actualizar las cabeceras de cada archivo, las cuales incluyen metadatos fundamentales que permiten identificar el origen y las características de los datos almacenados. Este enfoque asegura la integridad y la organización de los datos, lo cual es esencial para su interpretación y uso.

3.5. Proceso reactor:

Este proceso gestiona la comunicación de datos hacia el exterior, entre los procesos de análisis y un módulo Wi-Fi, lo que permitirá conectarse con un servidor externo.

Responsabilidad: enviar los datos procesados y almacenados a hacia un módulo Wi-Fi. Este proceso debe ser capaz de gestionar un dispositivo de conexión a internet inalámbrica (no definido). Leer y gestionar un archivo de configuración de internet y manejar un protocolo de comunicación como FTP o similar para el envío de datos hacia el servidor. El dispositivo serán encargado de enviar hacia el servidor externo los paquetes de datos que contienen los archivos temporales en intervalos de 10 minutos, 1 hora y 1 día. Además, este proceso es responsable de generar y actualizar las cabeceras de cada archivo, las cuales incluyen metadatos fundamentales que permiten identificar el origen y las características de los datos generados.

3.6. Proceso de alarma:

Permite comunicación de códigos de alarma (fallos) entre el sistema y un led visible para el usuario. Este proceso permite identificar posibles fallas y estados de funcionamiento de los sensores y del sistema en general.

Responsabilidad: permite transformar los distintos códigos a frecuencias de parpadeo de led indicando el estado de funcionamiento básico del instrumento.

3.7. Modulo de energía:

Este subproceso encargado de proveer y gestionar la fuente de energía para todos los componentes del sistema.

Responsabilidad: su función principal es garantizar la operación ininterrumpida del sistema, gestionando la conmutación de la fuente de energía. Ante un corte en el suministro eléctrico estándar de 220V, activa automáticamente una batería eléctrica como fuente de alimentación alternativa. Además, implementa un modo de bajo consumo que reduce significativamente el uso de energía hasta que se restablece la fuente principal de electricidad. Este enfoque mejora una operación continua y eficiente del sistema, adaptándose a variaciones o interrupciones en el suministro de energía durante tiempo limitado.

Interfaces externas

A continuación se indican los componentes e interfaces con sensores externos:

Sensores MP2,5: Esta parte se enfoca en los sensores dedicados a la generación de datos de concentración de MP2,5.

Responsabilidad: Estos sensores son manejados por el módulo Proceso Observador. El protocolo de comunicación empleado para la interacción con estos sensores se selecciona sobre la base de sus características específicas de cada componente. Por ejemplo, se pueden utilizar protocolos como UART o PWM, que son comunes para la transmisión de datos de concentración de partículas. Esta configuración permite una recopilación de las mediciones MP2,5. [CND].

RTC: Esta sección describe el uso del RTC para la captura precisa de datos temporales.

Responsabilidad: La gestión del RTC se lleva a cabo dentro del módulo Proceso Observador. El protocolo de comunicación utilizado para interactuar con el RTC se elige en función de las características del sensor de MP2,5. Por ejemplo, se podría utilizar el protocolo I2C, que es adecuado para la transmisión de datos temporales y la sincronización de tiempo en el sistema. Este enfoque permite incorporar una marca temporal de los datos recogidos desde los sensores de MP2,5, lo cual es crucial para el análisis y la correlación de datos en el sistema. [CND].

Almacenamiento dispositivo SD: Este elemento aborda la integración del módulo de memoria y los dispositivos de almacenamiento de datos tipo SD.

Responsabilidad: El Módulo de Despliegue se encarga de administrar el funcionamiento de estos dispositivos de almacenamiento. Se emplea un protocolo de comunicación SPI para la interacción entre el sistema y el módulo de memoria SD. Este protocolo facilita un intercambio de datos, esencial para operaciones de escritura en la tarjeta SD [CND].

Módulo inalámbrico: Esta sección se centra en la comunicación que establece el proceso reactor con un módulo de comunicación inalámbrica, como la placa Wi-Fi, que son utilizados para la transmisión de datos a un servidor externo por internet.

Responsabilidad: El “módulo reactor” estará encargado de la configuración de la conexión y en la transmisión de datos a través de internet. Se emplean protocolos como FTP o similares para facilitar esta transferencia de datos a un servidor. Además, la comunicación entre el proceso reactor y el módulo de comunicación inalámbrica será a través protocolo de comunicación UART. Esta configuración permite una transferencia de datos hacia el servidor remoto vía internet. [CND]

Señal LED: Este componente se encarga de controlar un LED mediante señales binarias, haciendo que parpadee según códigos preestablecidos. Esta funcionalidad es parte del proceso de alarma, que gestiona esta forma de comunicación básica visual.

Responsabilidad: El sistema utiliza un protocolo de comunicación PWM implementado sobre un GPIO configurado para escritura. Este método permite transmitir señales de alerta o estado a través del parpadeo del LED, ofreciendo una manera visual e inmediata de indicar diferentes condiciones o alertas del sistema. [CND]

Gestión de energía: módulo de Gestión de Energía emplea GPIO configurado en modo de lectura, encargado de supervisar la fuente de alimentación. Este mecanismo es esencial para controlar la conmutación de la fuente de energía y para activar el modo de bajo consumo cuando se requiera.

Responsabilidad: Adicionalmente, se incluye un módulo de energía dedicado a la monitorización. La comunicación dentro de este sistema se realiza a través del estado binario de un GPIO configurado en modo lectura. Esta configuración es clave para mantener el sistema operativo bajo condiciones óptimas de energía, asegurando una gestión eficaz y una respuesta adecuada ante variaciones en el suministro eléctrico. [CND]