Control Digital + VA en elaboración de artículos prefabricados.

Nelson Humberto Zambrano Cortés, Miguel Antonio Arévalo

RESUMEN:

El presente documento describe el diseño y la arquitectura de un sistema de automatización integral para un proceso de producción que involucra una marmita de mezclado y una banda transportadora. El objetivo principal es desarrollar una solución robusta, modular y tecnológicamente avanzada, centrada en un PLC Siemens como unidad de control principal, y una HMI Siemens KTP para la supervisión y parametrización del proceso.

La arquitectura del sistema se centra en un PLC Siemens, que actúa como el cerebro de la operación. Este PLC se comunica con variadores de frecuencia (VFDs) para gobernar los motores de la marmita y de la banda. Esta conexión permite un control preciso de la velocidad y el par de los motores. Para la interacción humana, se ha incorporado un panel HMI KTP, que permite a los operadores supervisar el estado del proceso, ajustar parámetros clave (como tiempos de mezcla y velocidades) y gestionar los modos de operación (Automático/Manual).

Un componente distintivo de este diseño es la integración de un sistema de visión basado en una Raspberry Pi con una Pi Cam. En lugar de un sensor de nivel tradicional, la RPi procesa la imagen de la marmita para determinar si el producto ha alcanzado el nivel deseado. Esta solución de "visión artificial" simplifica la arquitectura física y añade inteligencia al proceso. La comunicación entre la RPi y el PLC se ha resuelto de manera eficiente y robusta: la RPi activa un relé físico, que a su vez entrega una señal de entrada digital (un "1" o "0" binario) al PLC, traduciendo un análisis de imagen complejo en una señal de control simple y determinista.

Conceptualmente, el proyecto se ha estructurado siguiendo una analogía con el modelo "Layer-of-Thought" (LOT). Esta filosofía de diseño jerárquico, tomada de los principios de IA y similar al Modelo Purdue, organiza el sistema en capas claras. La Capa 0 (Física) es el hardware (motores, producto). La Capa 1 (Control) es el PLC S7-1500, que ejecuta la secuencia de control determinista (un "Chain-of-Thought" o lógica secuencial). La Capa 2 (Supervisión) es la HMI, que impone las restricciones y parámetros (ej. Tiempo de Mezcla = 5 min) sobre la Capa 1. Finalmente, la Capa 3 (Visión/Análisis) es la Raspberry Pi, que actúa como un co-procesador para traducir datos no estructurados (imágenes) en hechos procesables para la Capa 1. Esta arquitectura por capas asegura un diseño modular, escalable y fácil de depurar.

En la práctica, el flujo de trabajo es el siguiente: el operador inicia el ciclo desde la HMI (Capa 2). El PLC (Capa 1) activa la banda transportadora. La Raspberry Pi (Capa 3) monitorea visualmente la marmita. Cuando la RPi detecta que el nivel es correcto, envía su señal binaria. El PLC (Capa 1) recibe esta señal, detiene la banda transportadora e inicia el motor del mezclador.

El mezclador funcionará según las restricciones de tiempo y velocidad definidas en la HMI (Capa 2). Una vez completado el tiempo de mezcla, el sistema se detiene y queda listo para el siguiente ciclo. Este diseño cumple con el objetivo de crear un sistema automatizado, inteligente y cohesivo.

PALABRAS CLAVES:

PLC, SCADA, Visión Artificial, Procesamiento de Imágenes, Control Secuencial, Modelo Purdue, Industria 4.0

Conclusiones:

El presente proyecto se diseñó para responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo puede un sistema de control industrial de alta gama integrar de forma robusta una plataforma de visión artificial de bajo costo para resolver una tarea de detección de nivel, y de qué manera un modelo conceptual como "Layer-of-Thought" (LOT) valida esta arquitectura híbrida?

El desarrollo del proyecto ha permitido validar los objetivos de diseño y responder afirmativamente a la pregunta de investigación planteada. Los hallazgos principales se pueden resumir en dos áreas clave: la integración de hardware/software y la validación de la arquitectura conceptual.

Una integración Exitosa de Tecnologías IT/OT donde el principal hallazgo del proyecto es la demostración de una integración entre el mundo de la Tecnología de Operación (OT) y la Tecnología de la Información (IT). Se ha comprobado que un dispositivo de bajo costo como la Raspberry Pi 4 puede ejecutar eficazmente tareas de visión artificial (detección de nivel) que tradicionalmente requerirían sensores especializados.

El desafío de la comunicación se resolvió de manera pragmática y determinista: el uso de un relé físico para traducir el análisis complejo de la RPi en una señal digital binaria (un “1” o “0”) para el PLC S7-1500. Esta solución, aunque simple, garantiza la robustez, la fiabilidad en tiempo real y la separación de dominios que exige el control industrial, cumpliendo el objetivo de crear un sistema tecnológicamente avanzado pero fiable.

Se ha logrado la validación de la Arquitectura Jerárquica (LOT), el segundo hallazgo clave es la validación del modelo conceptual “Layer-of-Thought” (LOT) como un marco de diseño eficaz para sistemas híbridos. La analogía con esta arquitectura jerárquica no fue meramente teórica, sino que demostró su valor práctico al definir claramente el rol de cada componente. La Raspberry Pi no intenta ser un controlador (Capa 1), sino un co-procesador de análisis (Capa 3) que entrega un hecho procesable. El PLC (Capa 1) no se sobrecarga con procesamiento de imágenes, sino que se enfoca en su fortaleza: la lógica secuencial determinista.

La HMI (Capa 2) actúa eficazmente como la capa de restricciones que parametriza la secuencia. Este modelo resultó fundamental para lograr un diseño modular, escalable y fácil de depurar, donde cada “capa” tiene una responsabilidad única



Conclusiones:

El presente proyecto se diseñó para responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo puede un sistema de control industrial de alta gama integrar de forma robusta una plataforma de visión artificial de bajo costo para resolver una tarea de detección de nivel, y de qué manera un modelo conceptual como "Layer-of-Thought" (LOT) valida esta arquitectura híbrida?

El desarrollo del proyecto ha permitido validar los objetivos de diseño y responder afirmativamente a la pregunta de investigación planteada. Los hallazgos principales se pueden resumir en dos áreas clave: la integración de hardware/software y la validación de la arquitectura conceptual.

Una integración Exitosa de Tecnologías IT/OT donde el principal hallazgo del proyecto es la demostración de una integración entre el mundo de la Tecnología de Operación (OT) y la Tecnología de la Información (IT).

Se ha comprobado que un dispositivo de bajo costo como la Raspberry Pi 4 puede ejecutar eficazmente tareas de visión artificial (detección de nivel) que tradicionalmente requerirían sensores especializados.

El desafío de la comunicación se resolvió de manera pragmática y determinista: el uso de un relé físico para traducir el análisis complejo de la RPi en una señal digital binaria (un "1" o "0") para el PLC S7-1500. Esta solución, aunque simple, garantiza la robustez, la fiabilidad en tiempo real y la separación de dominios que exige el control industrial, cumpliendo el objetivo de crear un sistema tecnológicamente avanzado pero fiable.

Se ha logrado la validación de la Arquitectura Jerárquica (LOT), el segundo hallazgo clave es la validación del modelo conceptual "Layer-of-Thought" (LOT) como un marco de diseño eficaz para sistemas híbridos.

La analogía con esta arquitectura jerárquica no fue meramente teórica, sino que demostró su valor práctico al definir claramente el rol de cada componente. La Raspberry Pi no intenta ser un controlador (Capa 1), sino un co-procesador de análisis (Capa 3) que entrega un hecho procesable. El PLC (Capa 1) no se sobrecarga con procesamiento de imágenes, sino que se enfoca en su fortaleza: la lógica secuencial determinista. La HMI (Capa 2) actúa eficazmente como la capa de restricciones que parametriza la secuencia. Este modelo resultó fundamental para lograr un diseño modular, escalable y fácil de depurar, donde cada "capa" tiene una responsabilidad única.

BIBLIOGRAFIA:

Alcántara, H. C. P., Trejo, R. C. G., Urbano, J. A., & Rosales, I. B. Sistema de visión artificial para la clasificación de elementos controlado por raspberry-pi. AVANCES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA APLICADA, 438.

Bernal, J. F. P., Cuevas, J. J., Rubio, R. R., Pérez, R. R., & Rodríguez, L. E. (2021). Desarrollo de Sistema con PLC Logo 8 Siemens, Raspberry Pi4 y ESP8266-12E. Difu100ci@, Revista de difusión científica, ingeniería y tecnologías, 15(3), 17-25.

Castro Serrano, O. D. (2020). Diseño De Un Prototipo Automatizado Para La Mejora Del Mezclado De Mortero De Cemento En La Construcción De Inmuebles (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma del Caribe).

Fernández Lojano, W. A., & Idrovo Vazconez, D. F. (2024). Desarrollo de un sistema de monitoreo y control remoto para un variador de frecuencia Delta integrado a un PLC S7-1200 de Siemens por medio de una pasarela Inteligente basado en Raspberry Pi (Bachelor's thesis).

SERRANO-RAMÍREZ, T., LOZANO-RINCÓN, N. D. C., NAVA, A., & SÁMANO-FLORES, Y. J. (2021). Artificial vision system for object classification in real time using Raspberry Pi and a Web camera Sistema de visión artificial para clasificación de objetos en tiempo real usando Raspberry Pi y una cámara web. Journal of Information, 5(13), 20-25.