

# Registrador industrial con soporte de placas periféricas

Rafael B. Oliva

Area Energias Alternativas

Instituto de Tecnología Aplicada UNPA-UARG y LyR Ing.

Rio Gallegos, Argentina

roliva@uarg.unpa.edu.ar / roliva@lyr-ing.com

**Abstract**—Este trabajo presenta el desarrollo del Firmware de una placa prototipo CL3 con un microcontrolador STM de 32 bits, que mantiene el formato de una placa existente CL2 con controlador de 8 bits, aplicada desde 2010 en relevamiento de sistemas de energía renovable de baja potencia. Basado en los resultados de los sistemas anteriores CL2 se busca con este desarrollo cubrir requerimientos mayores y abrir la posibilidad de utilizarlo en proyectos mas complejos, manteniendo la compatibilidad con placas periféricas existentes. Fue realizado como trabajo final en la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos de FIUBA en 2019.

**Index Terms**—firmware, registrador industrial, microcontrolador

## I. Introducción

Los equipos de registro de variables tienen un amplio espectro de costos, desde equipos de gran sofisticación y costo hasta sistemas de muy bajo costo para aplicaciones de hobby u hogareñas. La oferta en sistemas de costo medio con prestaciones industriales o semi-industriales, para aplicaciones de registro de variables o de control en entornos no extremos es bastante restringida. En este tipo de sistemas, en general para series pequeñas se percibió una demanda insatisfecha, que es viable desarrollar localmente.

El objeto del presente proyecto fue insertarse en ese nicho a través del desarrollo del Firmware de una placa denominada CL3 (cuyo diseño se inició en 2016) que migra desde una versión previa CL2 [1] de arquitectura AVR [2] a una versión ARM-Cortex M4F de 32 bits, manteniendo características del formato físico anterior, la capacidad de acceso a tarjetas SD industriales e interfase RS485. Se buscó lograr una expansión de las capacidades de cómputo y rendimiento, que dicho Firmware tenga características de facilidad de uso con un enfoque similar a la sAPI (simple Application Programming Interface [3]) desarrollada para la CIAA [4], y a la vez que resuelva las limitaciones encontradas en las placas CL2 de 8 bits. Para el desarrollo con el nuevo controlador de la línea STM32 [5] se utilizó como modelo la sAPI de la CIAA, adoptando las bibliotecas LL (de bajo nivel) provistas por el fabricante ST [6], para ofrecer al usuario una interfase intuitiva y sencilla. El proyecto se inició con pocos módulos

y en modalidad bare-metal únicamente, y luego incorporó la utilización del sistema operativo abierto FreeRTOS [7]. Esto facilitó el desarrollo y mejoró su portabilidad. Se realizó además la implementación de un sistema demostrativo con una de las placas periféricas existentes cuya estructura y ensayos se explican brevemente. El desarrollo completo y la presentación se encuentran disponibles en [8].

## II. Hardware

### A. Características

Durante 2017 e inicios de 2018 se avanzó con el desarrollo de la placa CPU denominada CL3 basada en procesador STM32F411RE para el reemplazo de los sistemas existentes de 8 bits. El objetivo fue lograr mayor velocidad de operación y capacidad de memoria, y menor consumo, a la vez manteniendo la compatibilidad mecánica y de ubicación de componentes en los tableros existentes. Los displays previstos fueron los LCD alfanuméricos tradicionales y se agregaron gráficos de interfase SPI (ej ILI9341). Se mantuvo la conexión a un teclado de membrana de 4 contactos, y un oscilador compensado TCXO (Temperature Controlled Xtal Oscillator) para el RTC interno del controlador (Figura 1).

### B. Integración del Hardware y firmware de base

El desarrollo del hardware fue realizado en cooperación con el Ing. Leonardo Garberoglio [9] (UTN-FRSC / GADIB), y los primeros prototipos fueron recibidos en abril de 2018. El fabricante ST provee una herramienta libre de inicialización de periféricos (CubeMX32 [10]) que permite de forma gráfica obtener una versión inicial del código para configurar y activar los periféricos del uC, con un significativo ahorro de tiempo de desarrollo. En conjunto con empresas externas ofrecen además herramientas IDE gratuitas sin límite de código basadas en Eclipse (la utilizada fue AC6 System Workbench [11]), y las mencionadas librerías de nivel bajo STM32F4 LL o Low Level e intermedio STM32F4 HAL (Hardware Abstraction Layer).

Componentes CL3

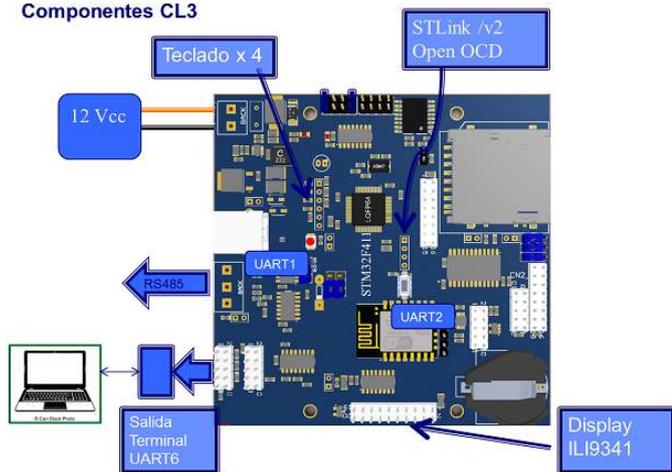


Fig. 1. Componentes de placa CL3.

Diagrama de capas sAPI-3C

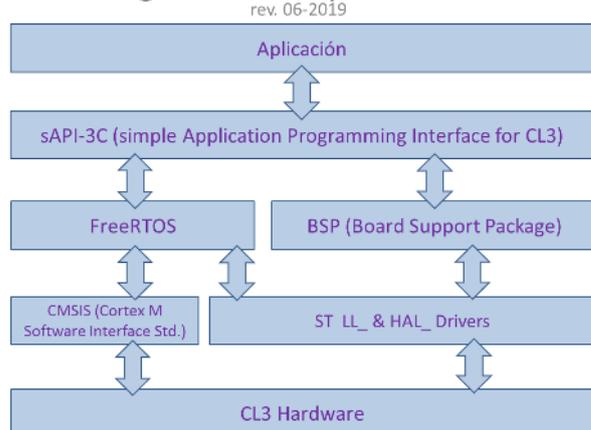


Fig. 2. Modelo de Firmware CL3.

### III. Modelo del firmware y capas

En lo siguiente se describe el modelo de firmware adoptado y su distribución en capas.

#### A. Descripción del modelo y diagramas

El sistema de librerías para el firmware de las placas CL3 denominado sAPI-3C tiene los contenidos ya indicados en la Figura 2, que guardan similitud con la sAPI original. La capa superior se denomina de Aplicación y es la que programa el usuario. En el extremo inferior del diagrama se encuentra el Hardware, que desde el punto de vista del programador son registros y zonas de memoria destinados al control de los submódulos (ej SDIO, RTC, SPI1) del STM32F411. Dada la complejidad y capacidades integradas en el microcontrolador Cortex M4F, se vuelve muy importante el agregado de capas intermedias. Por encima del Hardware se ubican la capa CMSIS, estándar producido por ARM, y la capa de drivers de ST. Estos drivers son rutinas de software que se indican como LL (Low Level), con manejo casi directo del Hardware, y HAL (Hardware Abstraction Layer), nivel superior de abstracción. Estos últimos se utilizan en forma predominante en los periféricos más complejos como USB, aunque con restricciones pueden utilizarse en forma conjunta.

#### B. Interfase con el usuario

En el nivel superior siguiente se ubican en un recuadro los módulos denominados middleware o de firmware intermedio, que pueden utilizarse con muchas plataformas distintas de hardware. Tal el caso del sistema operativo de tiempo real FreeRTOS, cuya aplicación para CL3 se utiliza en los ejemplos de implementación, y el sistema abierto de archivos FATFS [12] que permite implementar la interfase a tarjetas SD. Por encima de eso, la sAPI-3C implementa funciones de alto nivel que constituyen un auxiliar para el programador, que interactúa con ellas y el middleware

para crear aplicaciones en forma más intuitiva, lo cual redundará en mayor confiabilidad y mantenibilidad de los sistemas.

### IV. Ensayos

Los ensayos más simples sobre las bibliotecas sAPI-3C se realizaron en secuencia, partiendo de aplicaciones bare-metal y luego incorporando FreeRTOS, utilizando elementos de una biblioteca abierta para el Display gráfico ILI9341 [13]. En la Figura 3 se muestra el ensayo incorporando comunicación interna via RS485 con una placa periférica METEO (conectado a único sensor de dirección de viento, a modo demostrativo), acceso vía terminal a 19200 baud y uso de display ILI9341 conectado a la interfase SPI1, más interfase de teclado de membrana. Los contenidos de las bibliotecas y los ejemplos de ensayo se encuentran disponibles en [14].



Fig. 3. Ensayo de CL3 con Display, teclado y unidad METEO.

### Agradecimientos

El autor agradece al Laboratorio de Sistemas Embebidos de FIUBA y a la Universidad Nacional de la Patagonia Austral.

## Referencias

- [1] Placa CL2 (2010) [http://www.lyr-ing.com/Embedded/LyRAVR\\_CySp.htm](http://www.lyr-ing.com/Embedded/LyRAVR_CySp.htm)
- [2] Atmel AVR ATmega1284P (2019) <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATMEGA1284P>
- [3] Pernia, E., sAPI (simple Application Program Interface) (2017) <https://github.com/epernia/sAPI>
- [4] CIAA, Computadora Industrial Abierta Argentina (2014) <http://www.proyecto-ciaa.com.ar/>
- [5] Microcontrolador STM32F411 (2017) <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f411re.html>
- [6] STM32CubeF4 LL Libraries (2018) <https://github.com/STMicroelectronics/STM32CubeF4>
- [7] FreeRTOS - AWS (2018) <https://www.freertos.org/>
- [8] Presentacion Trabajos Finales CESE 7ma Coh.(08-2019) <http://laboratorios.fi.uba.ar/lse/tesis.html#Especializacion>
- [9] L.Garberoglio, R.Oliva, Avances en migración a 32 bits de una placa controladora orientada a mediciones industriales, Congreso Argentino de Sistemas Embebidos CASE 2017: Libro de Trabajos en modalidad Foro Tecnológico - ISBN 978-987-46297-3-9, pp. 90-95
- [10] CubeMX32 (2018) <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubemx.html>
- [11] AC6 System Workbench (2016) [https://www.ac6-tools.com/content.php/content\\_SW4MCU/lang\\_en\\_GB.xphp](https://www.ac6-tools.com/content.php/content_SW4MCU/lang_en_GB.xphp)
- [12] ELM-Chan FAT FS [http://elm-chan.org/fsw/ff/00index\\_e.html](http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html)
- [13] Biblioteca grafica STM32 Afiskon (2018), <https://github.com/afiskon/stm32-ili9341>
- [14] Ejemplos CL3 para AC6-STM32 (2019), [https://github.com/rafaeloliva/CESE\\_TrabFinal2019](https://github.com/rafaeloliva/CESE_TrabFinal2019)