


# **Lider.ar: Laboratorio Integral de Dispositivos Embebidos de Acceso Remoto**

Emulador de entrada/salida eléctrica de baja  
velocidad


Especificación de sistema/subsistema



2021


	<b>Especificación de sistema/subsistema</b> Emulador de entrada-salida eléctrica de baja velocidad	Página 2 de 10
---	---	----------------

<b>Historial de revisiones</b>	<b>3</b>
<b>Introducción</b>	<b>4</b>
<b>Generalidades</b>	<b>4</b>
<b>Especificaciones</b>	<b>4</b>
<b>Firmware</b>	<b>4</b>
Funcionalidad señales analógicas y digitales	4
Funcionalidad puertos de comunicación	5
<b>Bus serie virtual</b>	<b>5</b>
Conexión virtual punto a punto	5
Conexión virtual punto multipunto	6
<b>Hardware</b>	<b>6</b>
Núcleo	6
Puerto de control	6
Salidas analógicas	7
Protecciones	7
Adaptación eléctrica	7
Alimentación	7
Fin de vida	7
Características mecánicas y constructivas	7
<b>Entregables</b>	<b>8</b>
<b>Ensayos</b>	<b>8</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>9</b>

	<b>Especificación de sistema/subsistema</b>	Página 3 de 10
	Emulador de entrada-salida eléctrica de baja velocidad	

## Historial de revisiones

Nombre	Fecha	Descripción de los cambios	Versión
M. Sebastián Tobar	11/07/21	Emisión inicial.	0

	<b>Especificación de sistema/subsistema</b> Emulador de entrada-salida eléctrica de baja velocidad	Página 4 de 10
--	---	----------------

## Introducción

Lider.ar (Laboratorio Integral de Dispositivos Embebidos de Acceso Remoto) es una plataforma de hardware y software que permite el acceso remoto a entornos de desarrollo y prueba de sistemas embebidos. El estudiante dispone de acceso individual, en tiempo real, con video sobre la placa de desarrollo y la posibilidad de interactuar con las entradas y salidas del sistema embebido.

## Generalidades

El emulador de entrada/salida eléctrica de baja velocidad se implementará a través de una placa de expansión (shield o poncho) para la EDU-CIAA.

Este poncho permitirá estimular todas las entradas de la EDU-CIAA y recibir las señales de todas sus salidas. Las señales de entrada y salida que gestiona el pocho serán controladas de manera remota a través de una interfaz de comunicaciones.

El diagrama en bloques básico del sistema de entrada/salida de la EDU-CIAA se observa en el documento PID####-T-01-SBD-000.

## Especificaciones

### Firmware


#### Funcionalidad señales analógicas y digitales

El poncho podrá generar señales analógicas y digitales que estimularán entradas analógicas y digitales en la EDU-CIAA. Los valores y/o estados de estas señales serán establecidos a través de una interfaz de comunicaciones (interfaz de control del poncho) mediante comandos establecidos. Los comandos podrán ser, pero no se limitan a:

- Escribir bit
- Escribir byte
- Escribir valor analógico
- Escribir bit en múltiples ponchos
- Escribir byte en múltiples ponchos
- Escribir valor analógico en múltiples ponchos

Adicionalmente el pocho tendrá la capacidad de recibir señales analógicas y digitales generadas desde las salidas de la EDU-CIAA. Los valores y/o estados de estas señales podrán ser leídos desde una interfaz de comunicaciones (interfaz de control del poncho) mediante comandos establecidos. Los comandos podrán ser, pero no se limitan a:

- Leer bit
- Leer byte

	<b>Especificación de sistema/subsistema</b>	Página 5 de 10
	Emulador de entrada-salida eléctrica de baja velocidad	

- Leer valor analógico

Los puertos que manejan señales digitales (GPIO) tendrán la posibilidad de configurarse como de entrada o de salida. Los comandos podrán ser, pero no se limitan a:

- Establecer puerto de salida
- Establecer puerto de entrada

## Funcionalidad puertos de comunicación

### SPI

El puerto SPI se vinculará a una memoria flash alojada en el poncho

### UART#

Uno de los puertos UART quedará disponible en un conector del poncho para utilizarlo con un conversor USB/RS232 LVTTTL (3,3V) externo.

El segundo puerto UART se vinculará al controlador del poncho (núcleo). El poncho deberá brindar la posibilidad de leer/escribir el puerto vinculado a la UART a través de la interfaz de control del poncho. También deberá brindar la posibilidad de configurar un bus serie virtual entre dos o más ponchos (ver apartado correspondiente).

### I2C

El puerto I2C se vinculará al controlador del poncho (núcleo). El poncho deberá brindar la posibilidad de leer/escribir el puerto vinculado al I2C a través de la interfaz de control del poncho. También deberá brindar la posibilidad de configurar un bus serie virtual entre dos o más ponchos (ver apartado correspondiente).

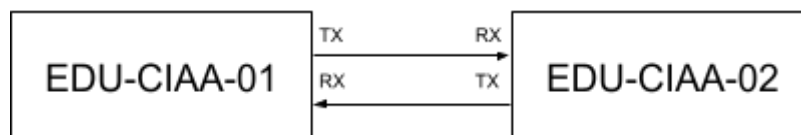
## Bus serie virtual


El firmware del poncho deberá incorporar la capacidad de, en coordinación con otros ponchos vinculados a través del puerto de control, establecer conexiones virtuales de dos tipos:

- Conexión punto a punto
- Conexión punto multipunto

### Conexión virtual punto a punto

Esta funcionalidad permitirá vincular los puertos I2C y/o UARTs de dos EDU-CIAAs. Desde el punto de vista de las EDU-CIAAs, existirá una conexión eléctrica entre ellas. A continuación se presenta la situación para una conexión punto a punto RS-232, siendo análoga para I2C.



	<b>Especificación de sistema/subsistema</b>	Página 6 de 10
	Emulador de entrada-salida eléctrica de baja velocidad	

Esta funcionalidad podría implementarse utilizando la capacidad multimaestro del protocolo I2C a través del puerto de control.

## Conexión virtual punto multipunto

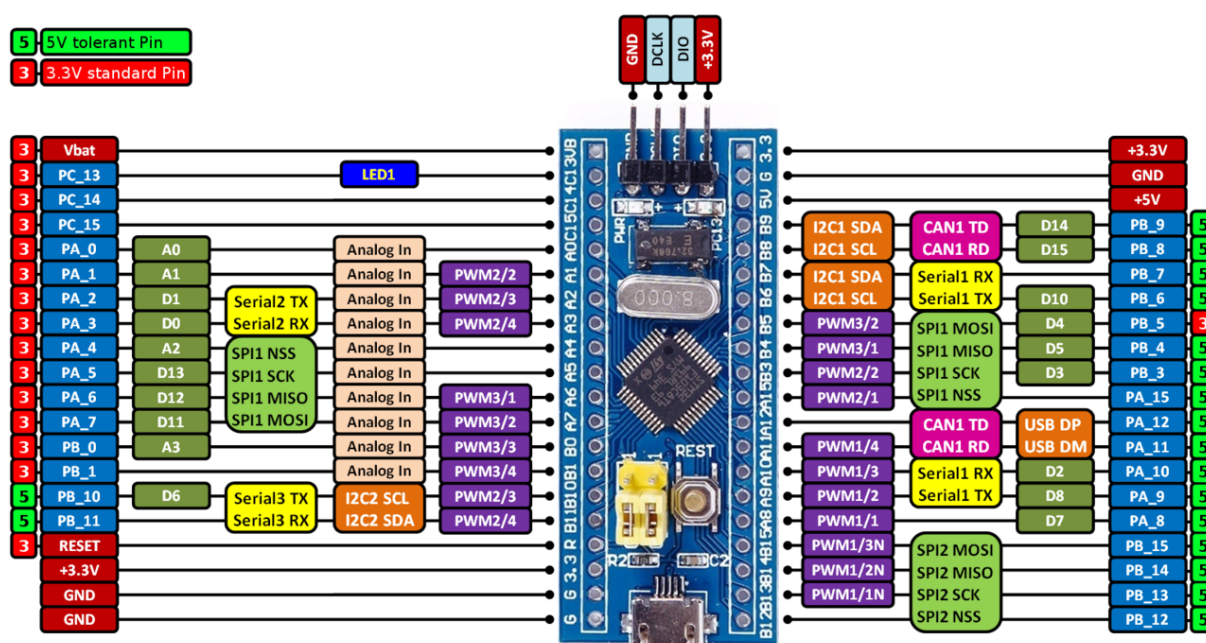
Esta conexión es una generalización del punto a punto virtual para más de dos EDU-CIAAs. Desde el punto de vista de las EDU-CIAAs, la conexión virtual punto multipunto debe comportarse como una red de difusión o bus de comunicación siguiendo el modelo Hub and Spoke. Esta conexión será utilizada principalmente para redes RS-485 e I2C.

## Hardware

### Núcleo


Se prevé que el poncho se diseñe basado en un controlador o núcleo con capacidad de manejar toda la entrada/salida que posee la EDU-CIAA. Se propone como dispositivo de referencia la Blue Pill:

Microcontrolador	STM32F103C8T6	Flash (KB)	64/128*
SRAM (KB)	20	Speed (MHz)	72
Bus Width (bits)	32	UARTs (HW)	3
SPI	2	I2C (HW)	2



### Puerto de control

Se prevé un puerto de control I2C para comunicación con el Controlador de E/S basado en Raspberry Pi. Sin embargo, puede utilizarse cualquier solución de comunicación que permita vincular la Raspberry Pi con N ponchos.

	<b>Especificación de sistema/subsistema</b>	Página 7 de 10
	Emulador de entrada-salida eléctrica de baja velocidad	

## Salidas analógicas

Frente a la necesidad de estimular las entradas analógicas de la EDU-CIAA y considerando que en general los microcontroladores no incorporan este tipo de salidas, se prevé la utilización de DACs externos. Como referencia se proponen los siguientes dispositivos:

- **MCP4812/22:** 10/12-Bit Dual Voltage Output Digital-to-Analog Converter with Internal VREF and SPI Interface
- **MCP4728:** 12-Bit, Quad Digital-to-Analog Converter with EEPROM Memory

Se deberá tener particular cuidado en la tensión de referencia que requiera el conversor seleccionado.

## Protecciones

El poncho debe estar diseñado de tal manera de garantizar la protección de la EDU-CIAA frente a errores en la operación. Un error común podría ser configurar dos puertos digitales vinculados eléctricamente, uno de lado EDU-CIAA otro del lado poncho, como salidas digitales. Esto puede generar una circulación de corriente excesiva en alguno de los puertos dañándolo de manera irreversible.

Se deben instalar en el poncho, siempre que sea factible, protecciones que mitiguen la posibilidad de daño en la EDU-CIAA.

## Adaptación eléctrica

Las entradas/salidas del poncho deberán estar perfectamente adaptadas eléctricamente a las salidas/entradas de la EDU-CIAA. De ser necesario se utilizarán adaptadores del tipo necesario. Esta información se deberá explicitar en la Memoria de Cálculo del sistema.

## Alimentación

En el diseño se deberá determinar si el poncho se alimentará desde la EDU-CIAA o desde una fuente externa. La decisión se deberá fundamentar en la Memoria de Cálculo del sistema.

Por otra parte, con el objetivo de eliminar bucles de tierra, se evaluará detalladamente la vinculación del negativo de la fuente de alimentación a las mallas de tierra de comunicaciones.


Será condición además manejar negativos independientes para señales analógicas y digitales, procurando el montaje de capacitores de desacople en todos los puntos que sea necesario. Este análisis se deberá incorporar en la Memoria de Cálculo.

## Fin de vida

Los componentes utilizados deberán tener un Fin de Vida programado (EOL) de más de 5 años. Además deberán estar disponibles en el mercado local (Argentina).

## Características mecánicas y constructivas

- El emulador de entrada/salida deberá seguir las recomendaciones de diseño de ponchos detallados en el Proyecto CIAA.
- El poncho se deberá poder conectar a los terminales P1 y P2 de la EDU-CIAA utilizando tiras de pines.

	<b>Especificación de sistema/subsistema</b>	Página 8 de 10
	Emulador de entrada-salida eléctrica de baja velocidad	

- El montaje de los componentes podrá ser smd y/o through hole.
- Se deberá incorporar en el diseño del PCB la impresión de componentes mediante serigrafía.
- Los conectores a utilizar para los conexiones deberán tener las características apropiadas para la función que realicen.

## Entregables

- Prototipo 100% funcional del poncho
- Diagrama esquemático del poncho en formato editable estándar y pdf
- Archivos gerber para la fabricación del PCB
- Plano de ensamble del poncho
- Listado de materiales del poncho
- Memoria de cálculo (velocidad de lectura/escritura en las entradas/salidas del poncho, protecciones en las entradas/salidas, adaptaciones eléctricas, alimentación, capacitores de desacople)
- Listado de comandos
- Plan de ensayos

## Ensayos

Los ensayos deberán verificar el 100% de las funcionalidades del poncho, como así también el cumplimiento de las características eléctricas correspondientes. El entorno de pruebas incluirá al Controlador de E/S (Raspberry Pi) y al menos dos EDU-CIAAs. De esta manera se verificarán comandos, envío y lectura de señales y comunicación entre ponchos.

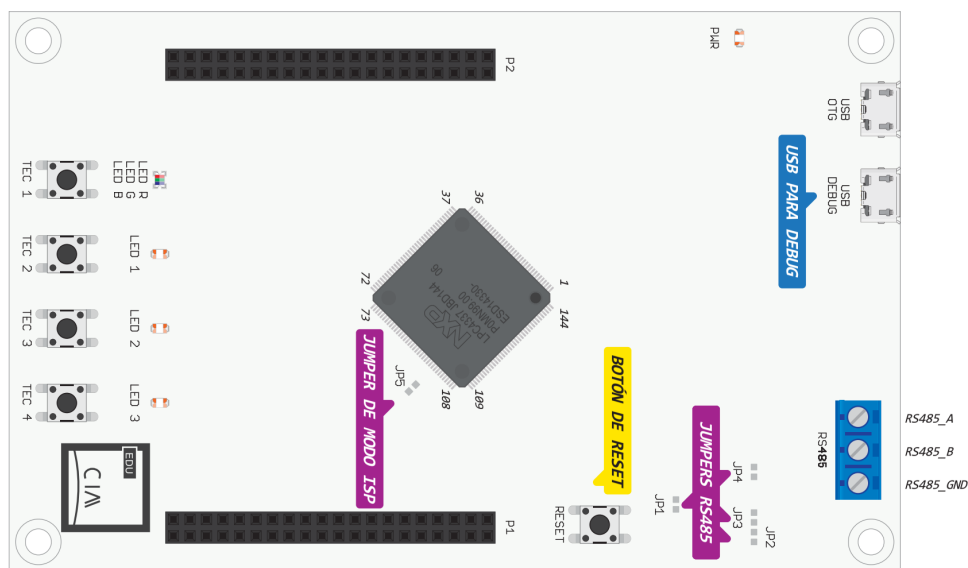
Se deberán contemplar además las aplicaciones de prueba necesarias que deberán correr en el Controlador de E/S (Raspberry Pi) y en las EDU-CIAAs



## ANEXO A

### E/S de la EDU-CIAA

La EDU-CIAA posee cuatro pulsadores, tres leds regulares y un led RGB para interactuar de manera directa con la placa. Adicionalmente incorpora dos conectores tipo IDC de 2x20 pines (P1 y P2) que ofrecen numerosas interfaces, las cuales se listan en la tabla. Integra además dos puertos USB (uno exclusivo para desarrollo y otro que puede ser usado como Host o Device) y un puerto RS-485 que permite terminación de línea.



P1			
1	3V3	2	5V
3	RESET	4	GPIO_GND
5	ISP	6	WAKEUP
7	ANALOG_GND	8	ANALOG_GND
9	ADC0_3	10	ANALOG_GND
11	ADC0_2	12	ANALOG_GND
13	ADC0_1	14	ANALOG_GND
15	DAC	16	ANALOG_GND
17	VDDA	18	ANALOG_GND
19	I2C_SDA	20	GPIO_GND
21	I2C_SCL	22	GPIO_GND
23	232_RX	24	GPIO_GND
25	232_TX	26	GPIO_GND
27	CAN_RD	28	GPIO_GND
29	CAN_TD	30	GPIO_GND
31	T_COL1	32	GPIO_GND
33	T_FIL0	34	T_COL2
35	T_FIL3	36	T_FIL1
37	T_FIL2	38	GPIO_GND
39	T_COL0	40	GPIO_GND

P2			
1	3V3	2	5V
3	GPIO_GND	4	ETH_RXD1
5	GPIO_GND	6	ETH_TX_EN
7	GPIO_GND	8	ETH_MDC
9	RXD0	10	ETH_CRSDV
11	GPIO_GND	12	ETH_MDIO
13	GPIO_GND	14	ETH_TXD0
15	ETH_REF_CLK	16	ETH_TXD1
17	GPIO_GND	18	SPI_MISO
19	GPIO_GND	20	SPI_SCK
21	SPI_MOSI	22	LCD4
23	LCD_EN	24	LCD_RS
25	GPIO_GND	26	LCD3
27	GPIO_GND	28	LCD2
29	GPIO0	30	LCD1
31	GPIO2	32	GPIO1
33	GPIO4	34	GPIO3
35	GPIO6	36	GPIO5
37	GPIO_GND	38	GPIO7
39	GPIO_GND	40	GPIO8

Por otra parte, los pines de E/S del LPC4337 son multiplexados, por lo que poseen más de una función. En la tabla mostrada a continuación se resume la disponibilidad de E/S de la EDU-CIAA.

Entradas, salidas y comunicaciones de la EDU-CIAA		
Cantidad	Tipo	Multiplexado
3	Entrada analógica (AI)	
1	Salida analógica (AO)	ADC#
9	Entrada/salida digital (DI/DO)	UART0, SGPIO#
1	I2C (I2C0)	
1	RS232 (UART3)	I2C1
1	CAN0	I2S0
1	Teclado	NMI, GPIO#, UART3, ADC0
1	Ethernet	UART2, I2S0, SSP1, SGPIO#, ADC1
1	SPI	I2S0
1	LCD	GPIO#, CAN1, SGPIO#
1	USB	
1	RS485	
6	LEDs (3 + RGB)	UART0, UART2
4	Pulsadores	SGPIO#