

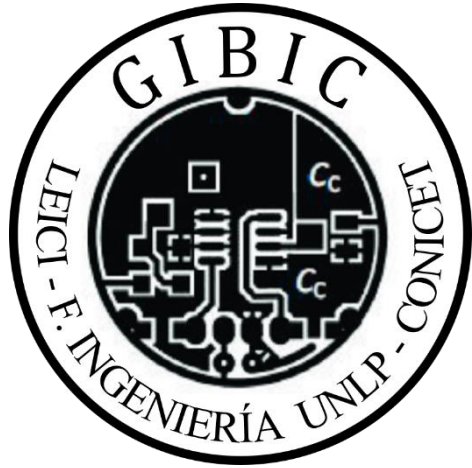


“Sistemas embebidos en Aplicaciones Biomédicas,
Industriales y Científicas”

Enrique Spinelli

Grupo de Instrumentación Biomédica, Industrial y Científica
Instituto LEICI, Facultad de Ingeniería UNLP – CONICET





GIBIC

Grupo de Instrumentación Biomédica, Industrial y Científica

El objetivo general del GIBIC es el desarrollo e implementación de técnicas de instrumentación que permitan la medida de variables físicas con mínima *invasividad*, es decir: sin alterar las condiciones previas a la instalación del sistema de medida.

LEICI



FACULTAD DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



CONICET



Instituto de Investigaciones en Electrónica, Control y Procesamiento de Señales



Miembros del GIBIC

Enrique M. Spinelli
Alejandro L. Veiga
Pablo A. García
Marcelo A. Haberman
Federico N. Guerrero
Valentín A. Catacora
Rocío Madou
Matías Oliva
Marcos Antonelli

www.gibic.ar
enrique.spinelli@gmail.com



Resumen

El uso de sistemas embebidos se ha extendido sobre disciplinas muy diversas: desde juguetes y electrodomésticos a equipos espaciales pasando por sistemas de instrumentación. Nos detendremos en esta última aplicación y describiremos soluciones, decisiones y errores de diseño en implementaciones, que a lo largo de los años, intentaron seguir la evolución del conocimiento, de los dispositivos y de los requerimientos de los sistemas embebidos de tiempo real.



Sistemas Embebidos

Aplicaciones
Biomédica

Instrumentación
Industrial

Aplicaciones
Científicas

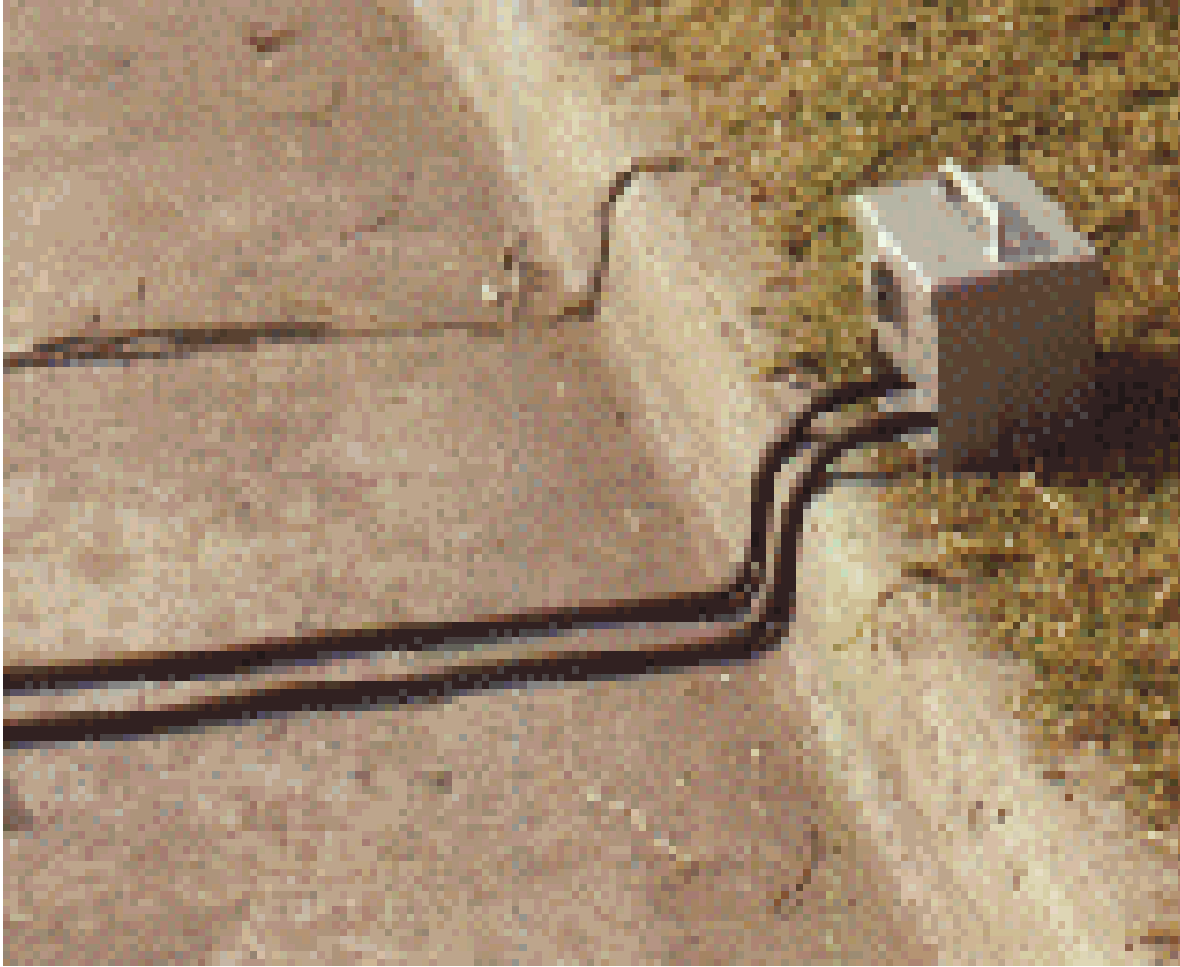
Distribución
de tareas

Consumo

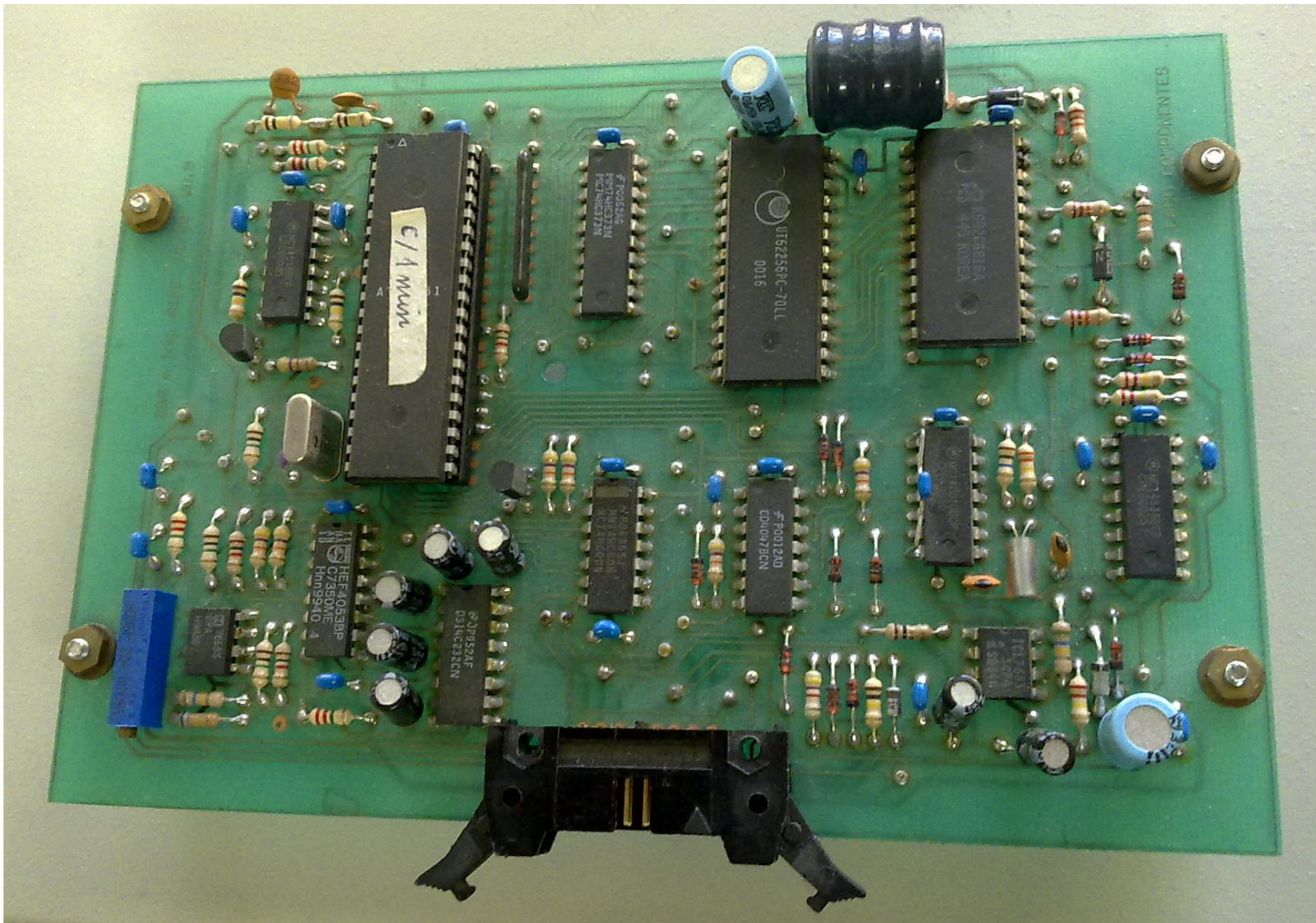
Sistema
Operativo

Dispositivos
Evolución
Disponibilidad

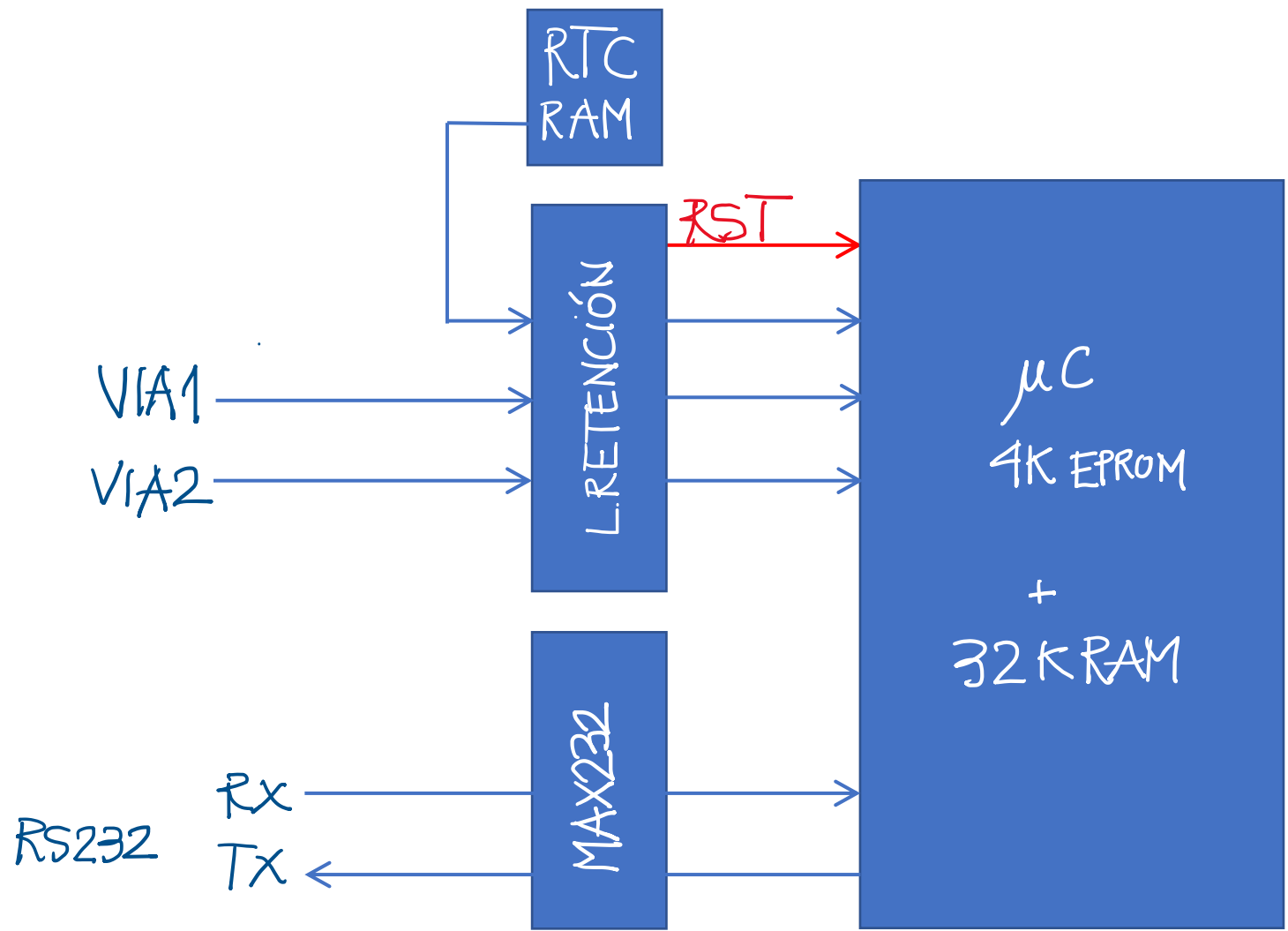
Aplicaciones Industriales

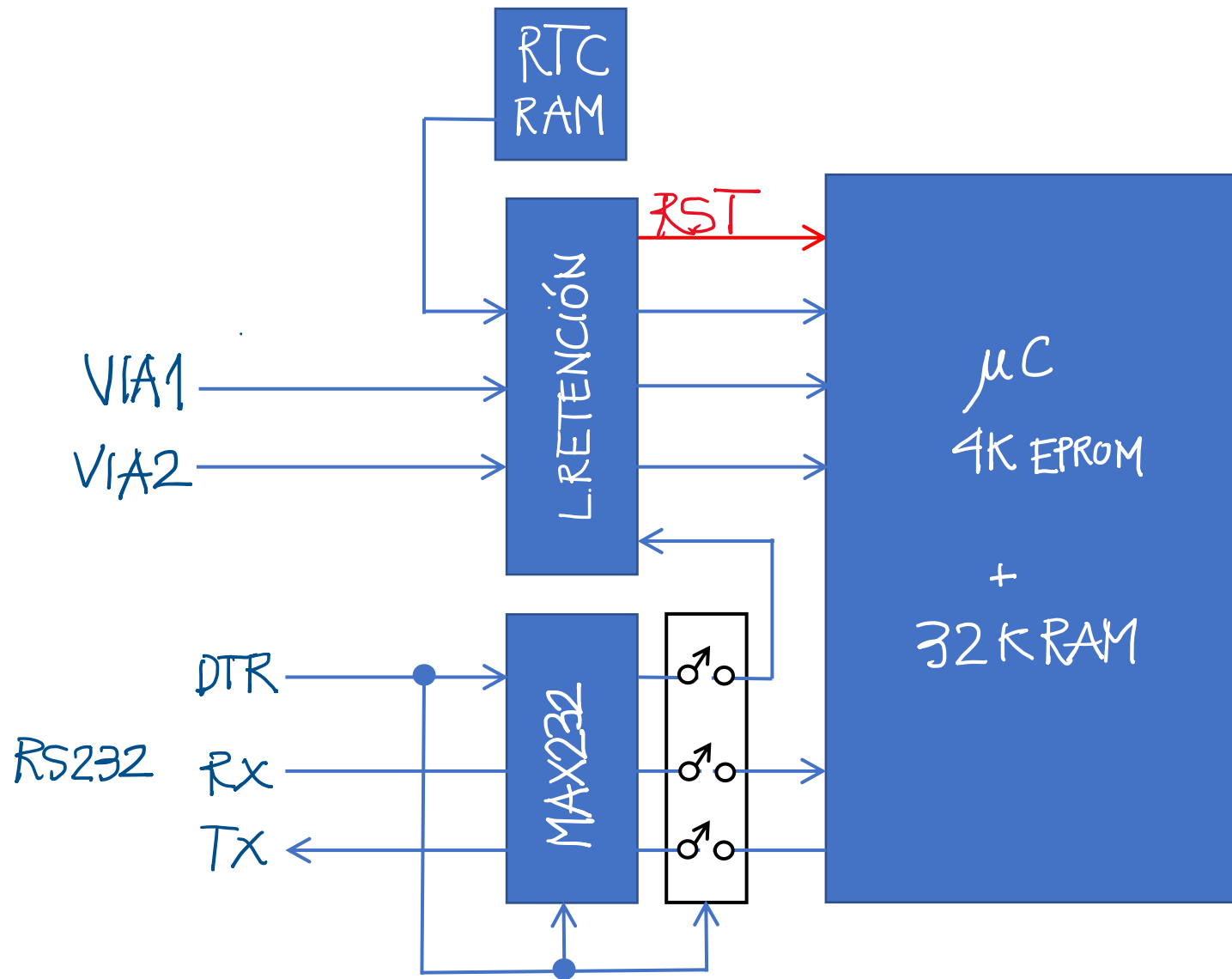


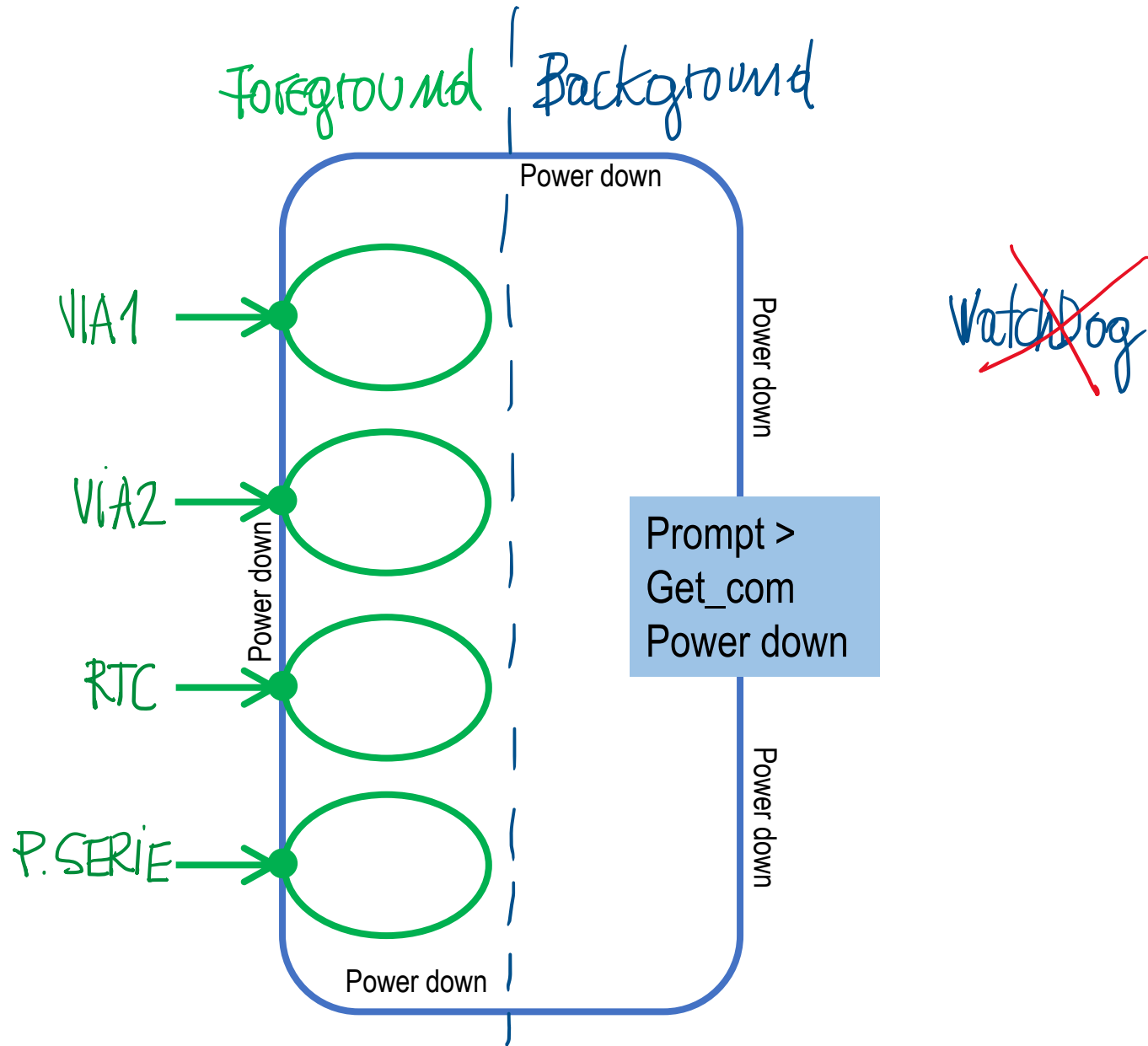
Contador volumétrico de tránsito con mangueras neumáticas (1991)



Contador volumétrico de tránsito con mangueras neumáticas (1991)









Sistemas Embebidos

Aplicaciones
Biomédica

Instrumentación
Industrial

Aplicaciones
Científicas

Distribución
de tareas

(Un microcontrolador con algo de lógica)

Consumo

Power down (sin WD)

Sistema
Operativo

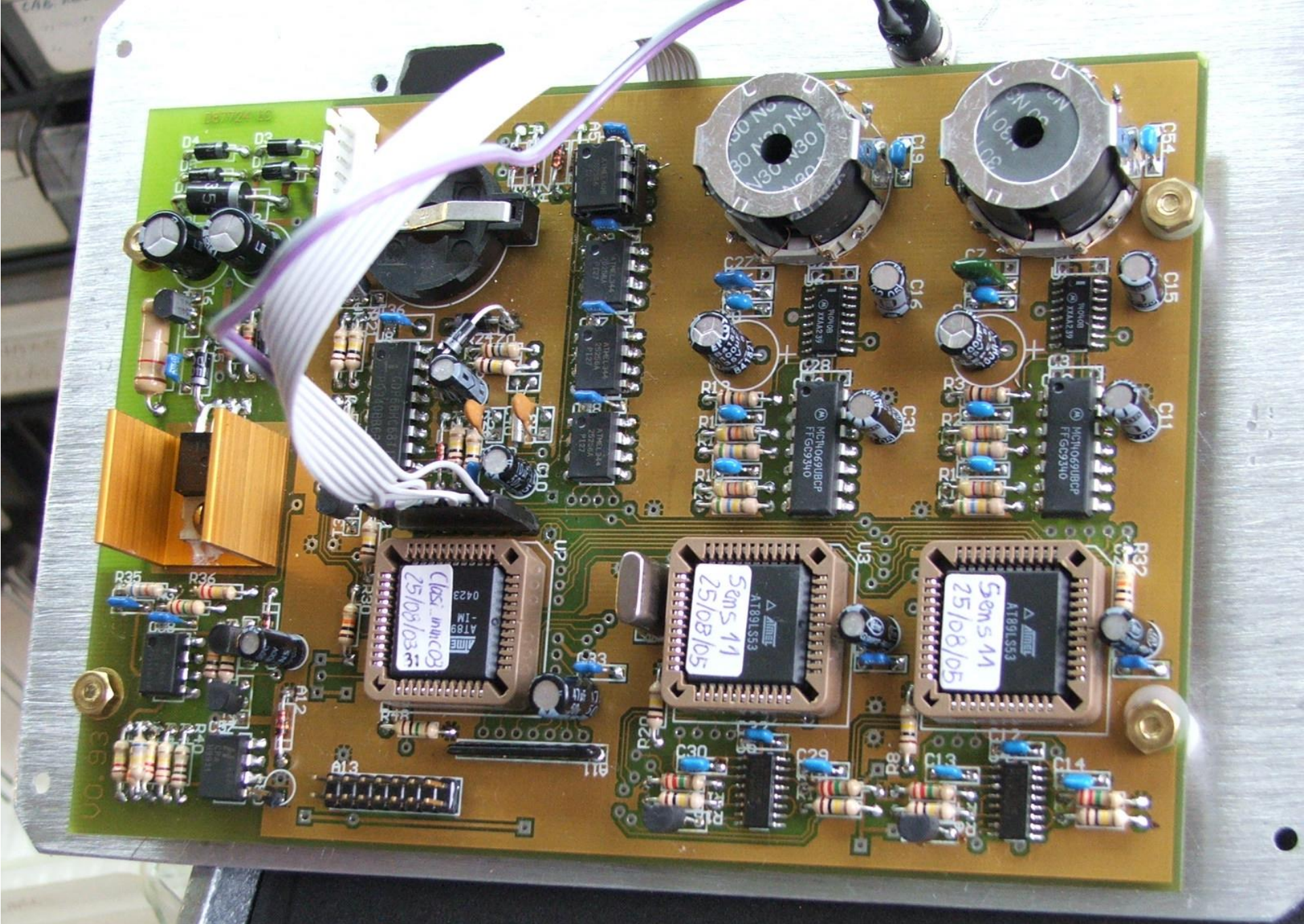
(preemptivo basado en prioridades)

Dispositivos

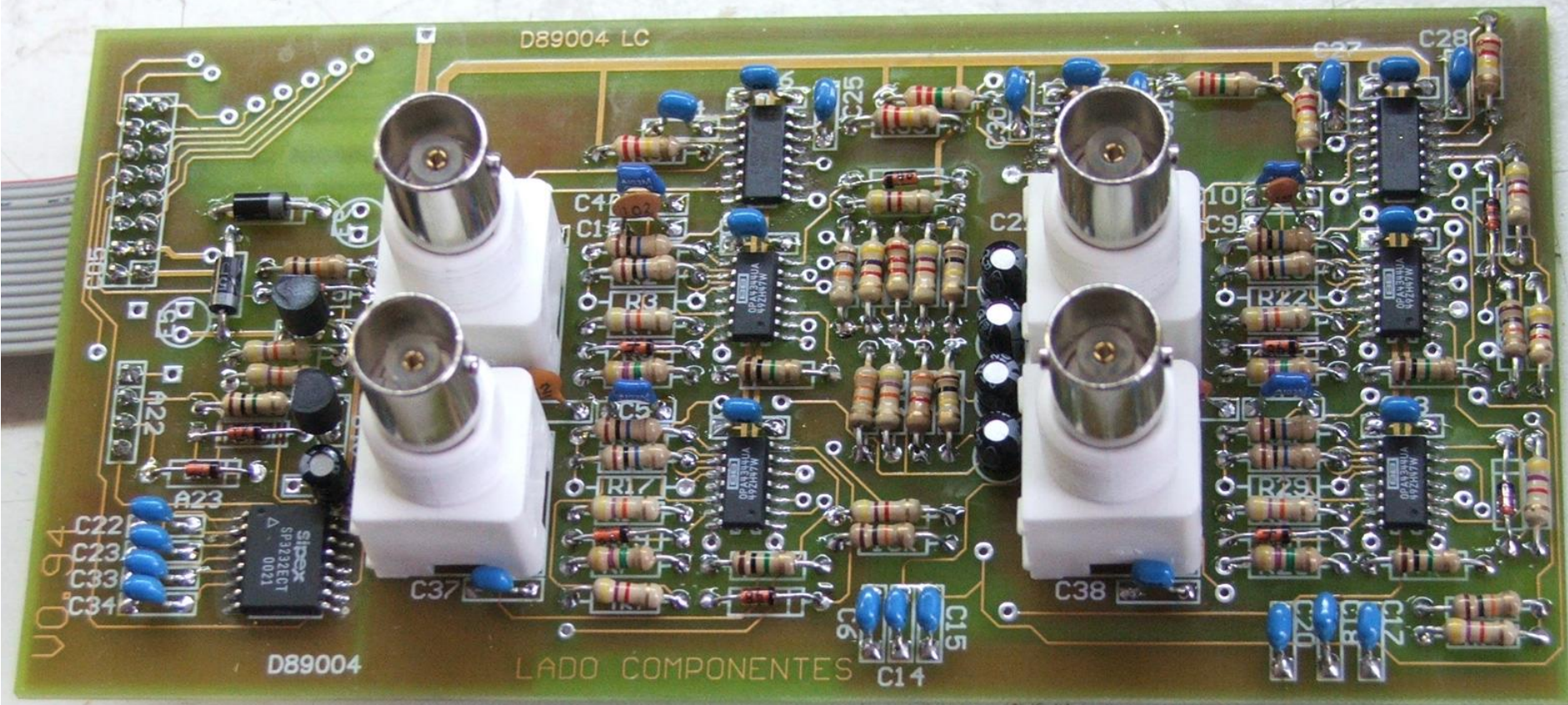
(mercado local)



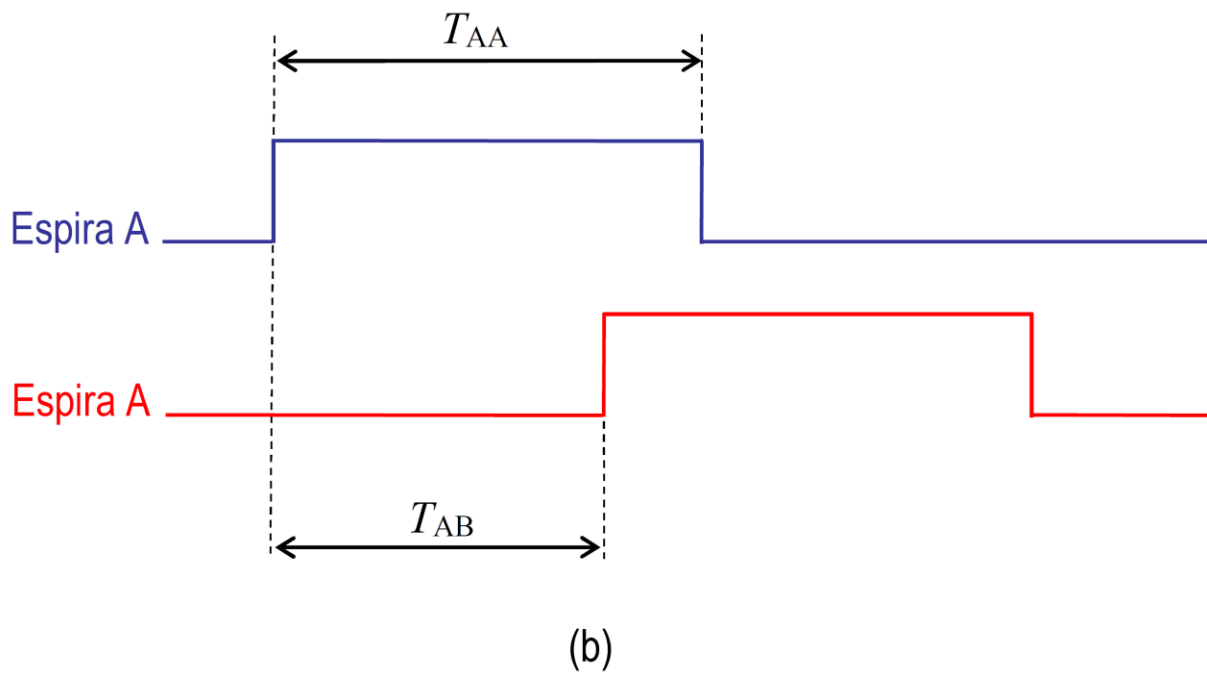
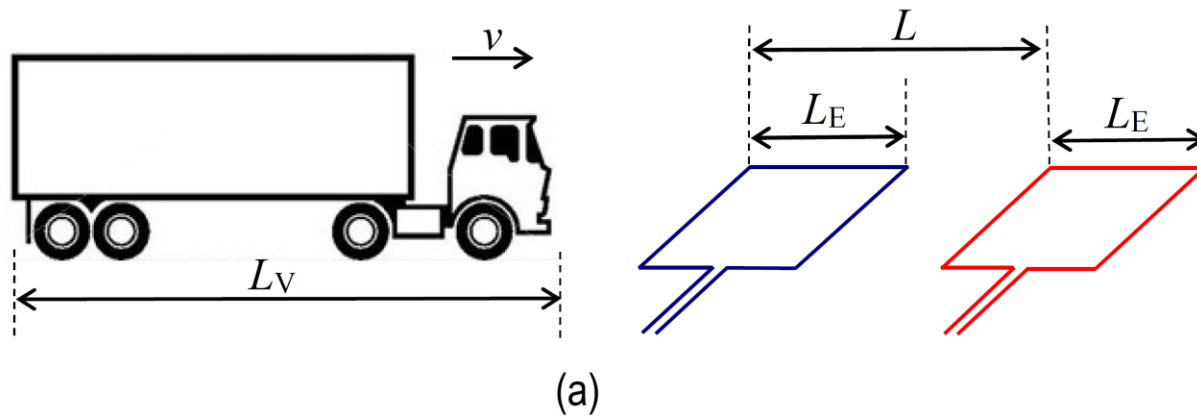
Contadores volumétricos y clasificadores de tránsito con lazos inductivos y barras piezoeléctricas



Clasificadores de tránsito con un lazo inductivos y dos barras piezoeléctricas

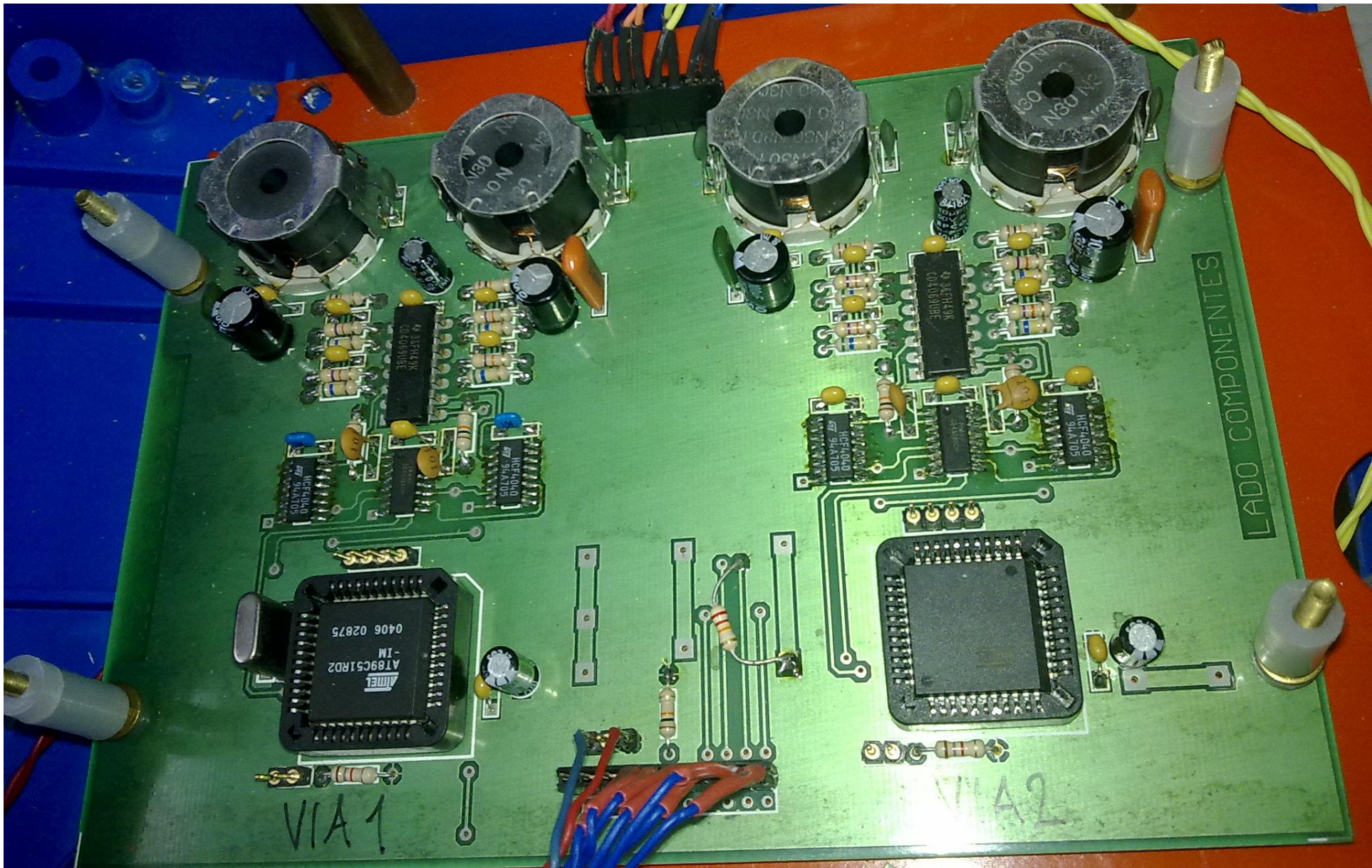


Contadores volumétricos y clasificadores de tránsito con lazos inductivos y barras piezoeléctricas

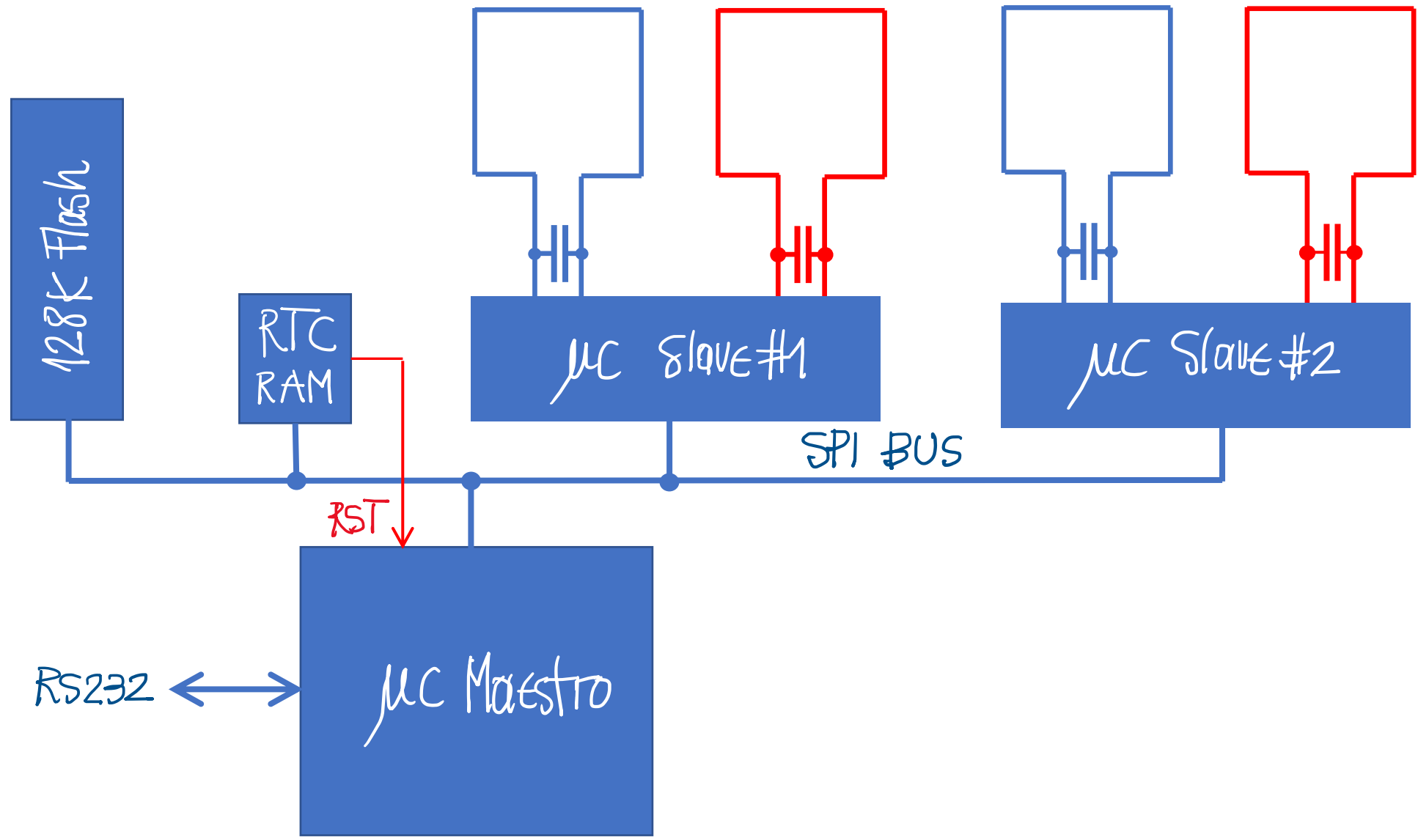


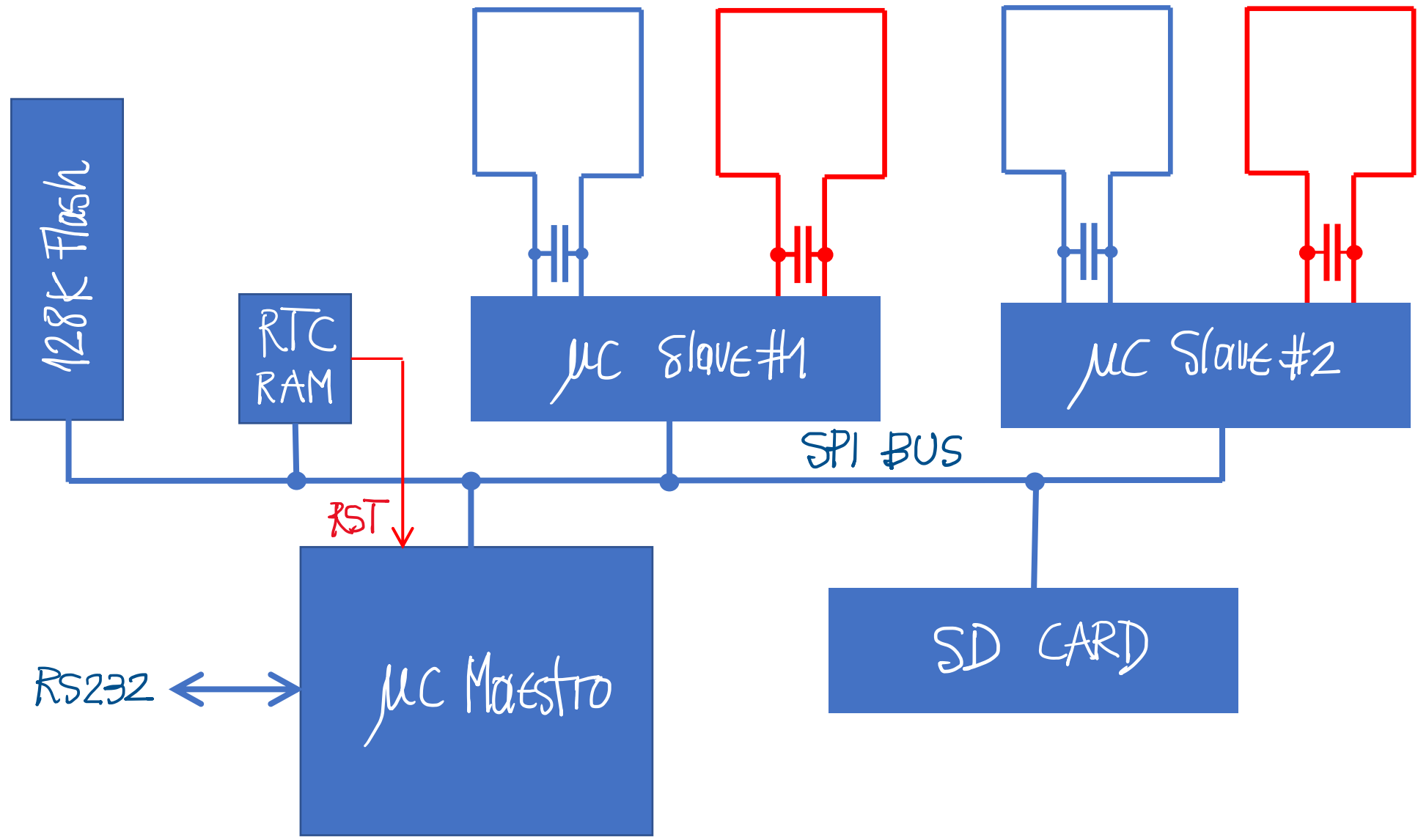
$$v = \frac{L}{T_{AB}}$$

$$L_V = \frac{T_{AA}}{v} - L_E$$



Placa microcontroladores esclavos (medidores de período de las espiras)





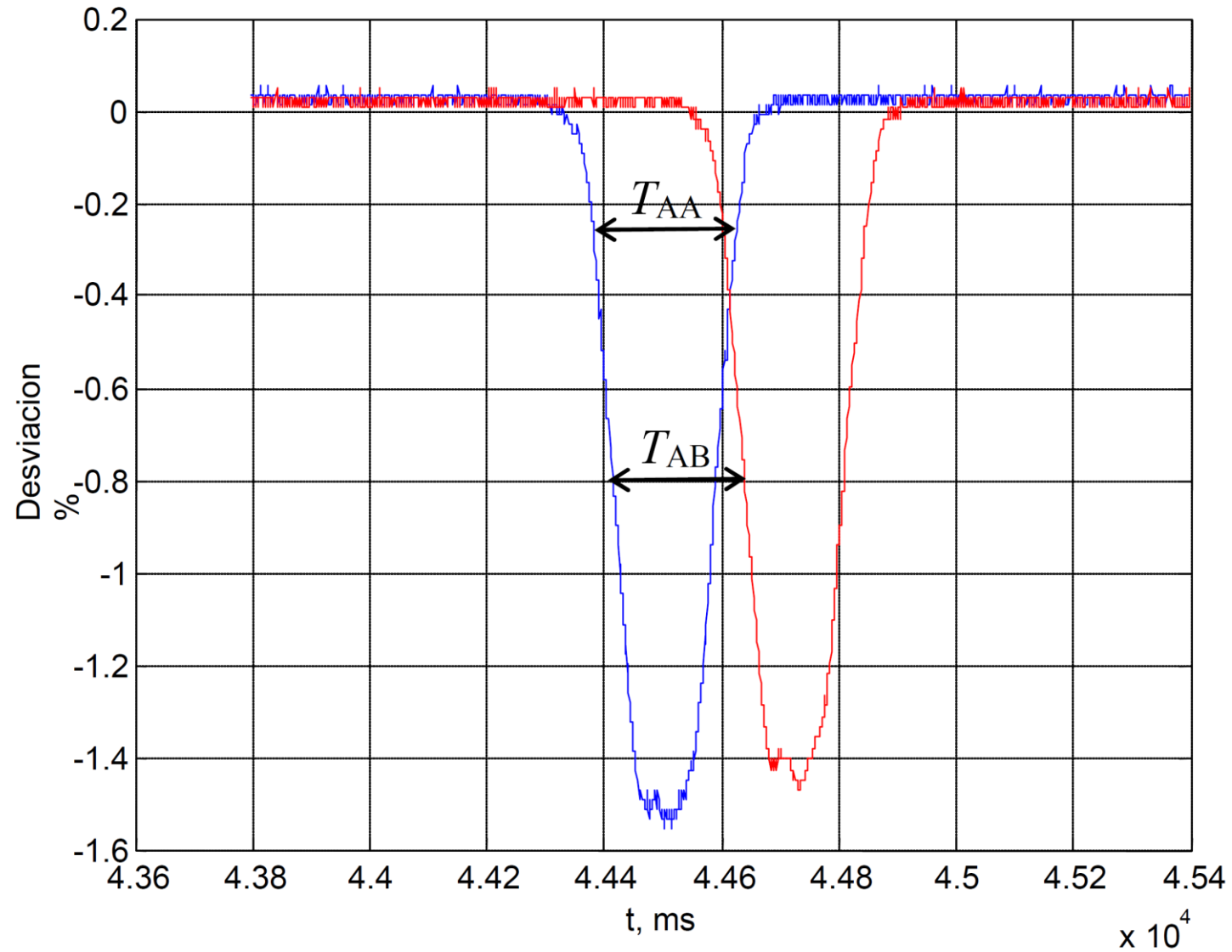


Fig. 2. Señales captadas por las espiras ante el paso de un automóvil (ford fiesta en registro A6_12.txt). Estos registros aun no fueron suavizados.

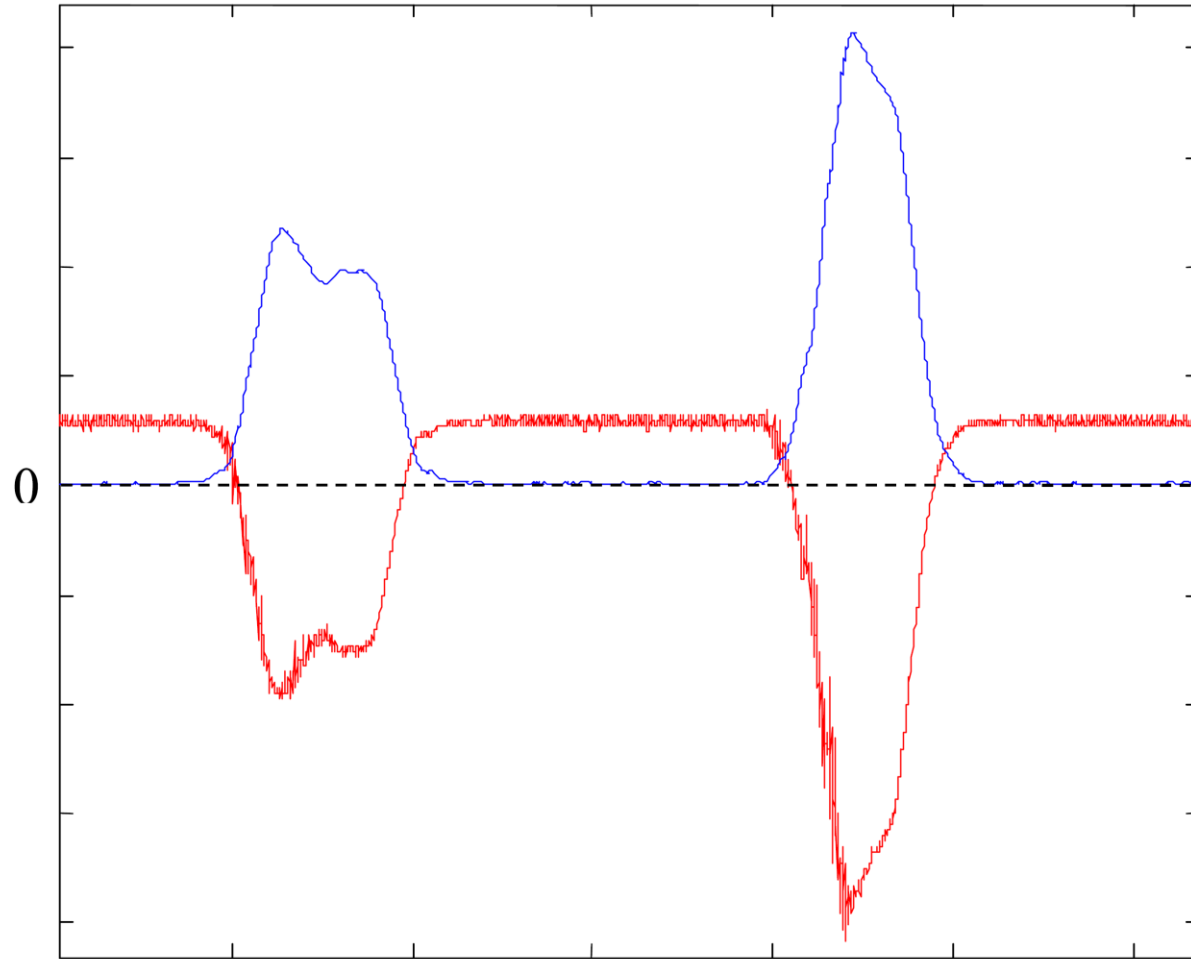


Fig.3. Primer prueba del restaurador de línea base con registros de archivo. En rojo se indica la señal correspondiente a las medidas de período “original” y en azul la resultante luego del proceso de suavizado y restauración de línea base.



Una estrategia de desarrollo y validación de SE



1. Obtención de registros reales (si es posible con el SE)



2. Procesamiento en MATLAB off-line de los registros. Pruebas de distintos algoritmos y puesta a punto. Simulación en punto fijo en MATLAB.



3. Procesamiento con el programa del microcontrolador en el debugger utilizando el registro real almacenado en memoria.



4. Procesamiento con microcontrolador utilizando el registro real almacenado en memoria.

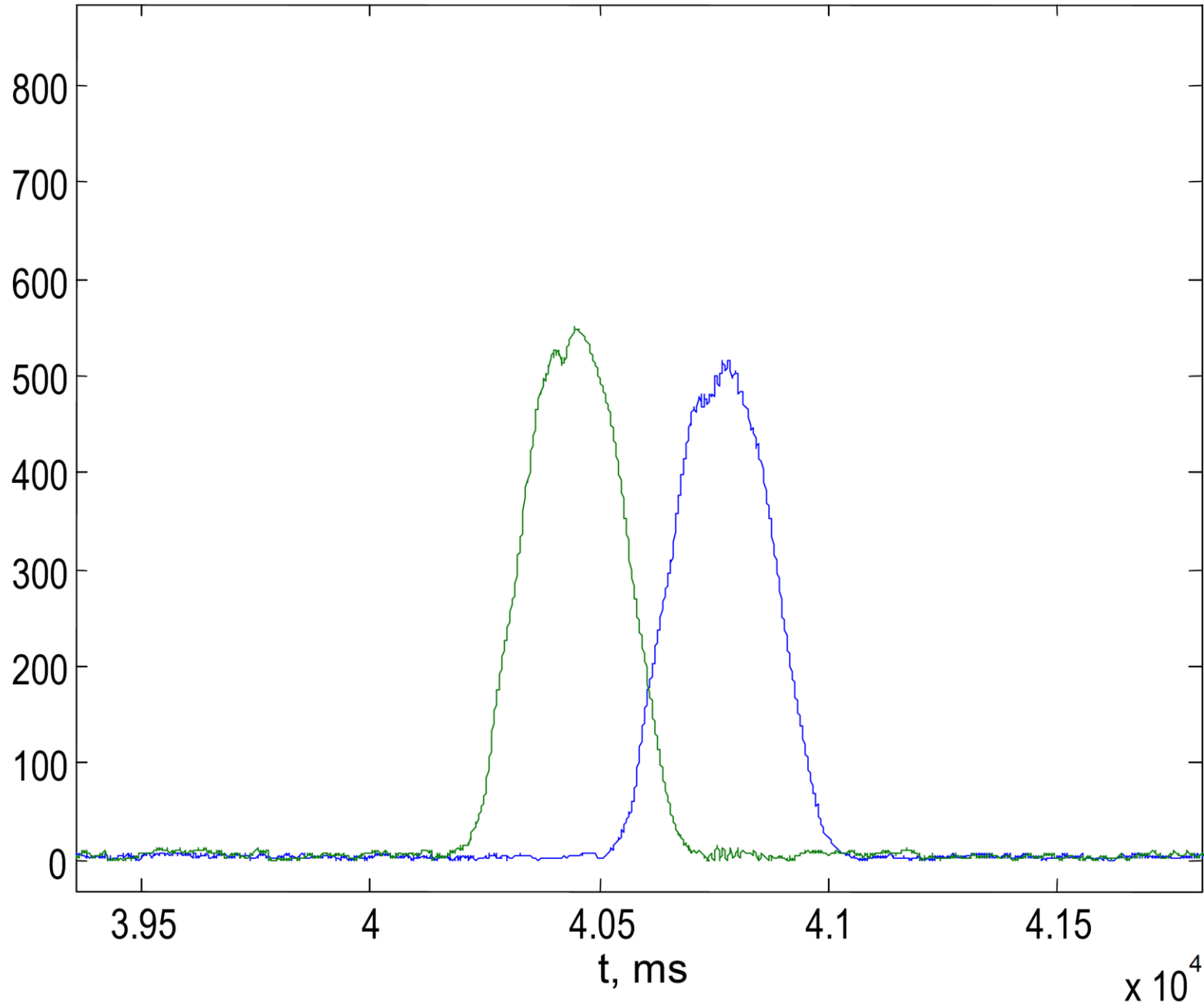


5. Prueba procesamiento en tiempo real con *emulador* de vehículos

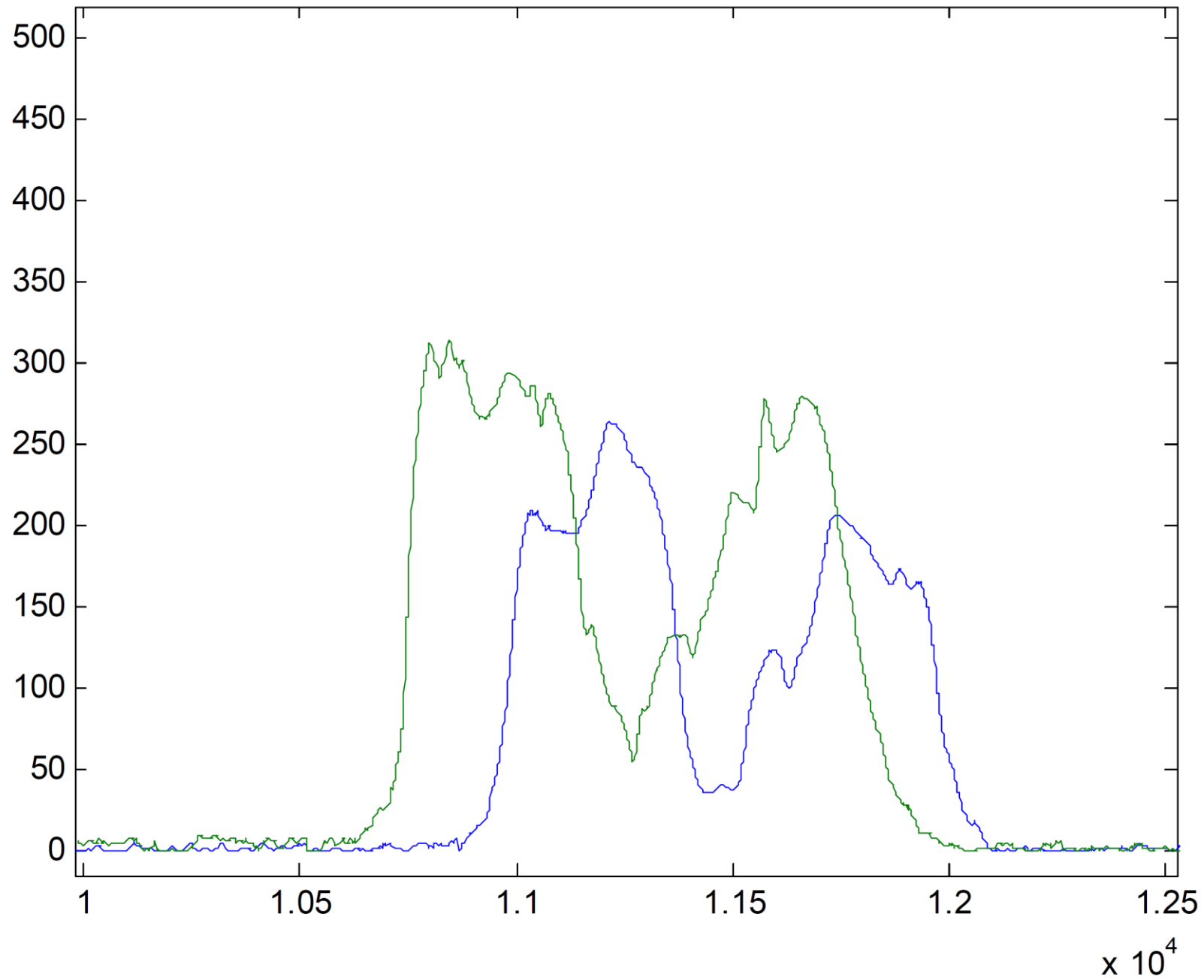


6. Procesamiento en tiempo real con el microcontrolador en campo con señales en campo.

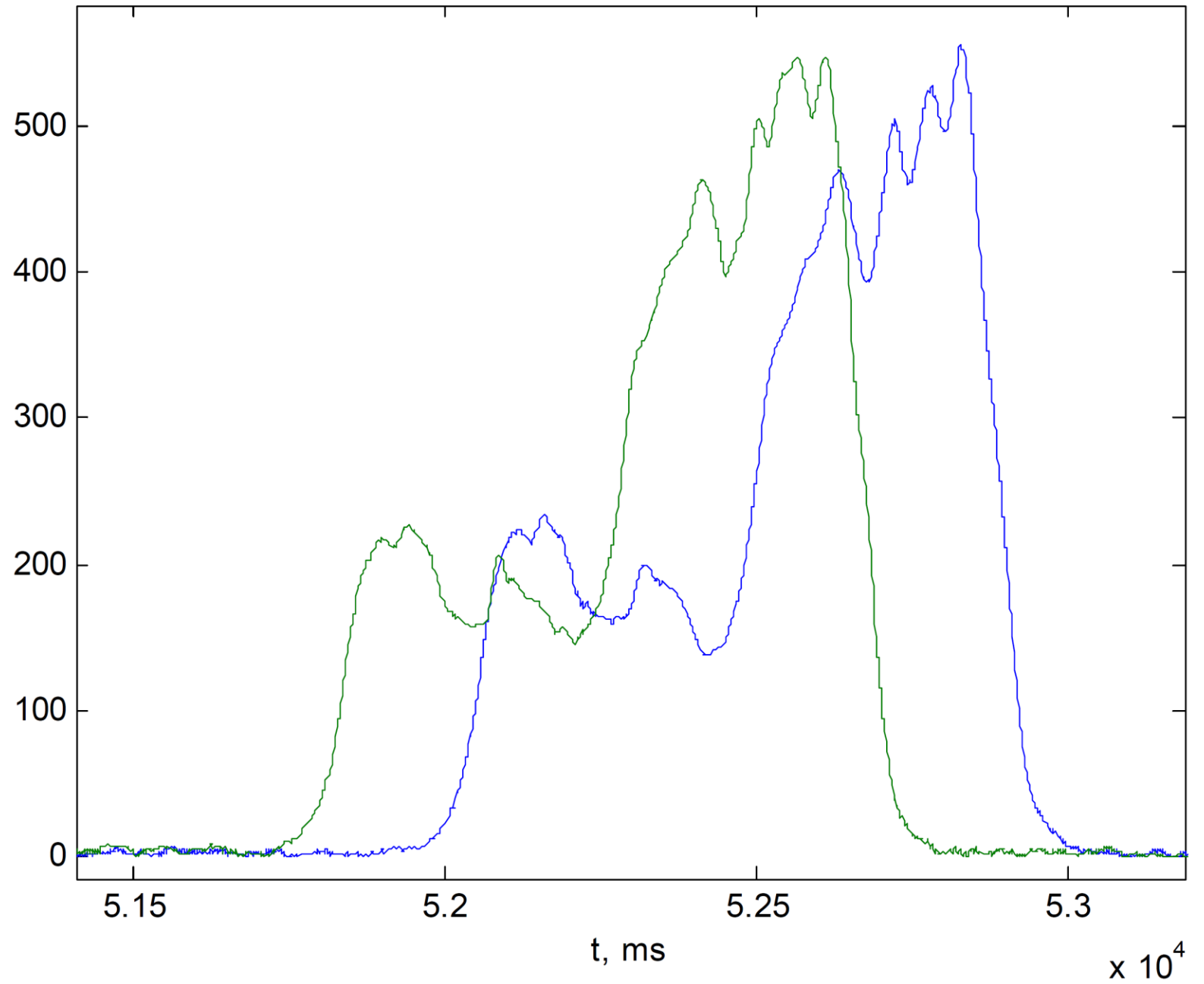
automovil Peugeot 504 (j081210)



camion 1.1-1.2 (t081210)



camion 1.1.1.3 (e081210)





Emulador de paso de vehículos

Ensayo con espiras del modelo a escala

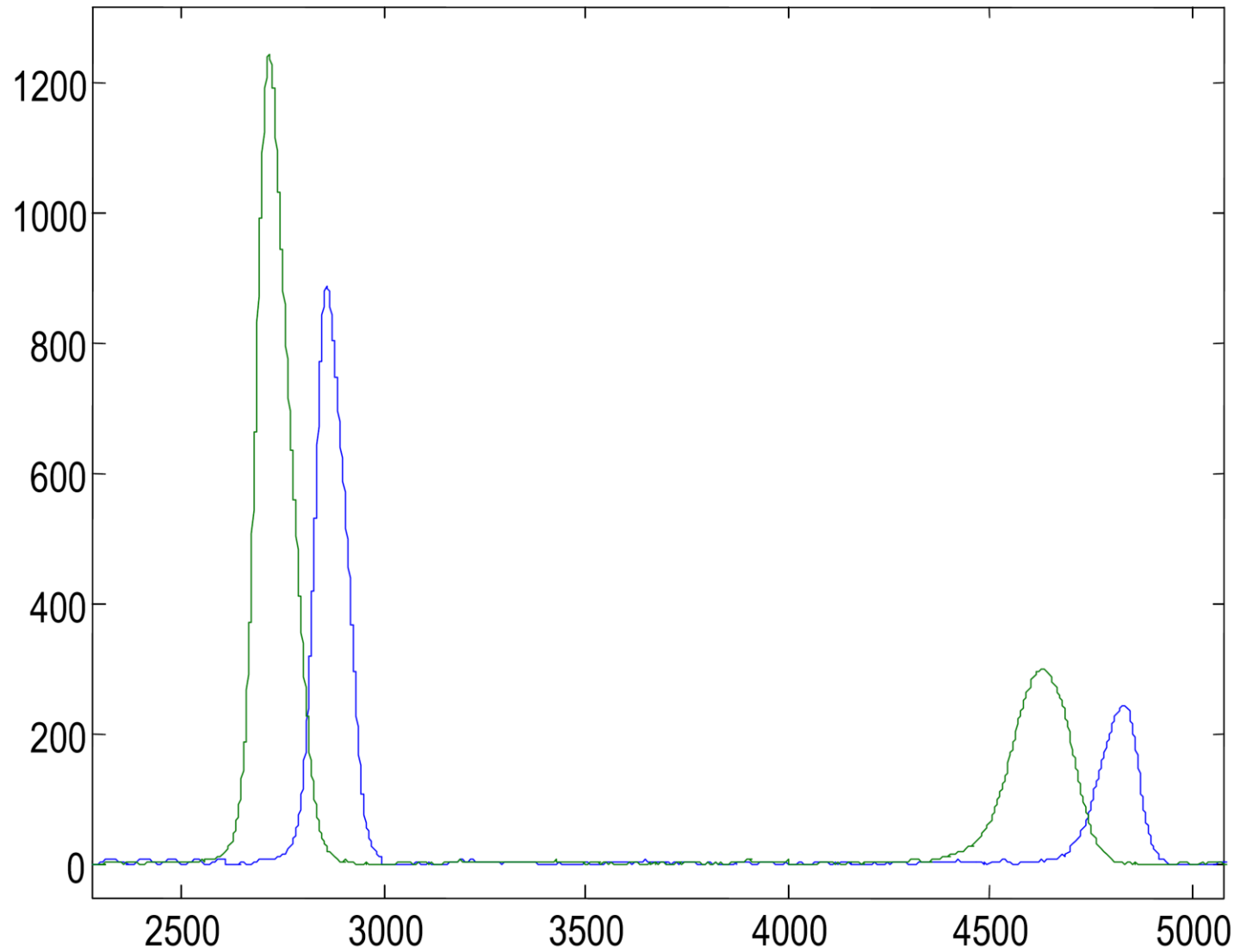


Fig.4. Prueba del restaurador de línea base con las espiras reales del modelo a escala. El paso del vehículo se simuló mediante una placa metálica.

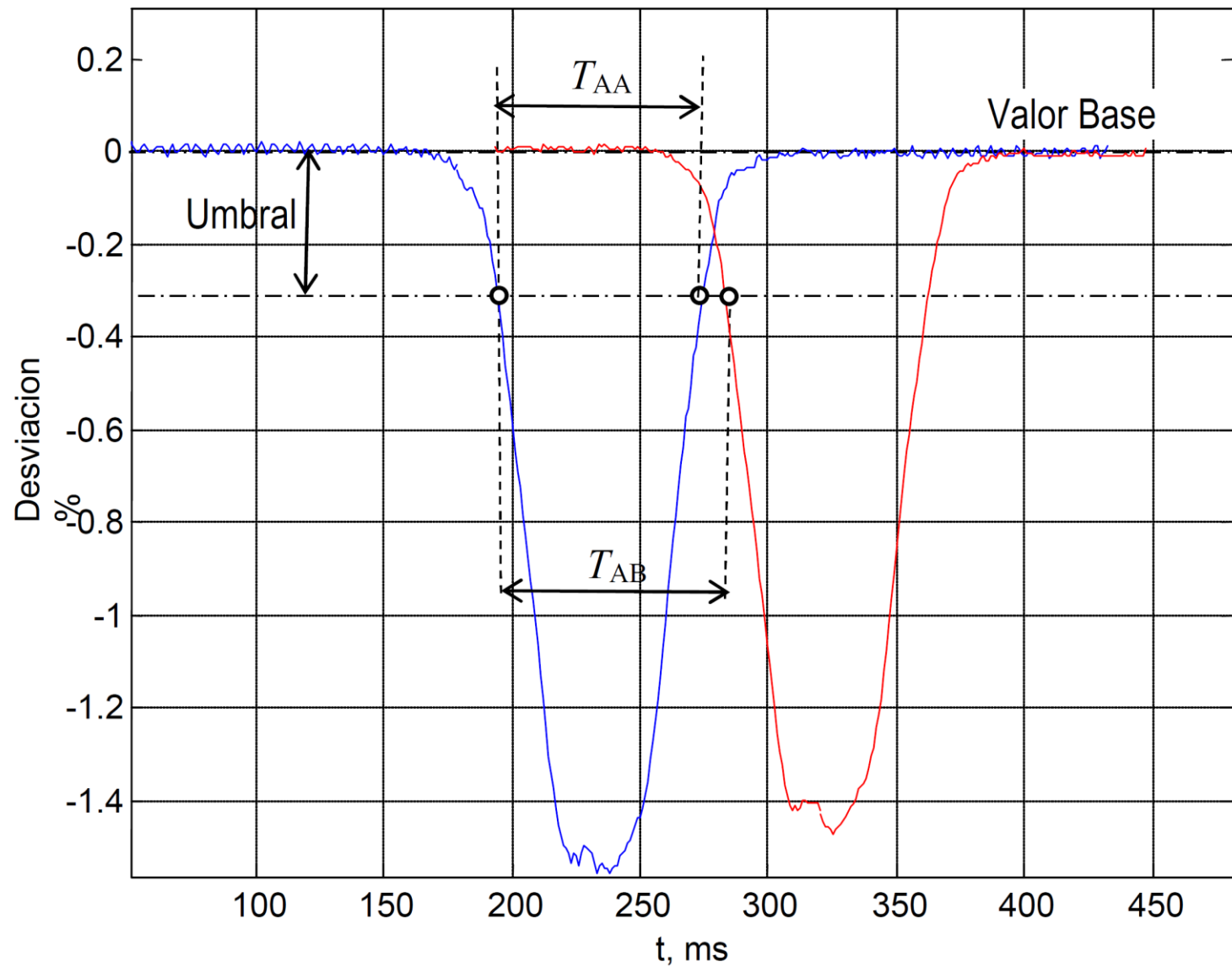


Fig. 4. Medición de T_{AB} comparando las señales captadas por las espiras frente a un umbral.

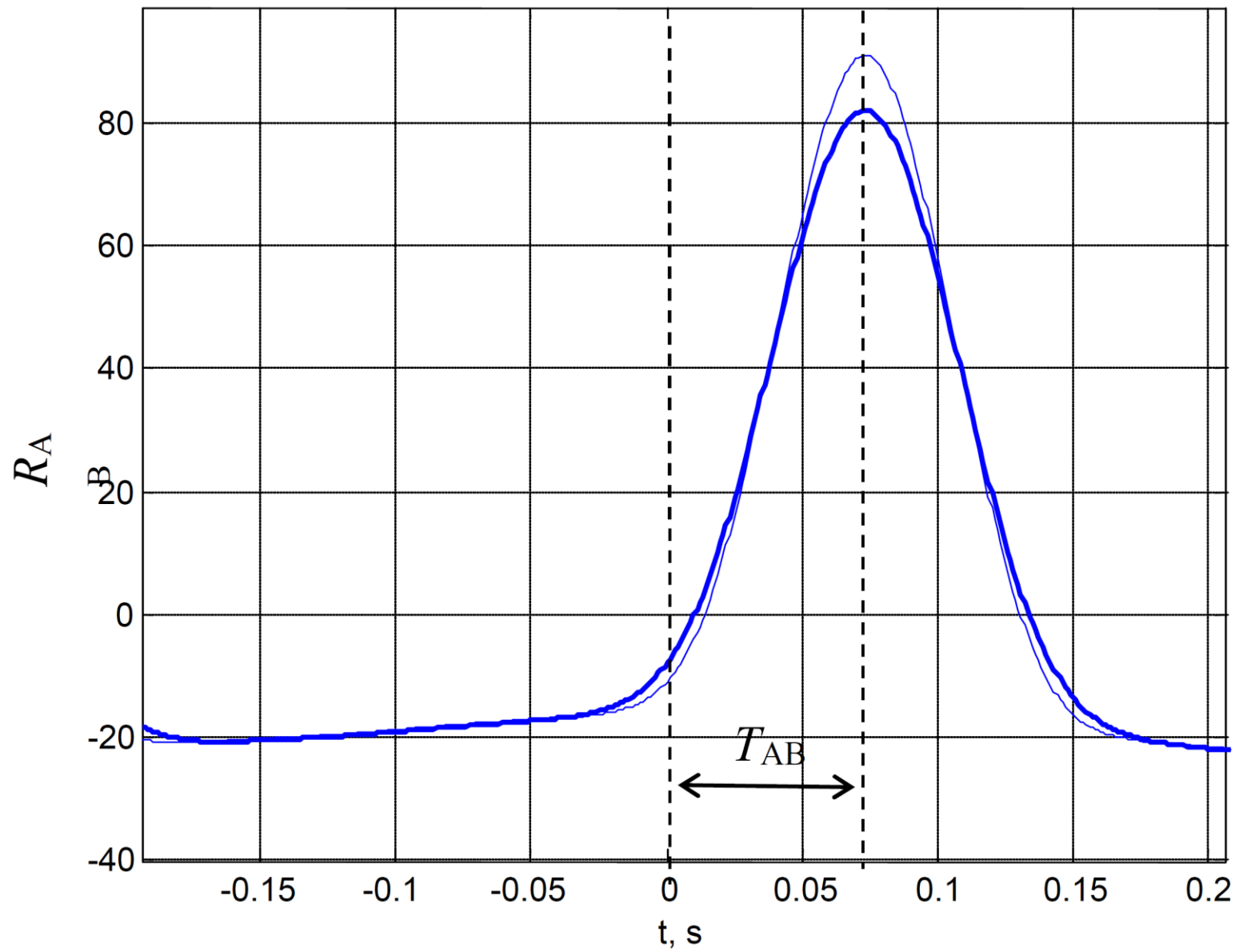
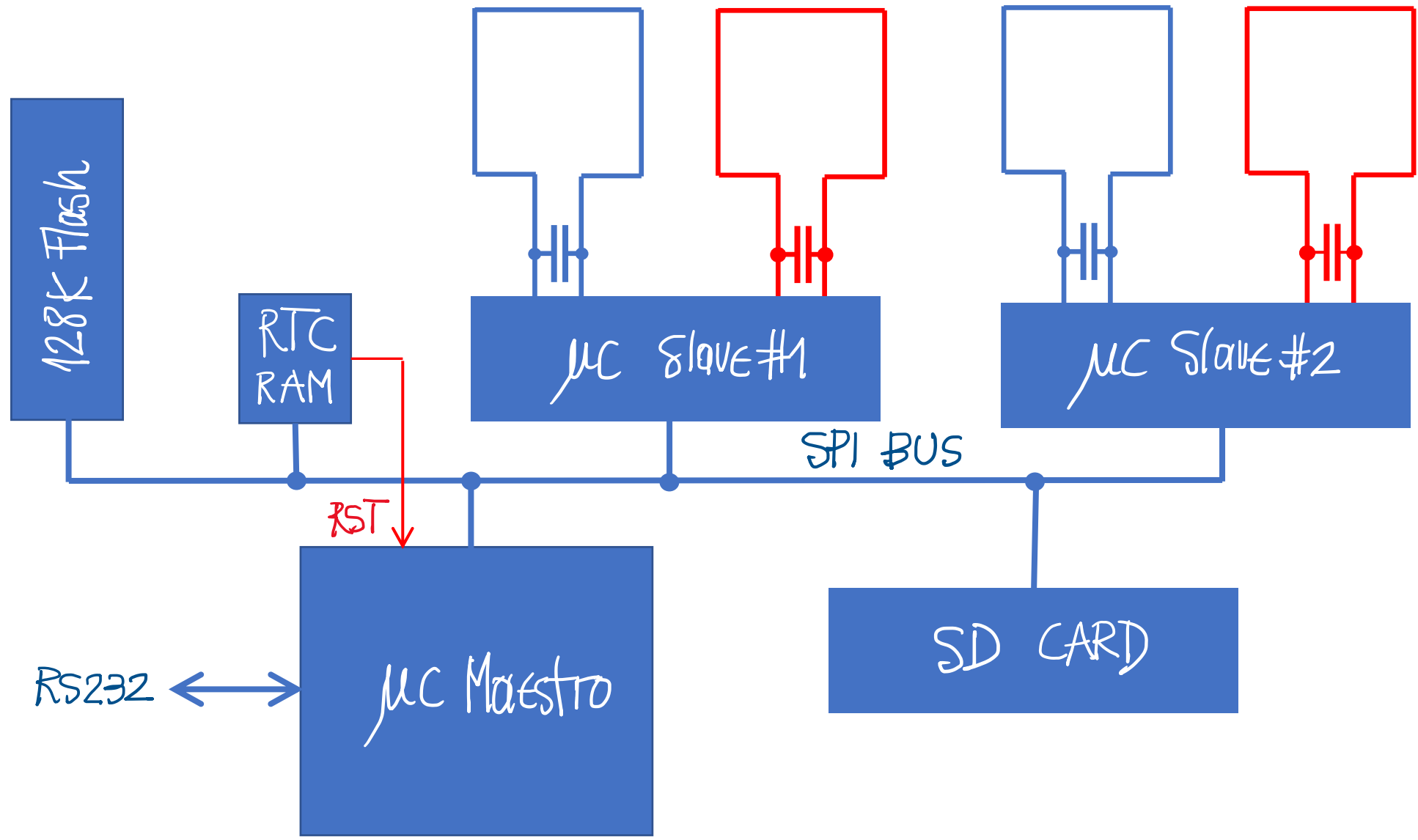
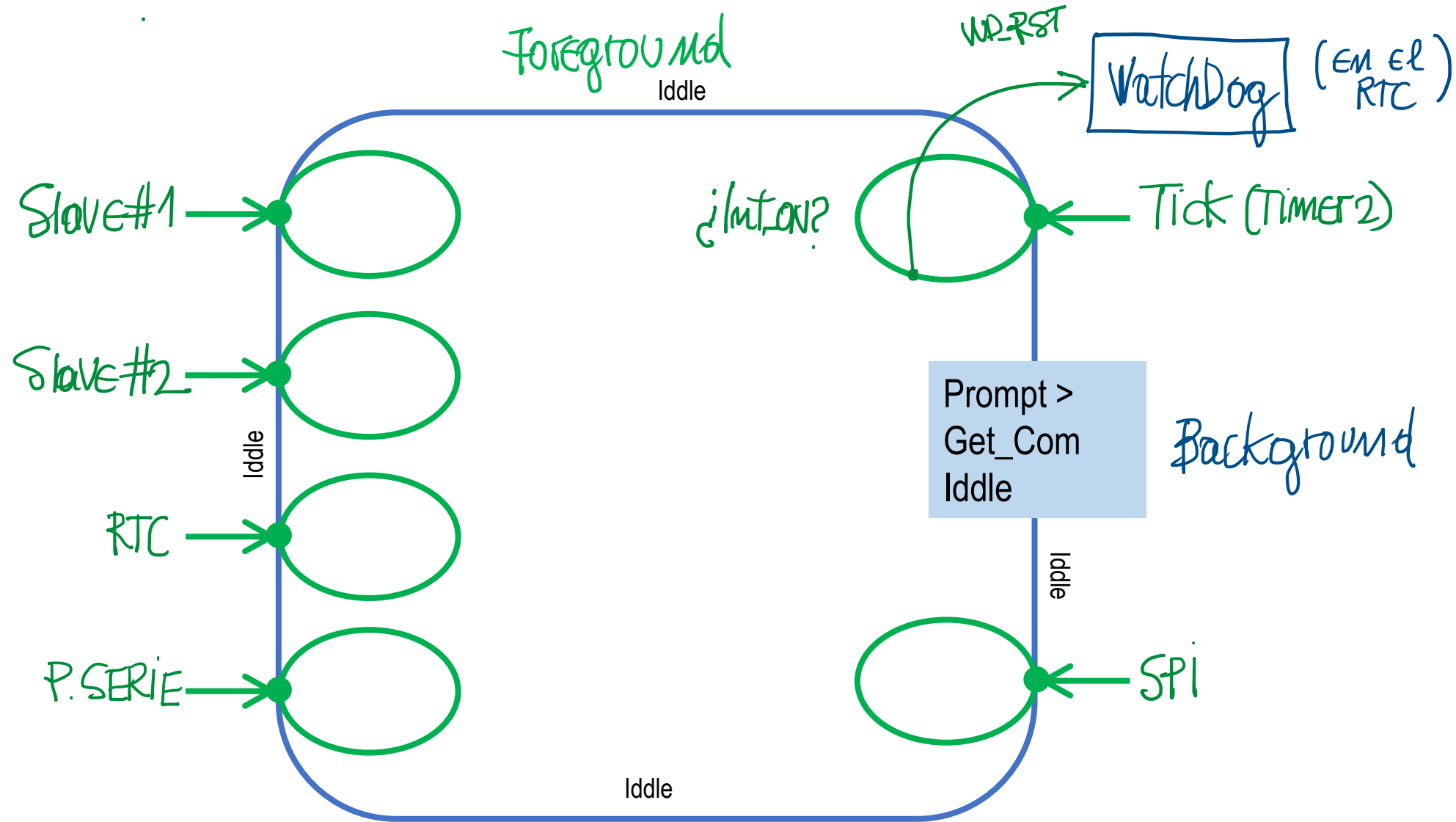


Fig. 6. Funciones de correlación cruzada entre las señales originales (línea fina) y entre señales suavizadas (línea gruesa)







Sistemas Embebidos

Aplicaciones
Biomédica

Instrumentación
Industrial

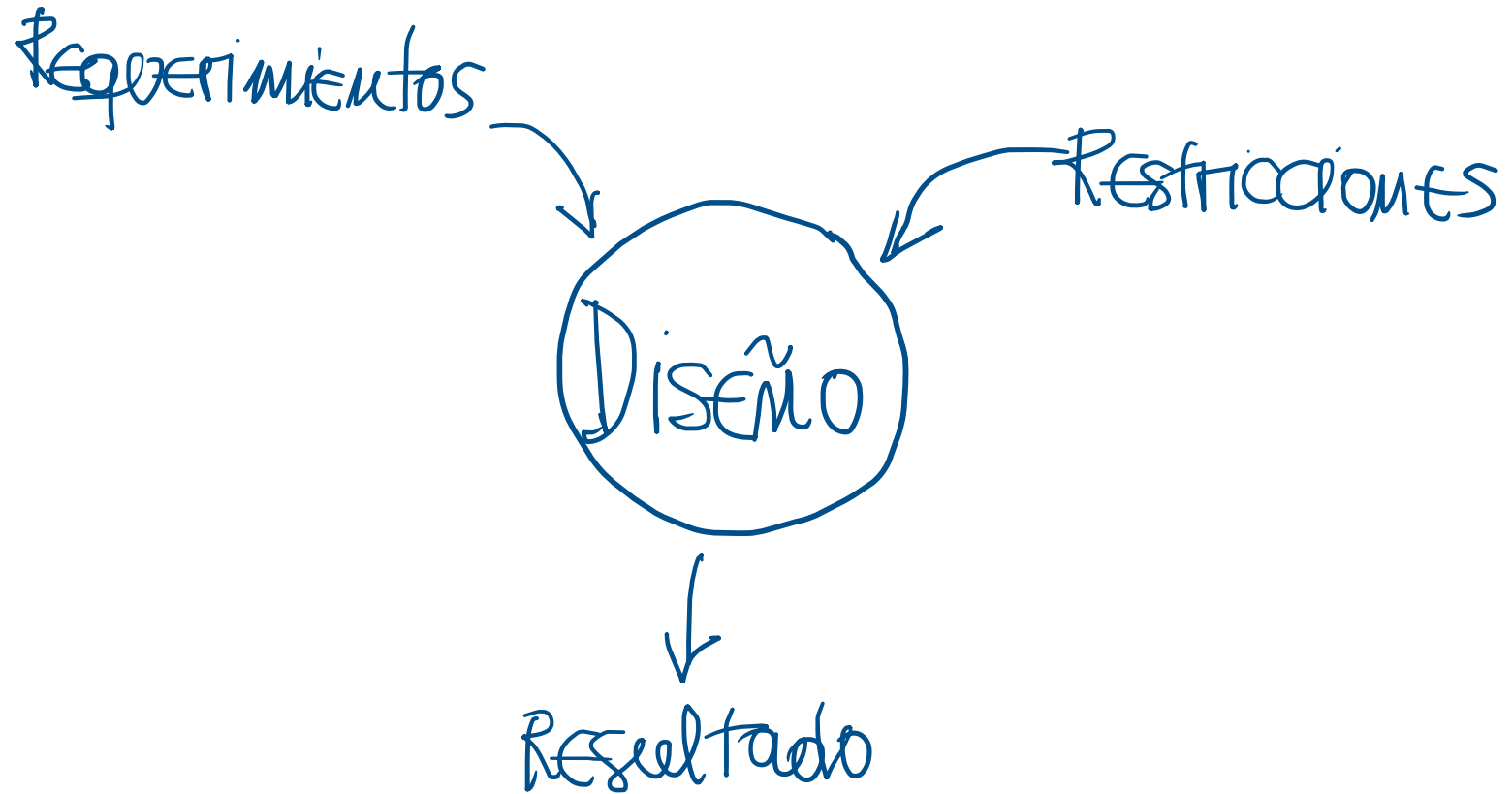
Aplicaciones
Científicas

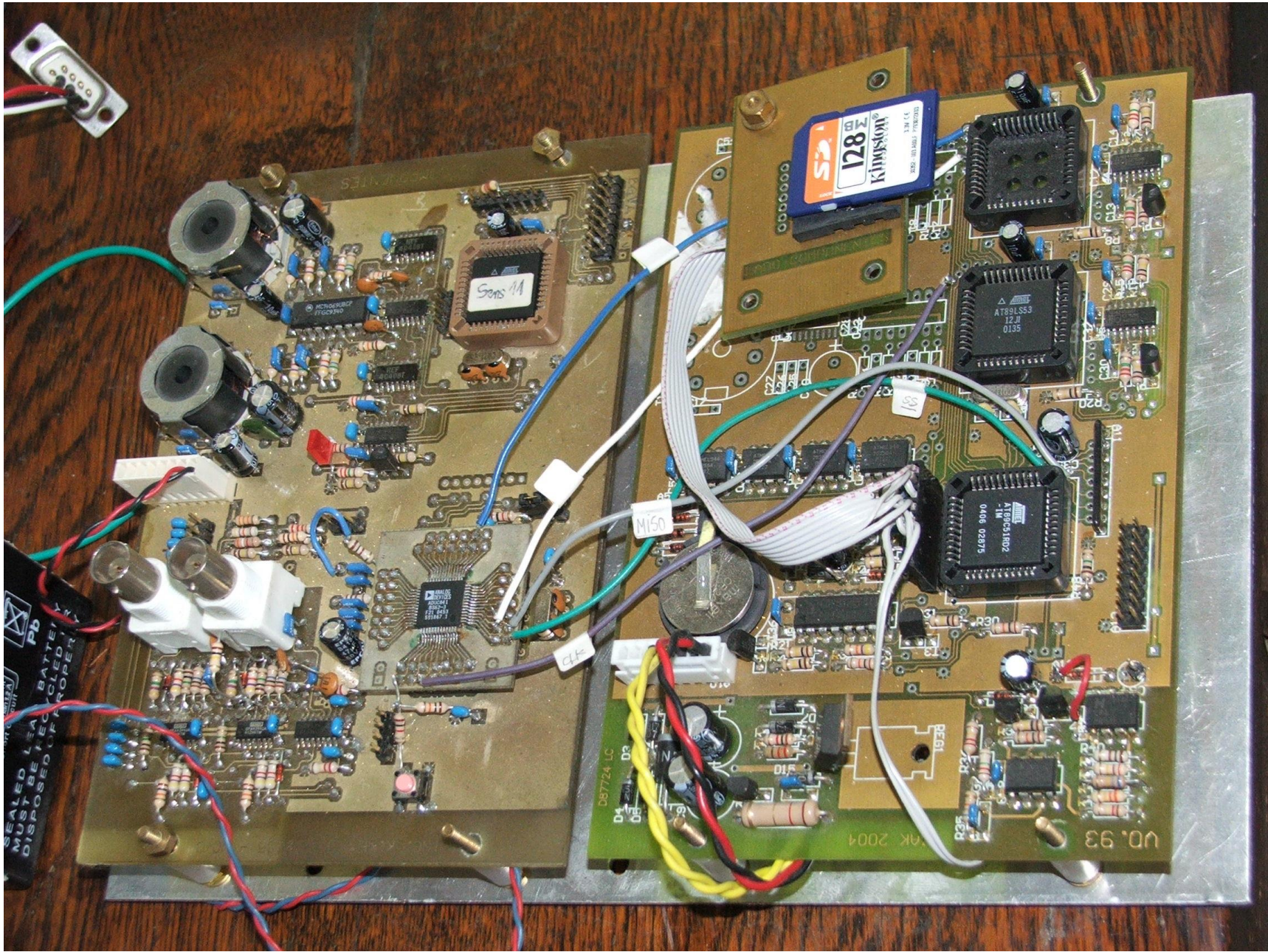
Distribución
de tareas

Consumo

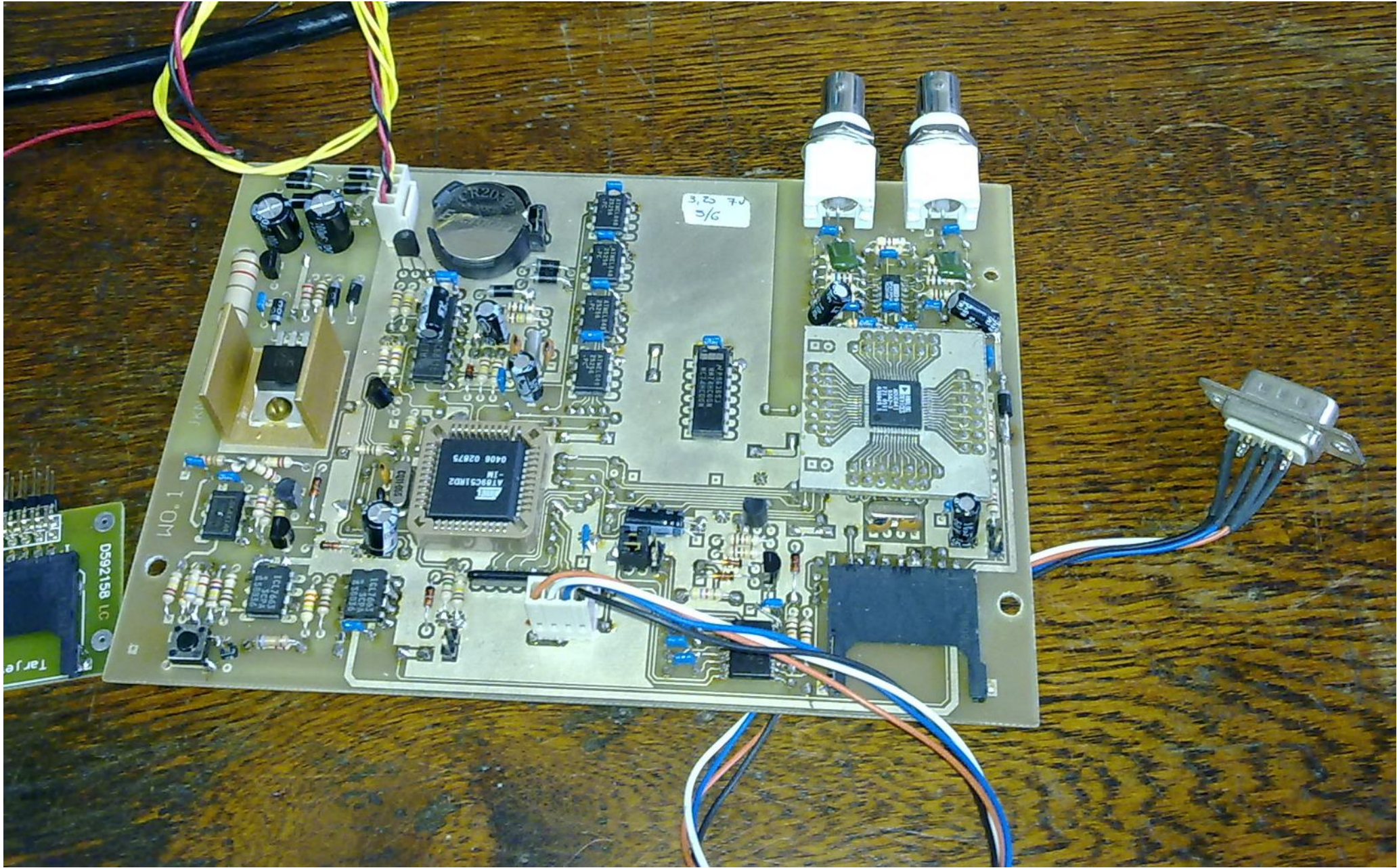
Sistema
Operativo

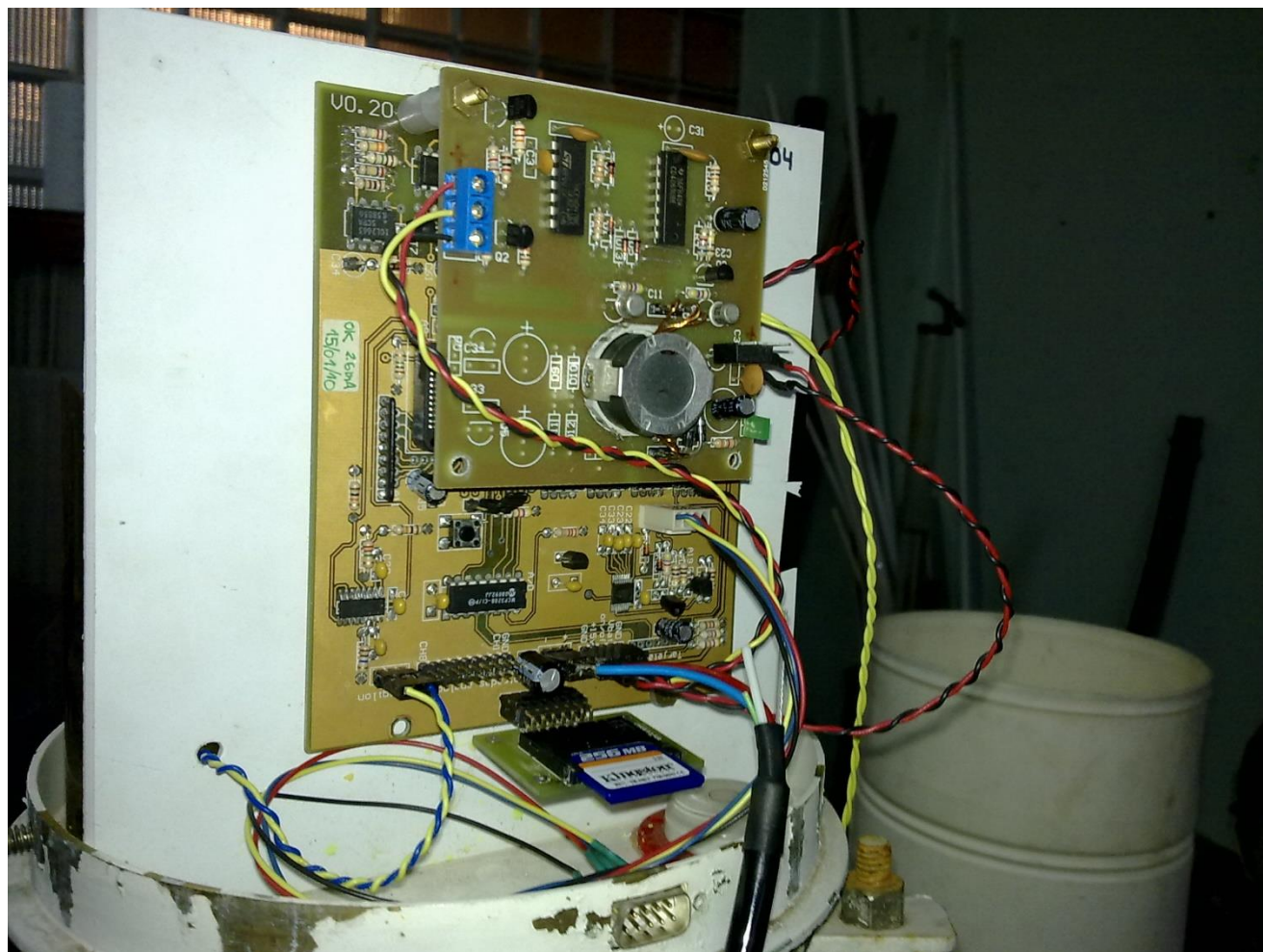
Dispositivos





Pesado dinámico (Weight in motion)



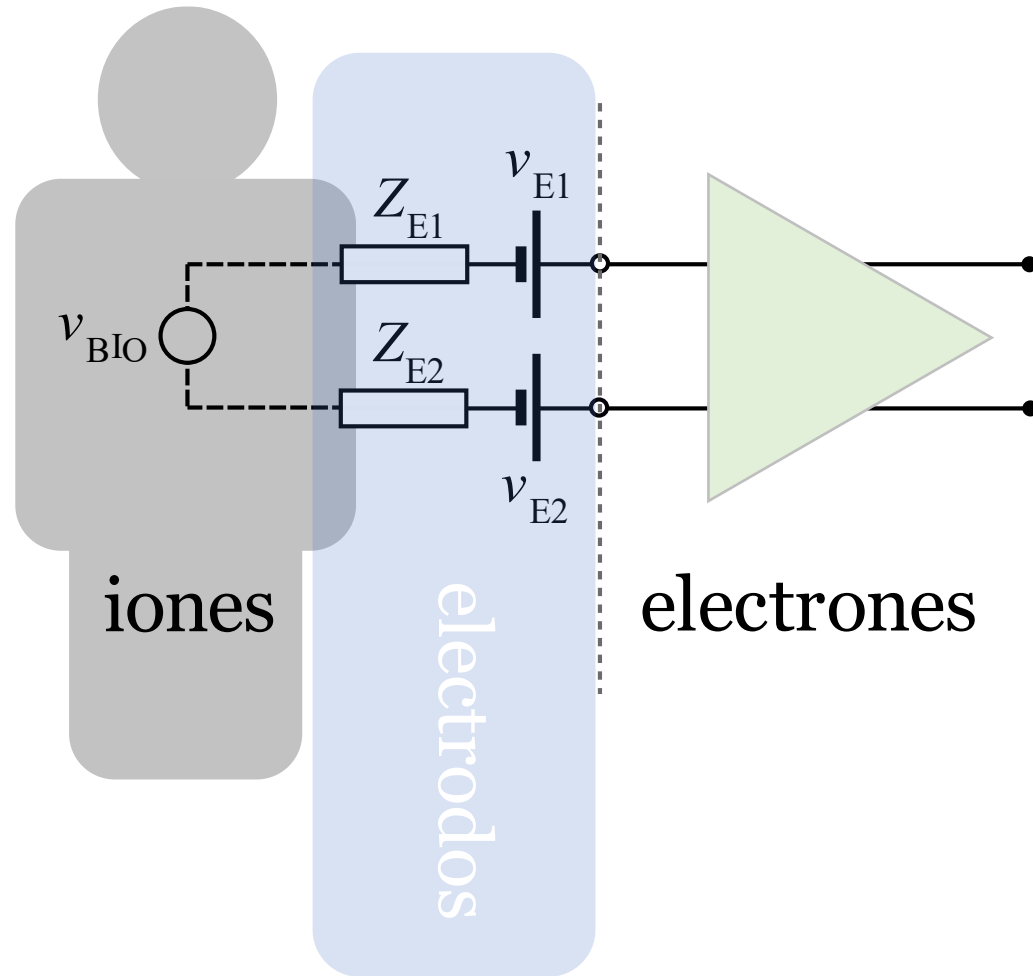


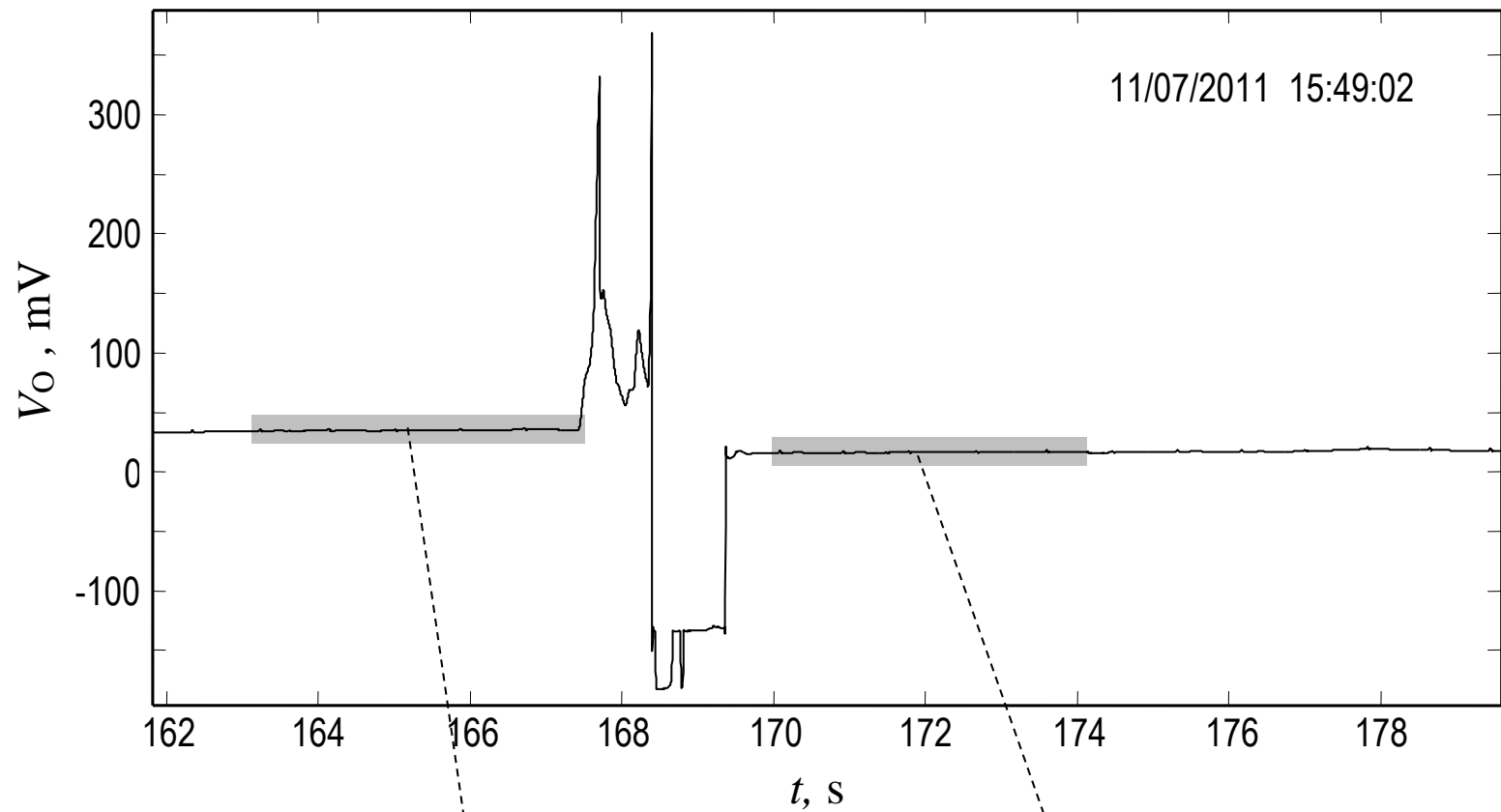


Emulador de lluvia torrencial



Aplicaciones biomédicas: Adquisición de Biopotenciales





Captura de biopotenciales: tensión de offset de electrodos y artefactos.



Captura de biopotenciales (rango dinámico)



Acoplar en AC: eliminar v_{Ei} y artefactos de baja frecuencia
Rango Dinámico 1/1000 60 dB

Con 10-12 bits es suficiente



Acoplar en DC
Rango Dinámico mejor que 1/100.000 100 dB o más...

Se requiere más de 20 bits de resolución (ADS1299)

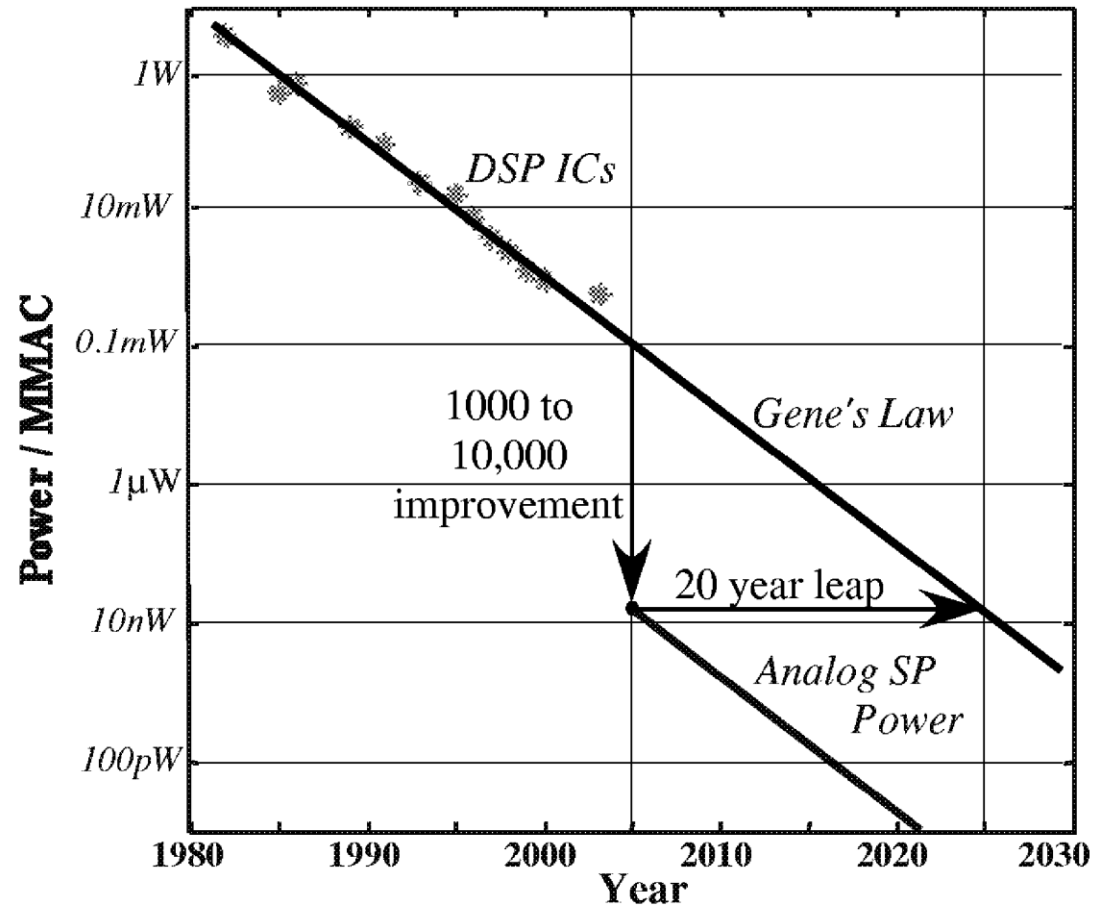
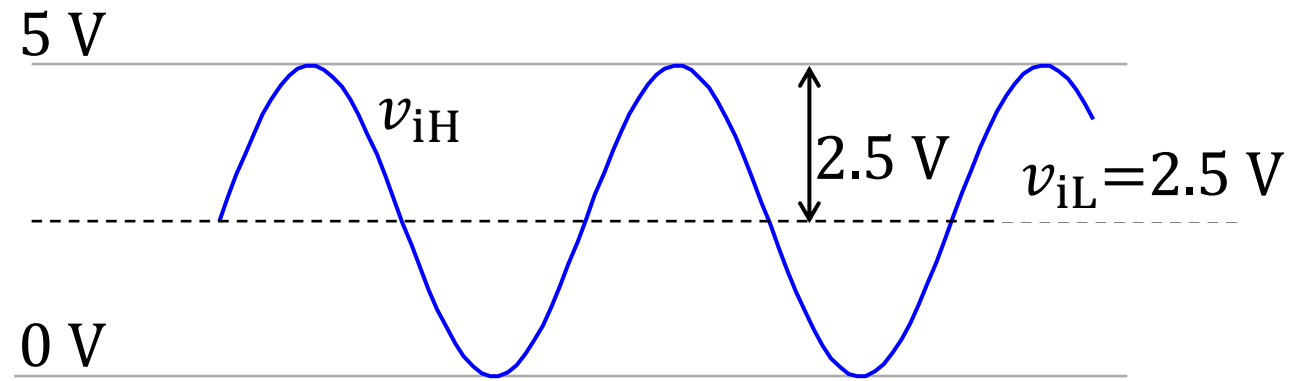
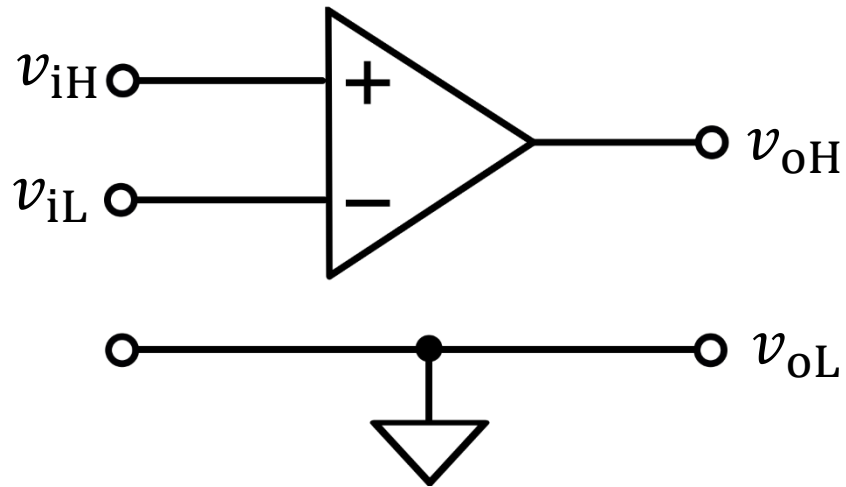


Fig. 1. Data from [11] showing the power consumption trends in DSP microprocessors along with data taken from a recent analog, floating-gate integrated chip developed by the CADSP team [12]–[14].

Fully-Differential vs Single-Ended



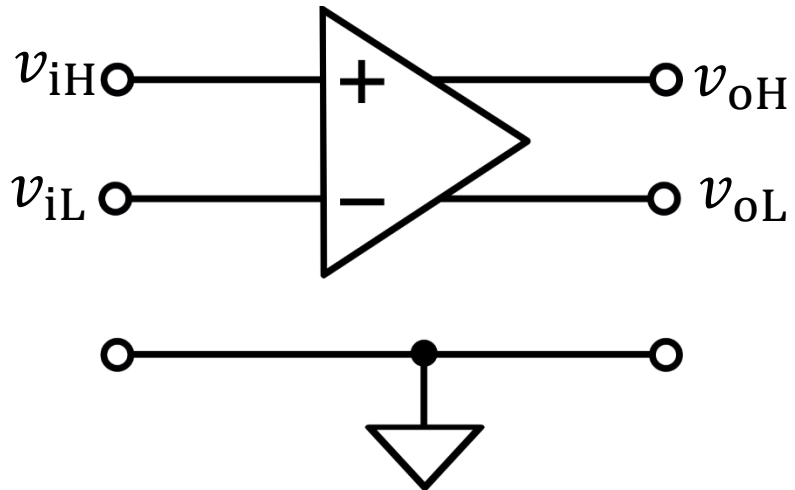
Rango de Entrada/Salida



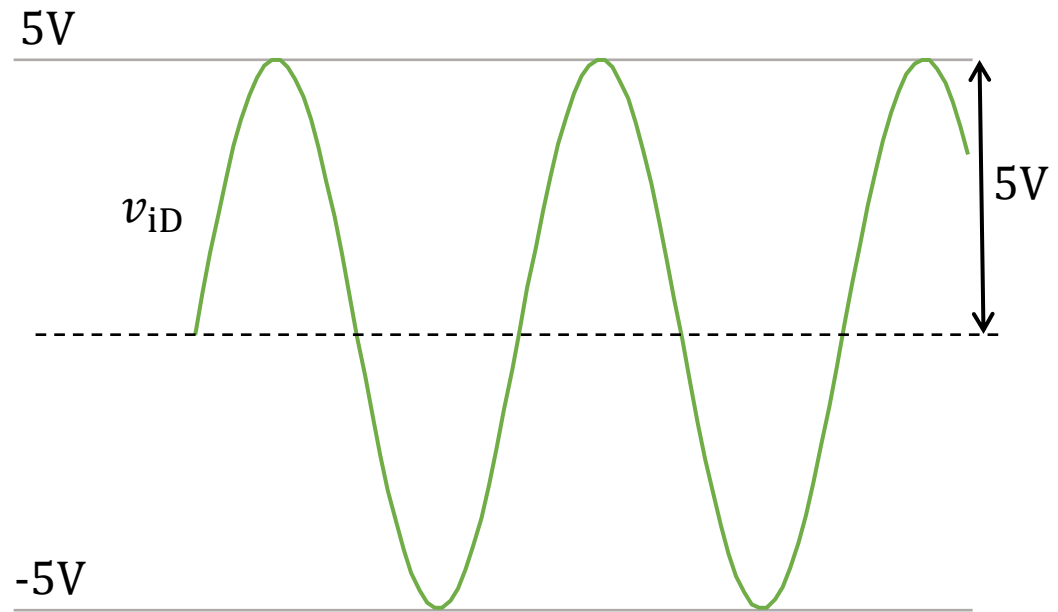
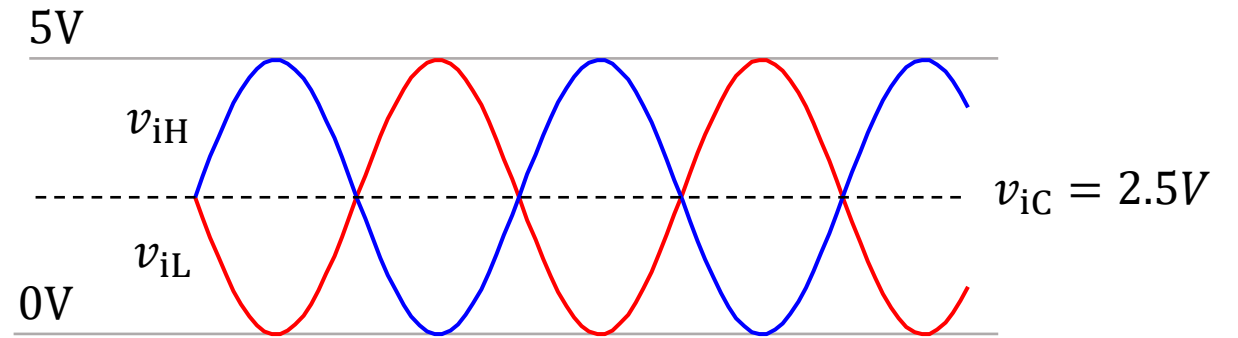
SE: $V_{CC} = 0 - 5 V$; $RE = \pm 2.5 V$
(Single-Supply)

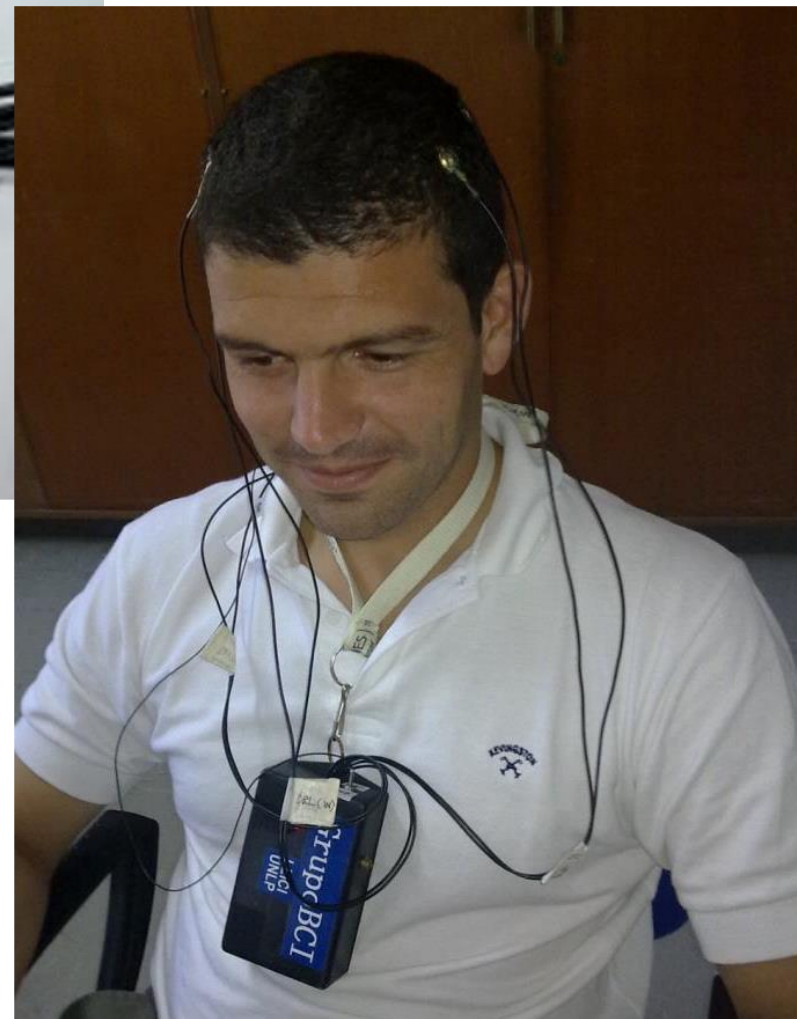
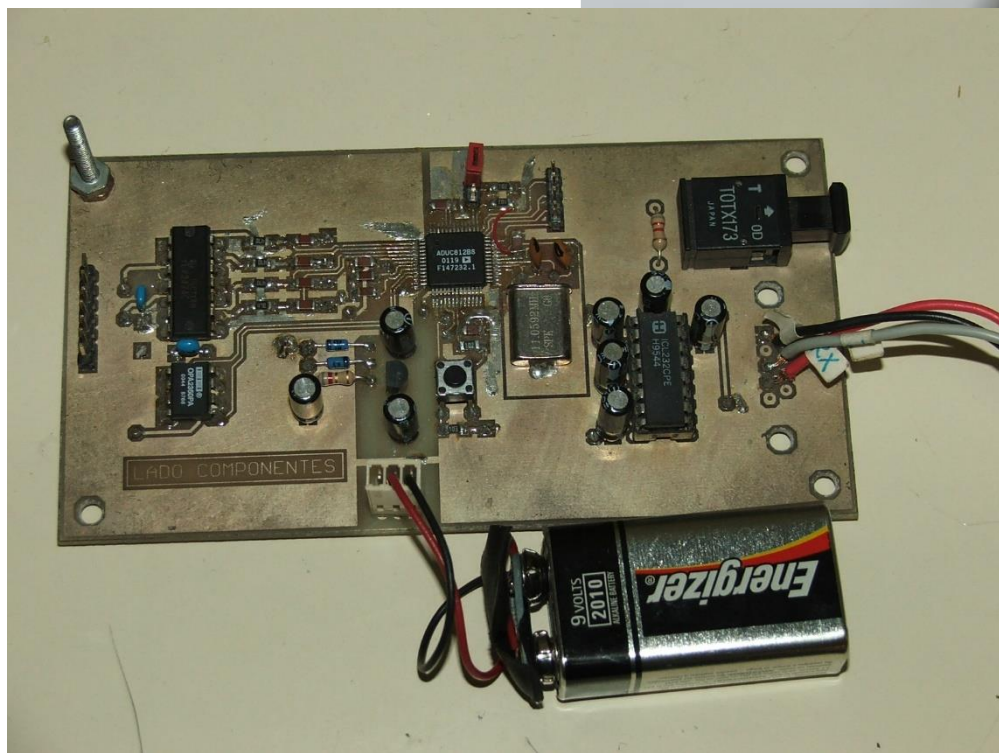
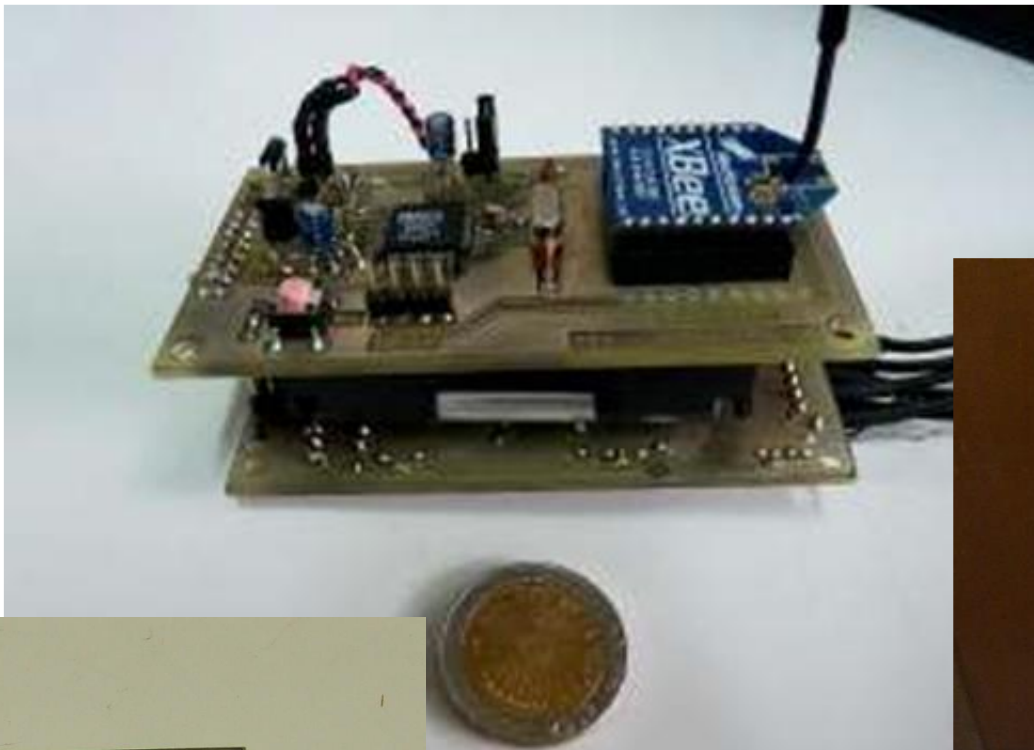


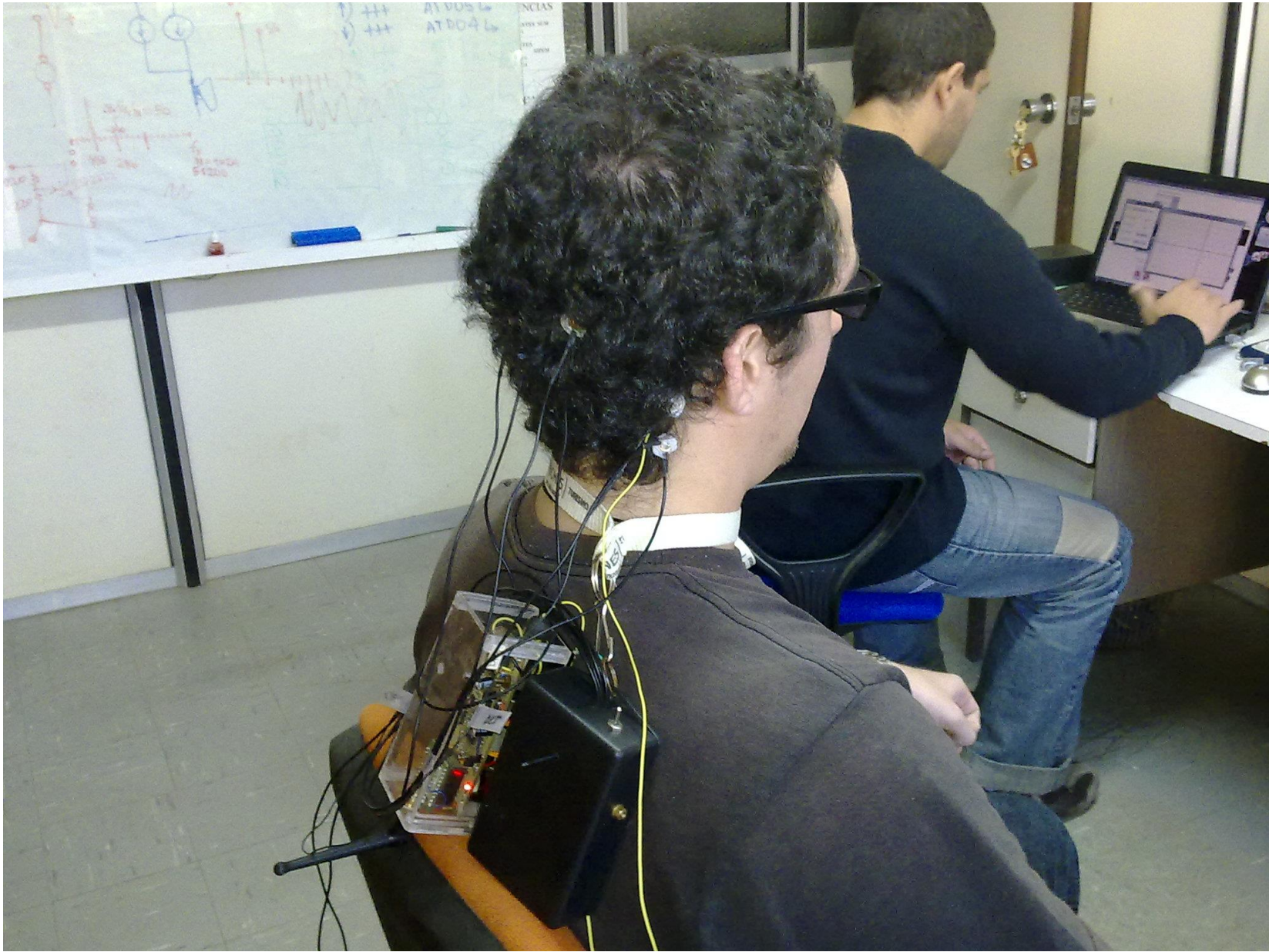
Señal Diferencial #2

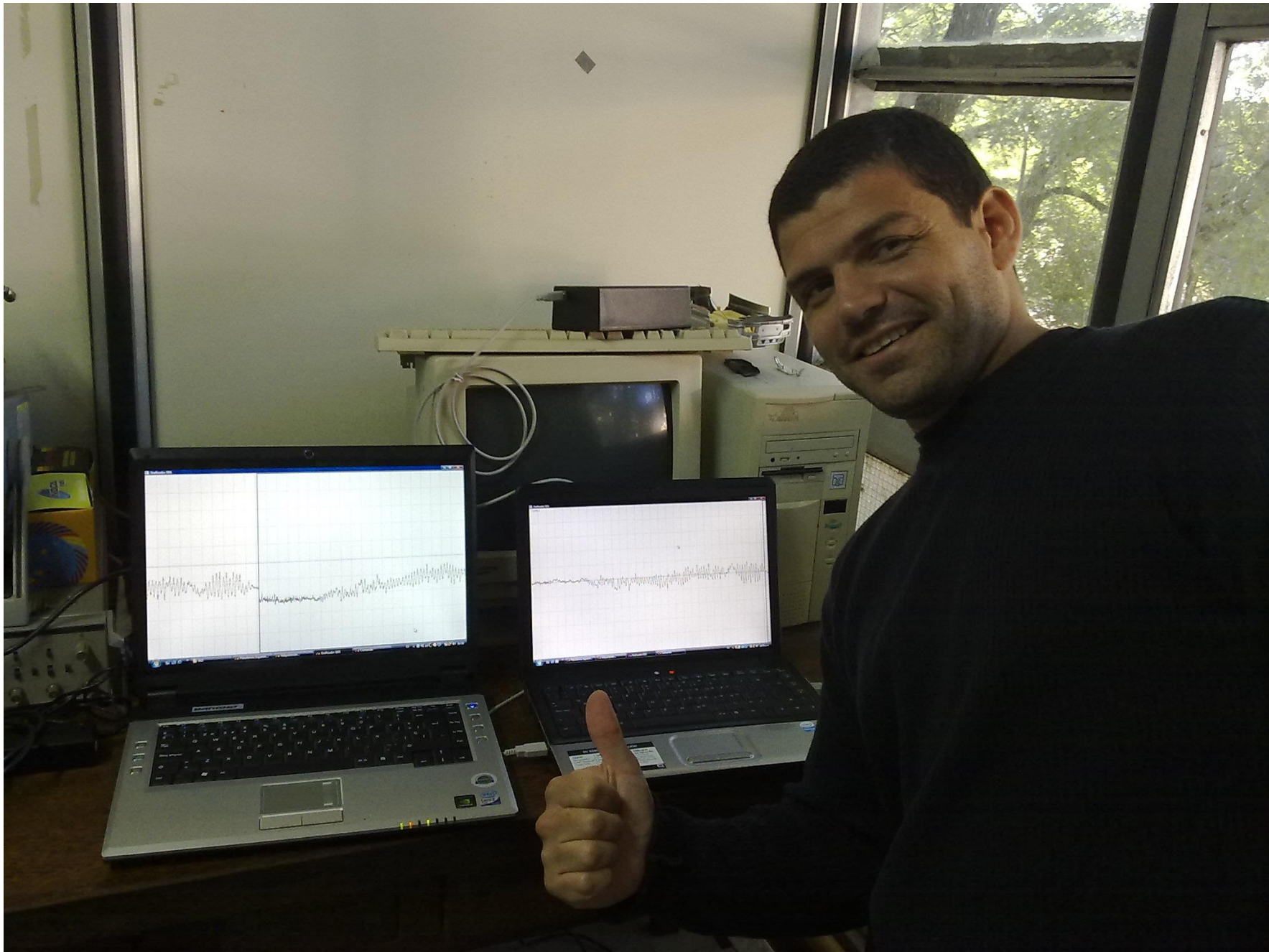


FD: $V_{CC} = 0 - 5V$; $RE = \pm 5V$
(Single-Supply)









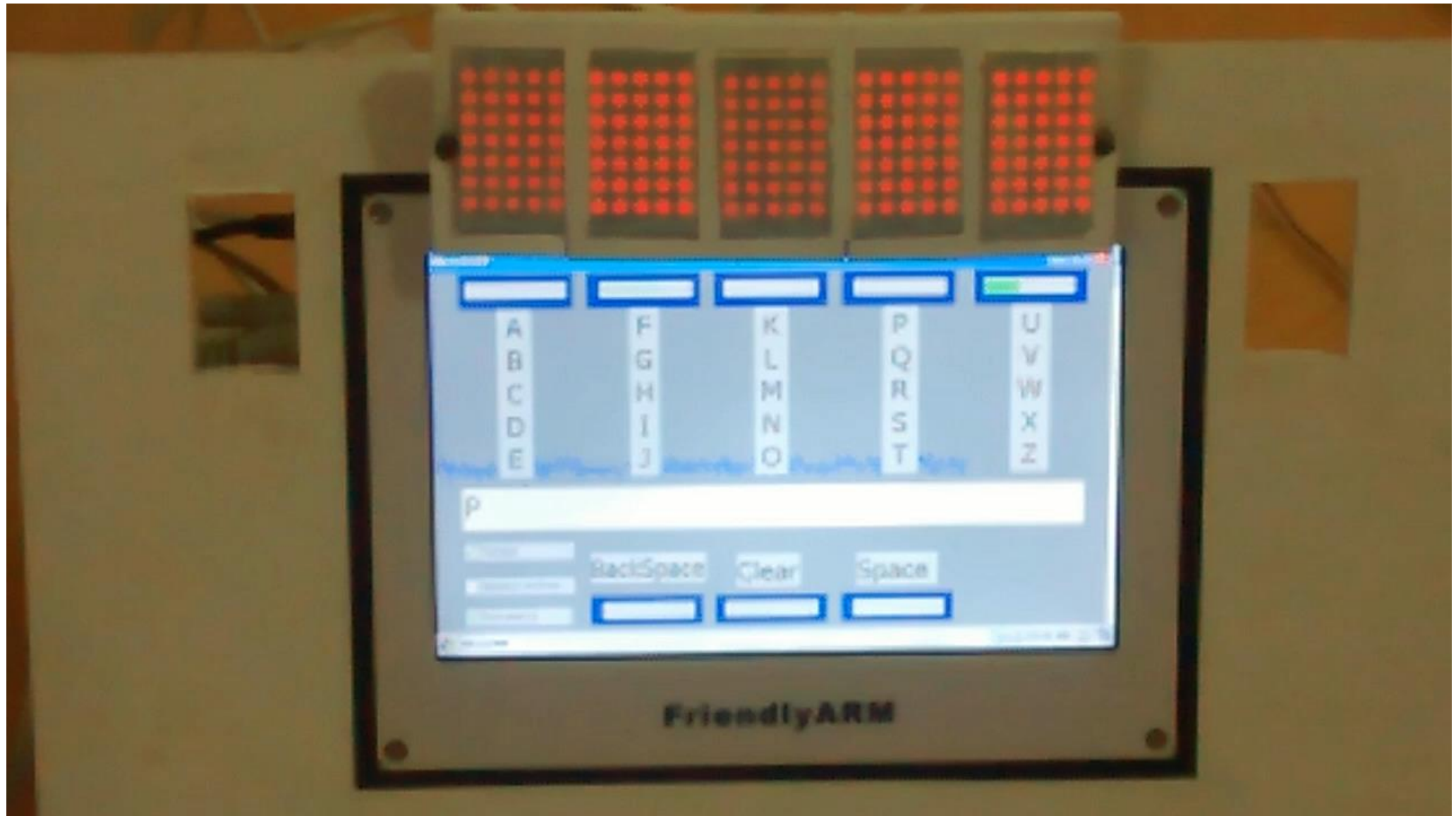
Aplicaciones biomédicas: Deletreador mediante EEG



Deletreador autónomo mediante potenciales evocados de estado estacionario (SSVEP)

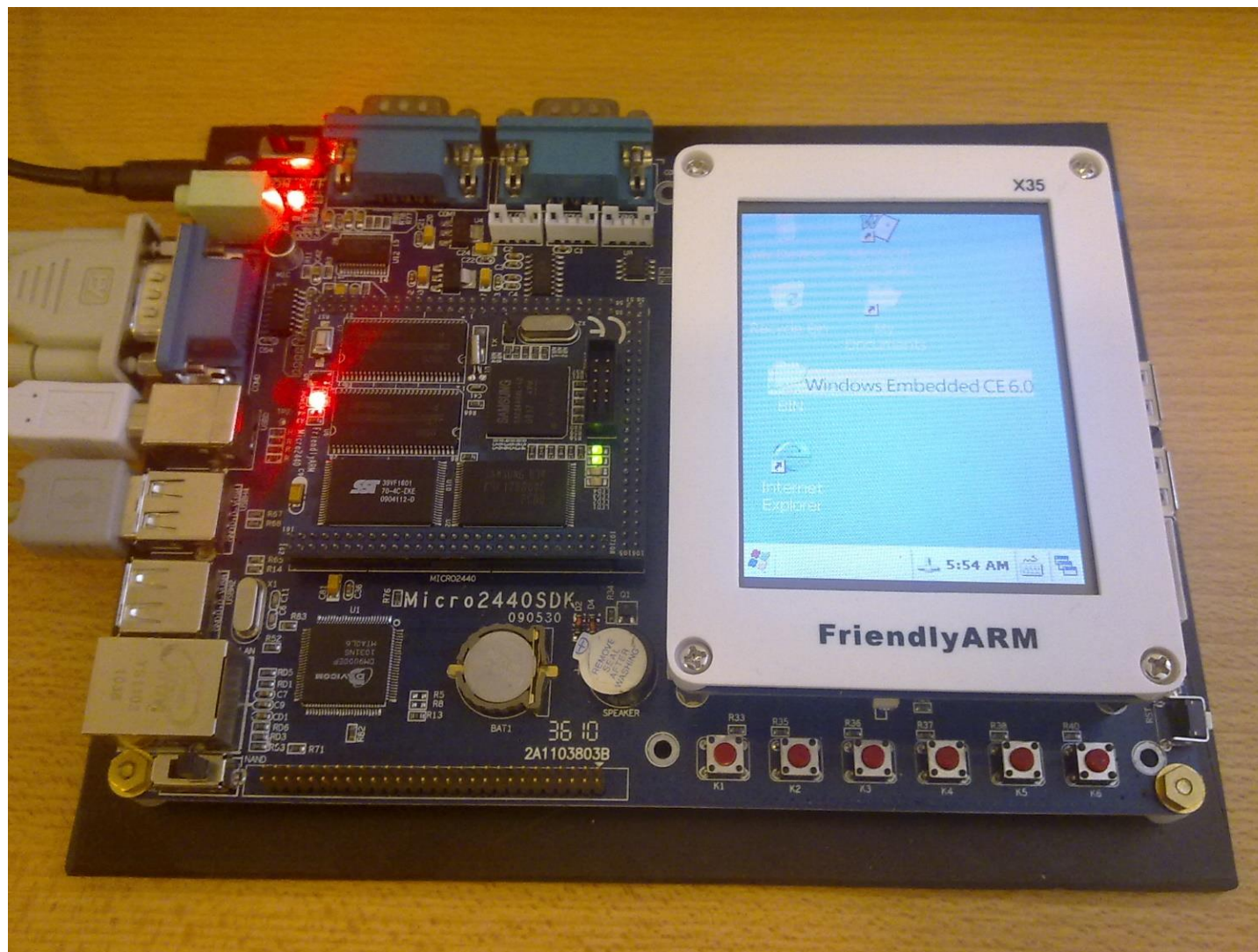


Deletreador autónomo mediante potenciales evocados de estado estacionario (SSVEP)



Deletreador autónomo mediante potenciales evocados de estado estacionario (SSVEP)

Sistema Operativo de Tiempo Real Windows CE 6.0



Deletreador autónomo mediante potenciales evocados de estado estacionario (SSVEP)

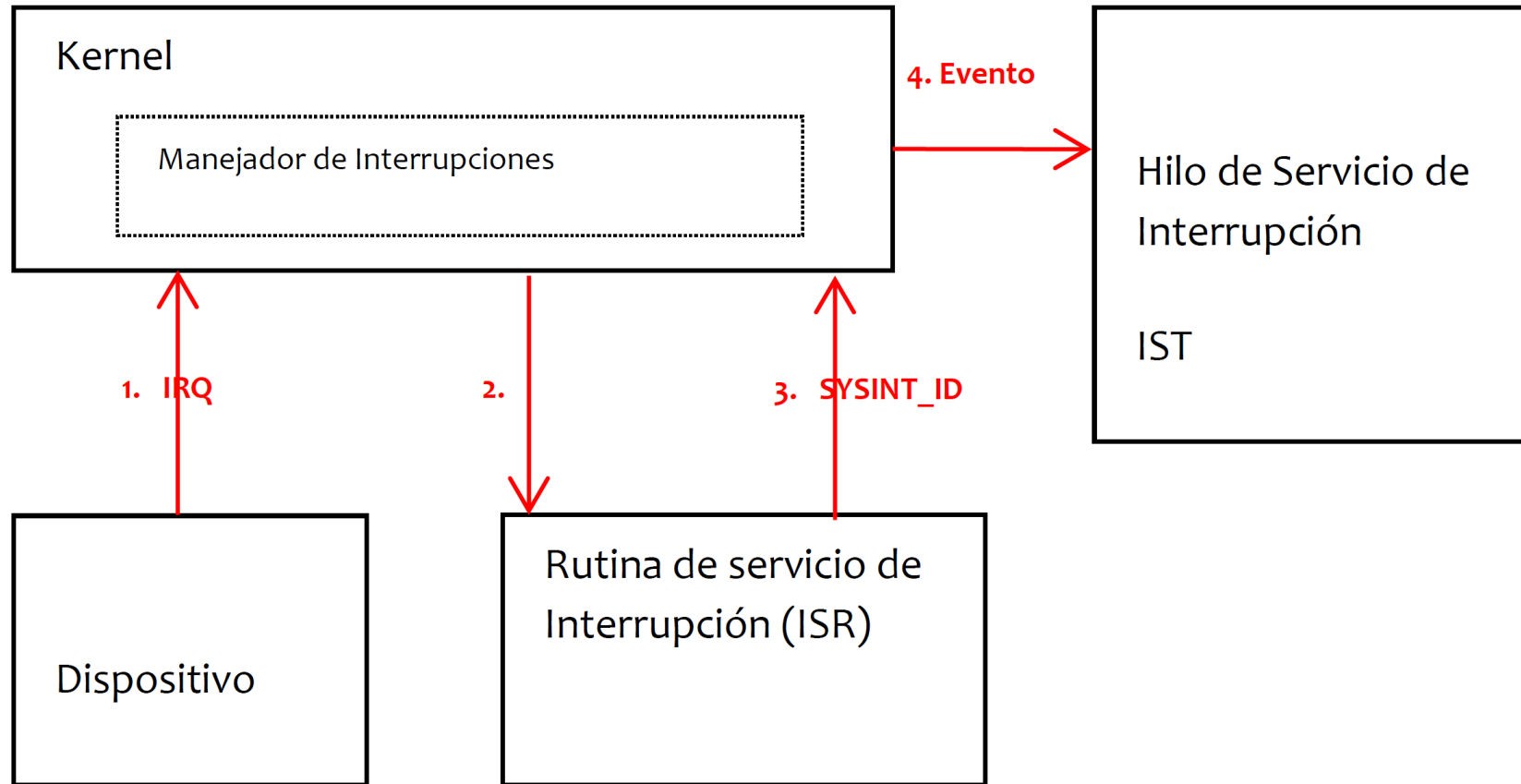
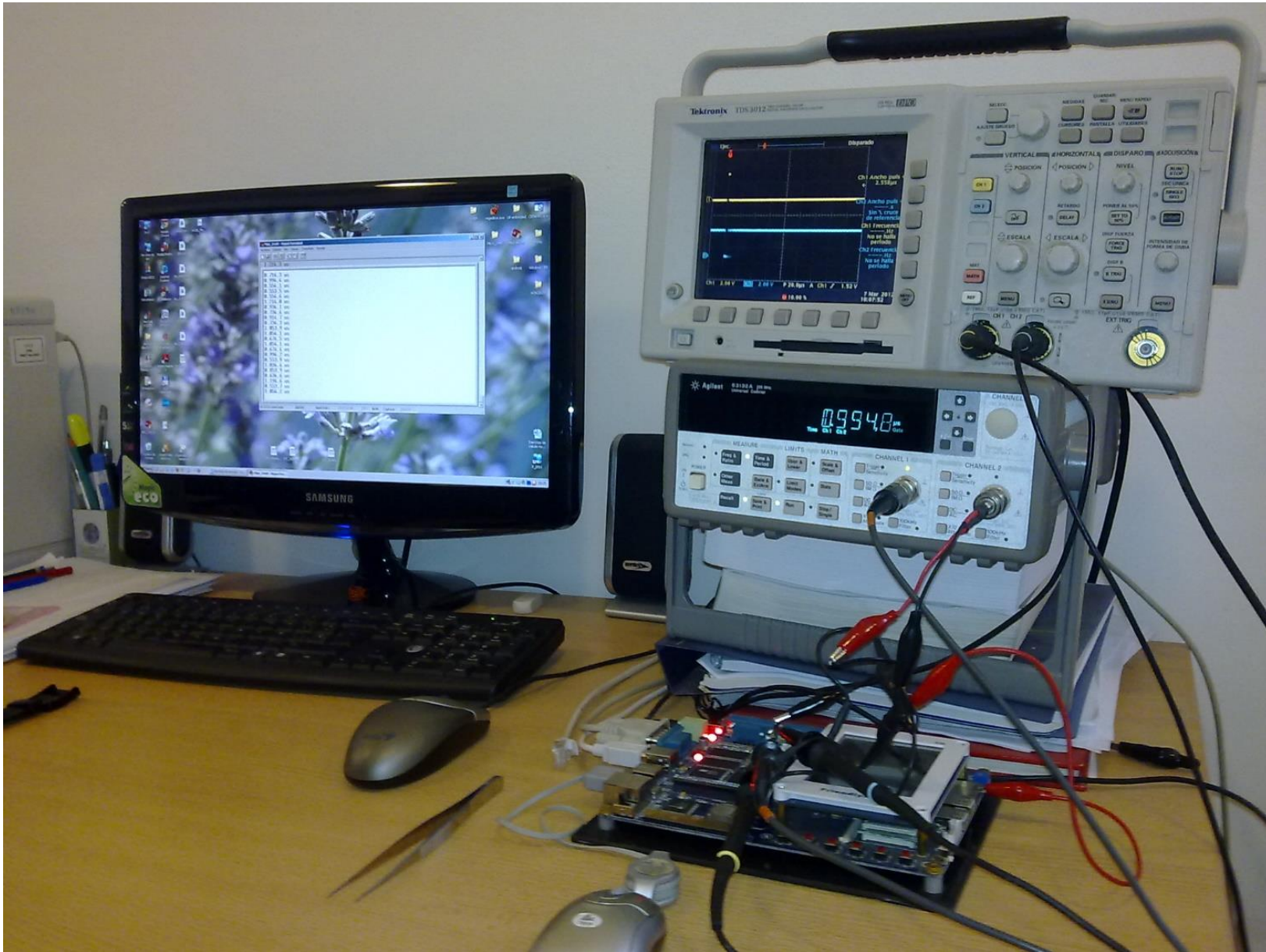


Figura 5.3. Manejo de Interrupciones



Medición de tiempos de latencia Windows CE

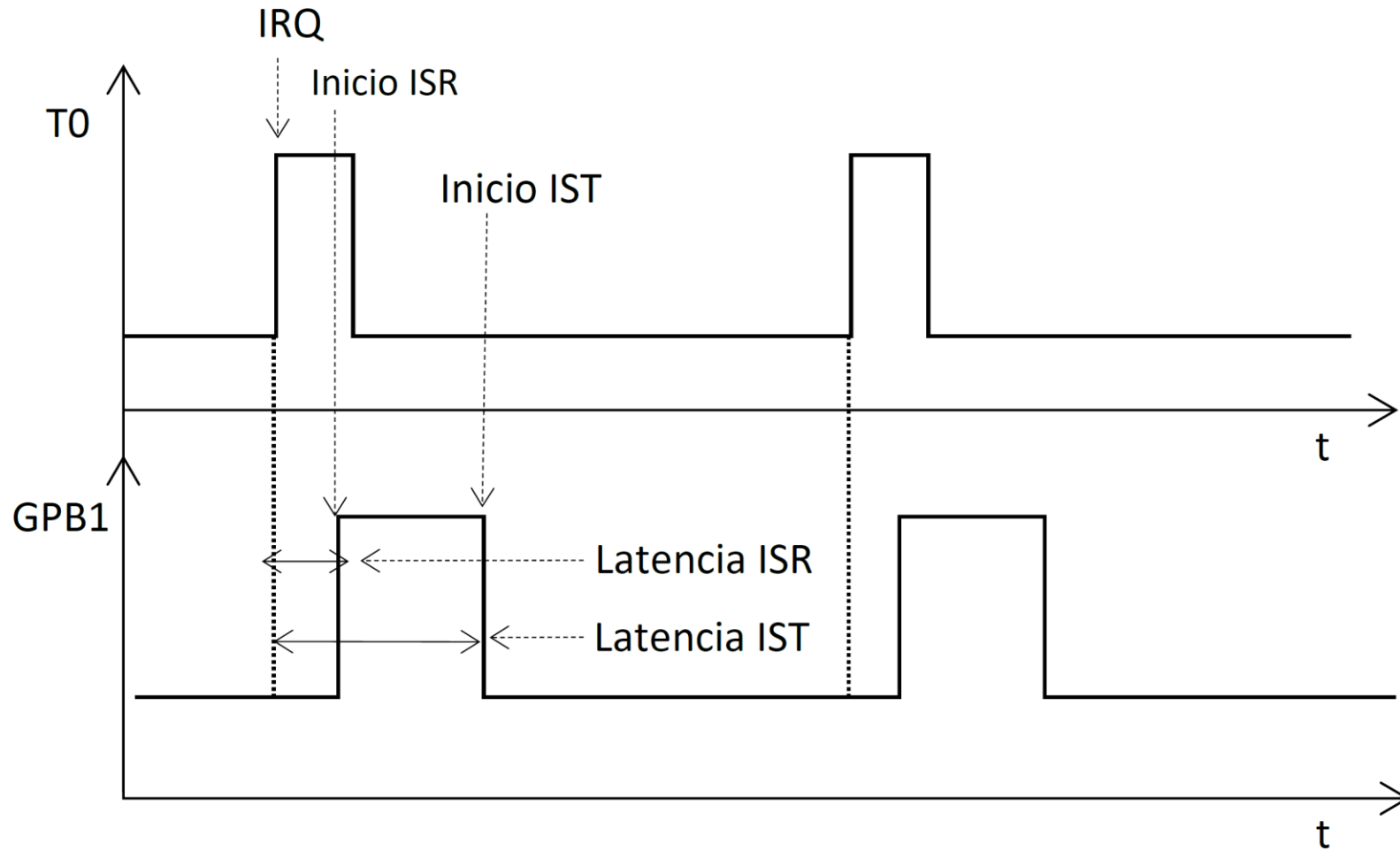


Figura 5.5. Latencias de ISR e IST.

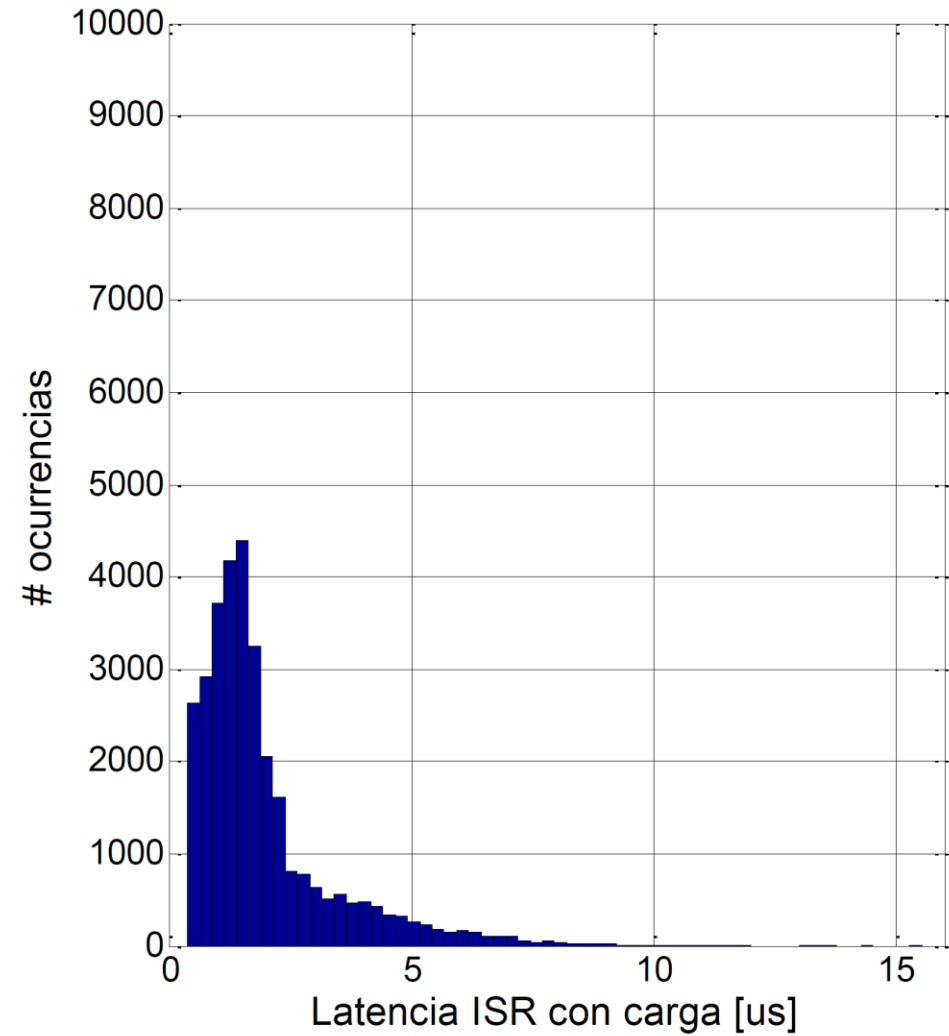
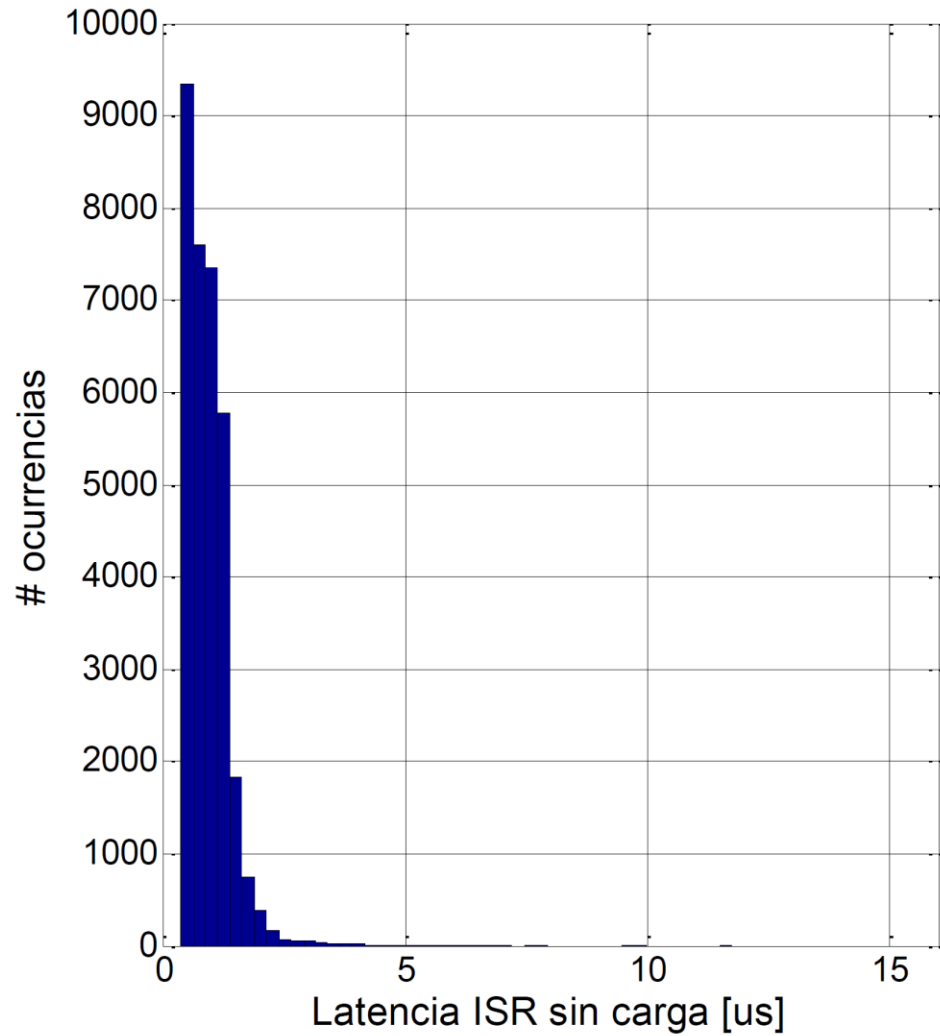


Figura 5.7. Latencia ISR.

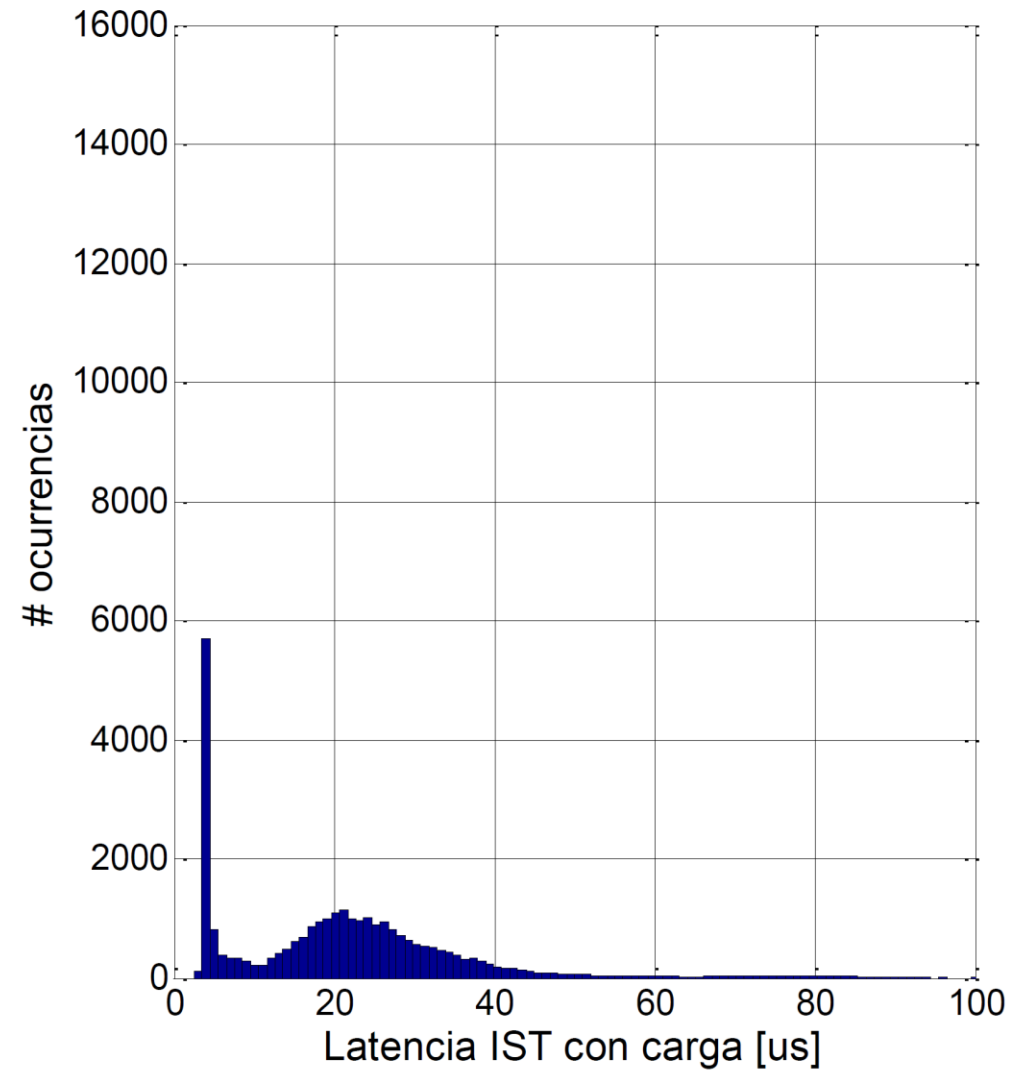
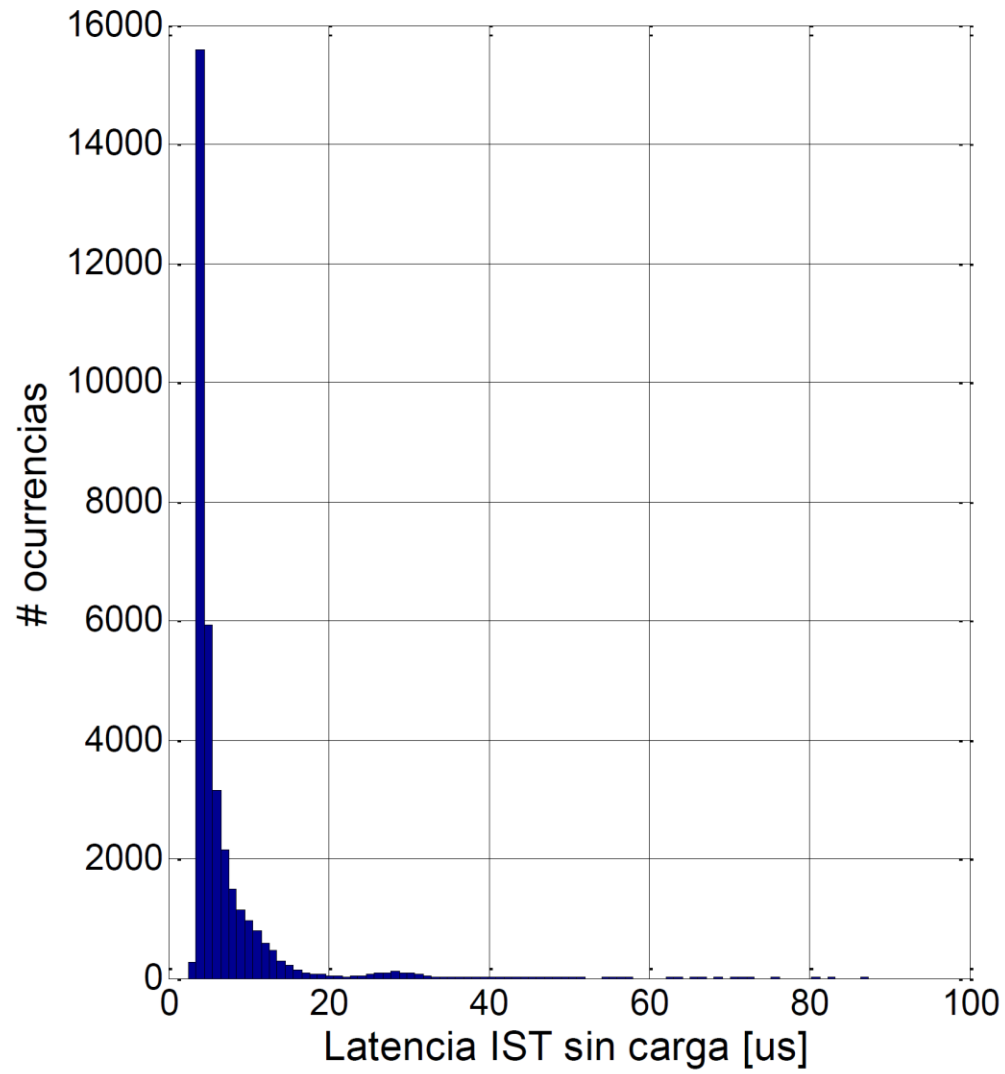


Figura 5.8. Latencia IST.

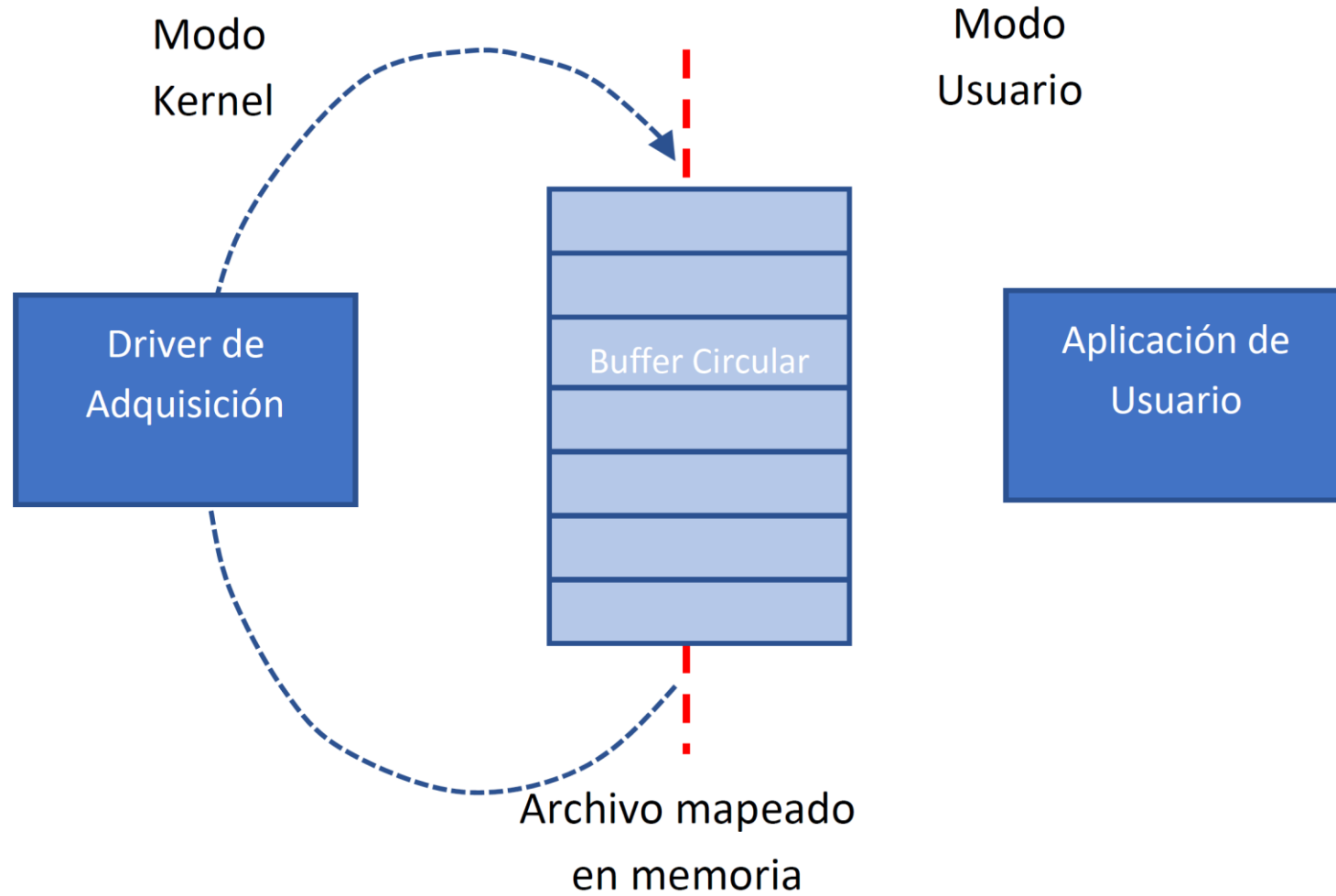


Figura 5.9. Manejo de los datos generados por el controlador.



Aplicaciones biomédicas: Deletreador mediante EEG





Sistemas Embebidos

Aplicaciones
Biomédica

Instrumentación
Industrial

Aplicaciones
Científicas

Distribución
de tareas

Consumo

Sistema
Operativo

Dispositivos



Aplicaciones biomédicas: Otoemisiones acústicas

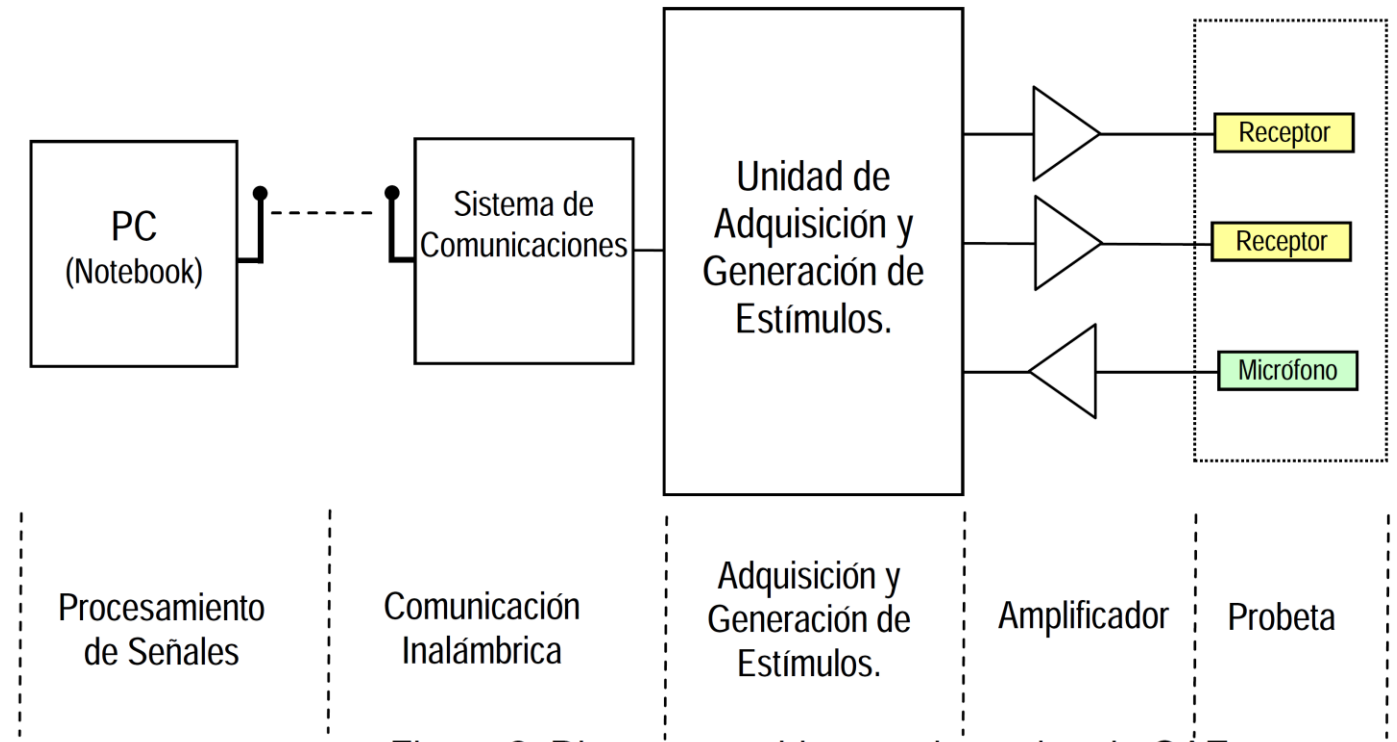
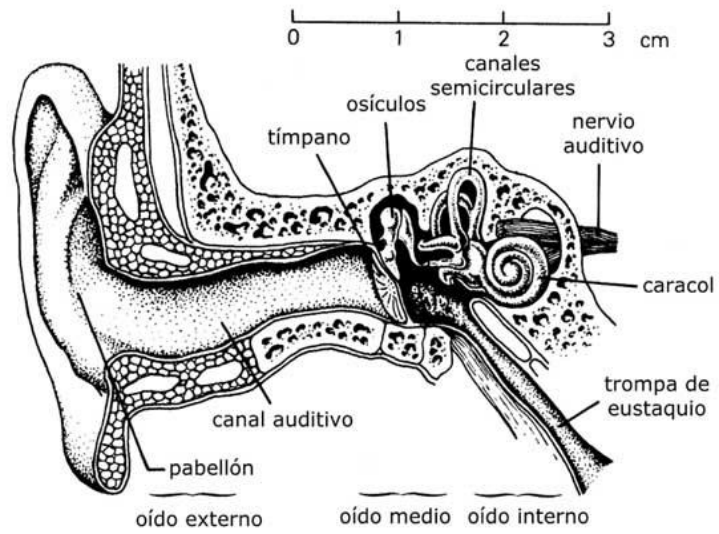
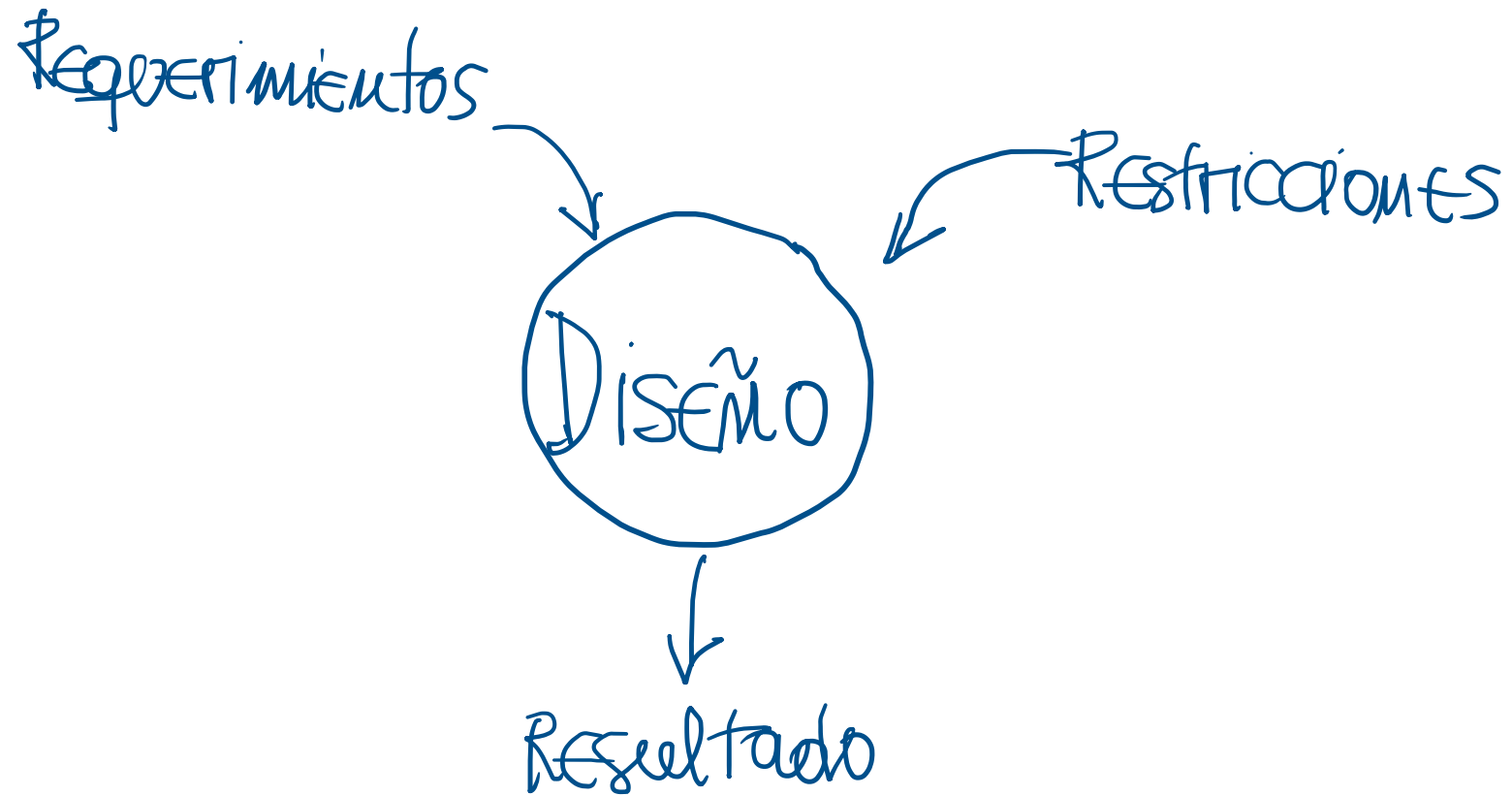
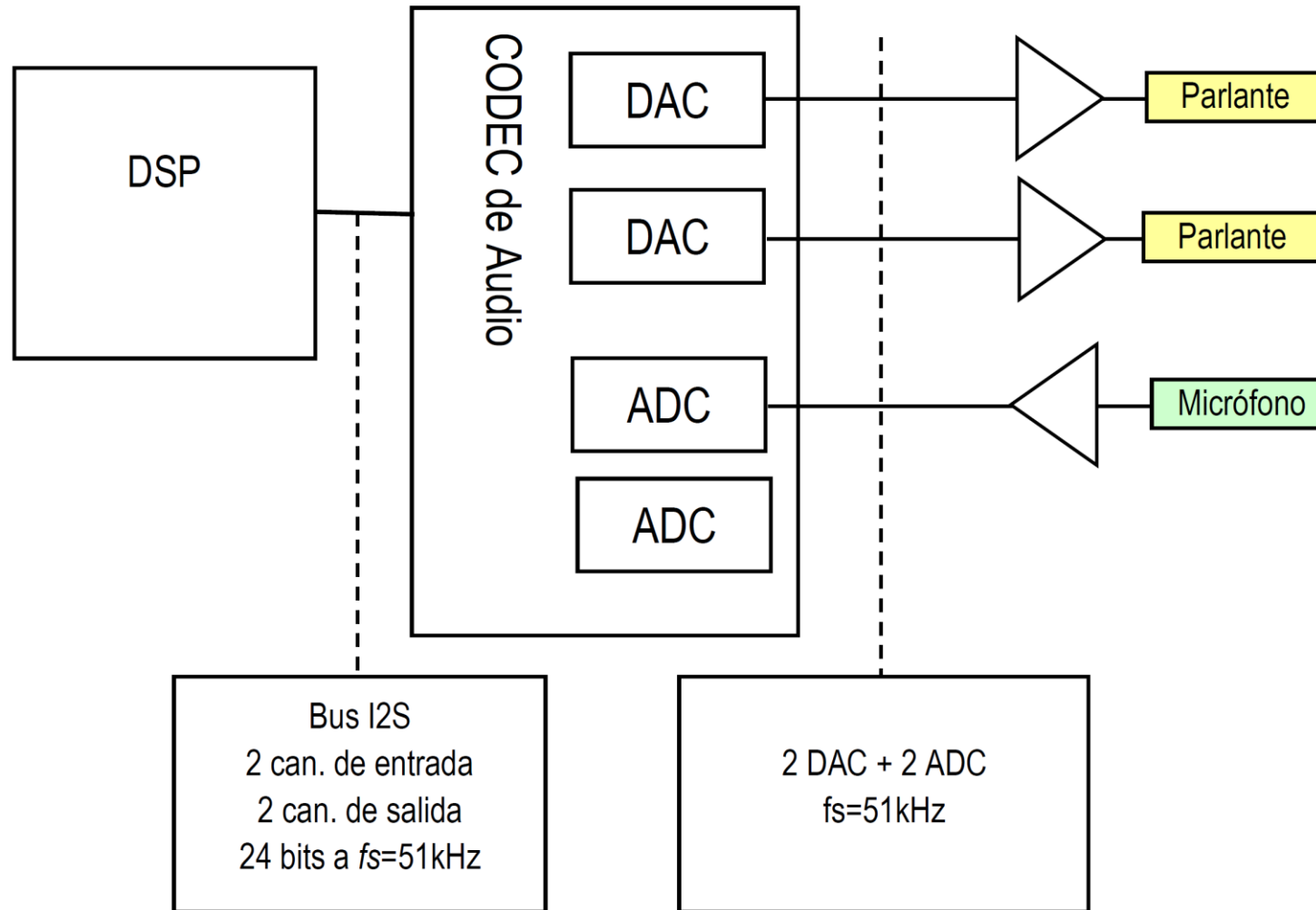


Figura 2. Diagrama en bloques de equipo de OAE.





jOae
Dispositivo Help

Estudio

Seleccionar Estudio
ALL

Nivel f1[db] 65
Nivel f2[db] 55

Condiciones Rechazo

OE-Ruido[db] < 6
Nivel OE[db] < 0
Cant R Frames > 128

Configuración

Seleccionar Com
COM1

Estado de OAE

Dispositivo Encendido

Selección de Estudio

Nivel f1 f2

Panel de Control

Nivel de rechazo

Nivel de Bateria

Salvar Test

Carga 50%

Resultado Estudio

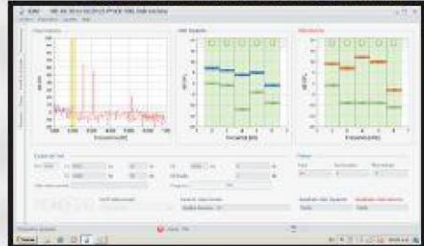
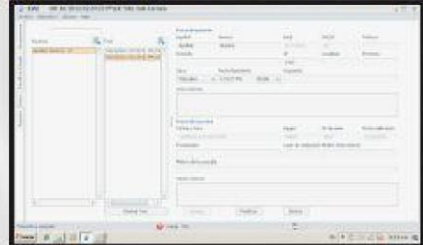
Frecuencia f1[Hz]:	4150	Nivel f1[db]:	84	Frecuencia PD[Hz]:	3300	Nivel de Ruido[db]:	48
Frecuencia f2[Hz]:	5000	Nivel f2[db]:	75	Nivel PD[db]:	48	Frames Rechazados:	0

Analizador de Otoemisiones Acústicas OE-500



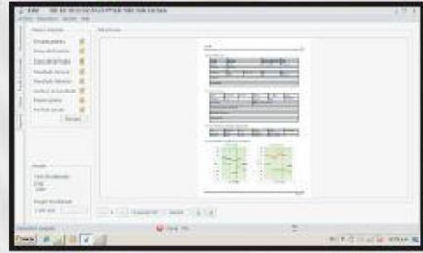
✓ Visualización en tiempo real de la evolución de la prueba con gráficos y valores de DPDAE, ruido, frecuencia, etc.

✓ Base de datos para pacientes, con todas las pruebas realizadas



✓ Protocolos por defecto disponibles y funcionalidad para generar protocolos personalizados

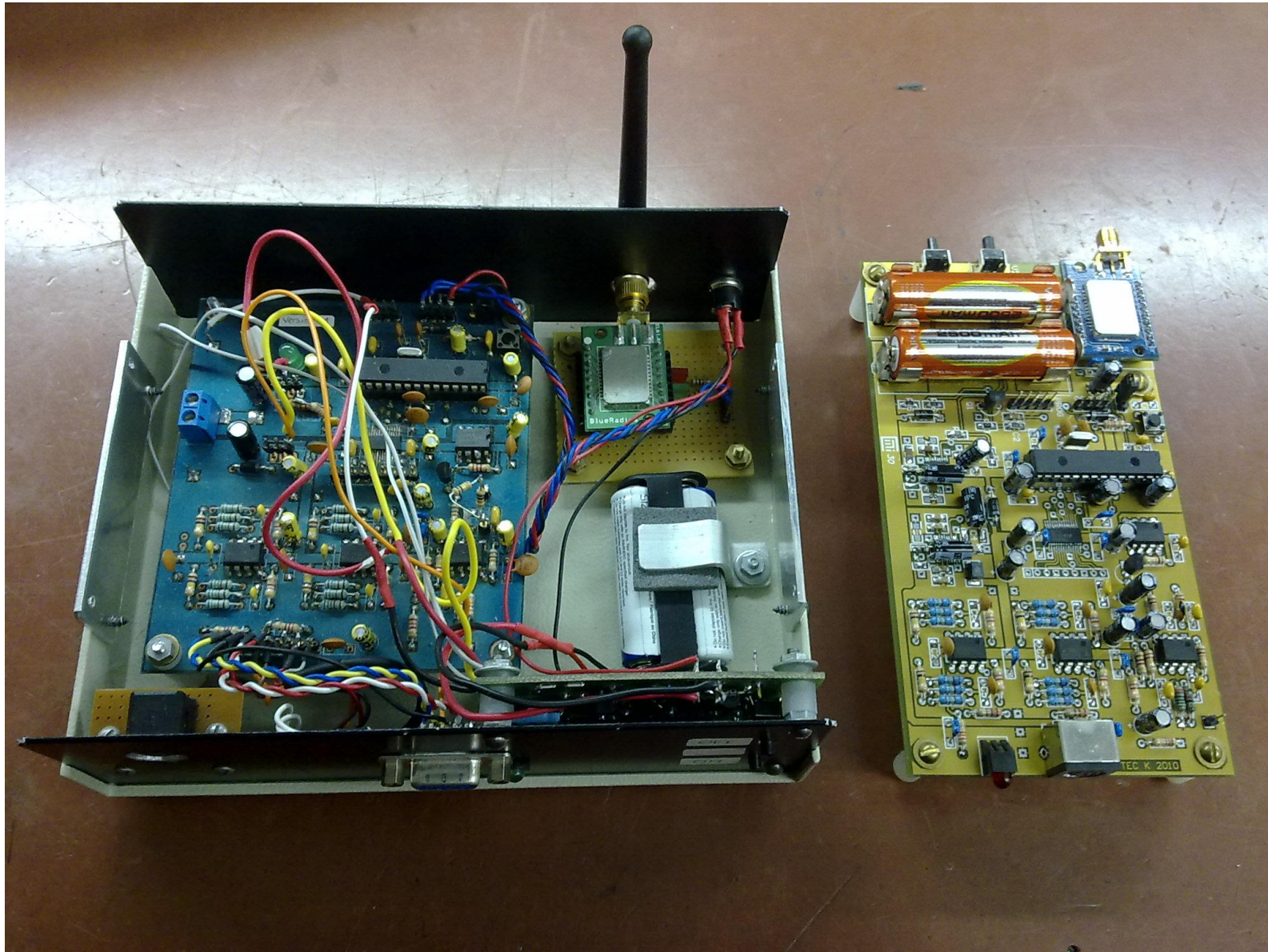
✓ Completo Informe de resultados personalizable



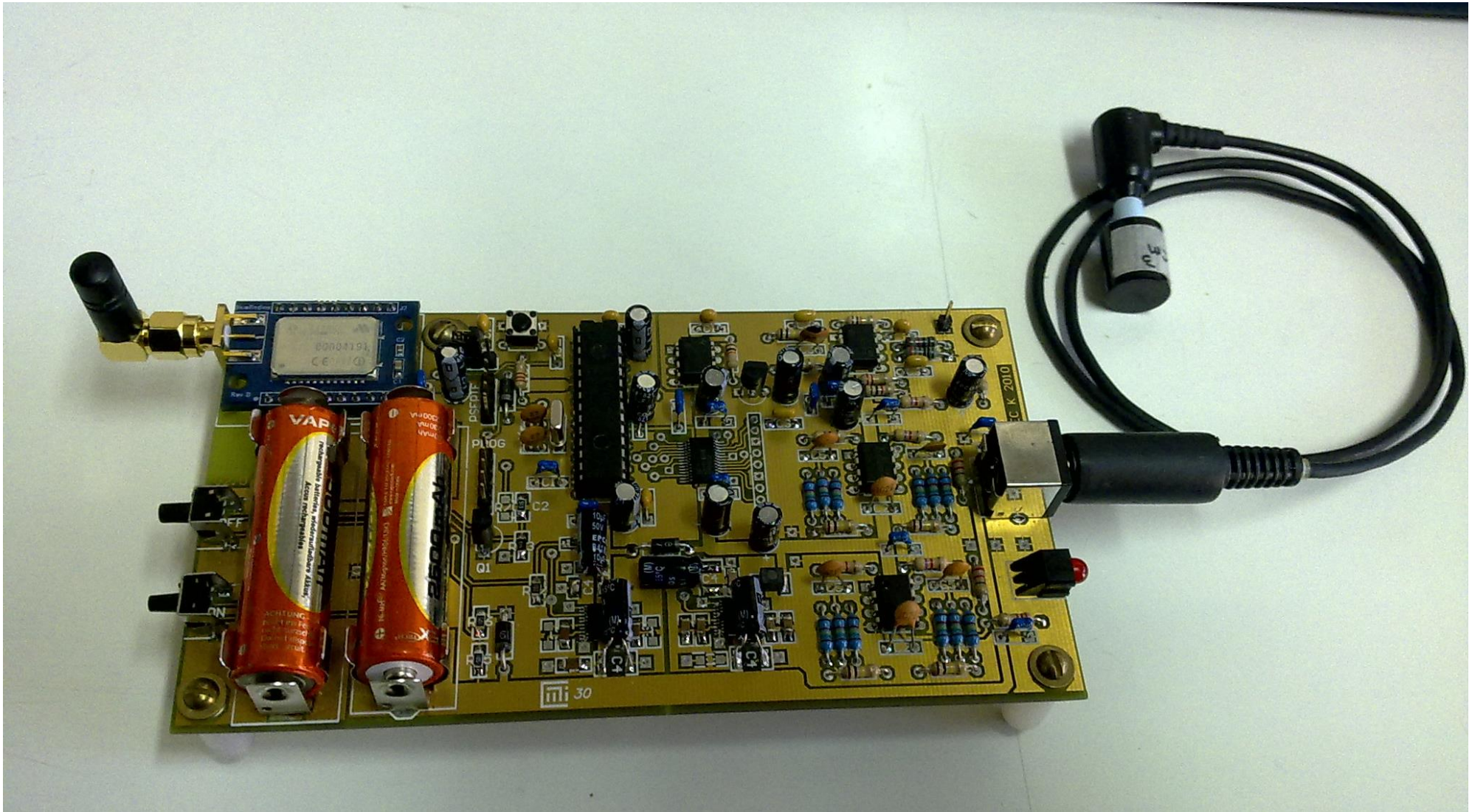
Nombre Paciente	Apellido	Edad	Sexo	Fecha de Nacimiento	Alteza	Peso	Temperatura	Frecuencia	DPDAE	Ruido
...
...
...
...



Laboratorio de Aplicación y Desarrollo de Instrumental Electrónico



Medición de Otoemisiones Acústicas



Medición de Otoemisiones Acústicas



Sistemas Embebidos

Aplicaciones
Biomédica

Instrumentación
Industrial

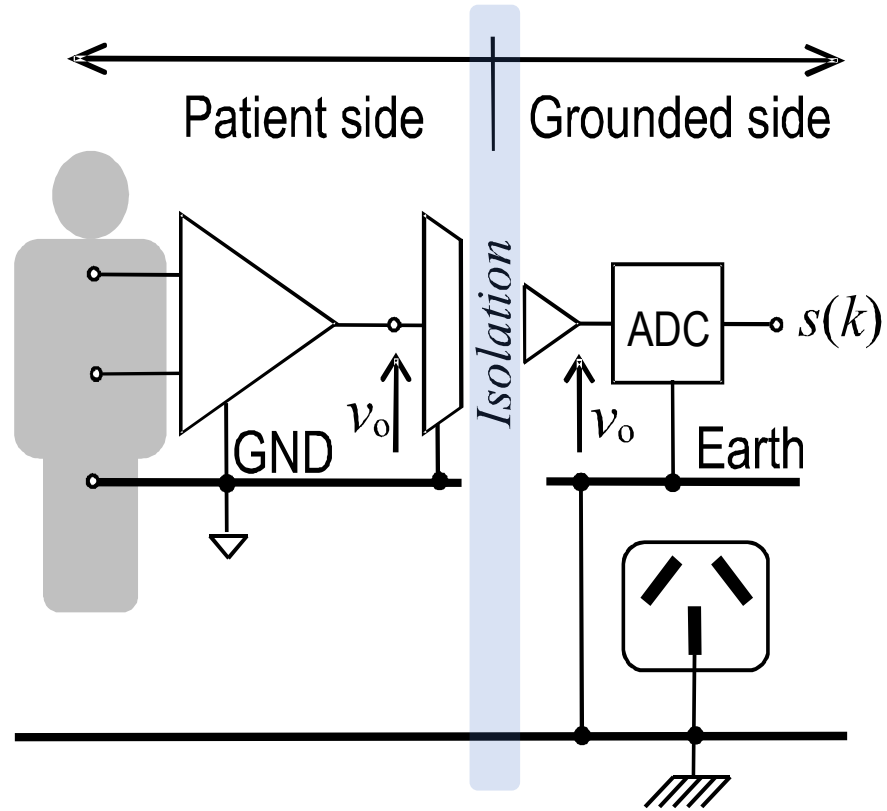
Aplicaciones
Científicas

Distribución
de tareas

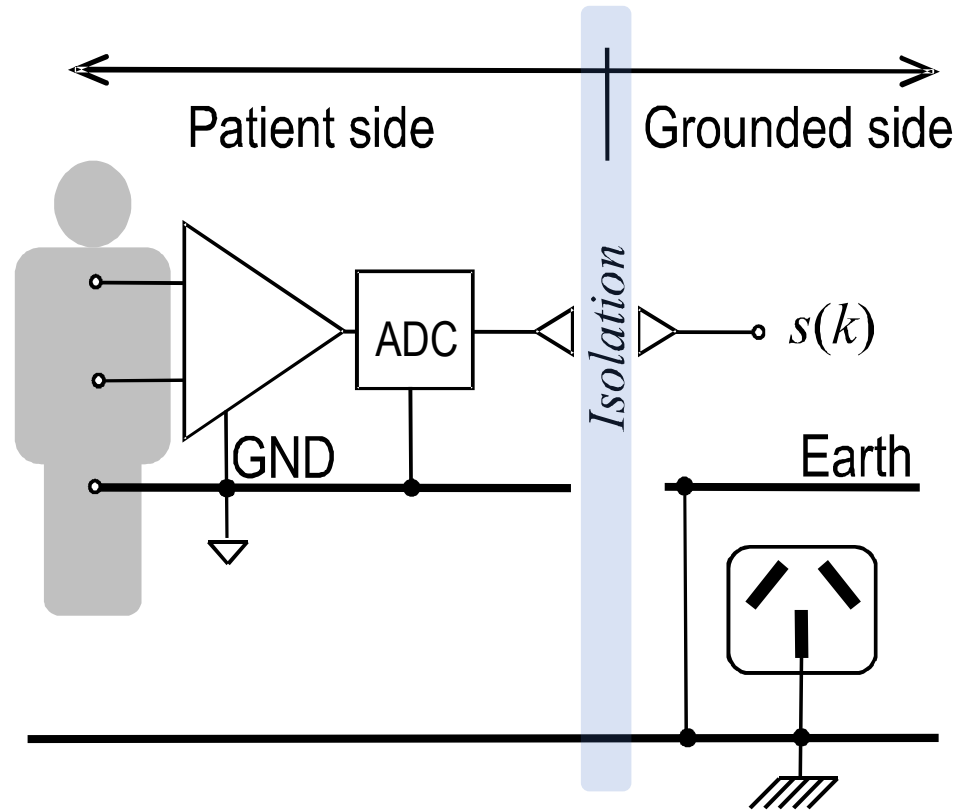
Consumo

Sistema
Operativo


Dispositivos

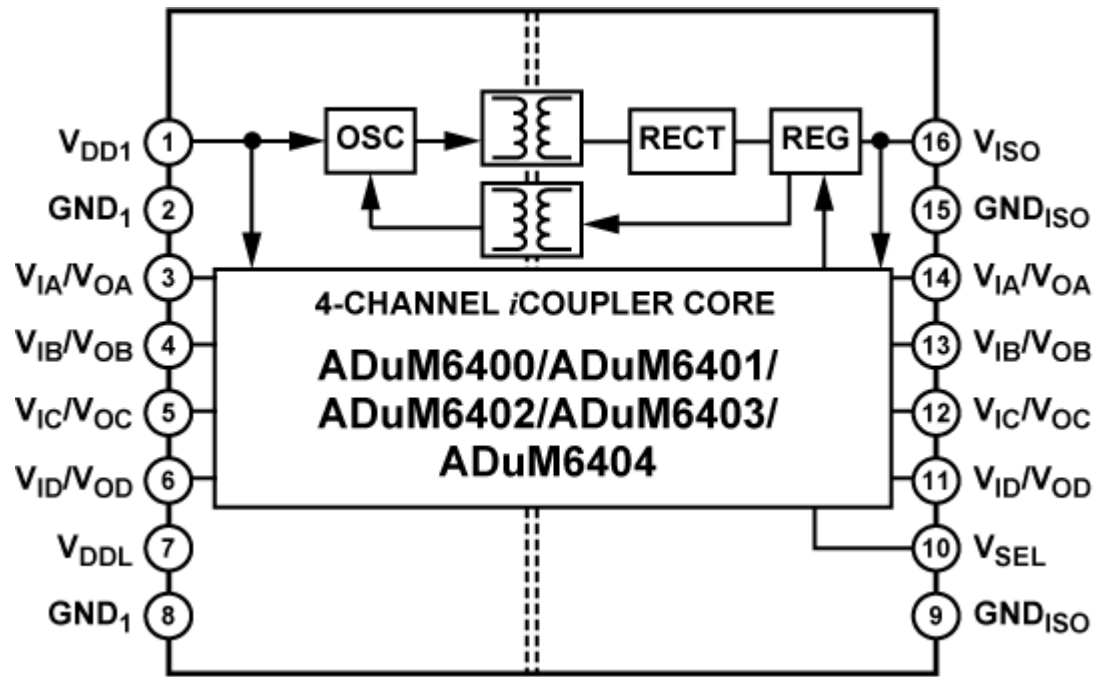


Amplificadores de Aislación
(analógico)



Aisladores Digitales

- 
- Aislación por transformador
(requiere modulación, [HP1500])
 - Aislación óptica
 - (1970) ADC ¿Aislación analógica o digital?
 - (200x) Módulos inalámbricos + baterías
 - (2009) Aisladores ADUM de Analog Devices.
Señal y alimentación, 25 Mbps.

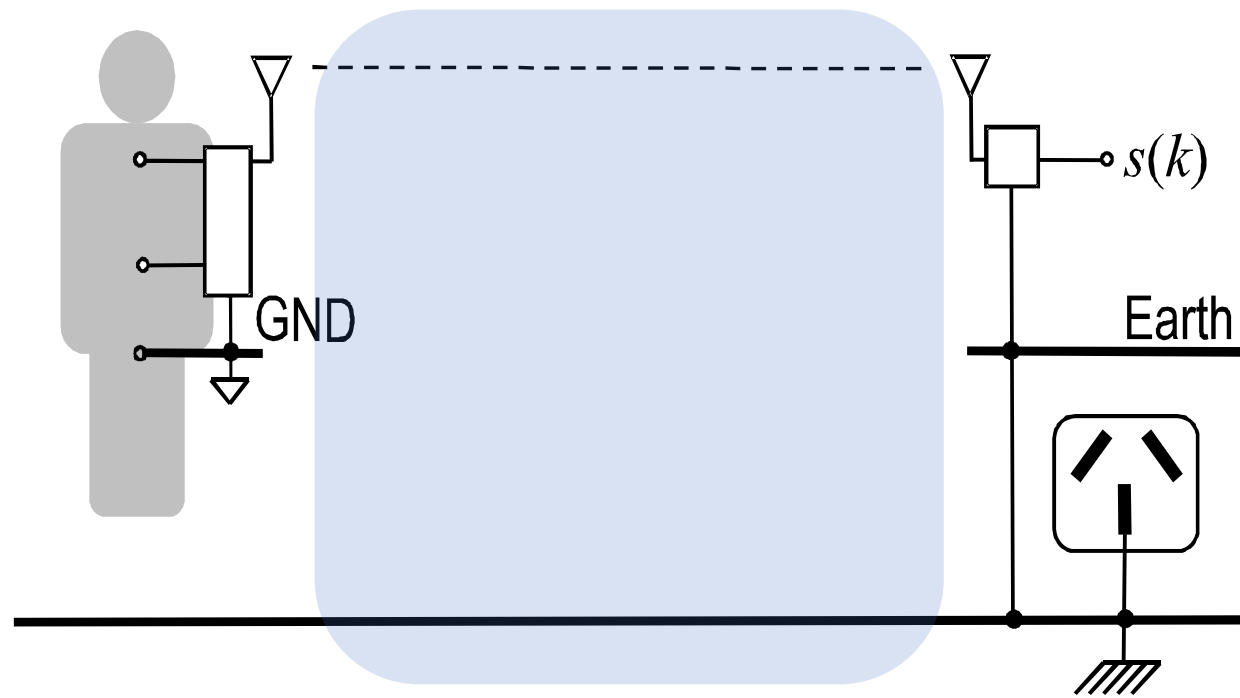


Baterias LiPo
3.7 V, 100 mAh, 21 gr

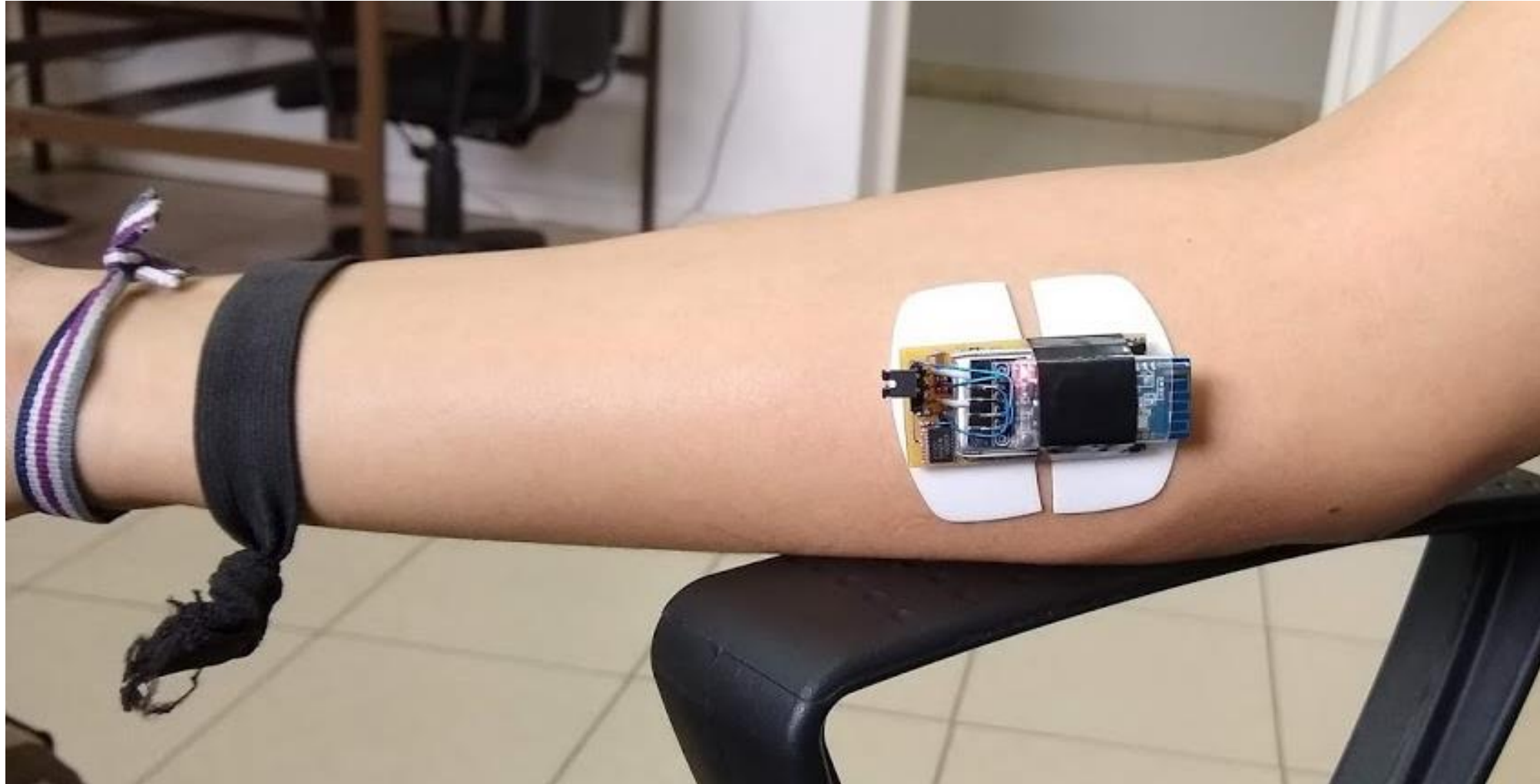
Además existen convertidores DC/DC con $V_{in} = 2.7-5.5$ y V_{out} de 3.3 o 5V (TPS60XXX de TI...)

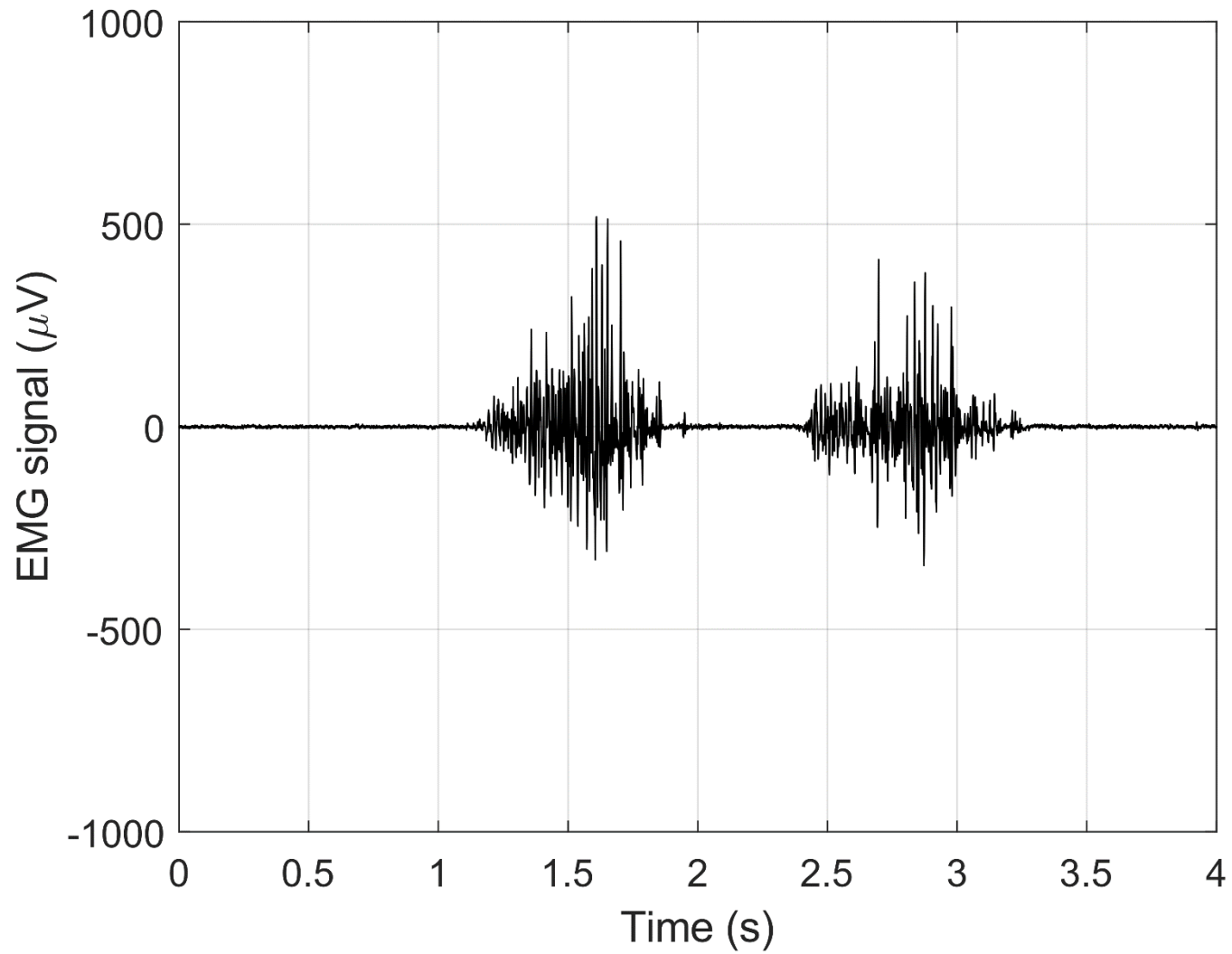


Cuidado con las baterías de litio...



Adquisidor de EMG wireless





WIMUMO: Wireless Multi-Modal Platform

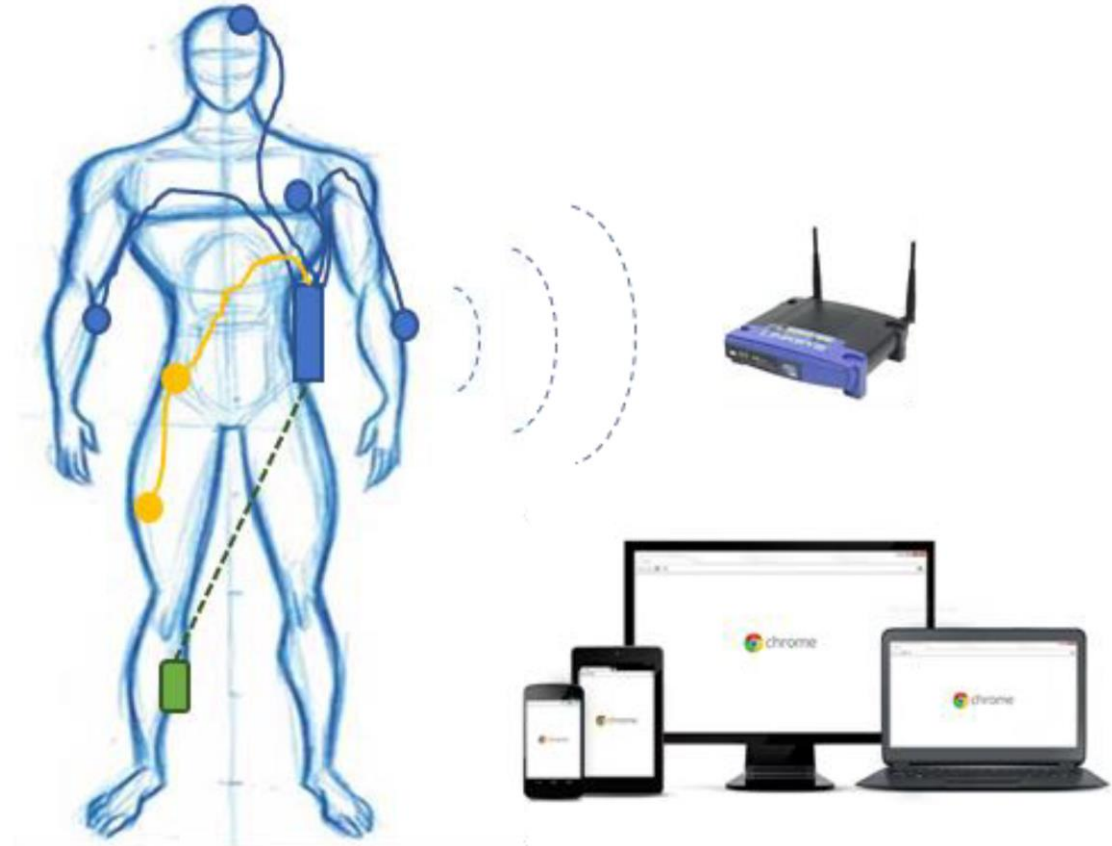


Fig.1. Estructura general de la plataforma WIMUMO



WIMUMO



 WIMUMO: un dispositivo *bastante vestible*...





(a)



(b)



(c)

Fig. 5. Demostración del uso del equipo WIMUMO. Se observa el gabinete y la batería, su colocación en el arnés y la colocación del conjunto.

WIMUMO 1: Raspberry PiZero W + ADS1299

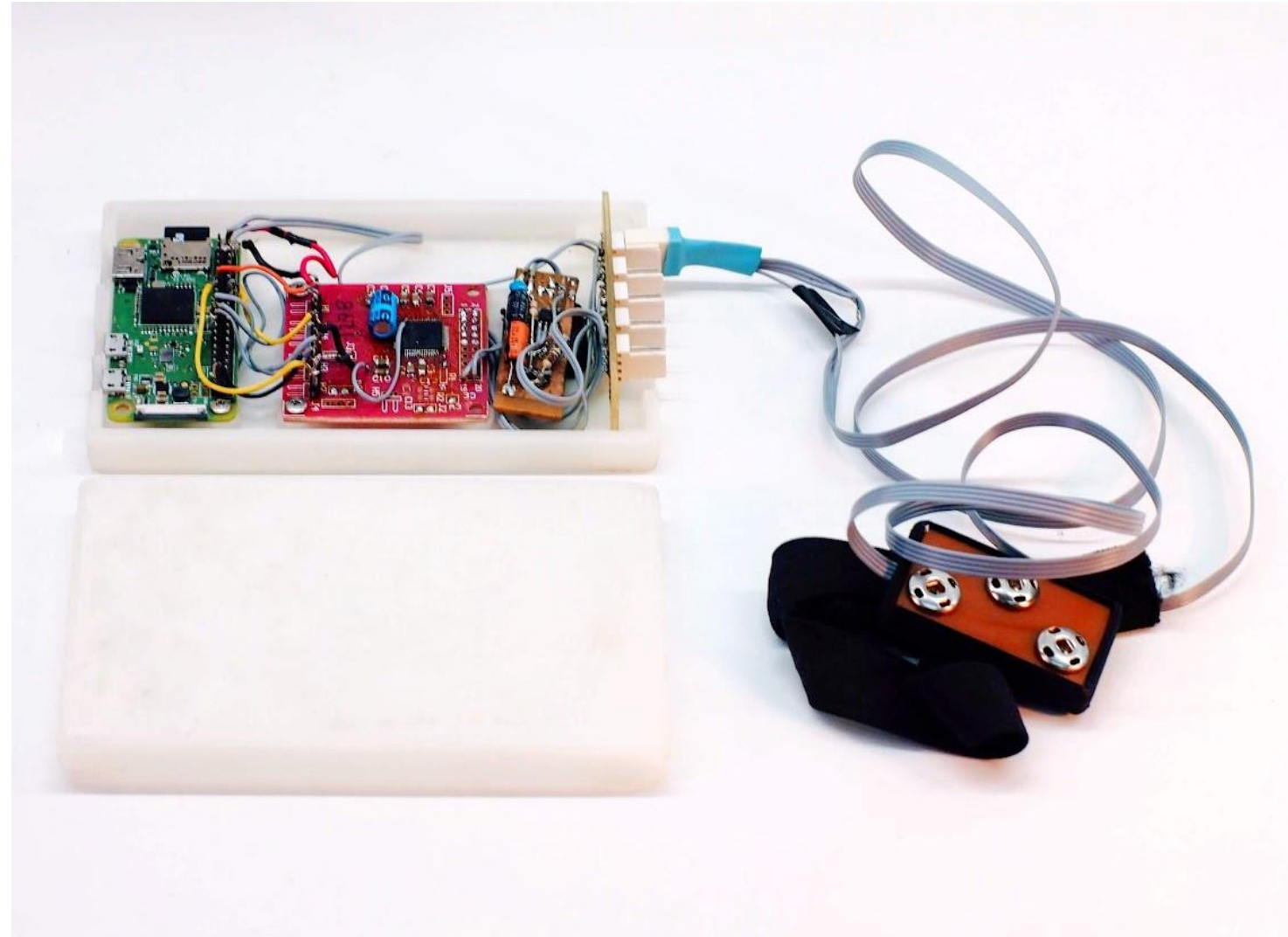
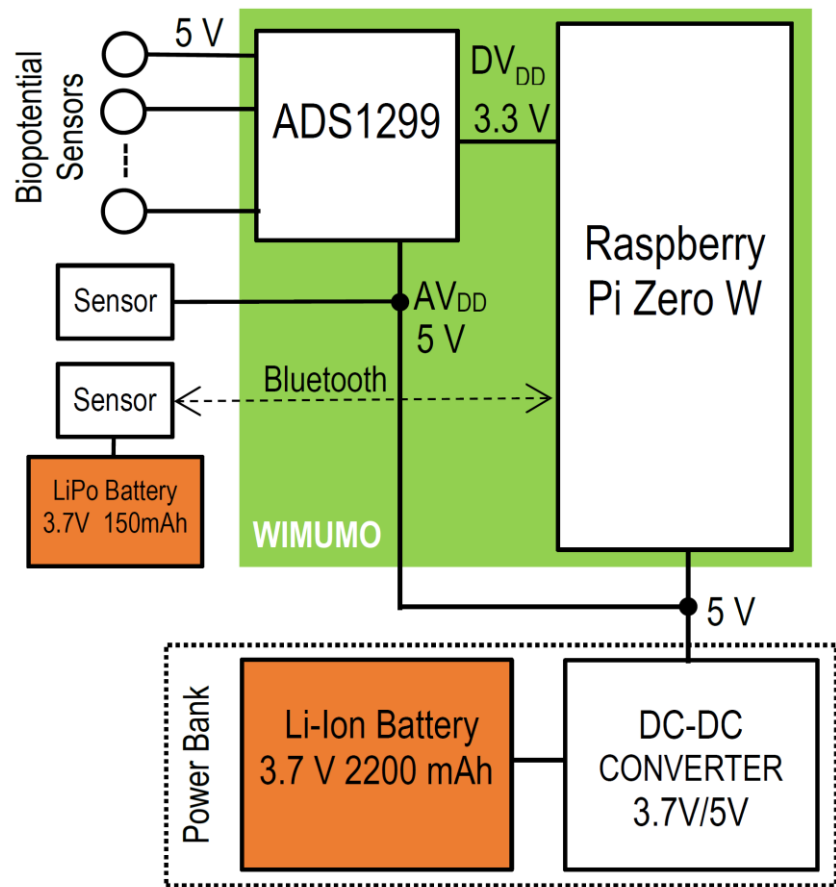


Fig. 4. Esquema de alimentación del sistema completo.

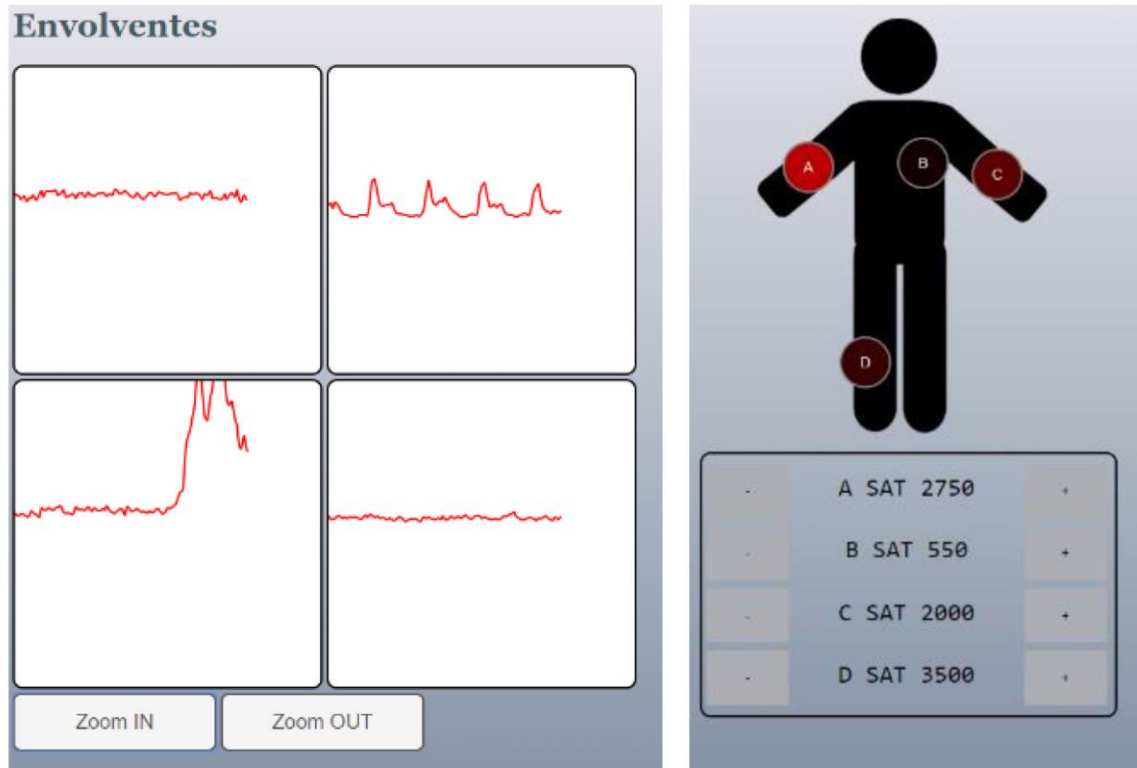


Fig. 6. Señales envolventes visualizadas en tiempo real en la interfaz web (izquierda) y aplicación web para visualizar los niveles de señal y controlar las posiciones de los electrodos (derecha).

Placas instaladas
Software instalado

Placas USB, Bluetooth, WIFI
Software instalado

Placas USB, Bluetooth, WIFI
Browser convencional

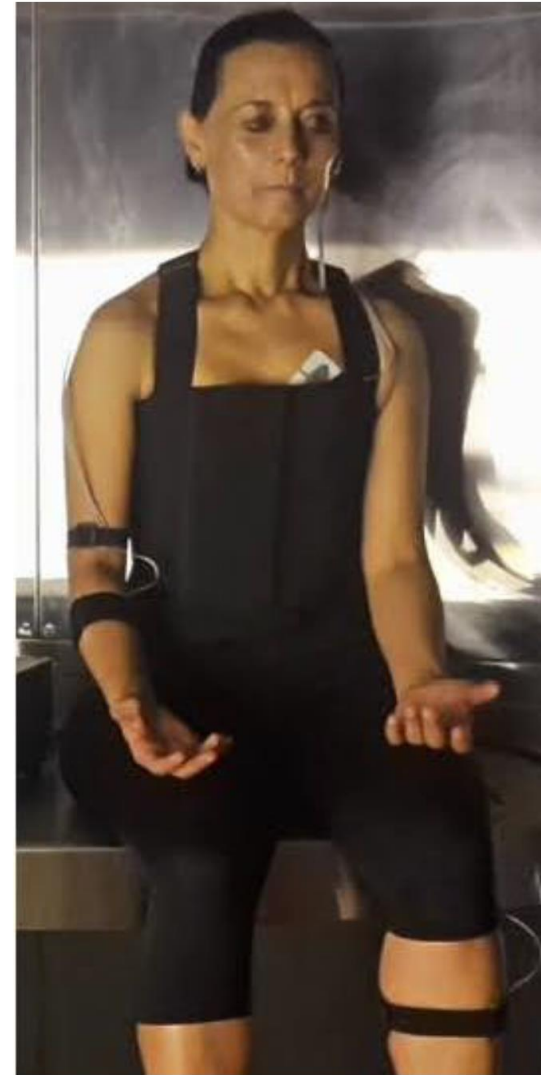
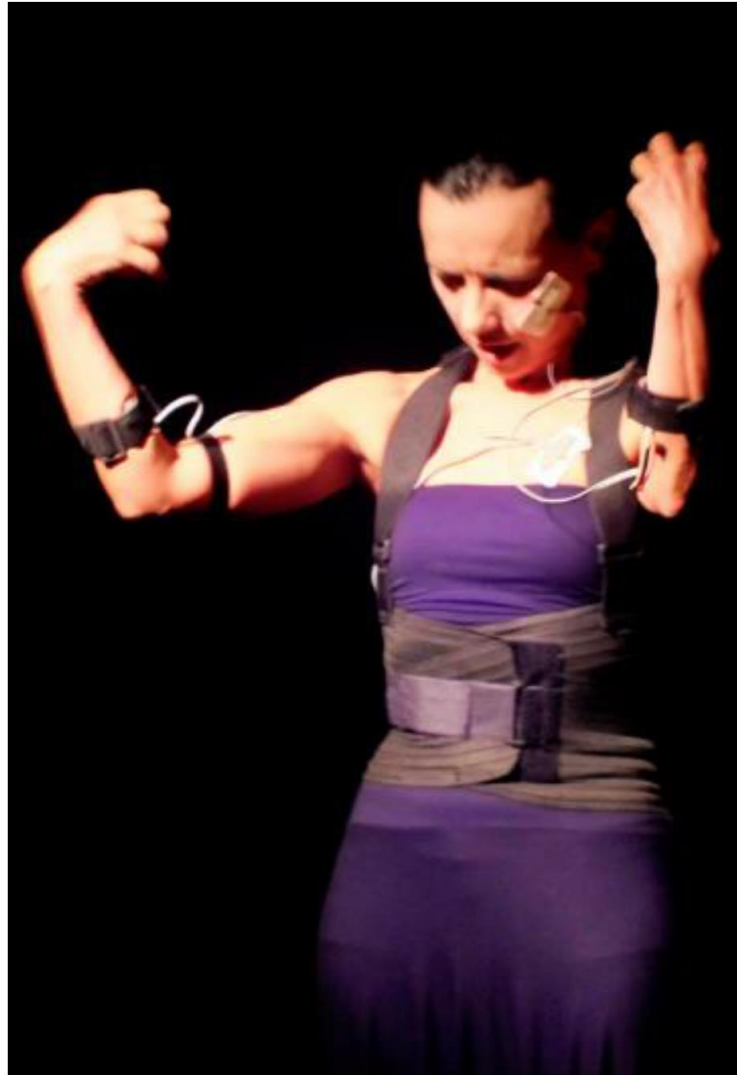


Fig 7. Fotografías tomadas durante dos performances artísticas en las que se utilizó la plataforma WIMUMO

Sábado 29 de febrero
18h

Museo Emilio Pettoruti
Av. 51 N° 525



BIOPERFORMANCE INCLUSIVA

Demian Frontera
Alejandra Ceriani
Gabriel Drah
Federico Guerrero
Alejandro Veiga
Rocio Madou
Marcelo Haberman
Enrique Spinelli
Tobías Albirosa

PAR

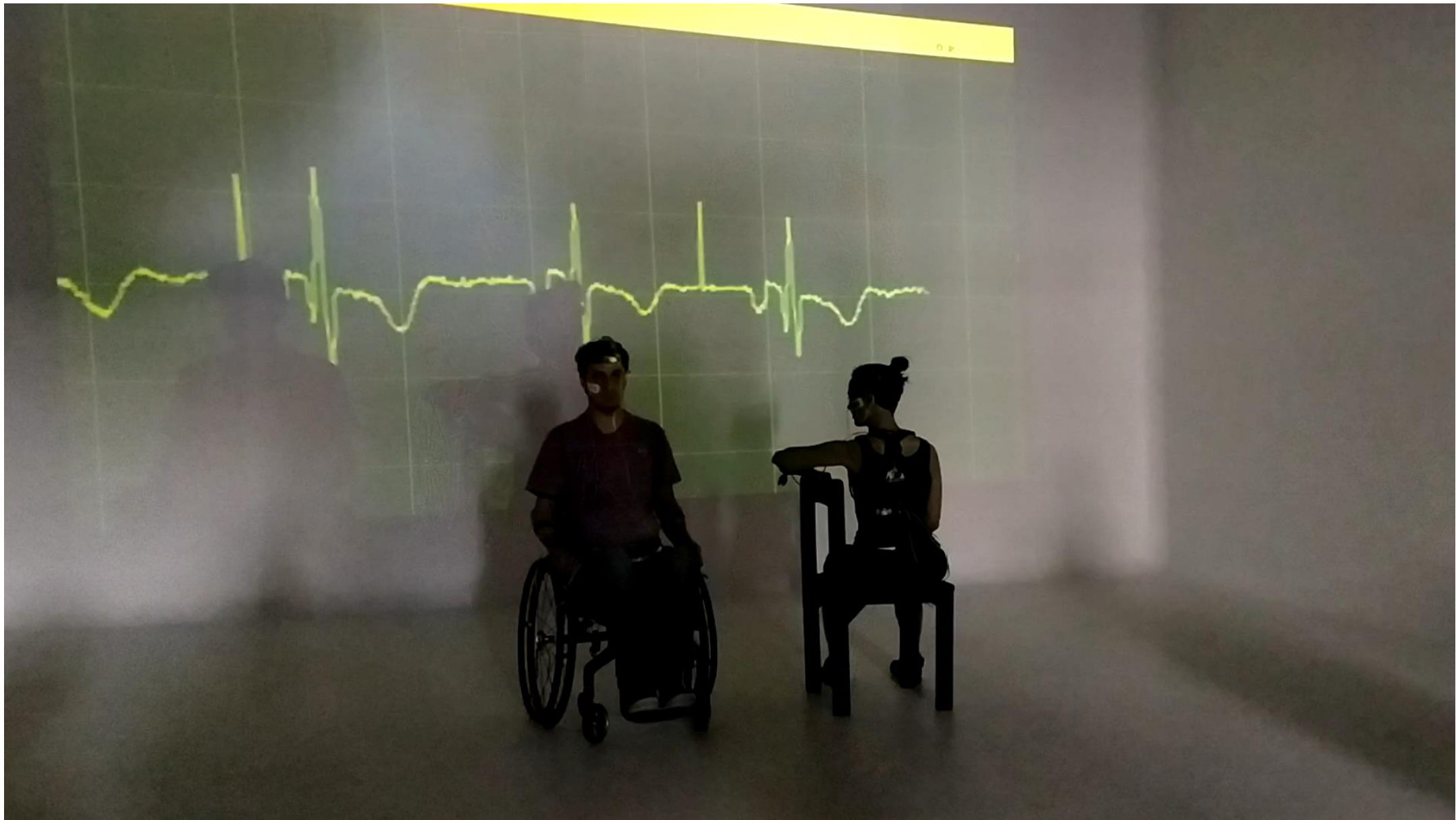
Programa de
Apoyo a la
Practica
Artística y
Cultural

SECRETARÍA DE
ARTE Y CULTURA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

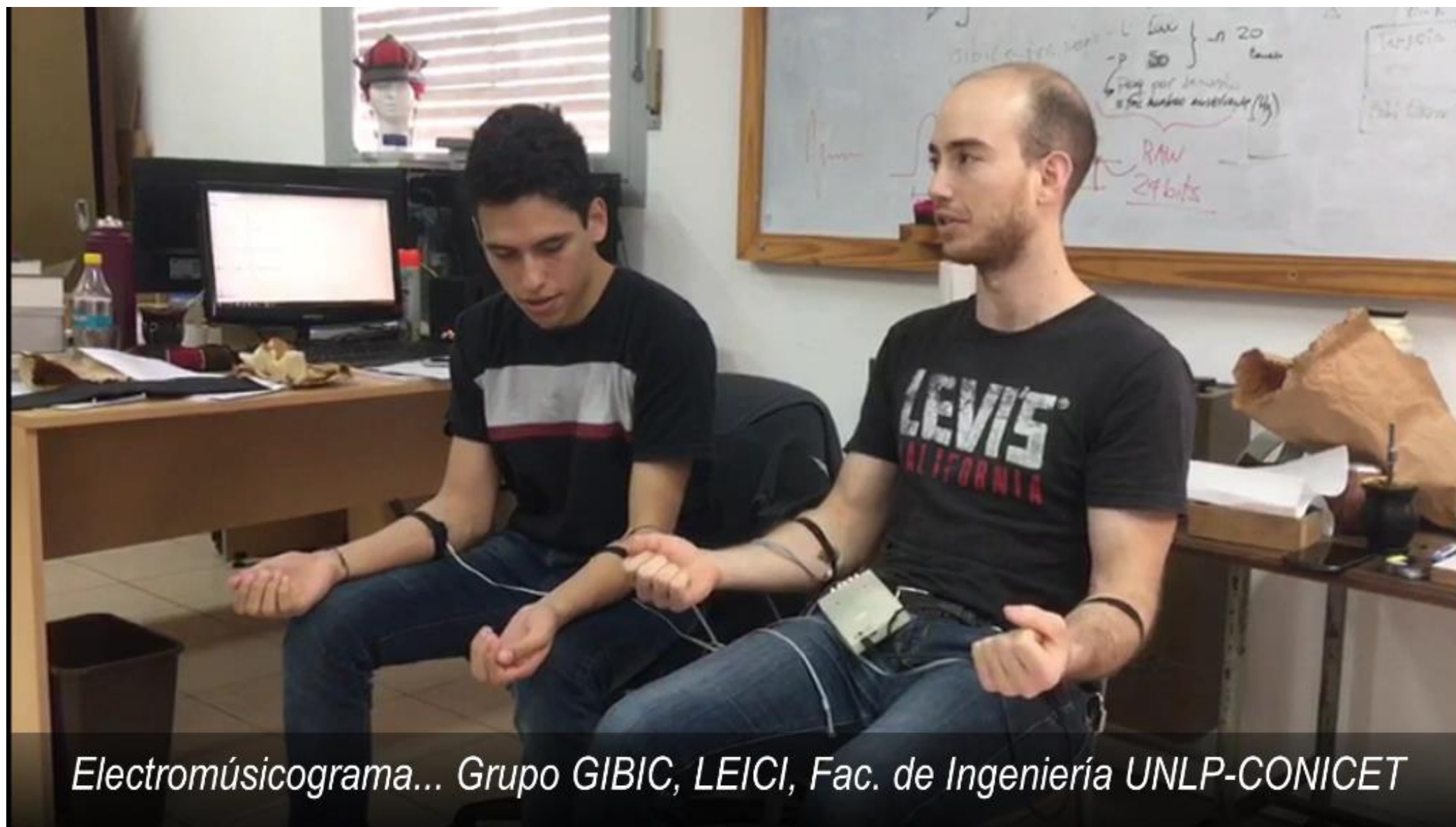




WIMUMO en performances artísticas

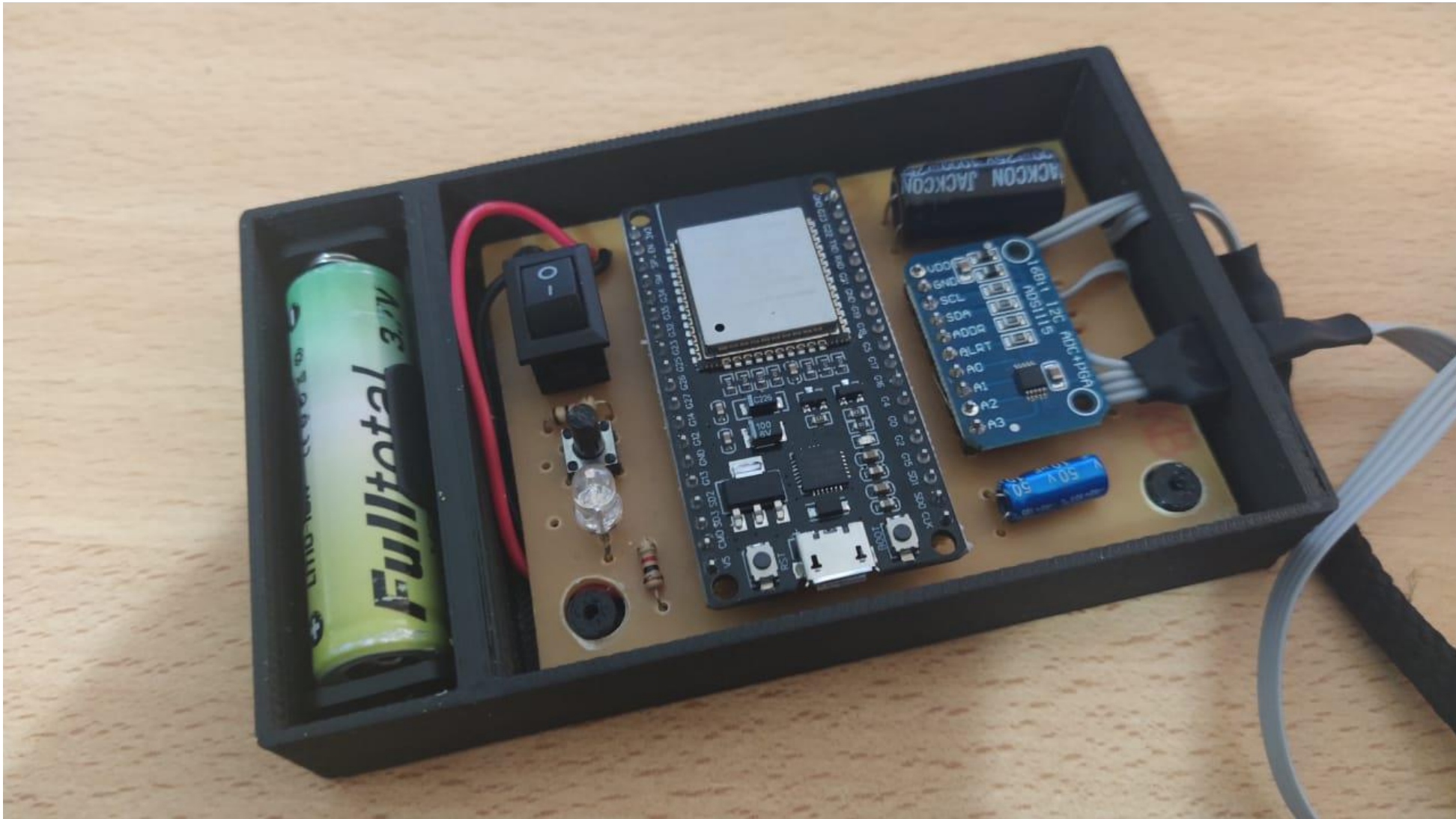


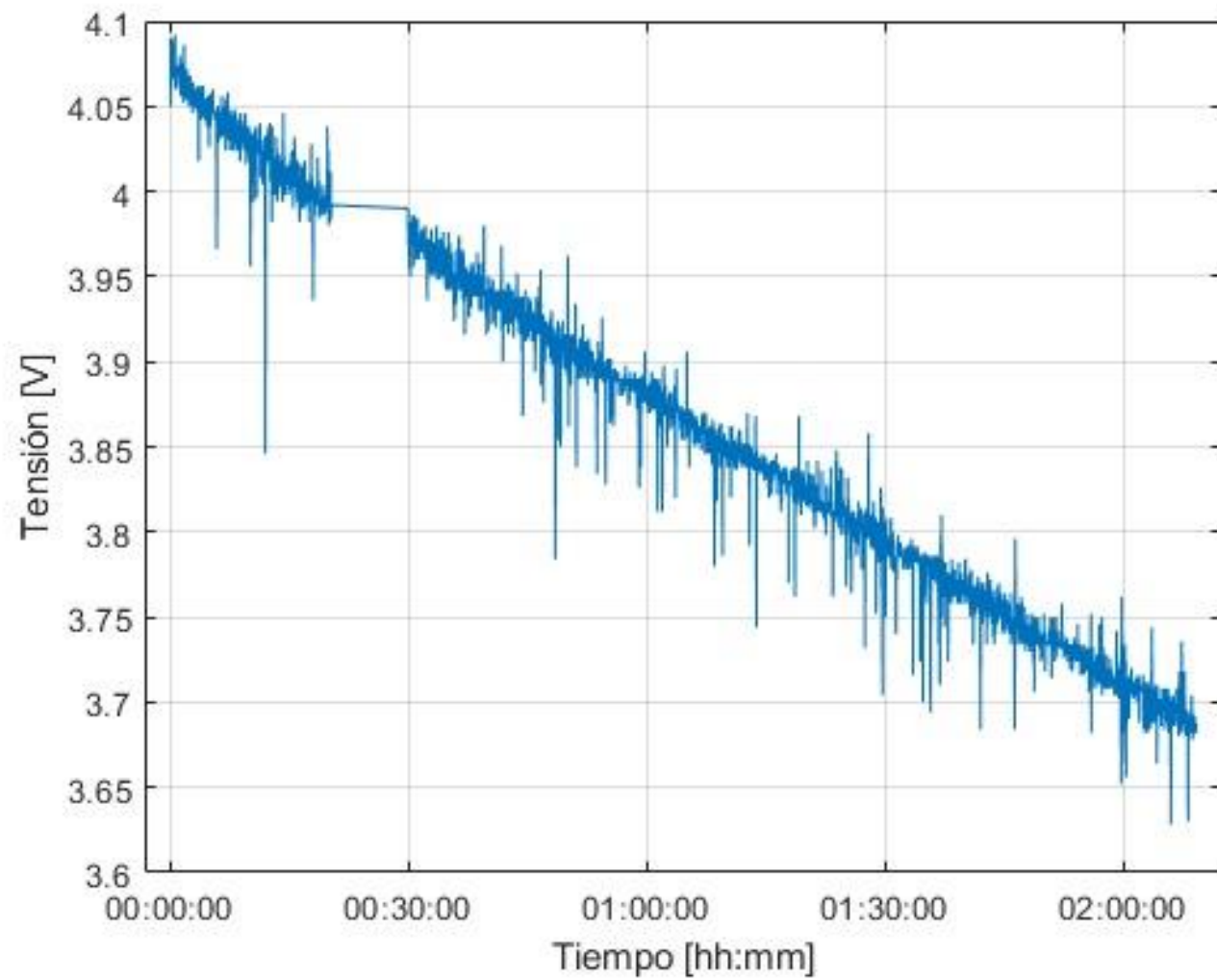
WIMUMO: Wireless Multi-Modal Acquisition System



Electromiogramma... Grupo GIBIC, LEICI, Fac. de Ingeniería UNLP-CONICET

WIMUMO 2: ESP32+ ADS1115 (todo mercadolibre)







WIMUMO en performances artísticas

WIMUMO *PRO*: ADS1299 + Blue pill + ESP32





Instrumentación Industrial
Medición de tensión *sin contacto*



Instrumentacion Industrial

Las técnicas no invasivas también son importantes en aplicaciones industriales, porque permiten registrar variables de procesos sin alterarlos y sin necesidad de detenerlos para instalar el sistema de medida.

Medición sin contacto de la tensión de red (220V, 380V)

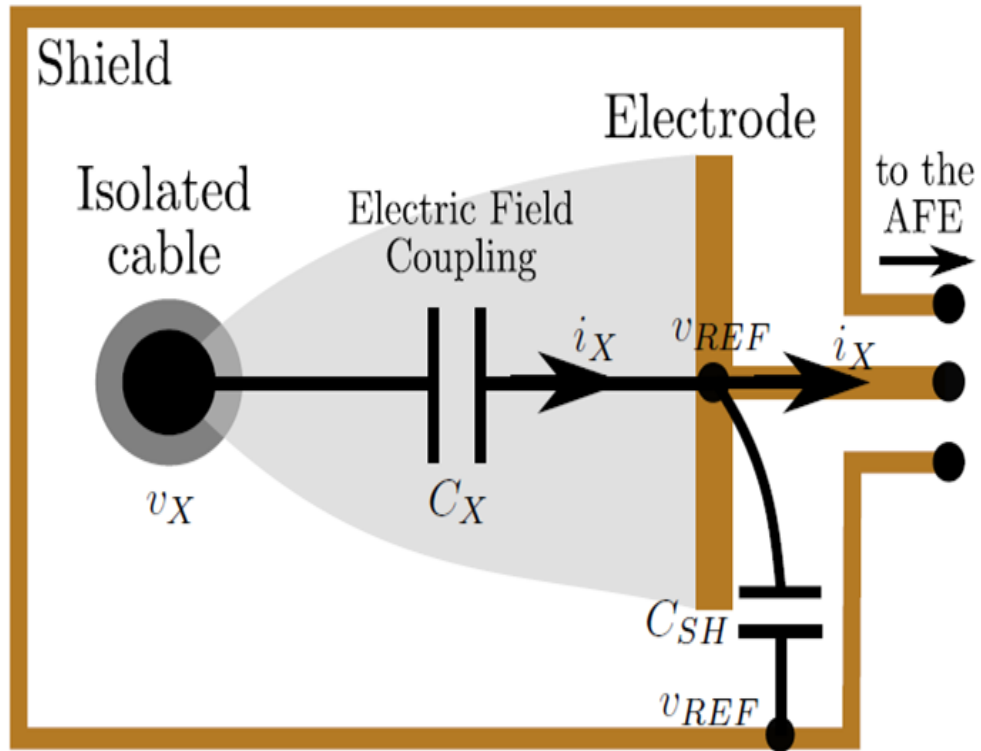
Medición sin contacto de flujo de potencia

Sensores capacitivos



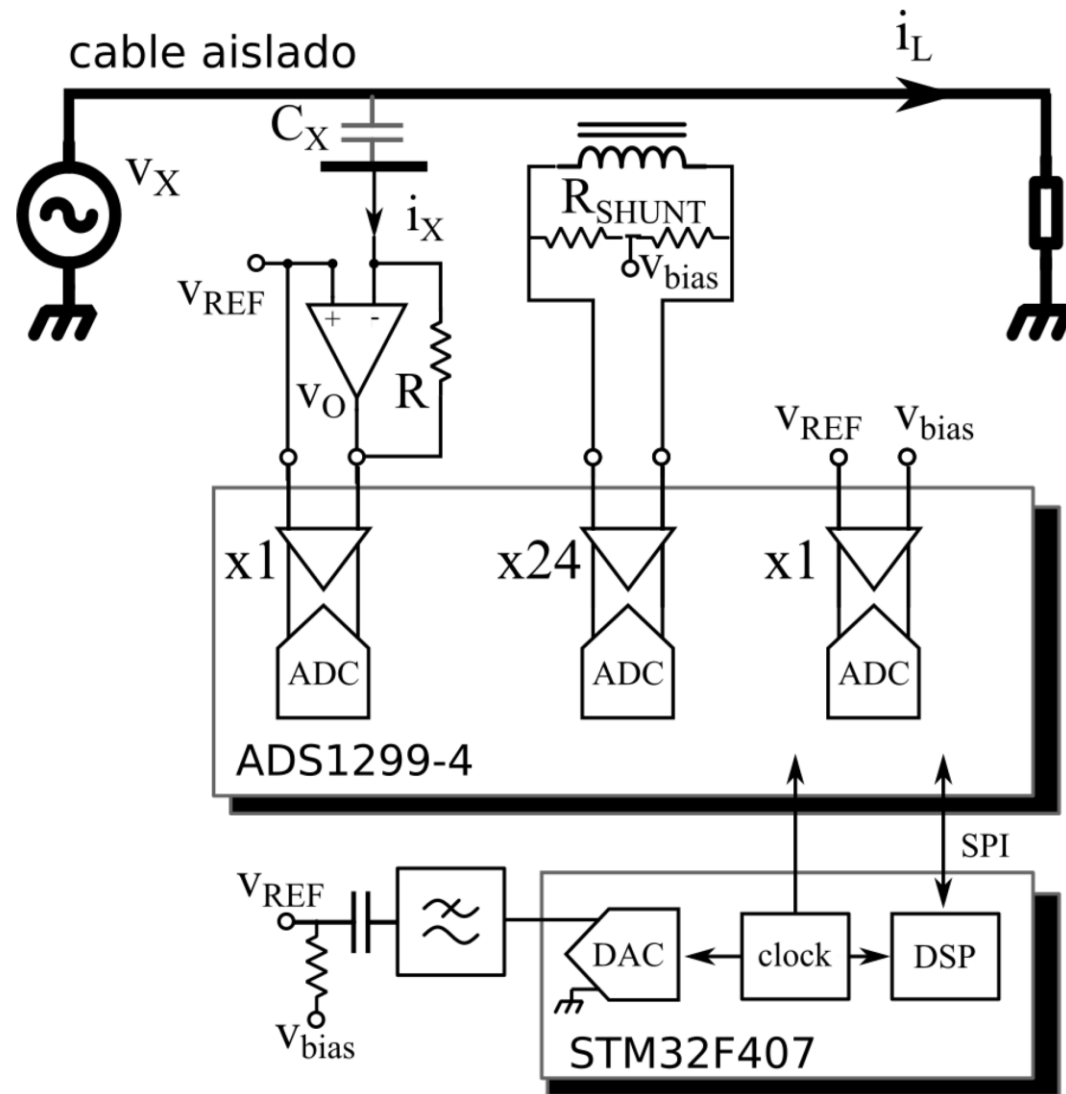
Medición convencional de tensión. Medición CON-contacto

Medición sin contacto de la tensión de red (220V)

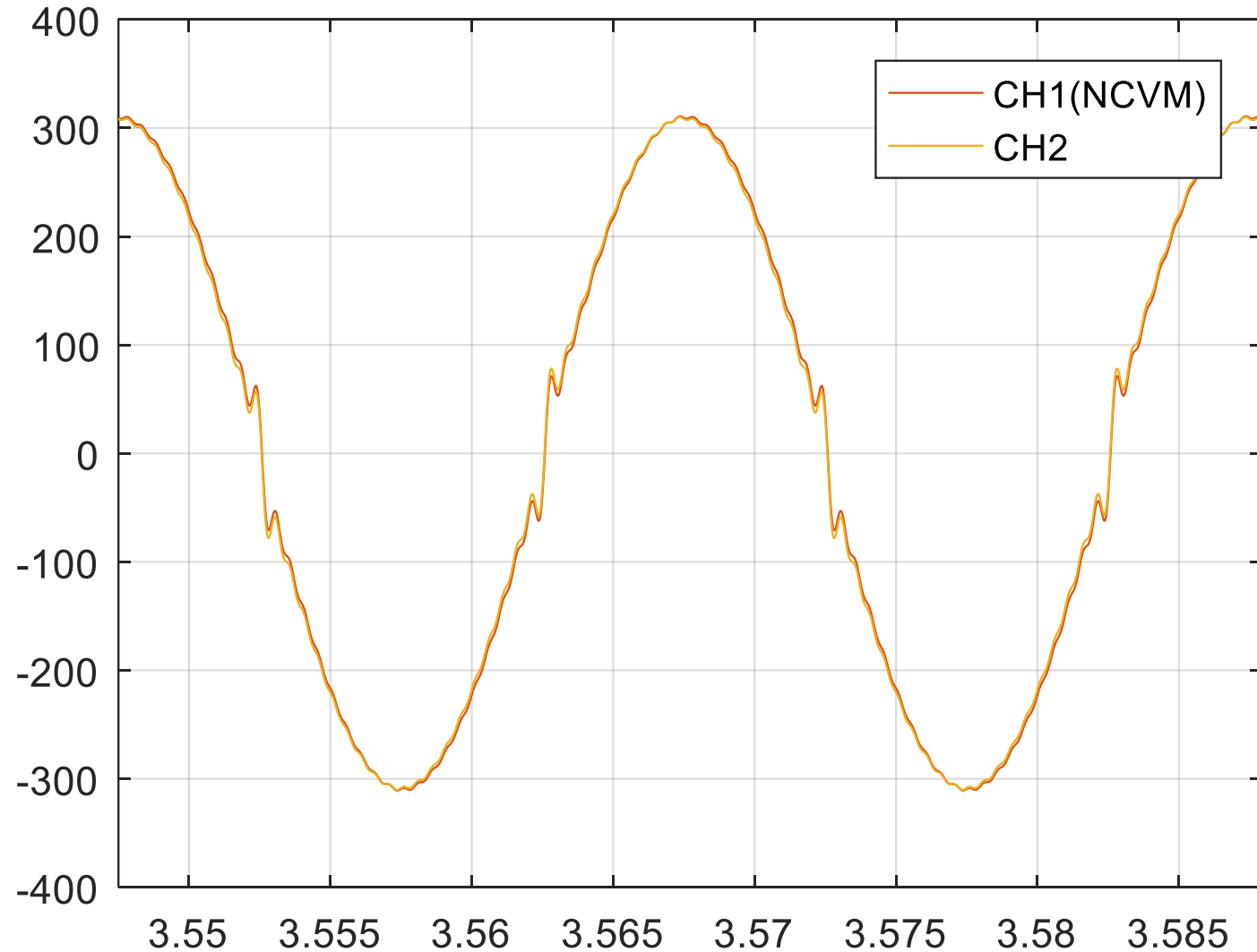


Sonda capacitiva

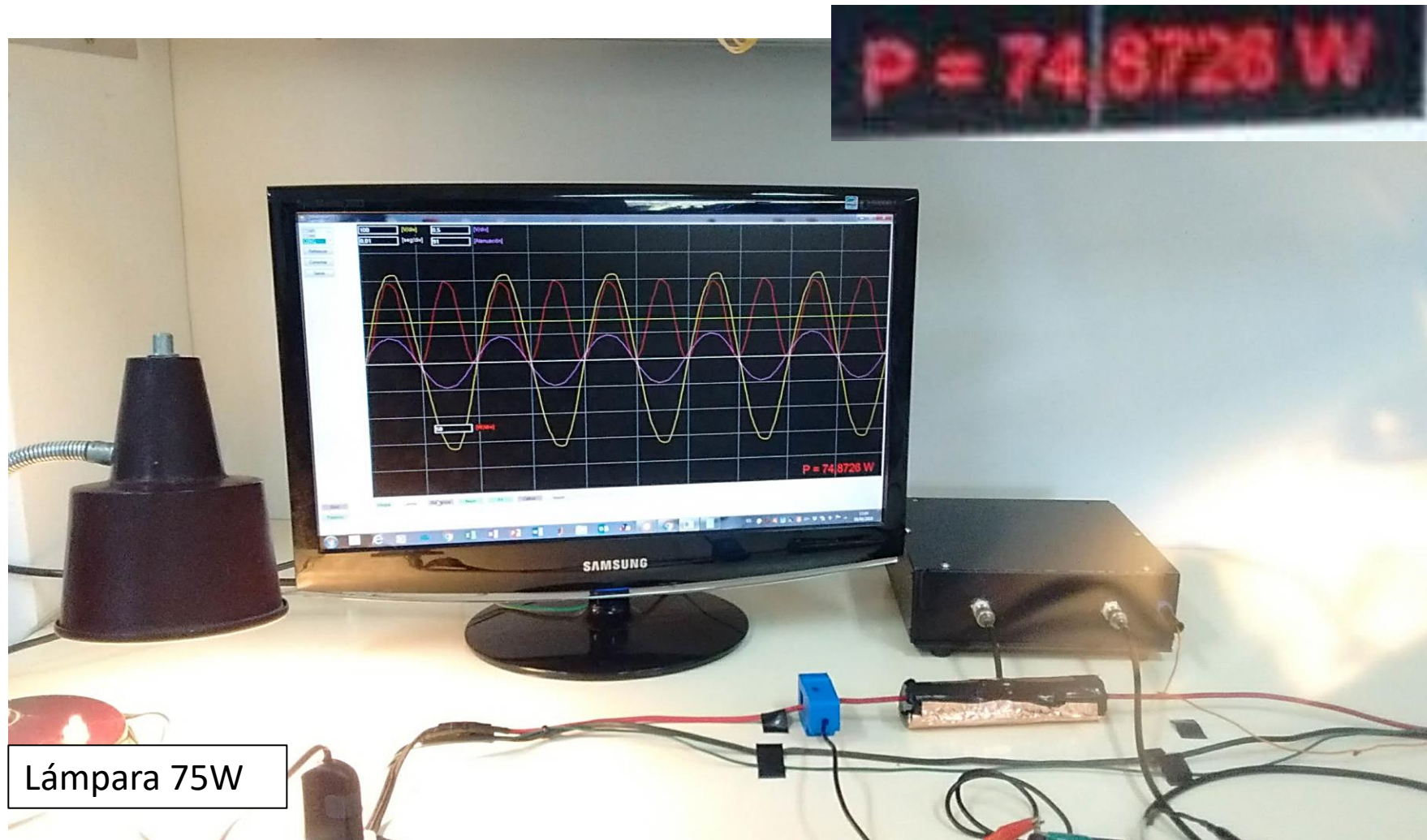




Medición de la tensión de red (220V)



Medición de potencia sin contacto





Instrumentación Científica

Hipertermia magnética con nanopartículas



Instrumentación Científica

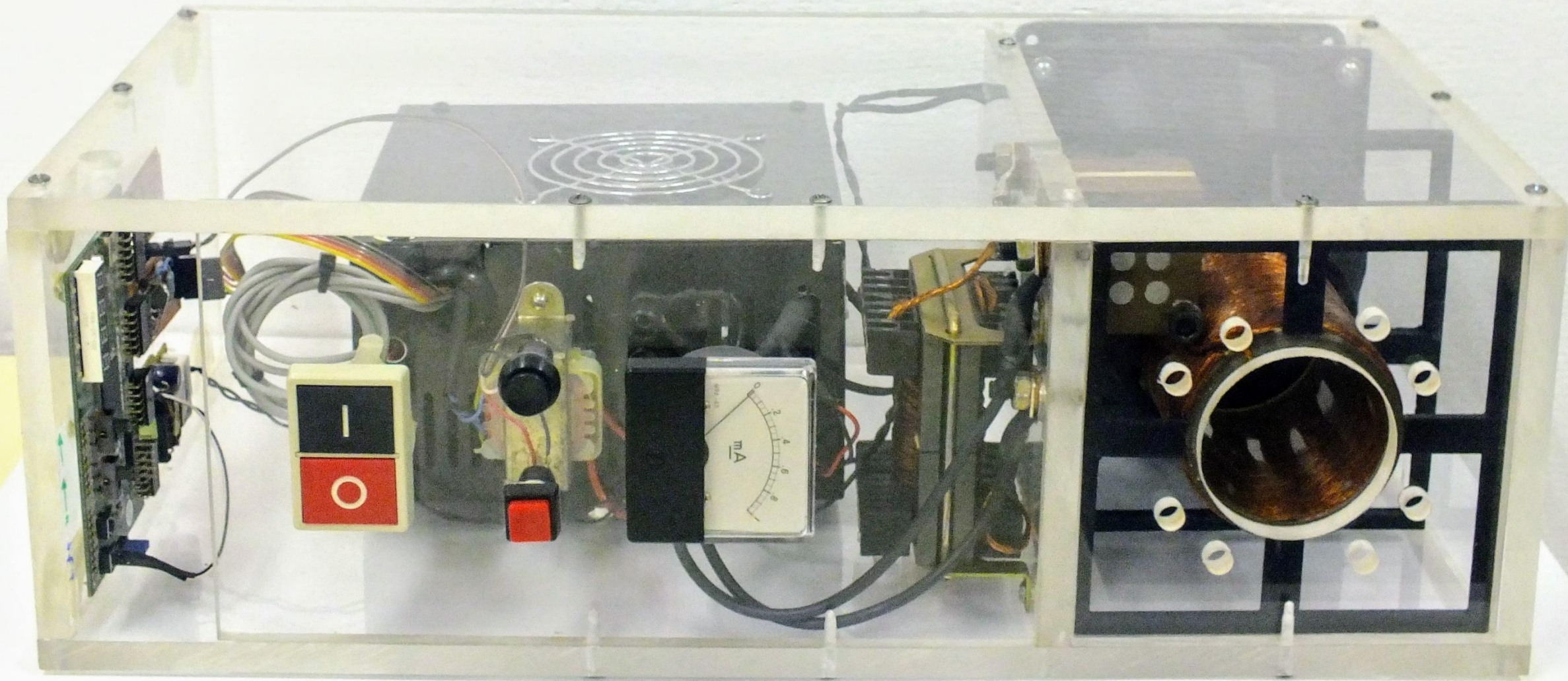
Los problemas de instrumentación científica requieren soluciones específicas y generalmente imponen grandes restricciones de resolución y/o velocidad. Esta situación es fértil para la producción de soluciones originales, que posteriormente podrían volcarse a la industria. Las principales líneas de instrumentación científica del GIBIC son:

Física de altas energías

Espectroscopía Nuclear

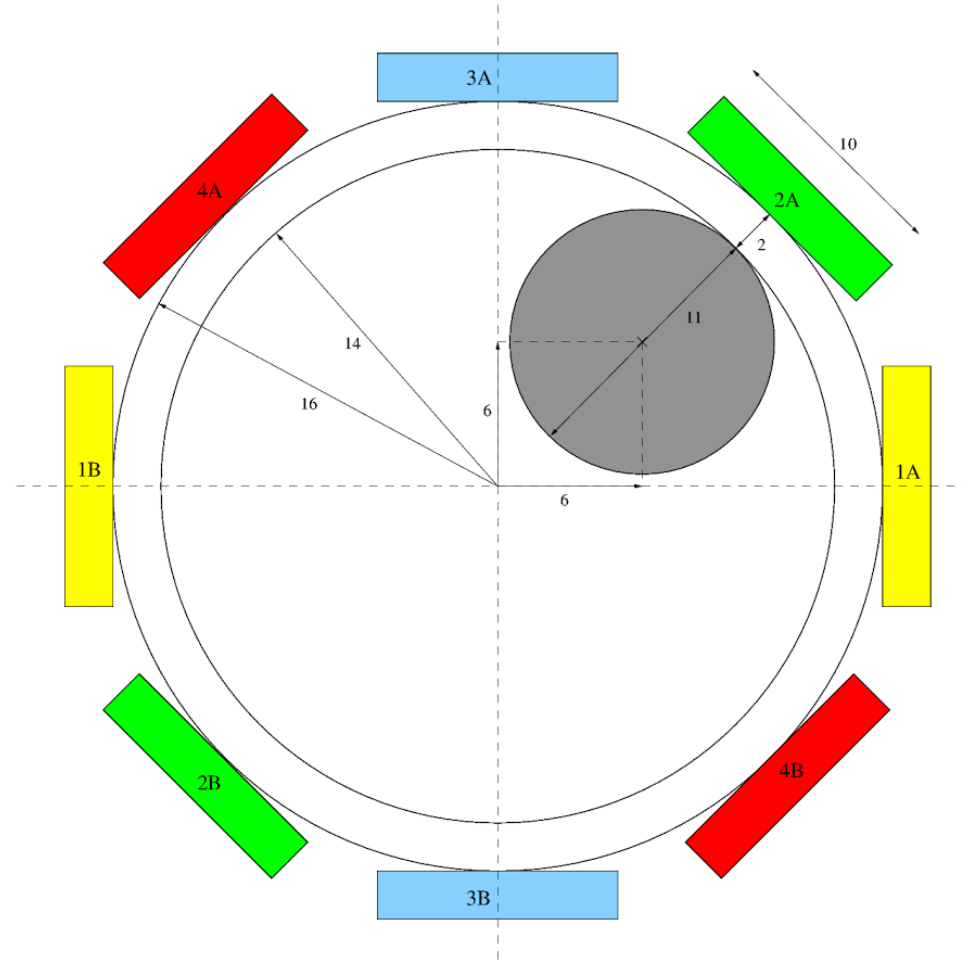
Captura de biopotenciales en animales de laboratorio

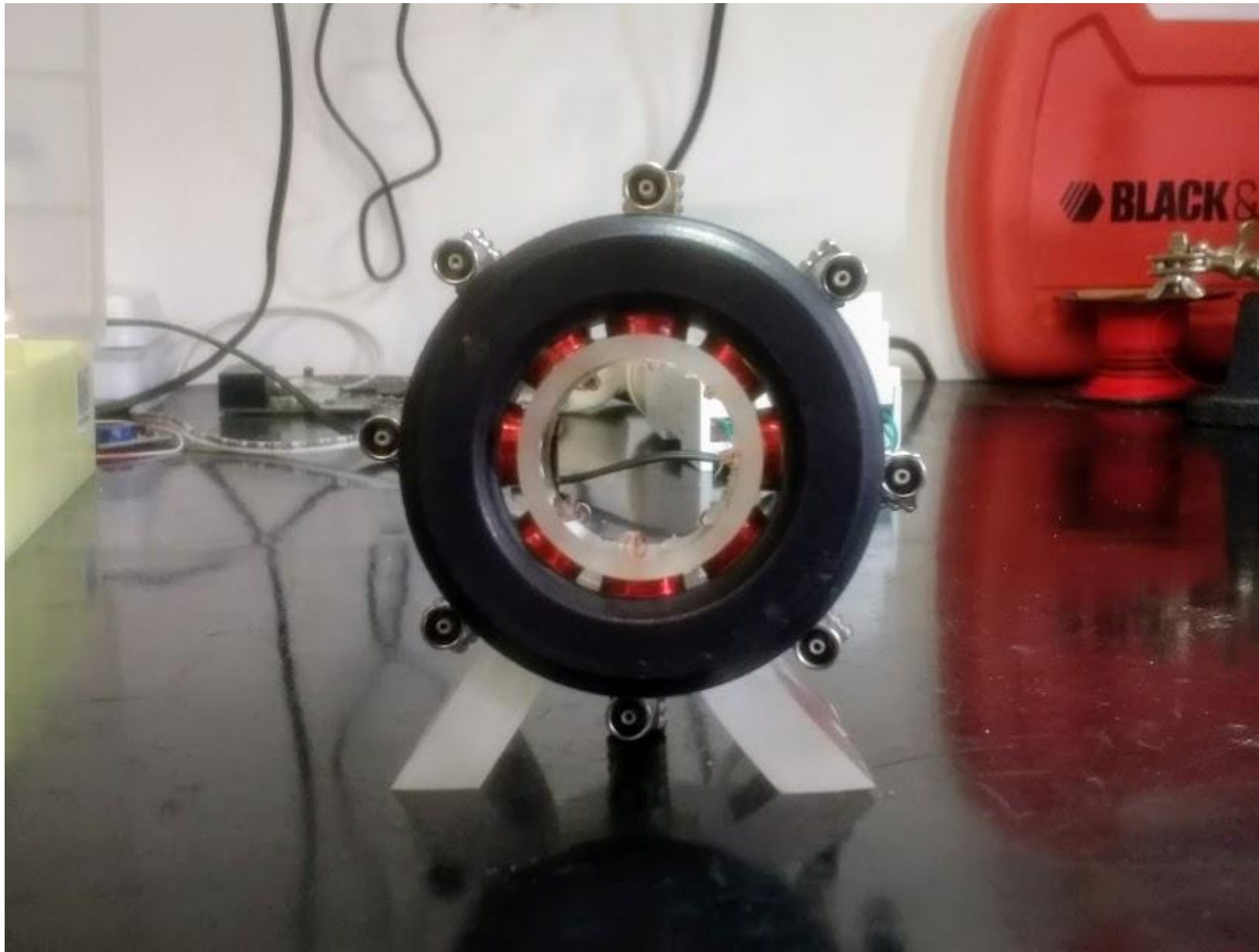
Tomografía sin contacto



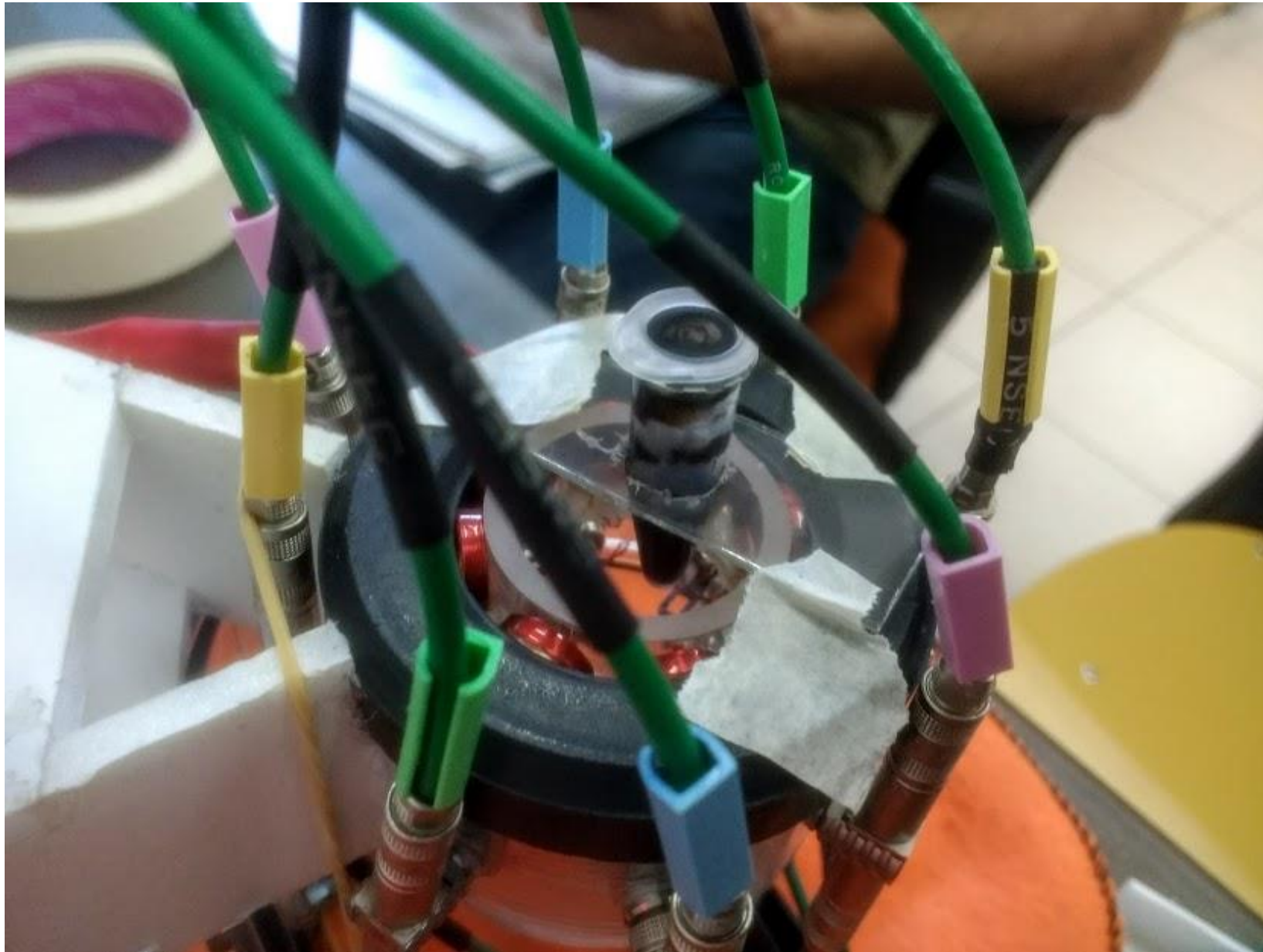
Aplicador de campo magnético para Hipertermia con nanopartículas

Tomografía magnética

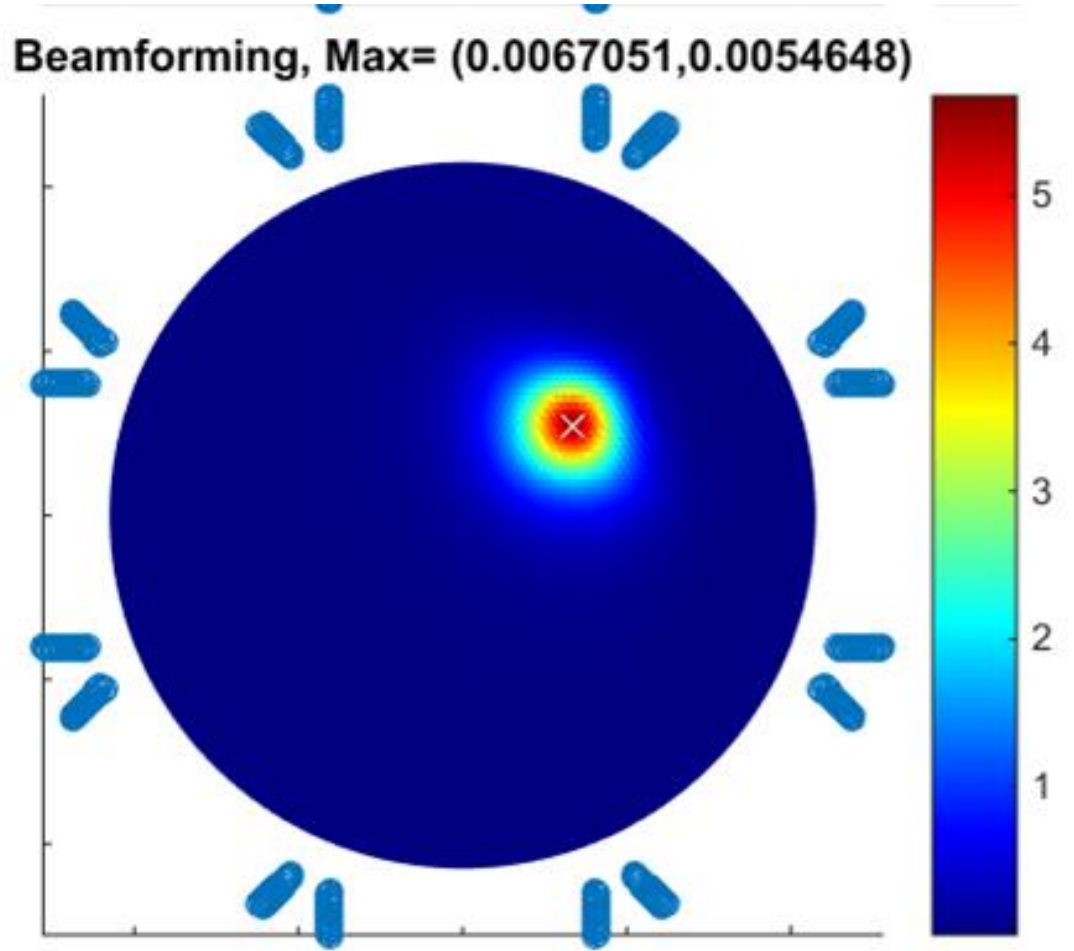




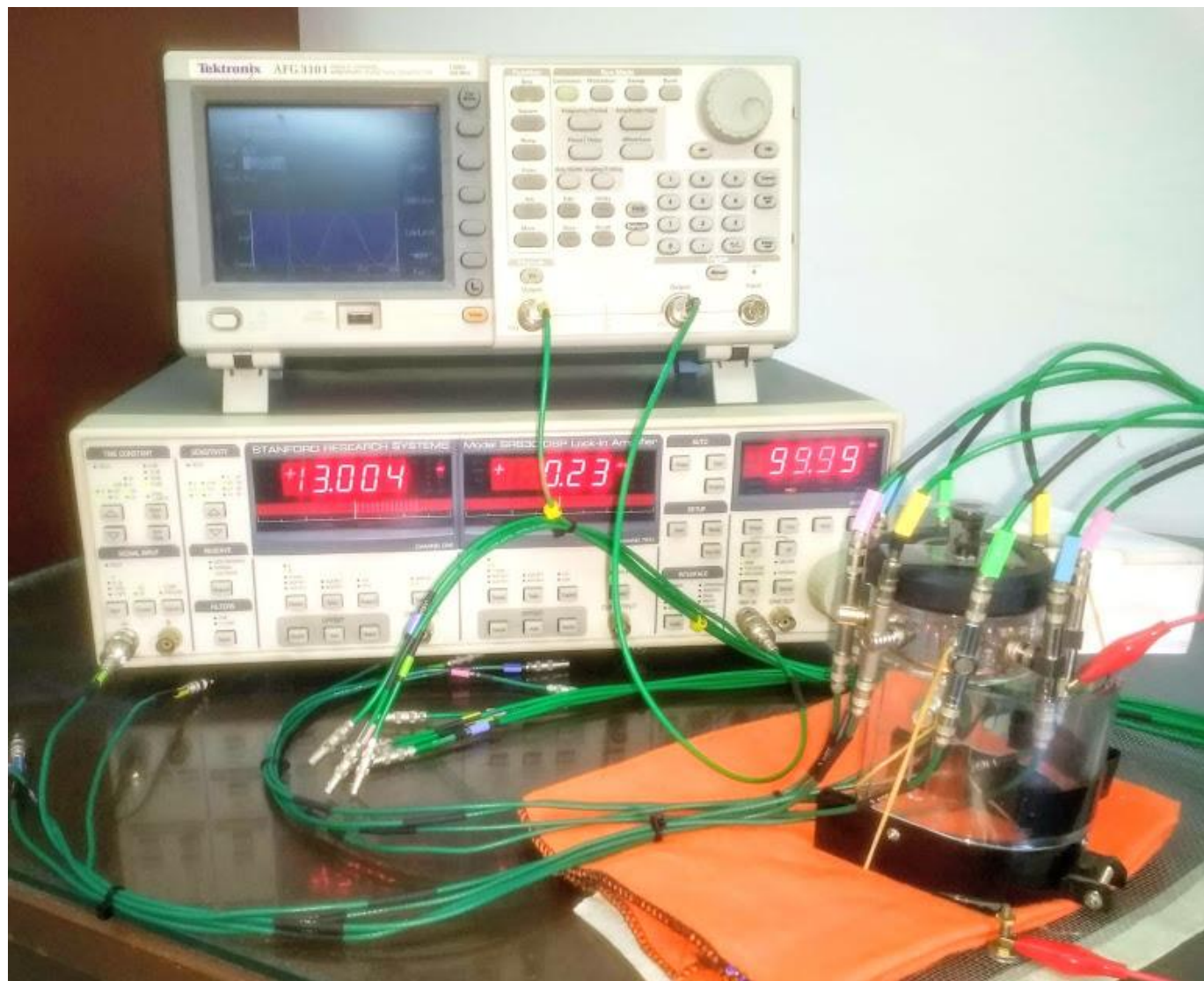
Prototipo de tomógrafo de permeabilidad magnética (sin contacto)



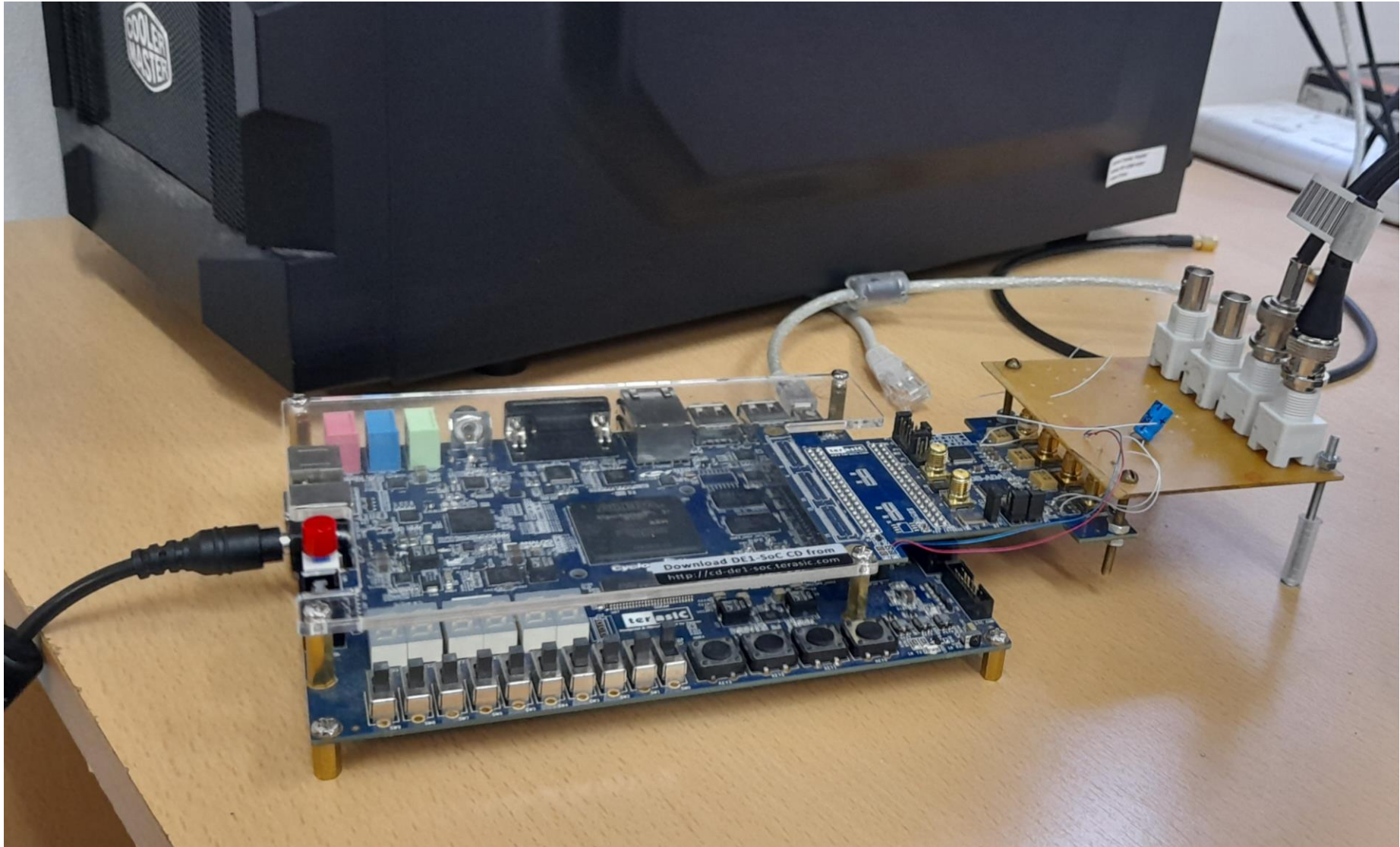
Prototipo de tomógrafo de permeabilidad magnética (sin contacto)



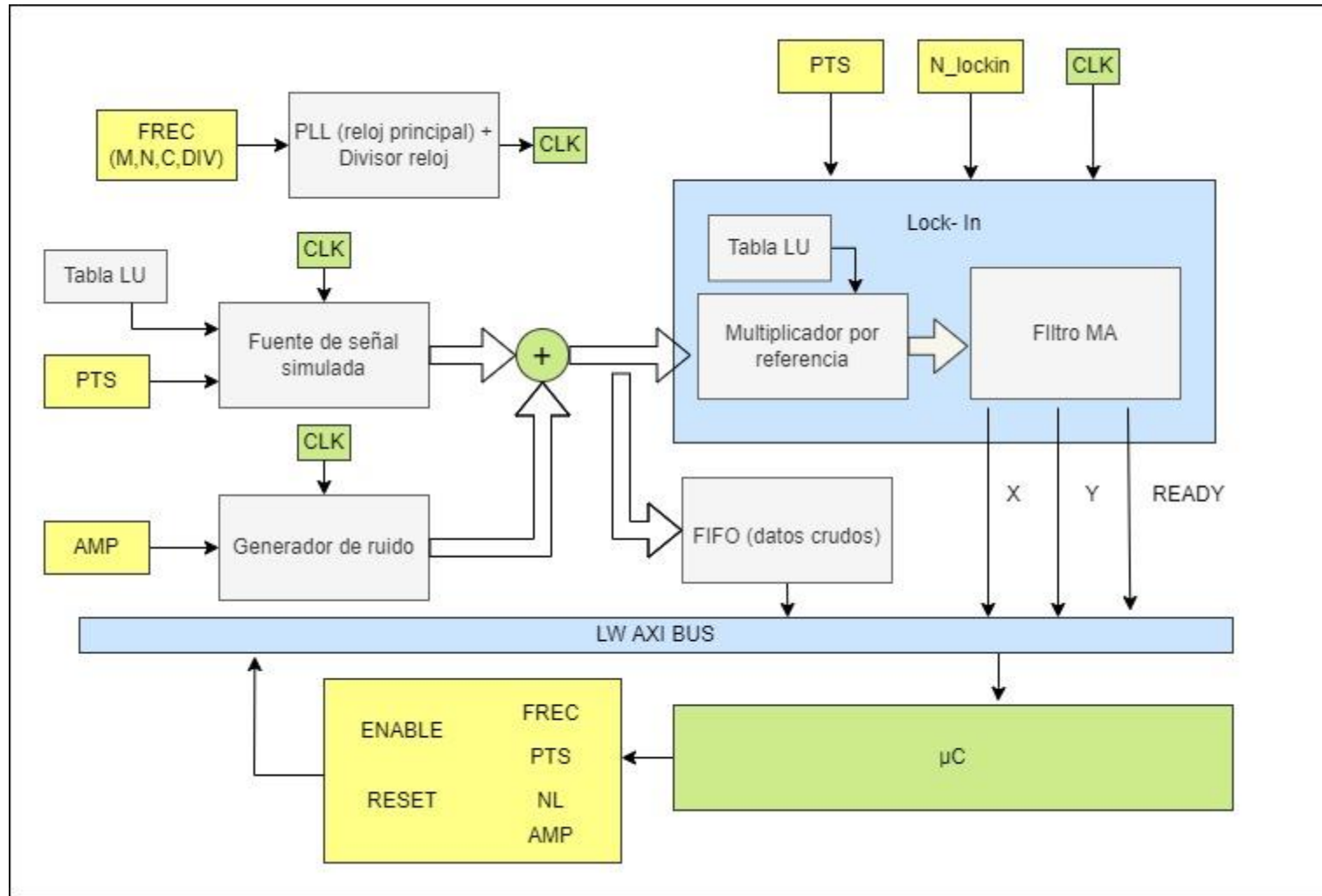
Prototipo de tomógrafo de permeabilidad magnética (sin contacto)



Prototipo de tomógrafo de permeabilidad magnética (sin contacto)



Amplificador Lock in con SoC





Sistemas Embebidos

Aplicaciones
Biomédica

Instrumentación
Industrial

Aplicaciones
Científicas

Distribución
de tareas

Consumo

Sistema
Operativo

Dispositivos



Los integrantes del GIBIC

¿Preguntas?



www.gibic.ar
enrique.spinelli@gmail.com