

Universidad Nacional de San Luis  
Facultad de Cs. Físico Matemáticas y Naturales  
Departamento de Electrónica



Universidad Nacional  
de San Luis

Proyecto Final de la Carrera Ingeniería Electrónica con O.S.D.

# Desarrollo de una Interfaz Electrónica Basada en las Placas Experimentales TMS320F2837xD para Aplicaciones de Electrónica de Potencia

- Alumno: Waldemar Nicolás del Valle Garro
- Director: Daniel Oscar Garrido
- Codirector: Cristian Ariel Falco



- **Introducción**
- Controladores TMS320F28377D y TMS320F28335
- Interfaz para módulos ADC
- Diseño de PCB y Montaje
- Mediciones y Resultados
- Conclusiones y propuesta de trabajos a futuro

## Objetivos:

- Desarrollar una placa interfaz destinada para aplicaciones de electrónica de potencia, y mas precisamente de control en tiempo real.
- Adquirir conocimientos en diseño de PCB.
- Generar vínculos entre los grupos de trabajo de ambas universidades.

## Motivación:

- Profundizar conocimientos en electrónica de potencia.
- La posibilidad de trabajar en todas las etapas de un proyecto real, es decir, diseño del circuito, simulaciones, elección de componentes reales que se adapten a la aplicación, montaje de los componentes, diseño de PCB, etc.

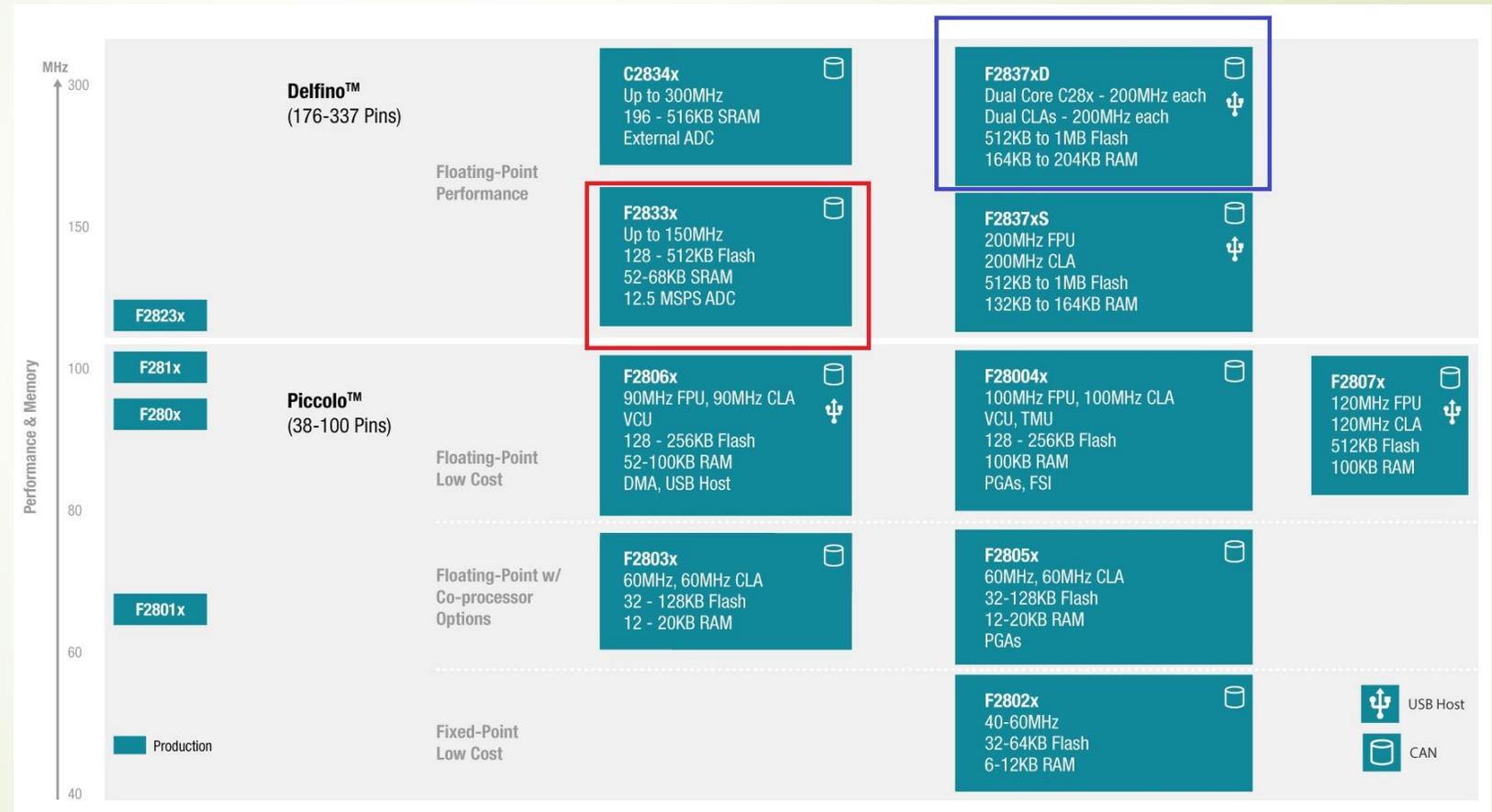
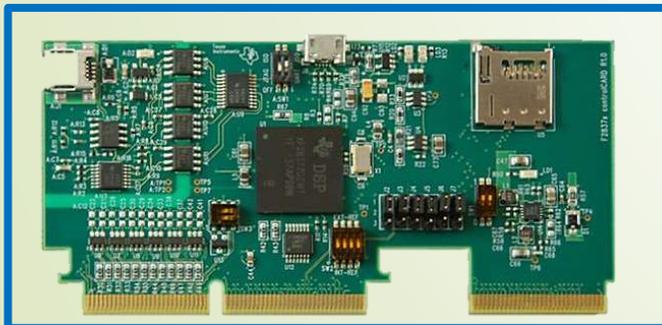
- Introducción
- **Controladores TMS320F28377D y TMS320F28335**
- Interfaz para módulos ADC
- Diseño de PCB y Montaje
- Mediciones y Resultados
- Conclusiones y propuesta de trabajos a futuro

# Controladores TMS320F28377D y TMS320F28335



Universidad Nacional de San Luis

Controladores C2000™ de 32 bits de Texas Instruments



# Controladores TMS320F28377D y TMS320F28335



Universidad Nacional  
de San Luis

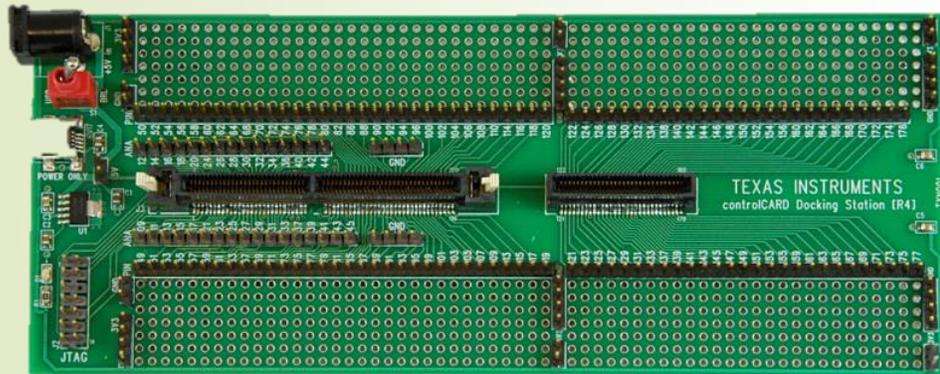
| Característica          | F28377D  | F28335  |
|-------------------------|--|---|
| CPU                     | 32 bits, 200 MHz (x2)  | 32 bits, 150 MHz  |
| Control                 | 2 Control Law Accelerators (CLAs)  | -   |
| CPU Timers              | 6 de 32-bit (3 por cada CPU)   | 3 de 32-bit   |
| ADC                     | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Modo 12-bit: 4 módulos, 24 canales.</li><li>▪ Modo 16-bit: 4 módulos, 24 canales simples o 12 canales diferenciales.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Modo 12-bit: 2 módulos, 16 canales.</li></ul>                     |
| PWM                     | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ 12 canales ePWM</li><li>▪ 8 canales ePWM high-resolution</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ 6 canales ePWM</li><li>▪ 6 señales ePWM high-resolution</li></ul> |
| eCAP                    | 6 entradas   | 6 entradas  |
| DAC                     | 3 buffered DAC   | -   |
| GPIO                    | 169  | 88  |
| Interrupciones externas | 5  | 8   |
| Comunicación            | CAN (x2); I2C (x2); McBSP (x2); SCI (x4); SPI (x3)   | CAN (x2); I2C; McBSP/SPI (x2); SCI (x3)   |

# Controladores TMS320F28377D y TMS320F28335

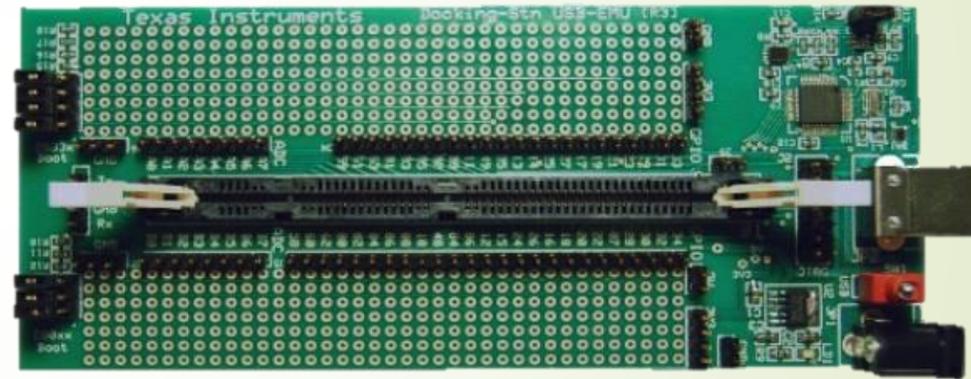


Universidad Nacional  
de San Luis

## Docking Station



R4 para ControlCARD F2837xD



R3 para ControlCARD F2833x

# Controladores TMS320F28377D y TMS320F28335



Universidad Nacional  
de San Luis



TI también provee distintos diseños de referencia que son desarrollados como muestras de los distintos usos que se le puede dar a los DSC's.

TI también provee un conjunto de archivos necesarios para el desarrollo de nuevas placas de experimentación:

- Esquemáticos y diagramas en bloques de los circuitos
- Archivos BOM (*Bill of Materials*)
- Archivos Gerber
- Librerías

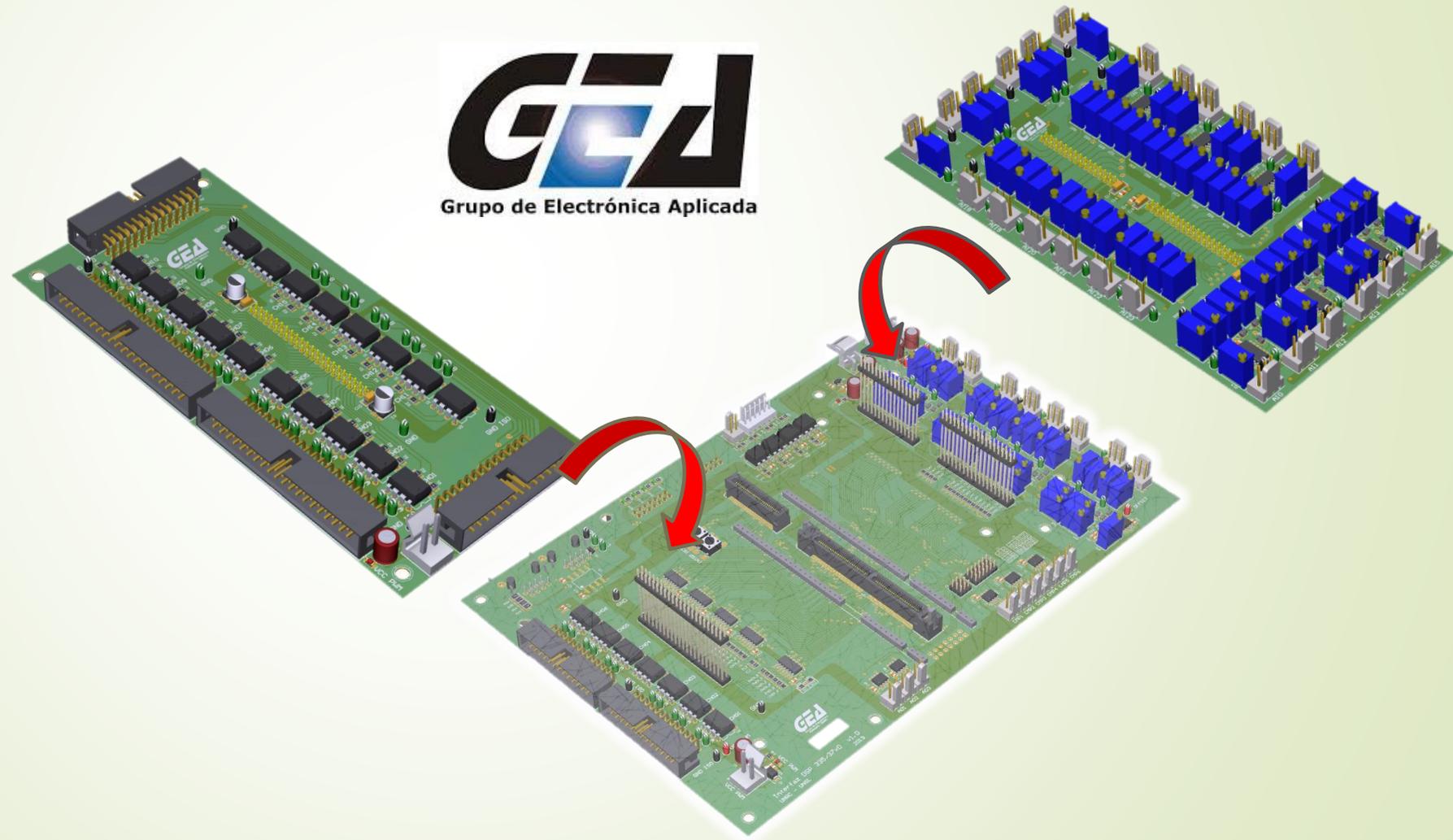
# INTRODUCCIÓN



Universidad Nacional  
de San Luis

Elección del modelo definitivo:

- Placa base para aplicaciones menores.
- Permite actualizaciones futuras.
- Cómodo acceso a todos sus módulos.
- Simplificación del ruteo de las pistas del PCB.



**GEA**  
Grupo de Electrónica Aplicada

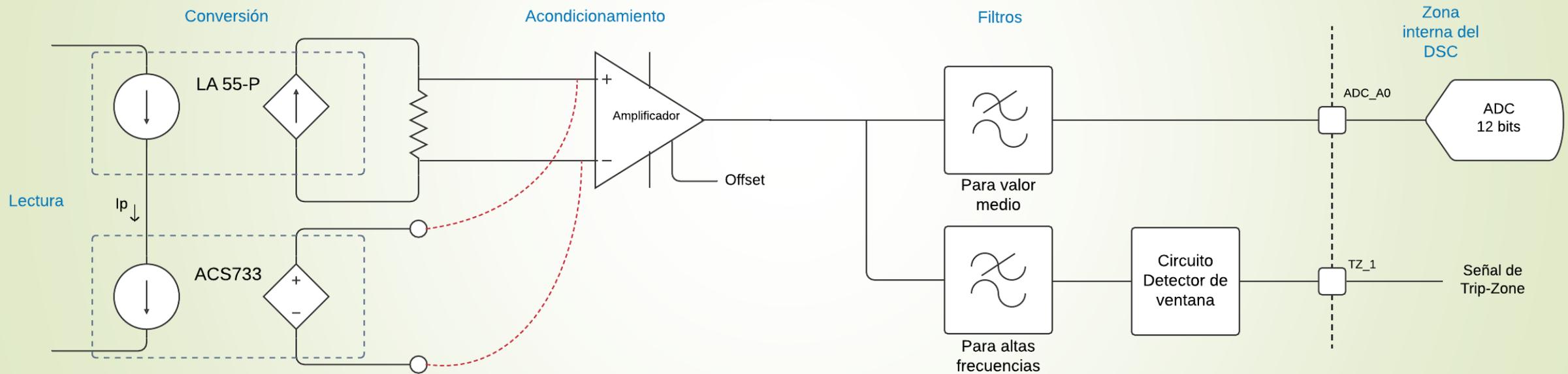
- Introducción
- Controladores TMS320F28377D y TMS320F28335
- **Interfaz para módulos ADC**
- Diseño de PCB y Montaje
- Mediciones y Resultados
- Conclusiones y propuesta de trabajos a futuro

# Interfaz para módulos ADC



Universidad Nacional  
de San Luis

## Circuito de acondicionamiento general



# Interfaz para módulos ADC



Universidad Nacional  
de San Luis

## Sensores de corriente utilizados en el proyecto



### Características LA 55-P

|              |   |                  |
|--------------|---|------------------|
| $I_{PN}$     | Corriente nominal RMS en el primario        | 50 A             |
| $I_{PM}$     | Rango de medida de corriente en el primario | 0 .. $\pm 70$ A  |
| $K_N$        | Razón de conversión                         | 1 : 1000         |
| $I_{SN}$     | Corriente nominal RMS en el secundario      | 50 mA            |
| $V_C$        | Fuente de voltaje ( $\pm 5\%$ )             | $\pm 12$ .. 15 V |
| $\epsilon_L$ | Error de Linealidad                         | <0,15 %          |



### Características en funcionamiento nominal del ACS733

|              |   |             |
|--------------|---|-------------|
| $I_R$        | Rango de medición de corriente en el primario | -40 a 40 A  |
| Sens         | Sensibilidad                                  | 33 mV/A     |
| $V_{CC}$     | Fuente de voltaje                             | 3,3 V       |
| $\epsilon_L$ | Error de Linealidad                           | $\pm 0,5\%$ |

# Interfaz para módulos ADC



Universidad Nacional  
de San Luis

Circuito de  
acondicionamiento  
para el OPA2344



OPA2344

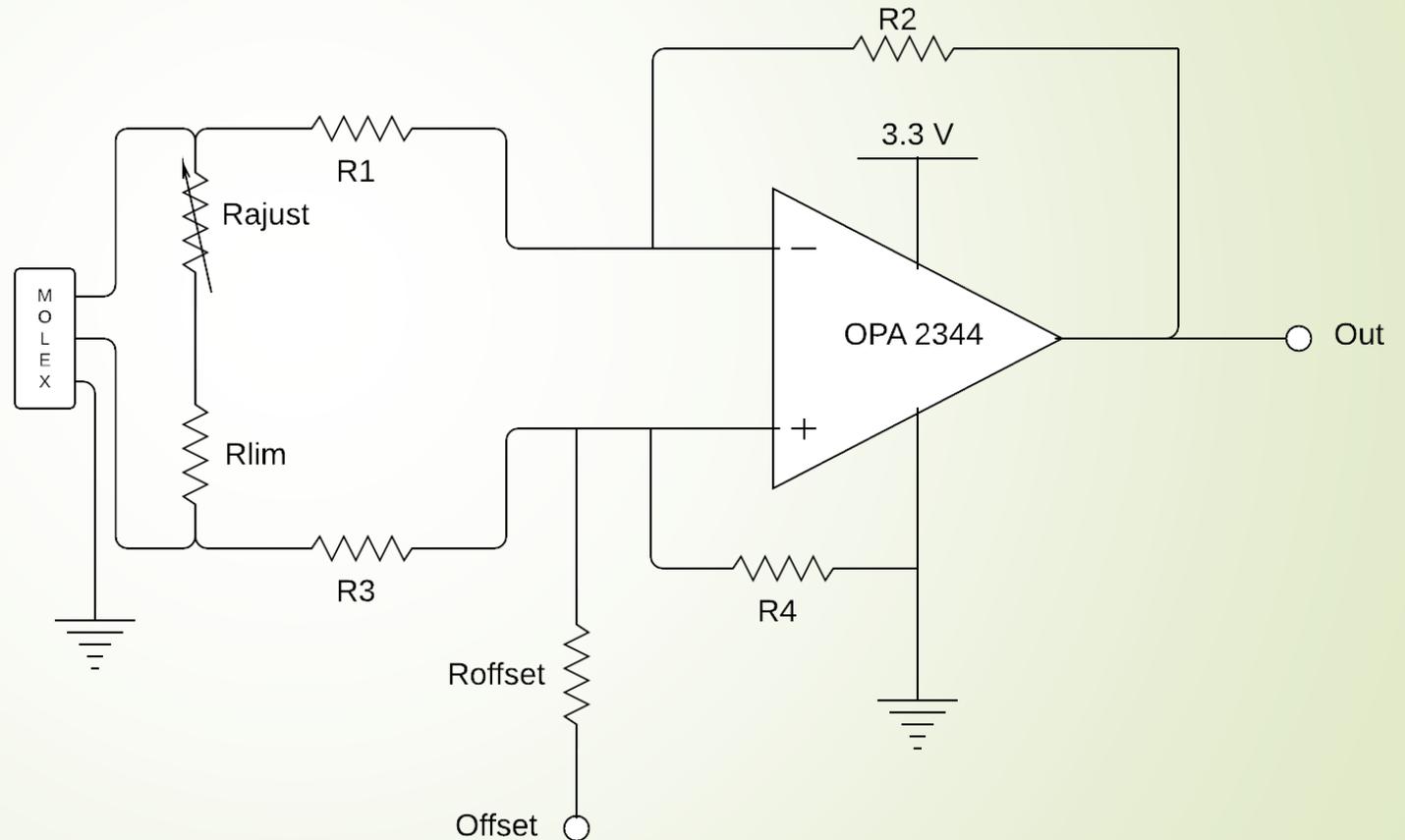
*RAIL-TO-RAIL INPUT*

*RAIL-TO-RAIL OUTPUT*

GANANCIA ANCHO DE BANDA = 1,1 MHz

*SLEW RATE* 0,8 V/ $\mu$ s

FUENTE ÚNICA DE 2,5 A 5 V (300 mV Modo Común)



# Interfaz para módulos ADC



Universidad Nacional  
de San Luis

Circuito de  
acondicionamiento  
para el INA129



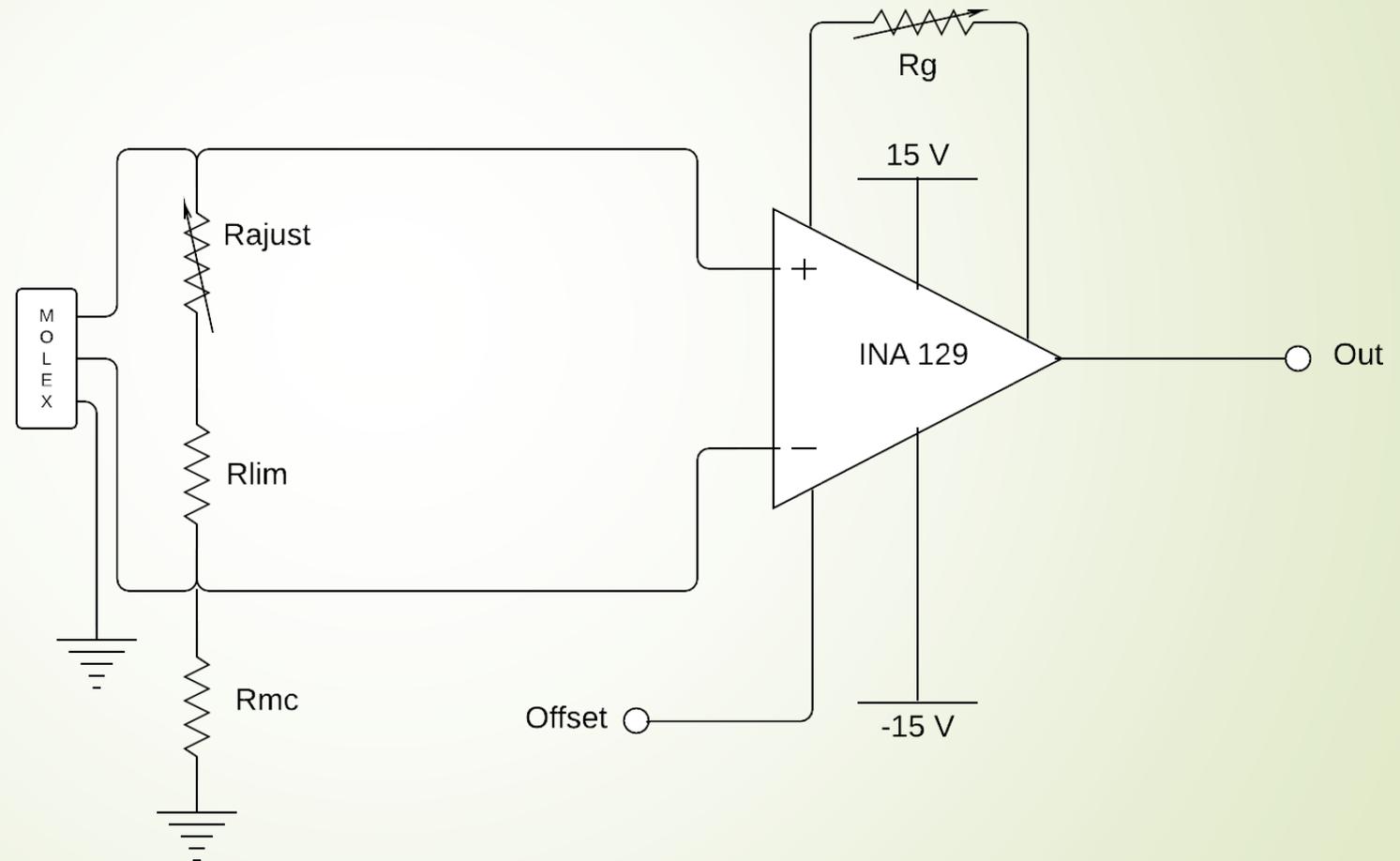
INA129

Fuente de alimentación de  $\pm 2,25$  a  $\pm 18$  V

Voltaje *Offset*:  $50 \mu\text{V}$  Máximo

Ganancia Ajustable Externamente (Pines 1 y 8)

*Slew Rate*  $4 \text{ V}/\mu\text{s}$

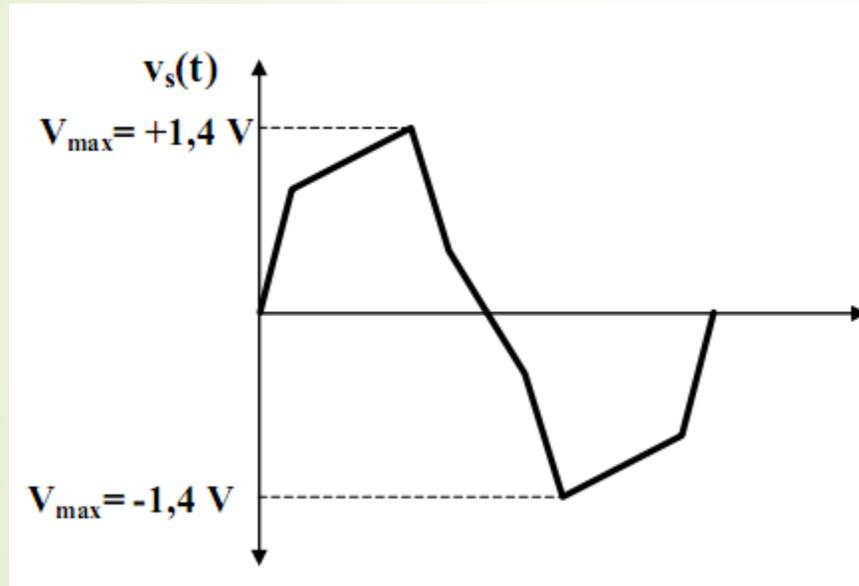


# Interfaz para módulos ADC

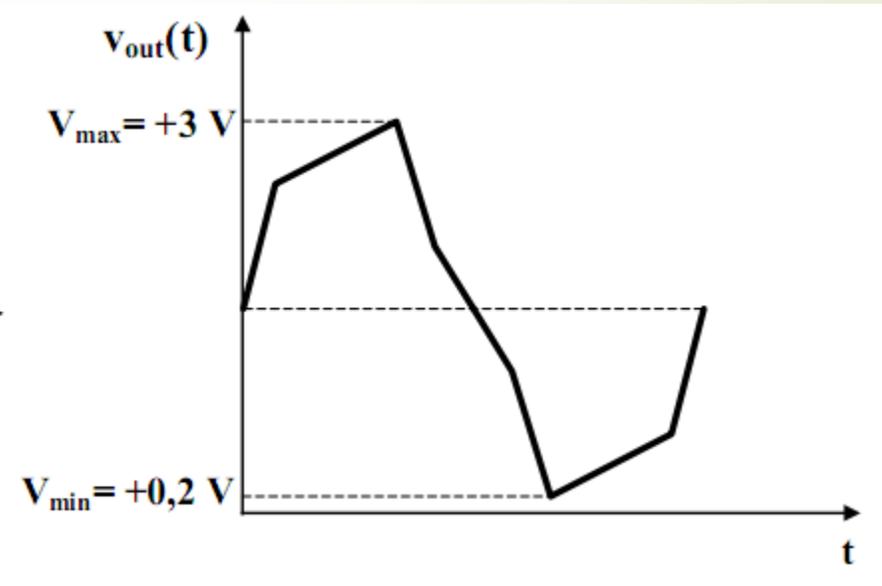


Universidad Nacional  
de San Luis

## Tensión de Offset



Entrada al AO



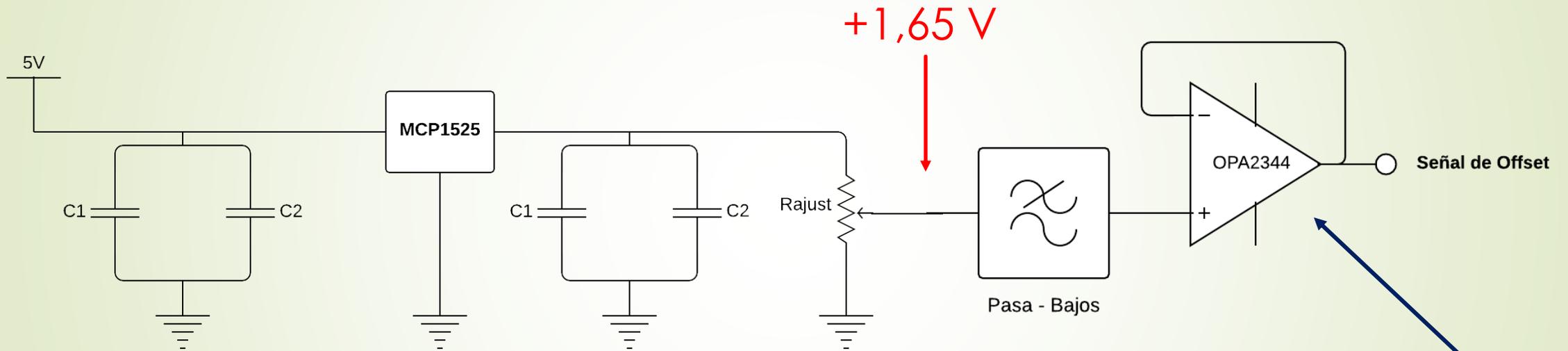
Salida del AO

# Interfaz para módulos ADC



Universidad Nacional de San Luis

## Tensión de Offset



| MCP1525                   |             |
|---------------------------|-------------|
| Voltaje de Salida         | 2,5 V       |
| Rango de Alimentación     | 2,7 a 5,5 V |
| Máxima corriente de carga | $\pm 8$ mA  |
| Encapsulado               | SOT-23-3    |



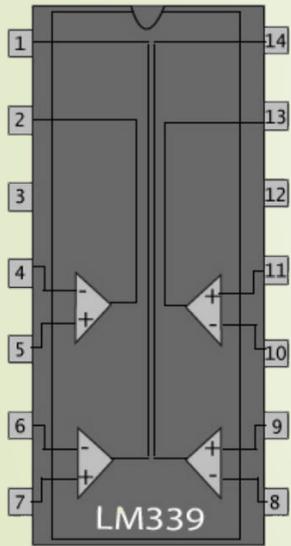
Debe entregar corriente a los 24 canales

# Interfaz para módulos ADC

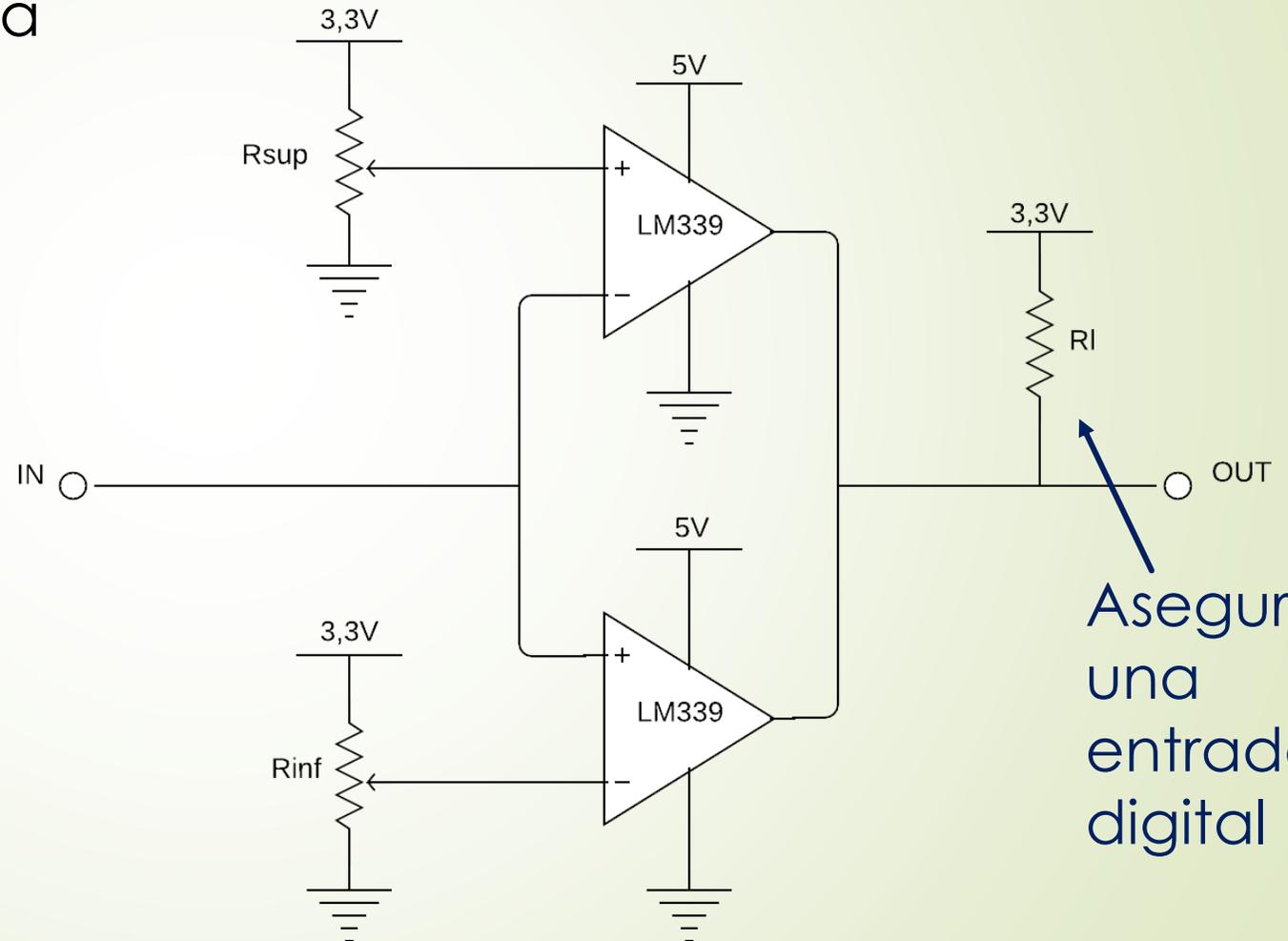


Universidad Nacional  
de San Luis

## Circuito Comparadores Ventana y Trip Zone



Comparador de tensión LM339



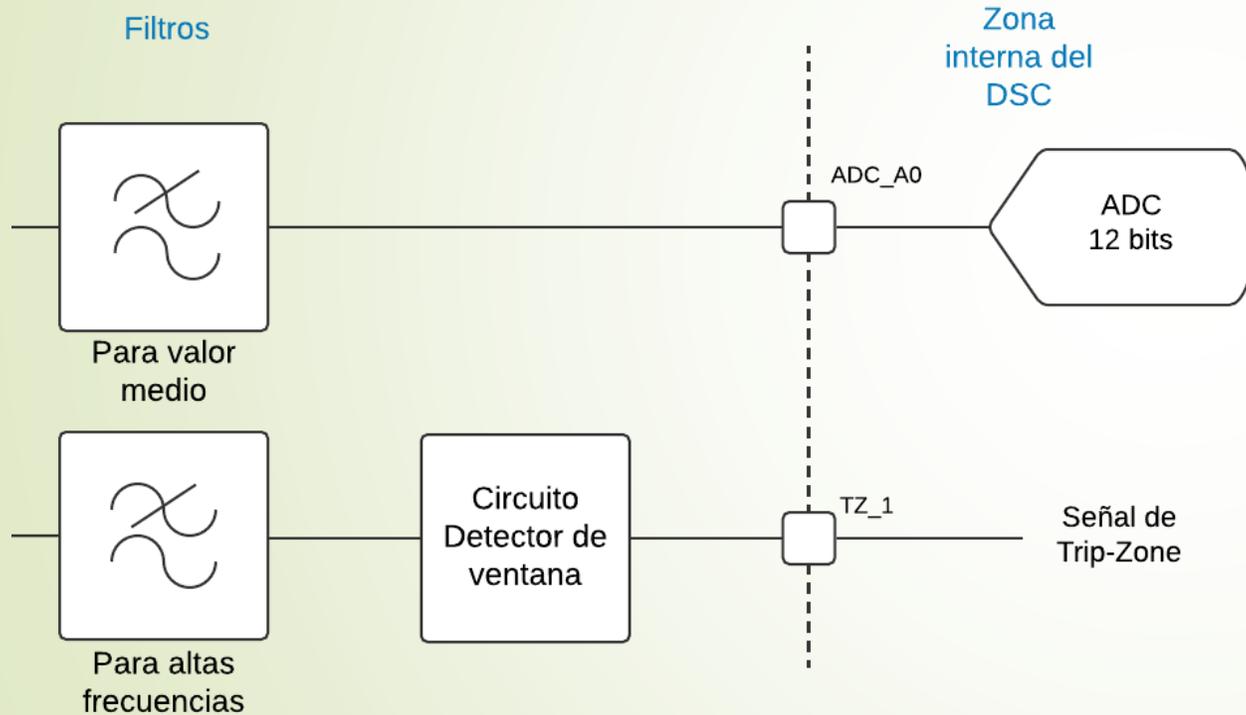
Asegura  
una  
entrada  
digital

# Interfaz para módulos ADC

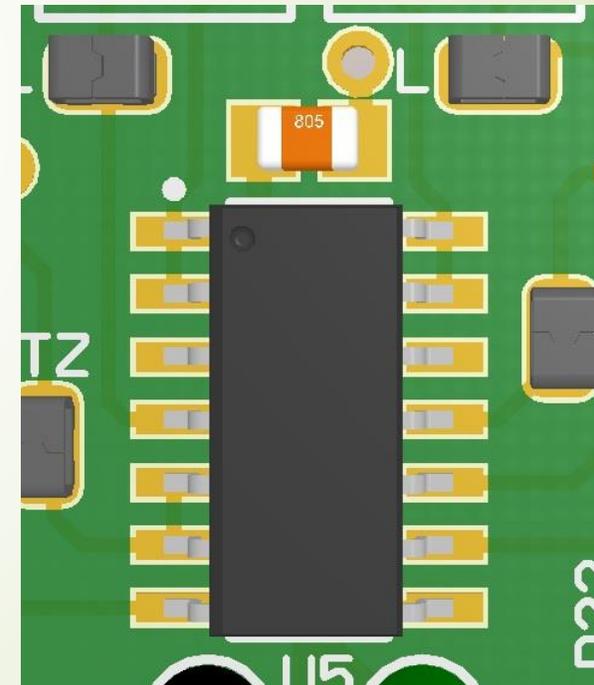


Universidad Nacional  
de San Luis

## Filtros



## Capacitor de desacoplo en fuentes



- Introducción
- Controladores TMS320F28377D y TMS320F28335
- Interfaz para módulos ADC
- **Diseño de PCB y Montaje**
- Mediciones y Resultados
- Conclusiones y propuesta de trabajos a futuro

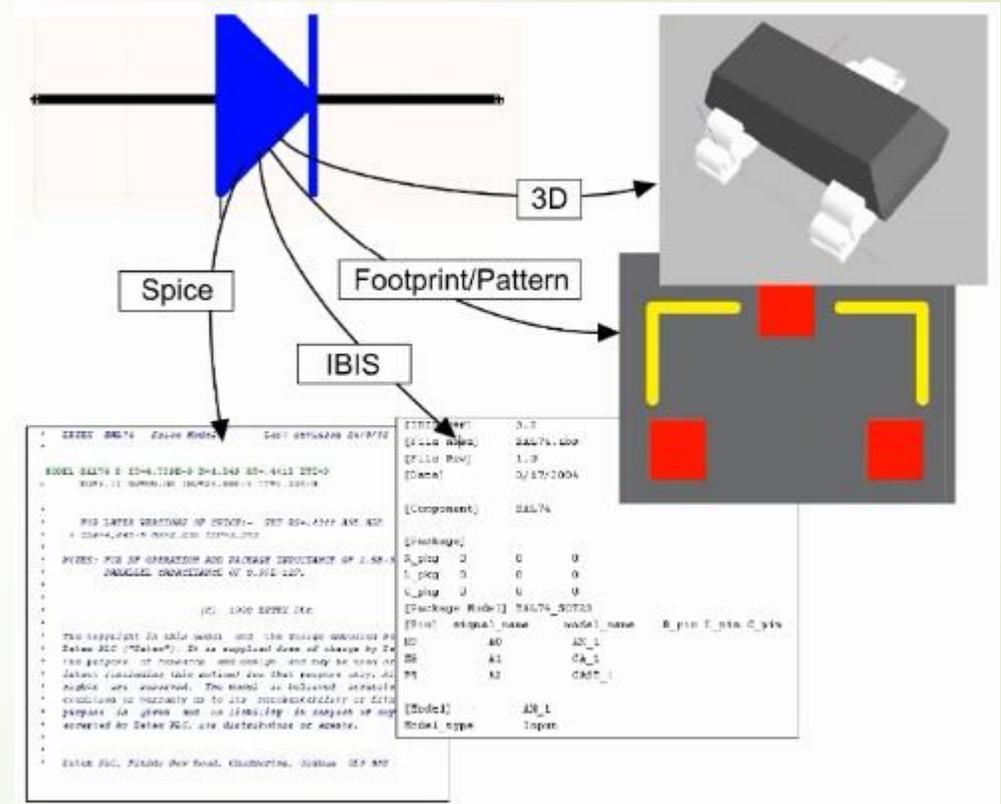
# Diseño de PCB y Montaje



Universidad Nacional  
de San Luis

Archivos asociados a cada componente:

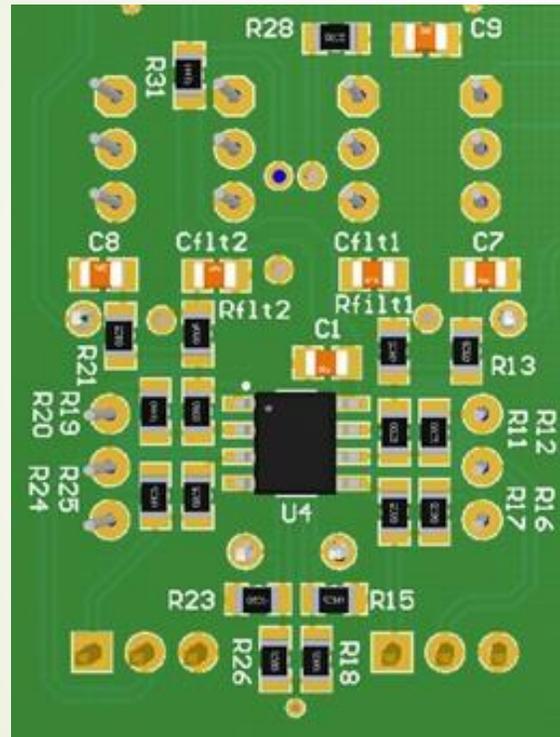
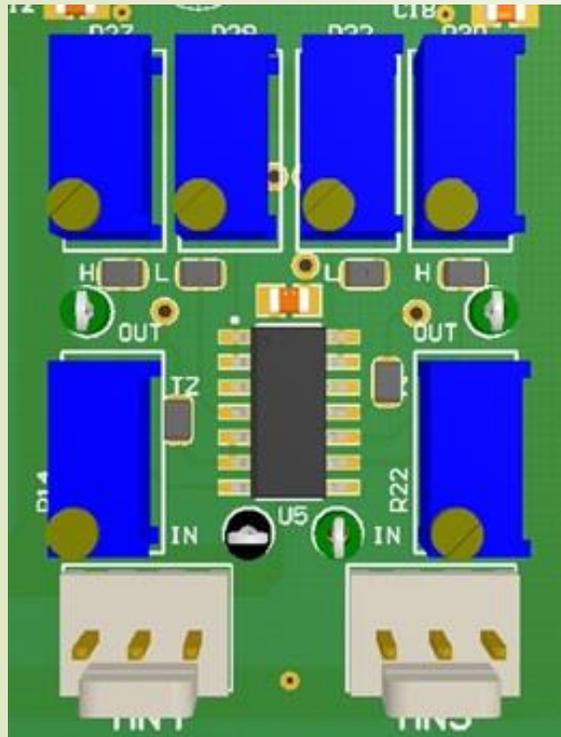
- IBIS: Es el archivo mediante el cual están configurados los pines del circuito integrado.
- Spice: Es el archivo que contiene un modelo con el cual se pueden realizar simulaciones con el componente.
- Footprint/Pattern: El archivo footprint es la representación gráfica de los pads de un componente electrónico, como deben ir impresos en la tarjeta para que coincidan exactamente con sus respectivos terminales o superficies de conexión.
- PCB 3D: Es el archivo del modelo 3D del componente.



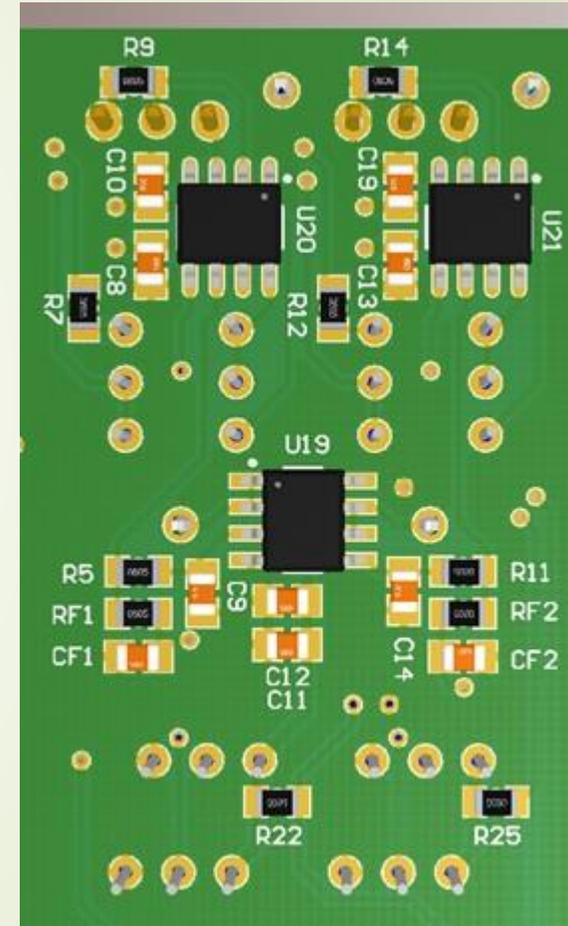
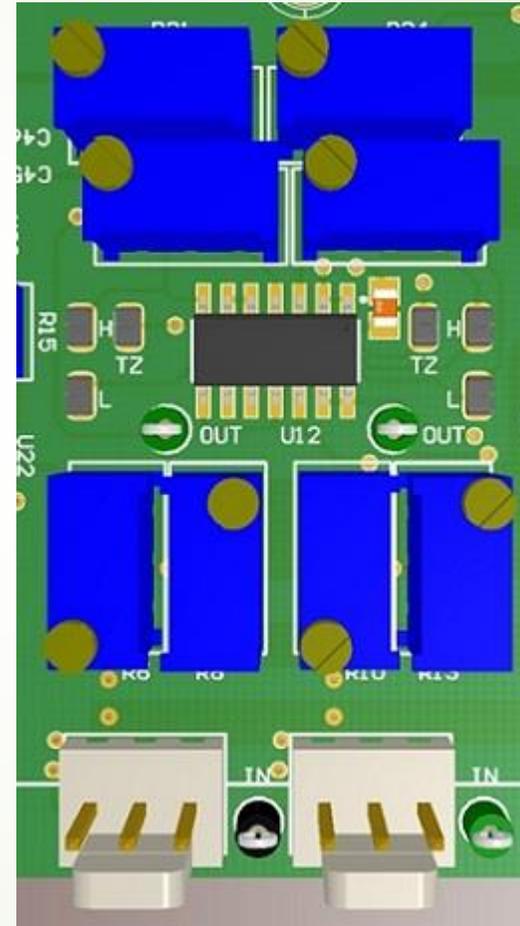
# Diseño de PCB y Montaje



Universidad Nacional  
de San Luis



Bloque OPA2344



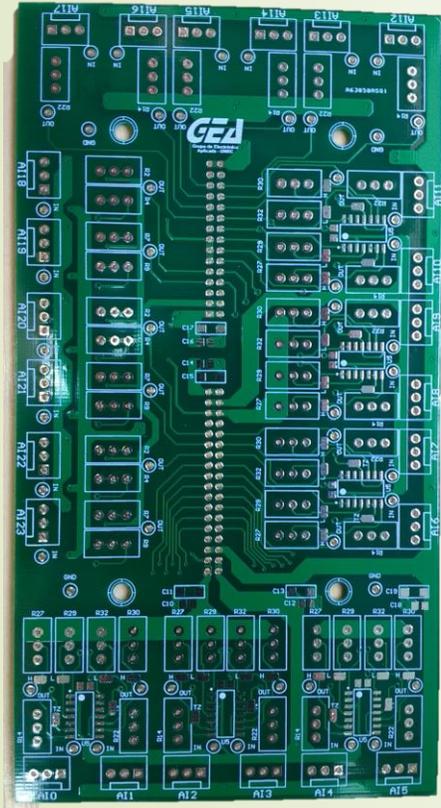
Bloque INA129

# Diseño de PCB y Montaje

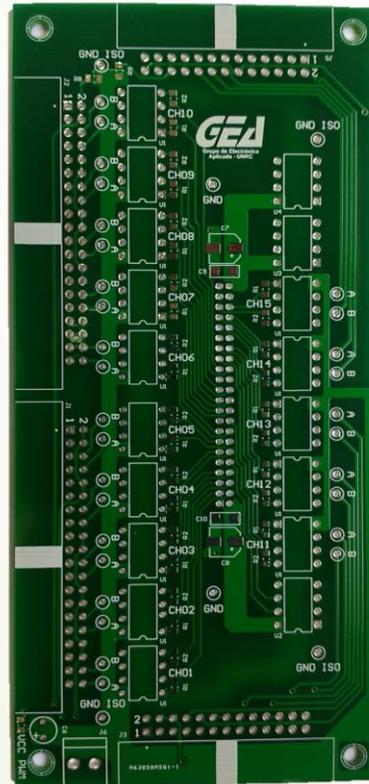


Universidad Nacional  
de San Luis

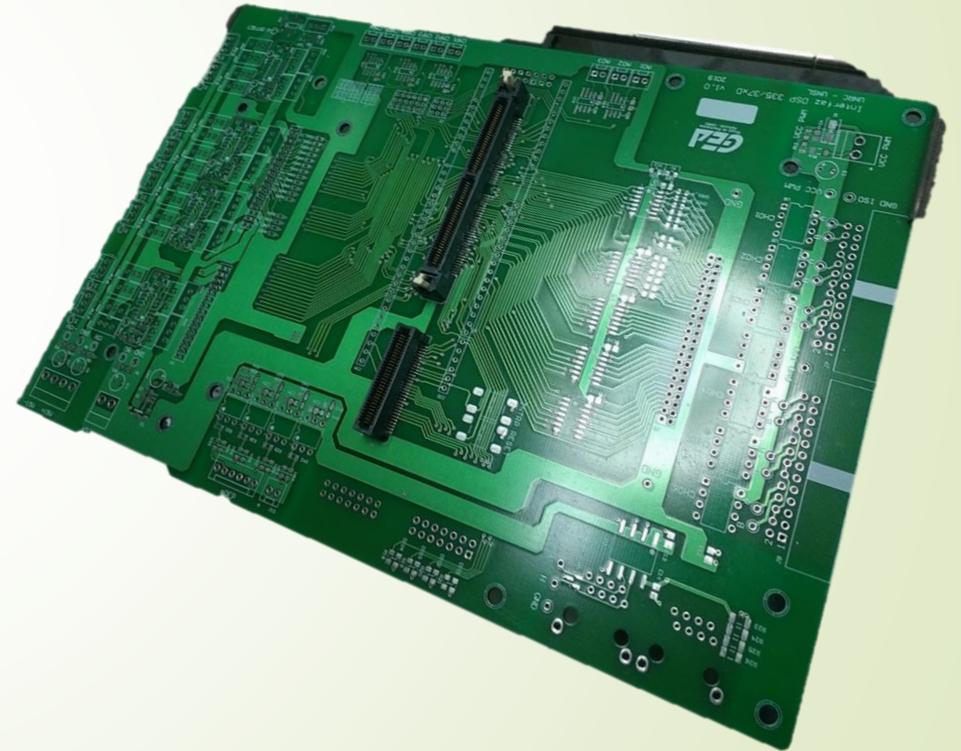
## Placas recibidas



Expansión ADC



Expansión PWM



Placa Base

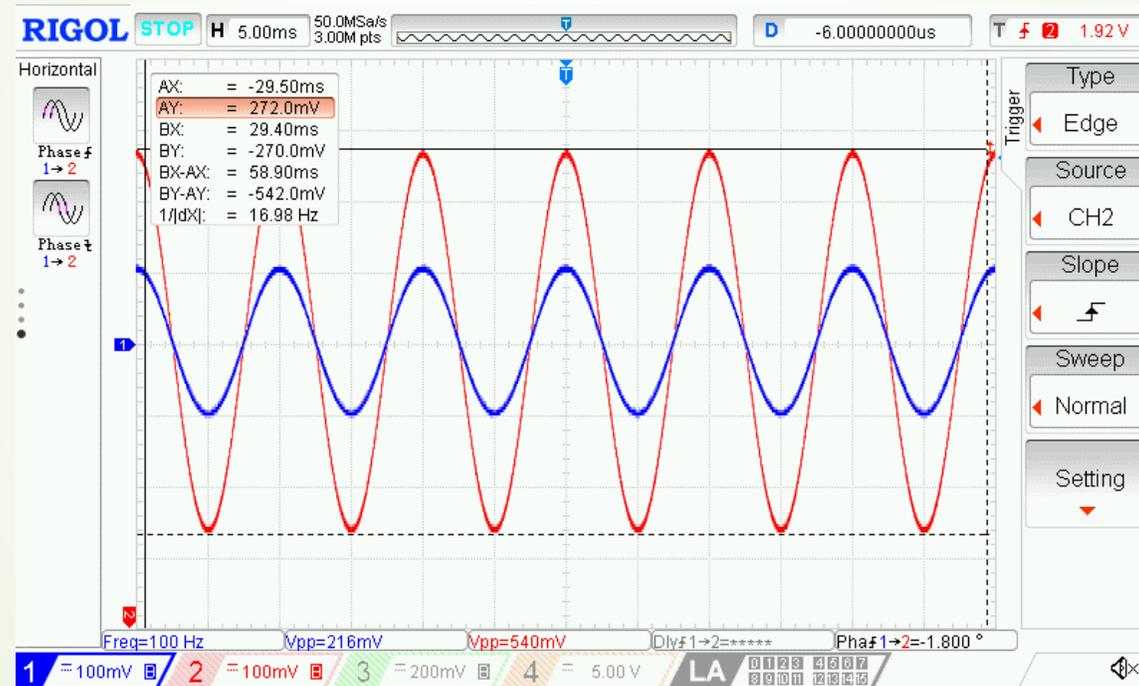
- Introducción
- Controladores TMS320F28377D y TMS320F28335
- Interfaz para módulos ADC
- Diseño de PCB y Montaje
- **Mediciones y Resultados**
- Conclusiones y propuesta de trabajos a futuro

# Mediciones y Resultados



Universidad Nacional  
de San Luis

## Ensayo para el acondicionamiento a través del INA129



100 Hz

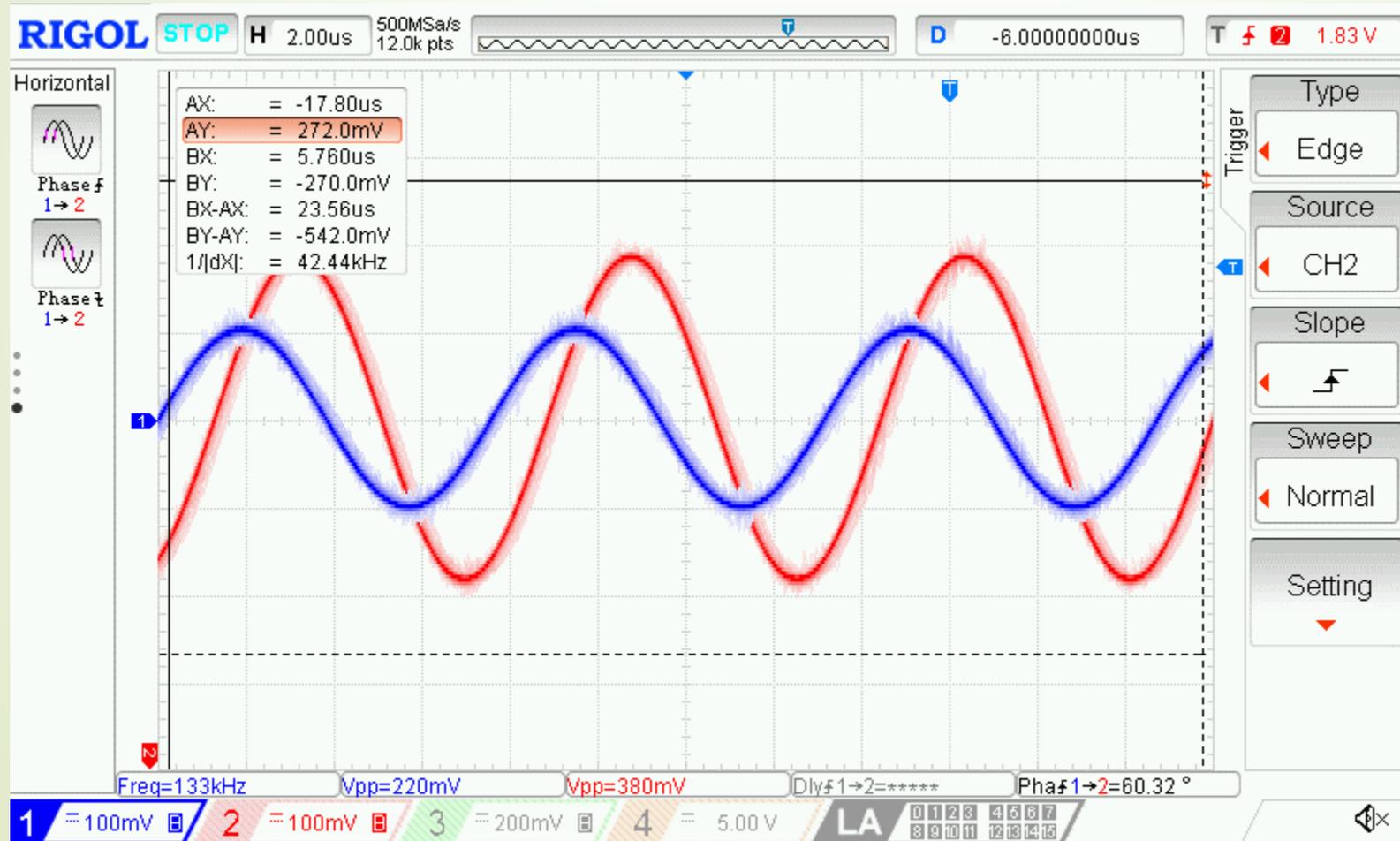


# Mediciones y Resultados



Universidad Nacional  
de San Luis

## Ensayo para el acondicionamiento a través del INA129



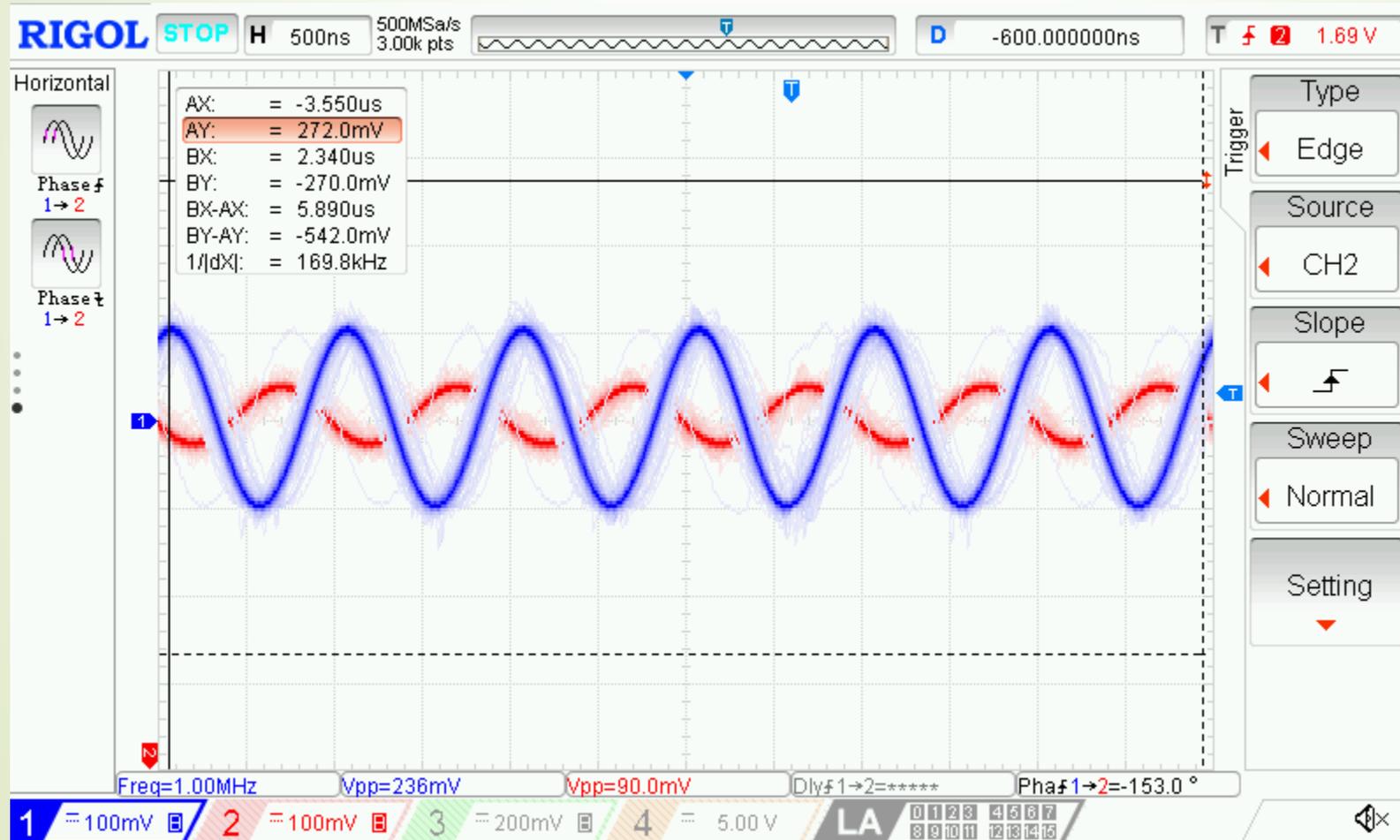
132 kHz

# Mediciones y Resultados



Universidad Nacional  
de San Luis

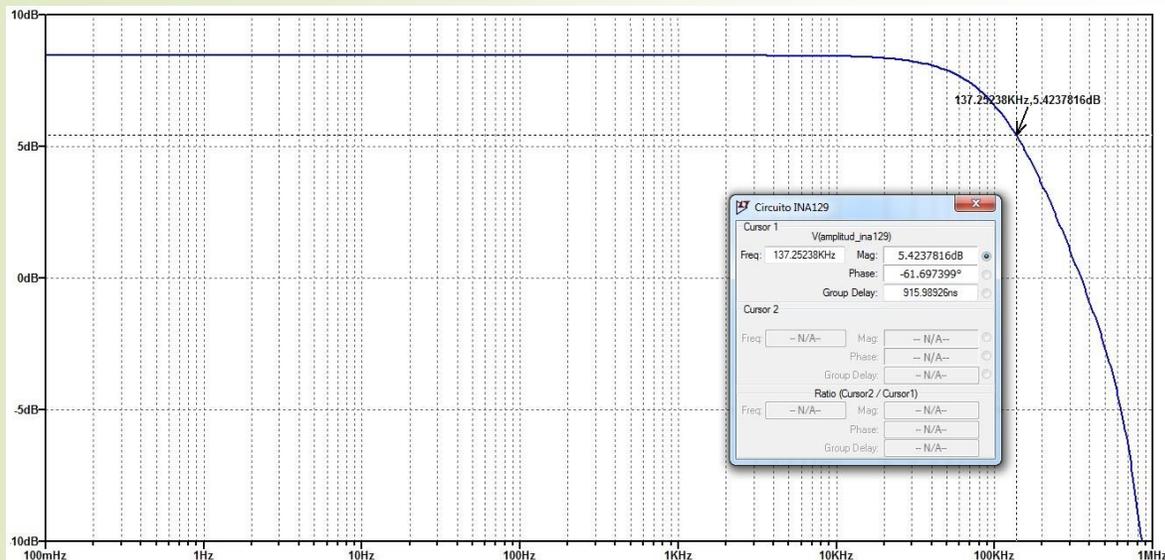
## Ensayo para el acondicionamiento a través del INA129



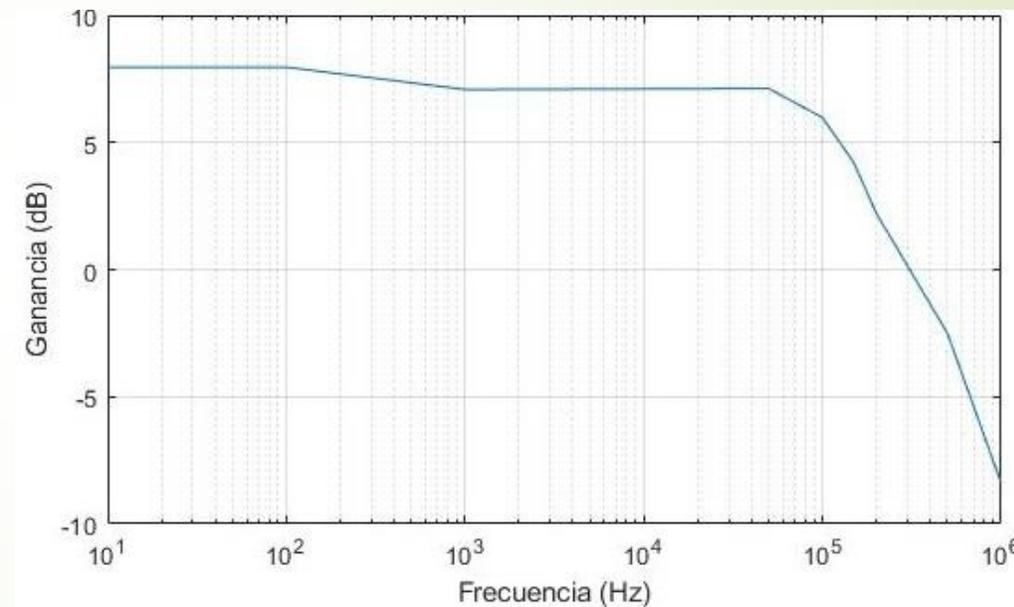
1 MHz

## Ensayo para el acondicionamiento a través del INA129

## GANANCIA



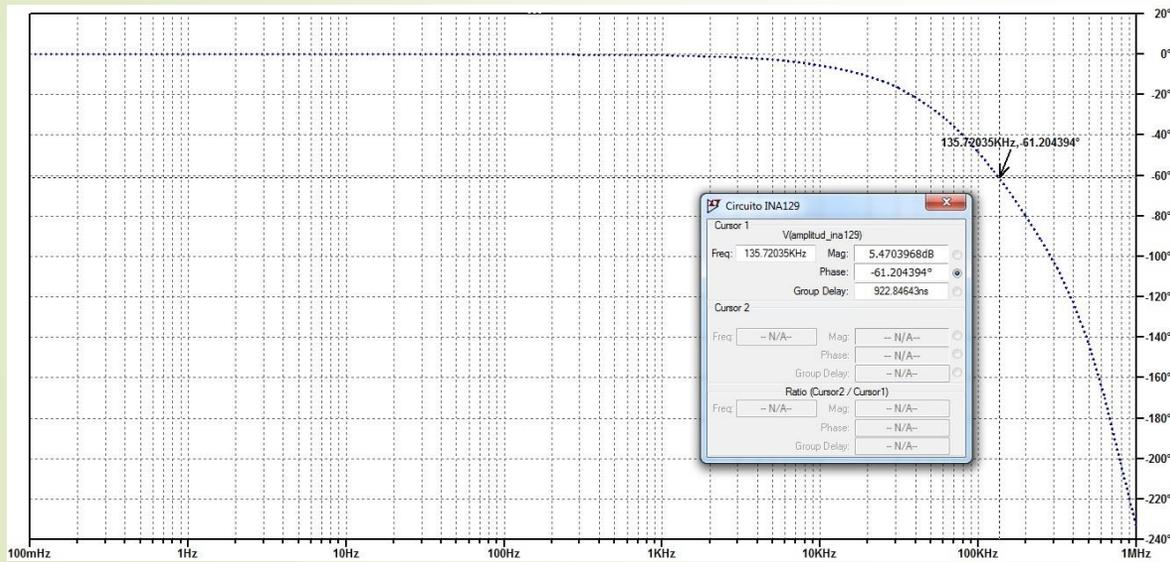
Resultados simulador



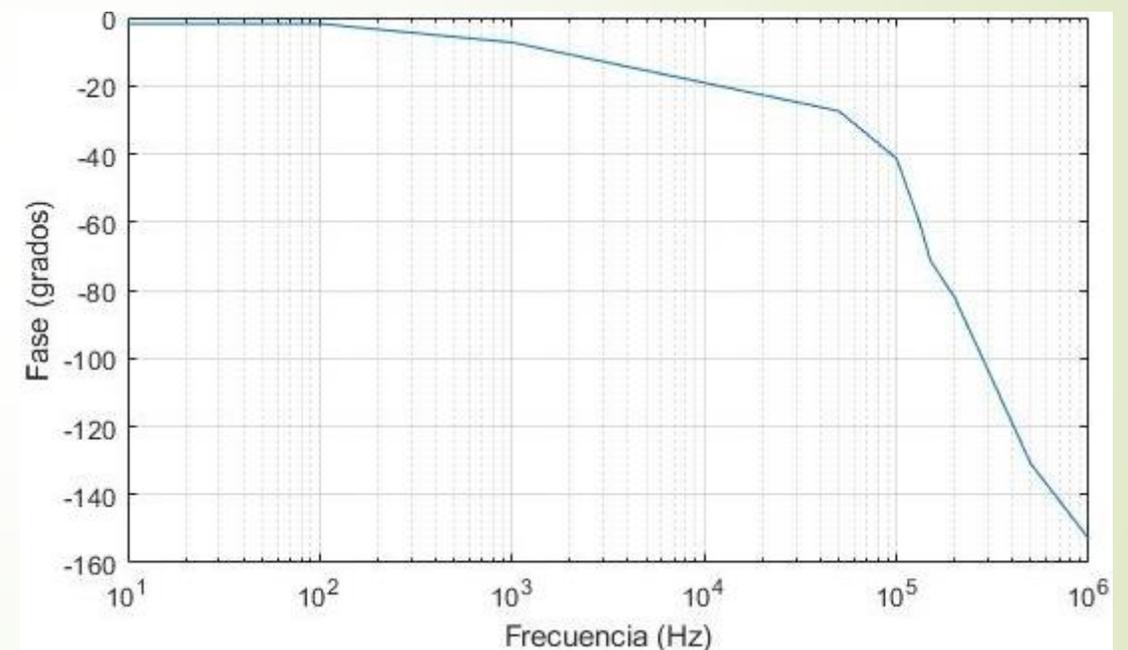
Resultados experimentales

Ensayo para el acondicionamiento a través del INA129

FASE

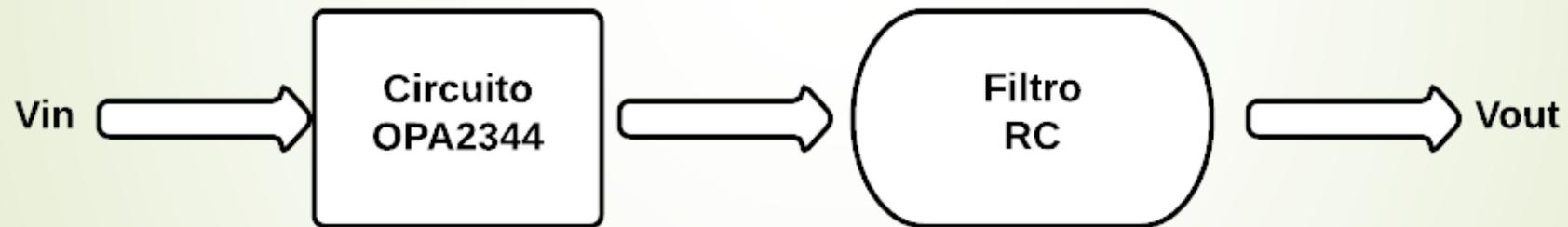


Resultados simulador



Resultados experimentales

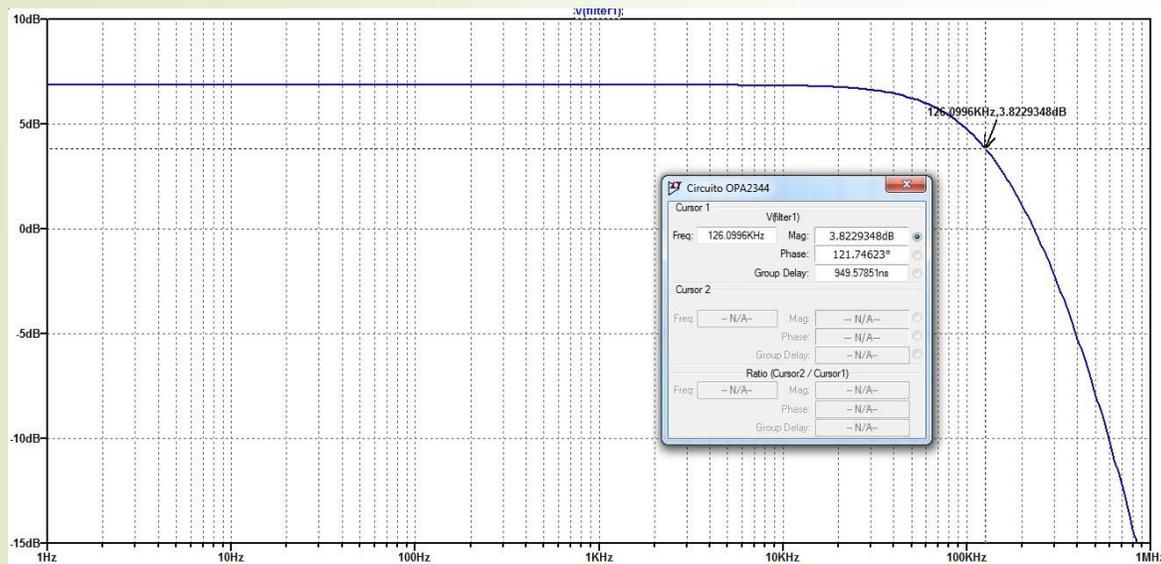
Ensayo para el acondicionamiento a través del OPA2344



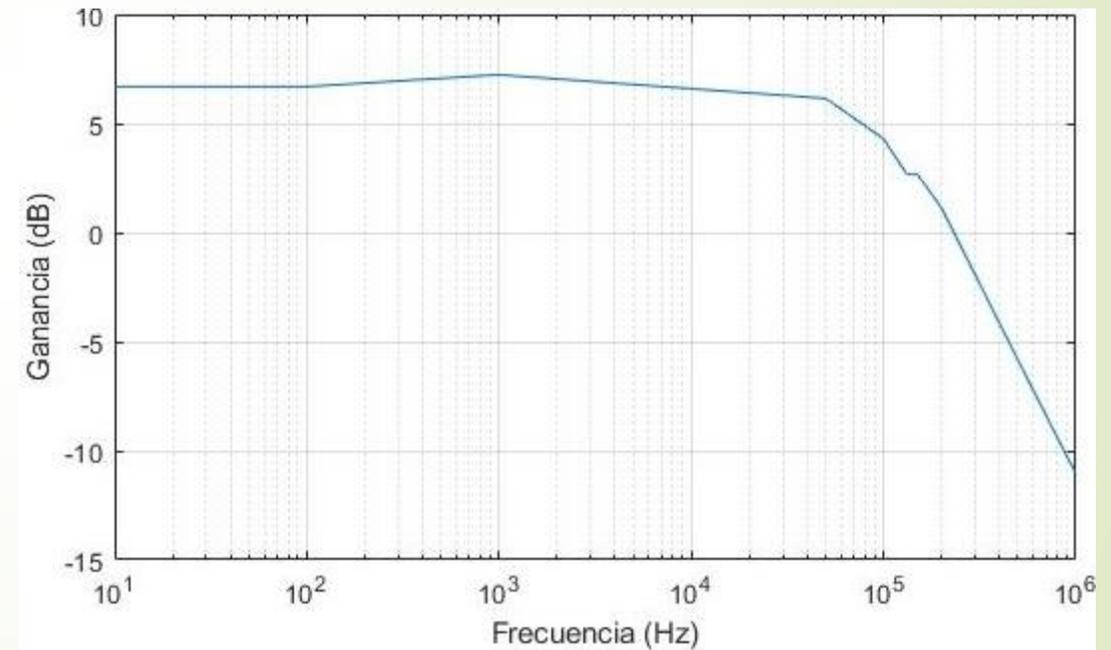
Etapas

## Ensayo para el acondicionamiento a través del OPA2344

## GANANCIA



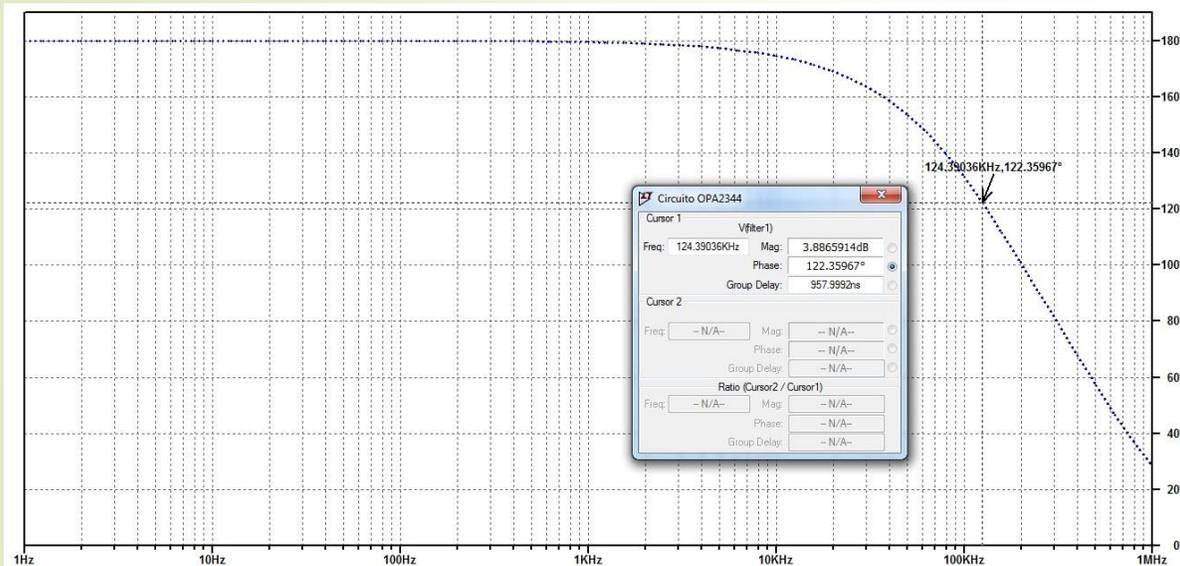
Resultados simulador



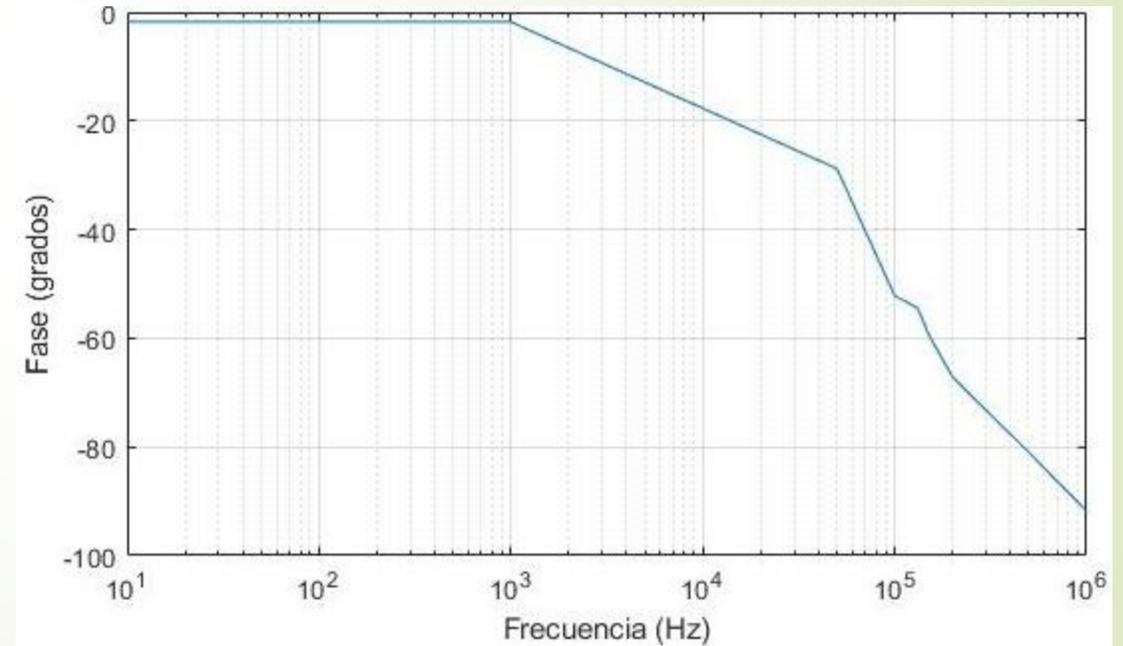
Resultados experimentales

Ensayo para el acondicionamiento a través del OPA2344

FASE



Resultados simulador



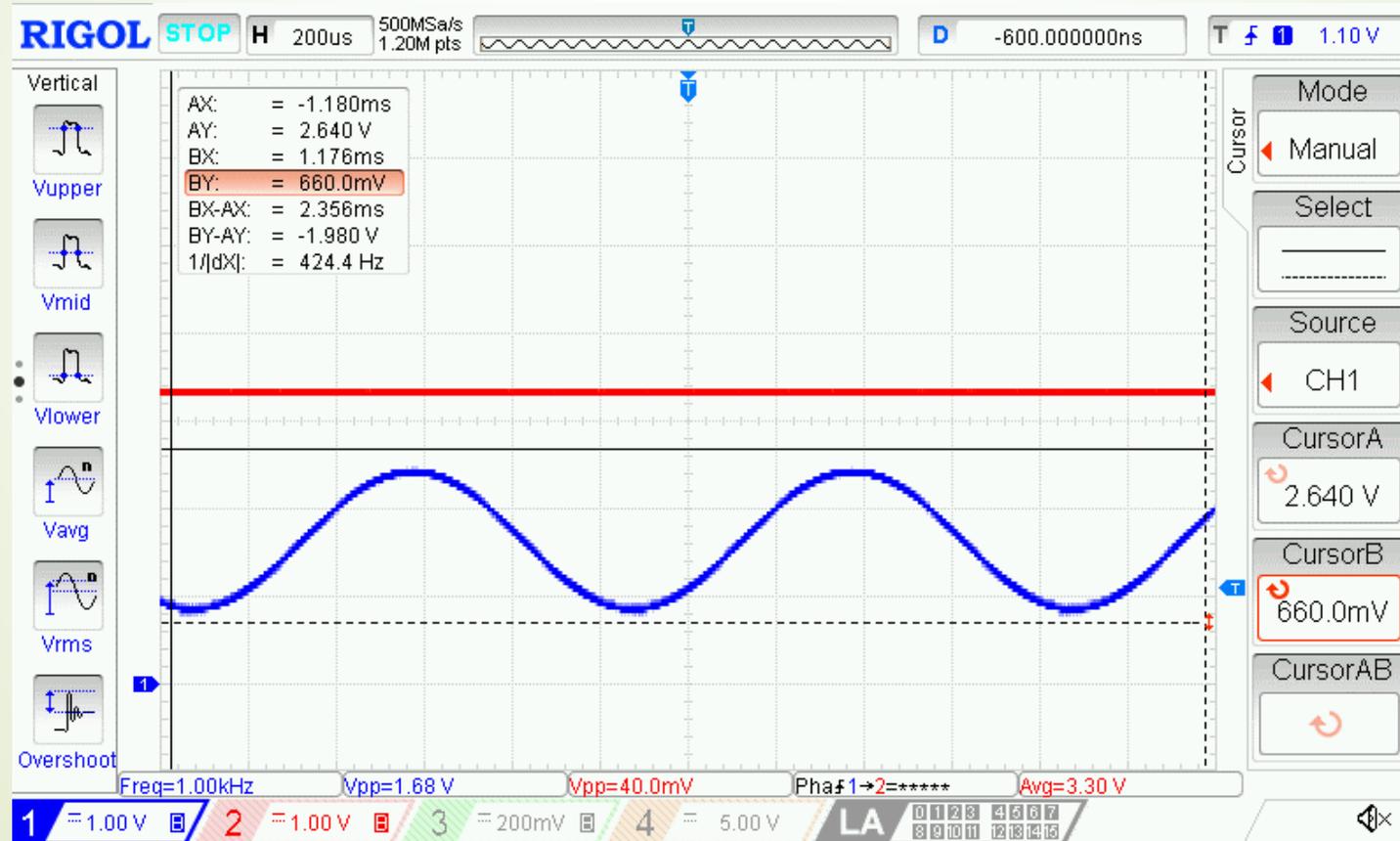
Resultados experimentales

# Mediciones y Resultados



Universidad Nacional  
de San Luis

## Ensayo Comparador de Ventana

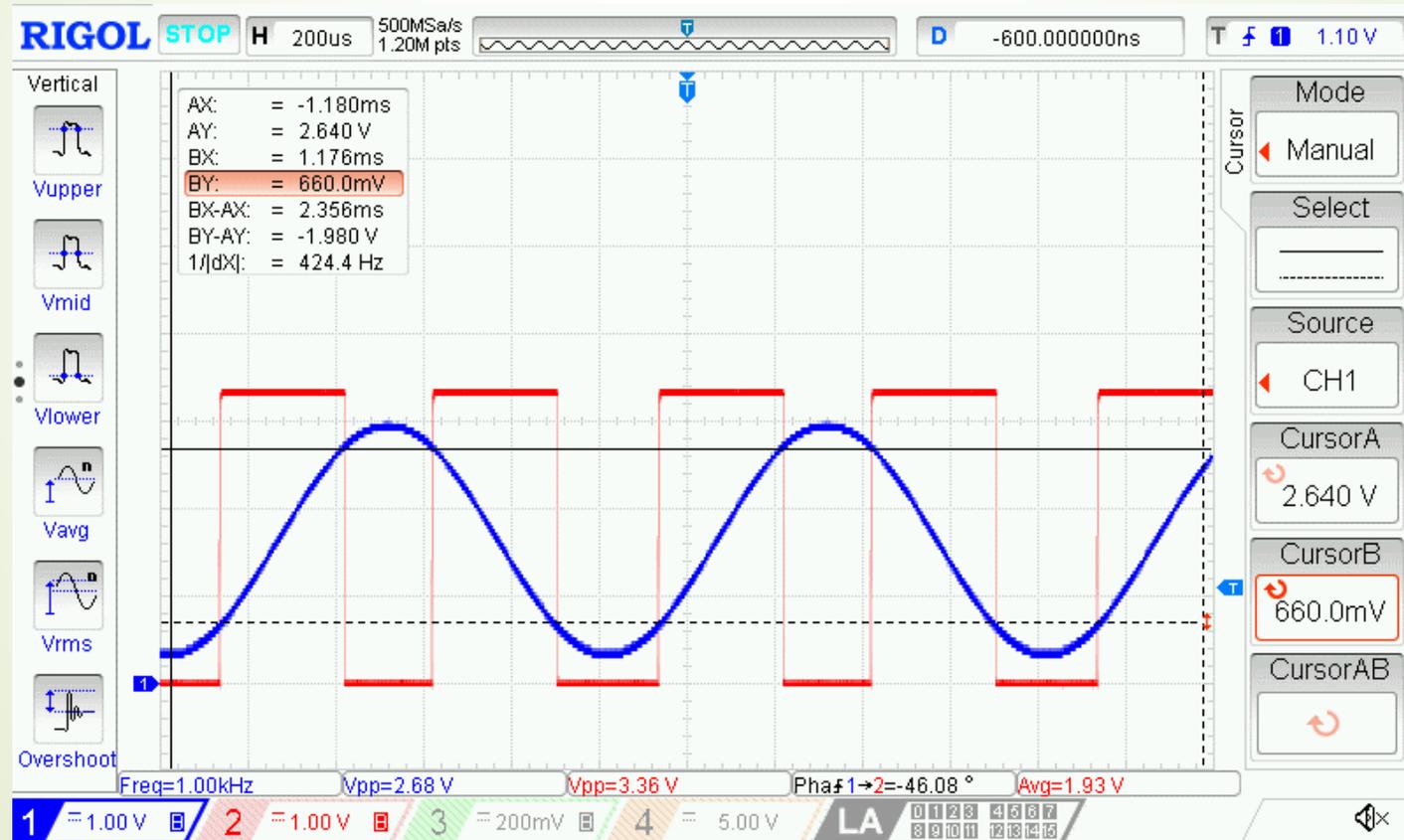


# Mediciones y Resultados

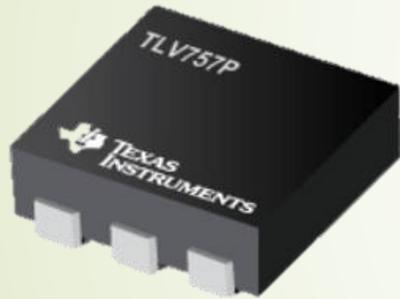


Universidad Nacional  
de San Luis

## Ensayo Comparador de Ventana



## Máximo Consumo de Corriente



Se utilizó el regulador de Tensión TLV757P para la generación de la tensión +3,3 V

Corriente de salida de 1 A

### Consumo corriente en Placa Base

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| OPA2344               | 1,25 mA         |
| TMS320F28377D         | 2,72 mA         |
| Comparador de Ventana | 53,77 mA        |
| <b>CONSUMO TOTAL</b>  | <b>57,74 mA</b> |

### Consumo corriente en Placa Expansión

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| OPA2344               | 5,5 mA          |
| TMS320F28377D         | 6,36 mA         |
| Comparador de Ventana | 80,66 mA        |
| <b>CONSUMO TOTAL</b>  | <b>92,52 mA</b> |

- Introducción
- Controladores TMS320F28377D y TMS320F28335
- Interfaz para módulos ADC
- Diseño de PCB y Montaje
- Mediciones y Resultados
- **Conclusiones y propuesta de trabajos a futuro**

# Conclusiones y Propuestas de Trabajos a Futuro



Universidad Nacional  
de San Luis

## Conclusiones:

- La interfaz permite el uso de ambos controladores y ambas placas de expansión correctamente.
- Se participó en todas las partes involucradas en el proceso de diseño de circuito. Desde la creación del circuito principal hasta los ensayos con los componentes reales.
- Durante la simulación de circuito se compararon resultados con componentes reales. Esto permitió buscar los más adecuados para que puedan adaptarse a los resultados requeridos.
- Se pudieron obtener conocimientos en el diseño de PCB.
- Se pudieron lograr los objetivos propuestos para este trabajo, y sobre todo adquirir la experiencia necesaria para el desarrollo de otras interfaces de interés particular o general, principalmente en el área de electrónica de potencia.
- A nivel académico también se lograron las expectativas permitiendo fortalecer el vínculo entre la Universidad Nacional de Río Cuarto y de San Luis.

# Conclusiones y Propuestas de Trabajos a Futuro



Universidad Nacional  
de San Luis

## Trabajos a Futuro:

- Lograr interfaces para los módulos ADC permitan la utilización de más sensores.
- Alimentar la placa con un único valor de tensión. En el proyecto se utilizó una fuente que brindaba valores de +5V, +15V y -15V.
- Desde lo personal, poder profundizar los conocimientos en el área de electrónica de potencia, sobre todo convertidores de potencia.



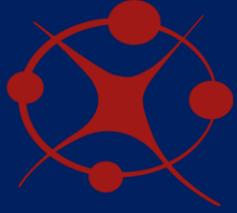
Universidad Nacional de San Luis  
Facultad de Cs. Físico Matemáticas y Naturales  
Departamento de Electrónica



Universidad Nacional  
de San Luis

Proyecto Final de la Carrera Ingeniería Electrónica con O.S.D.

# ¿PREGUNTAS?



Universidad Nacional de San Luis  
Facultad de Cs. Físico Matemáticas y Naturales  
Departamento de Electrónica



Universidad Nacional  
de San Luis

Proyecto Final de la Carrera Ingeniería Electrónica con O.S.D.

**¡MUCHAS GRACIAS!**



**LEIS**

LABORATORIO DE ELECTRONICA, INVESTIGACION Y SERVICIOS