



Universidad  
de Oviedo

# Aplicación de la Electrónica de Potencia a la mejora de eficiencia de amplificadores de RF

Miguel Rodríguez y Pablo F. Miaja

Grupo de Sistemas Electrónicos de Alimentación



Gijón, 23 de Abril de 2010

# Índice

Problemática de la alimentación de amplificadores de radiofrecuencia

Líneas de trabajo del SEA

Convertidor reductor multi-entrada (MIBuck)

Convertidor Multifase

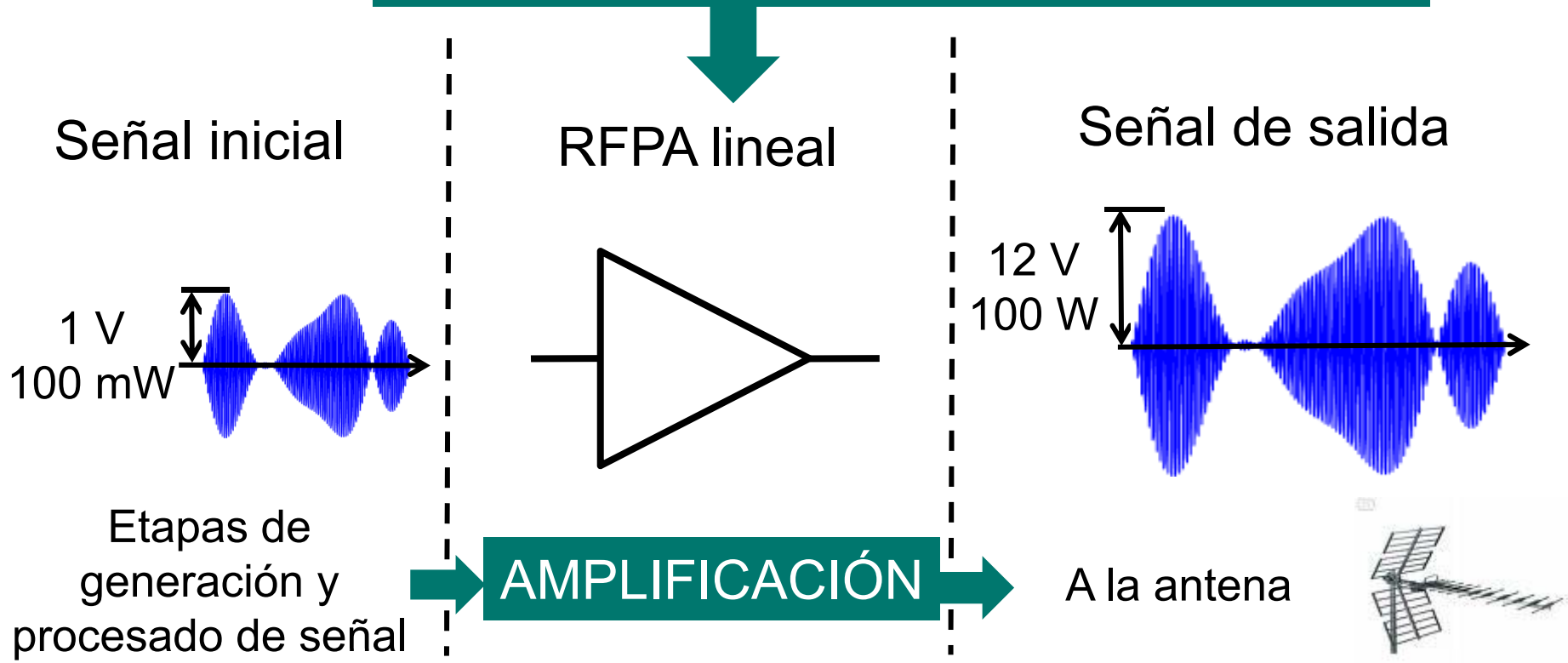
Aproximación de Envolventes

Ayuda Lineal a un Convertidor DC/DC

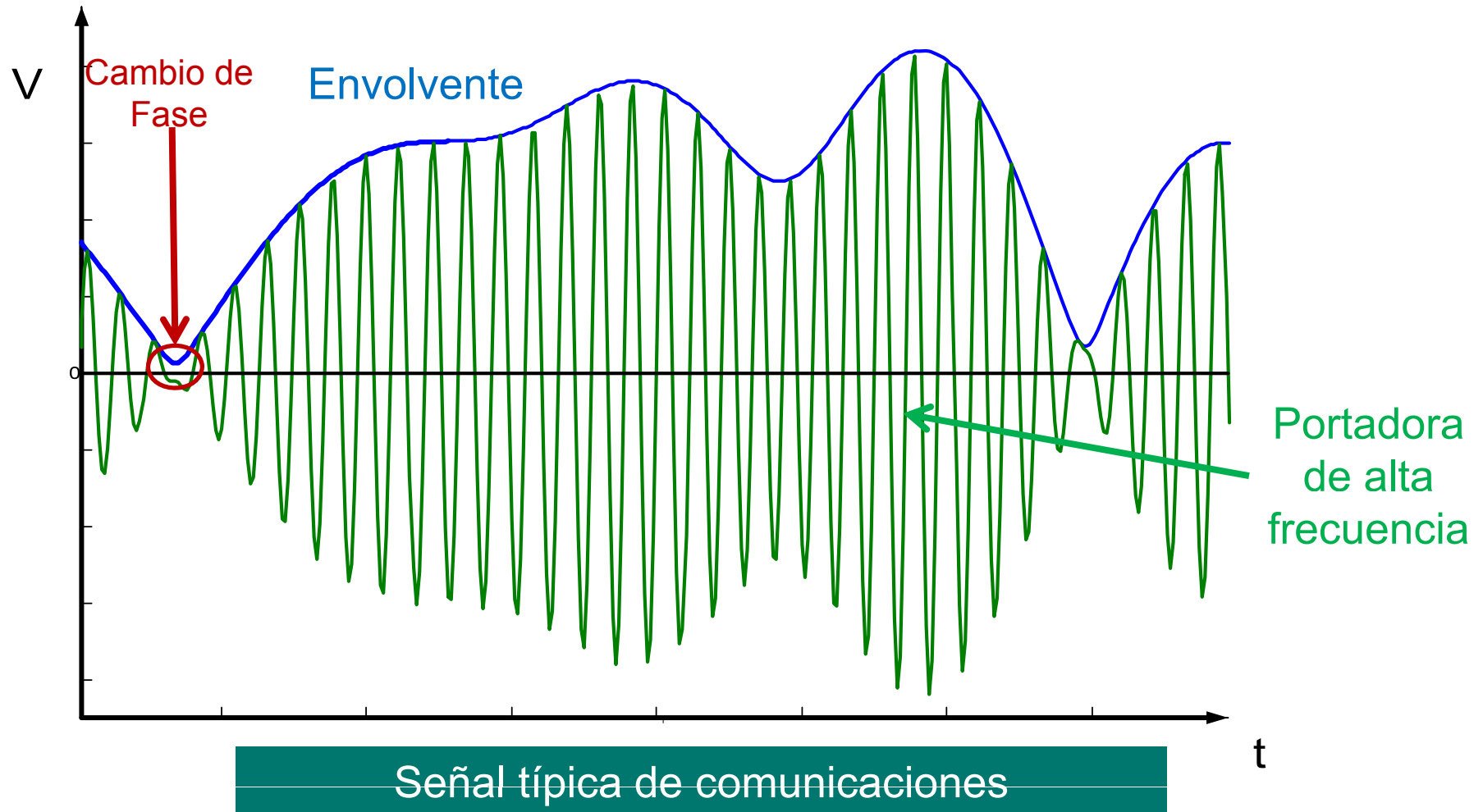
Publicaciones

# Problemática de la alimentación de amplificadores de radiofrecuencia

Muchos sistemas de comunicaciones inalámbricas modernos utilizan **Amplificadores de Radiofrecuencia lineales**

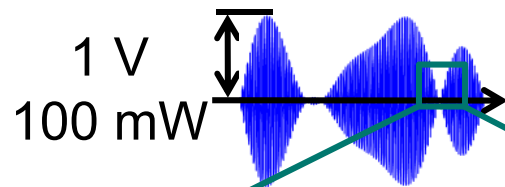


# Problemática de la alimentación de amplificadores de radiofrecuencia



# Problemática de la alimentación de amplificadores de radiofrecuencia

Señal de entrada



Información en la ENVOLVENTE

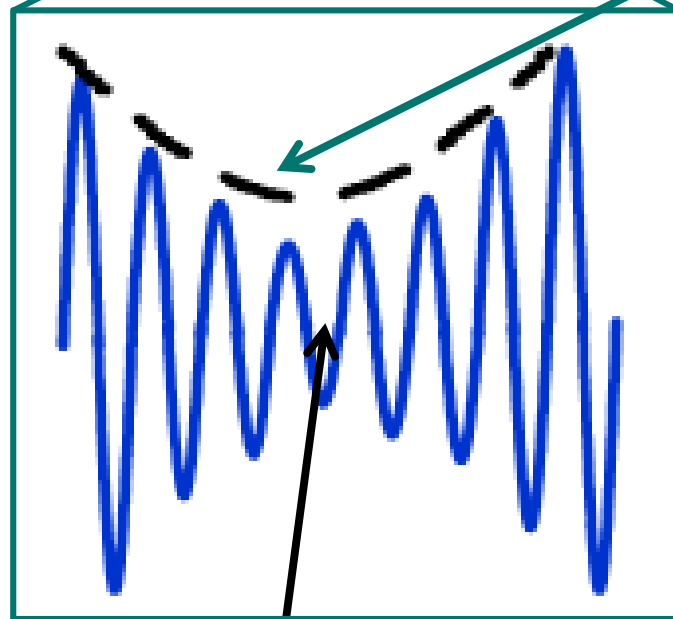


Más información ocupando menos espectro



Necesito RFPA lineales para evitar:

Desalineamiento  
Ruido fuera del canal



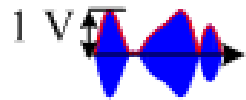
Información en la fase

# Problemática de la alimentación de amplificadores de radiofrecuencia

Problema de los RFPA lineales

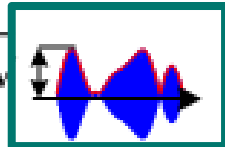
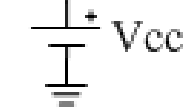
**BAJO RENDIMIENTO**

Señal de entrada



RFPA lineal

20 V

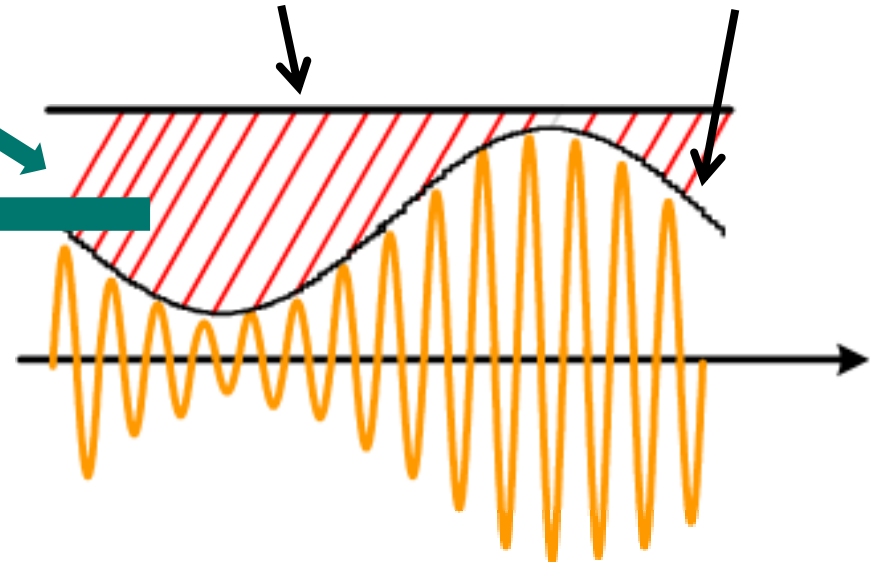


Las pérdidas se asocian a este área

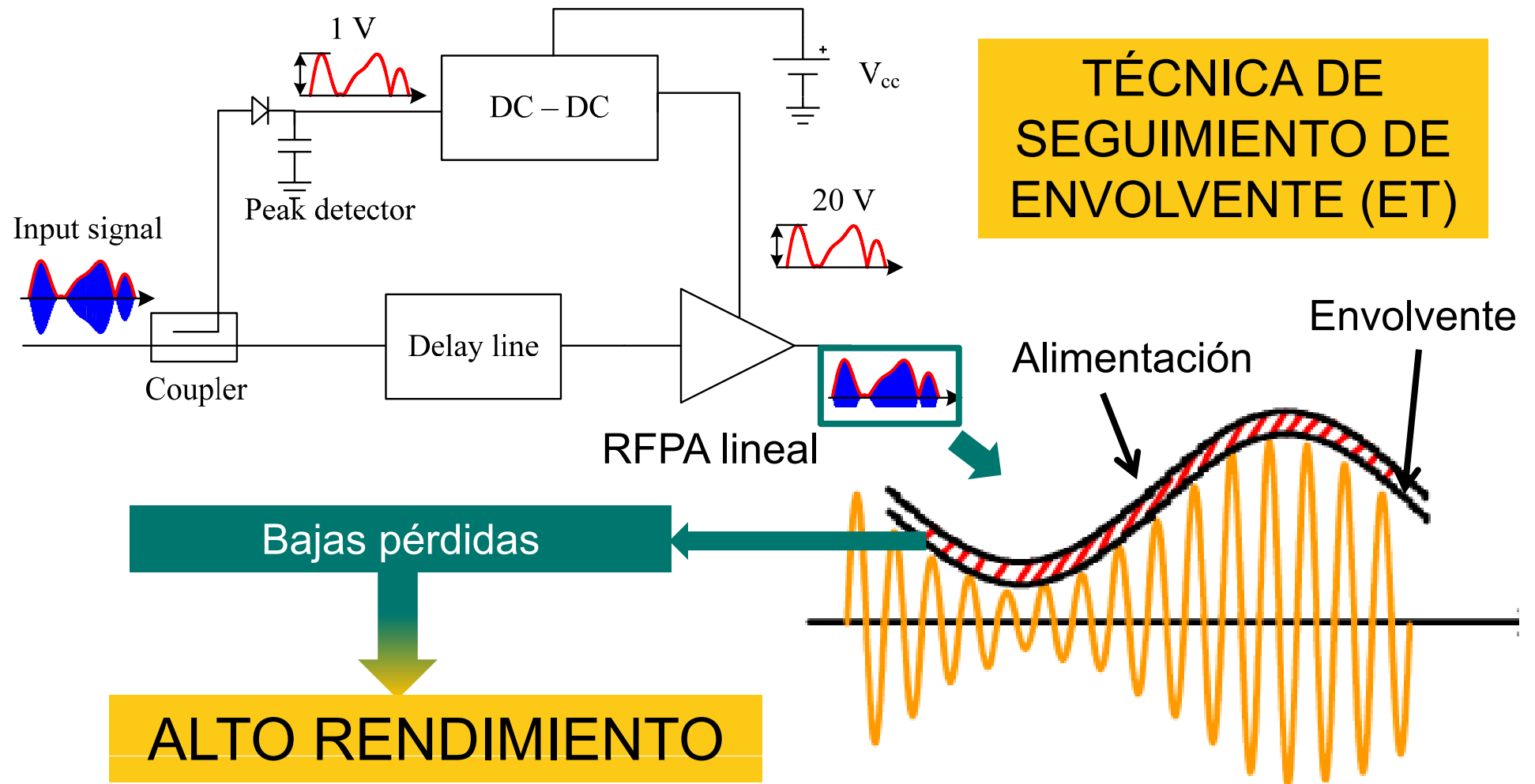
**BAJO RENDIMIENTO**

Alimentación

Envolvente



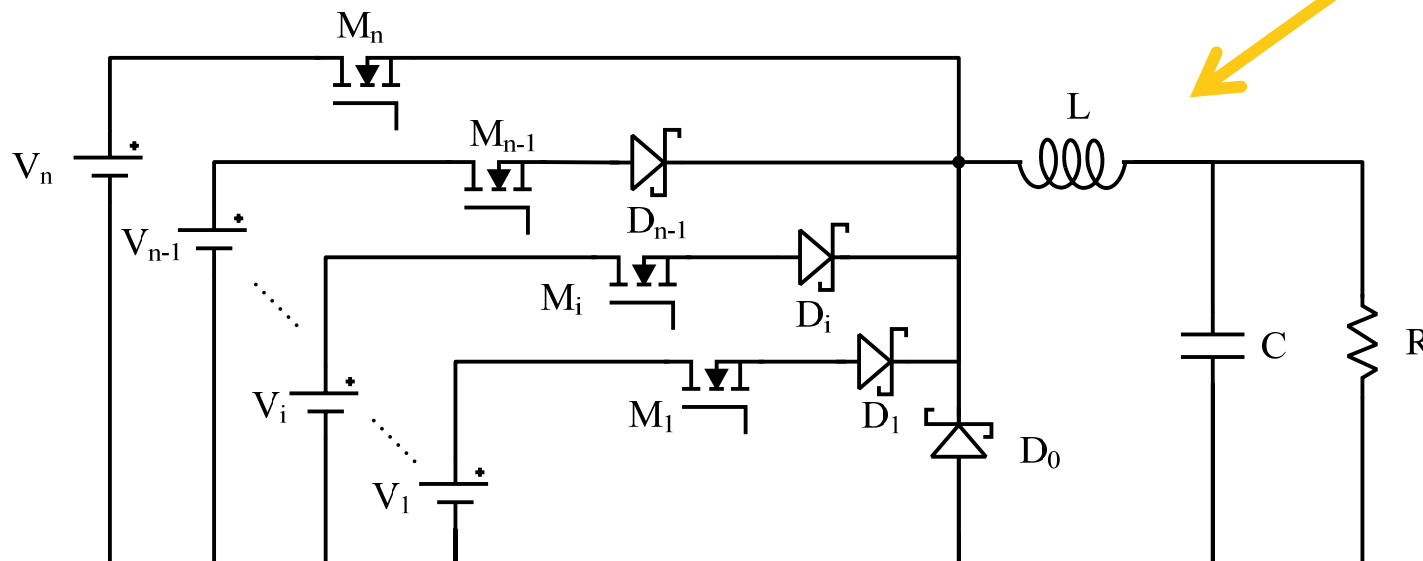
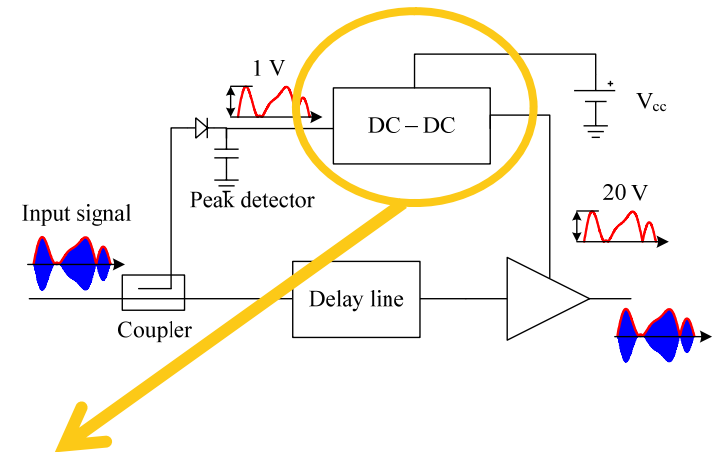
# Problemática de la alimentación de amplificadores de radiofrecuencia



## Líneas de trabajo del SEA

### Convertidor reductor multientrada (MIBuck)

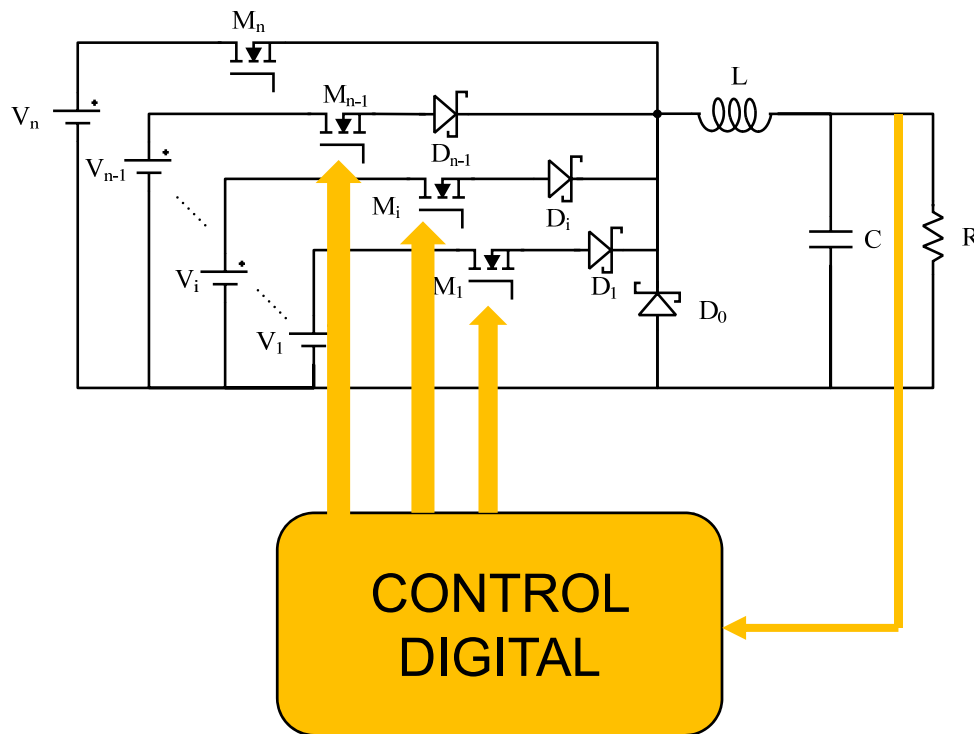
- Respuesta rápida (pequeño filtro)
- Capaz de variar su tensión de salida
- Alto rendimiento
- Bajo rizado de tensión de salida





## Líneas de trabajo del SEA

### CONTROL DIGITAL DEL MIBUCK

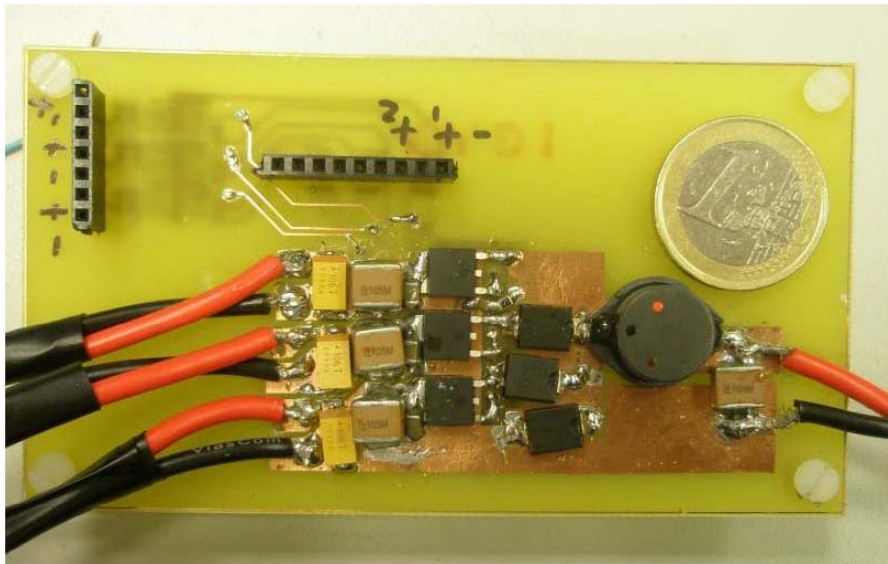


- Realimentación controlada digitalmente
- Corrección de la distorsión utilizando Double-Edge PWM
- Arquitecturas  $\Sigma\Delta$

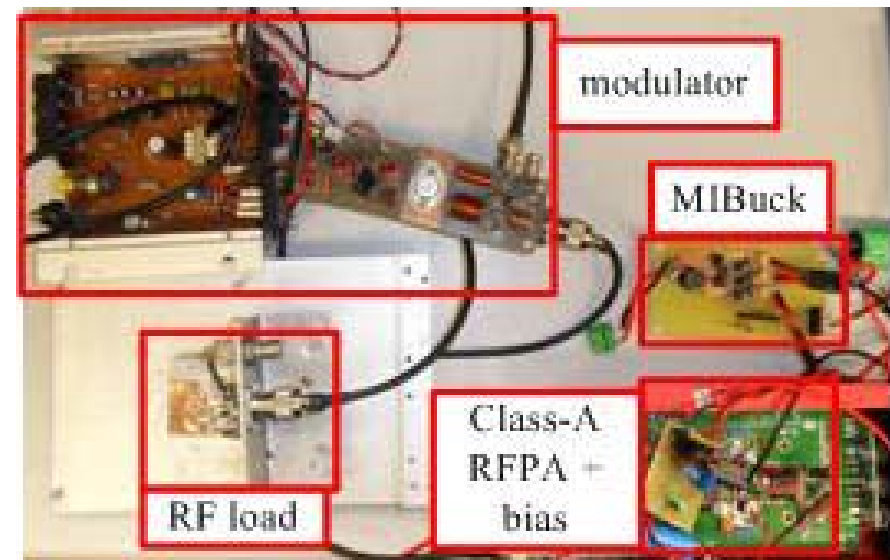
Trabajo conjunto con el Prof. Dragan Maksimovic, director del CoPEC

## Líneas de trabajo del SEA

### Prototipo MIBuck

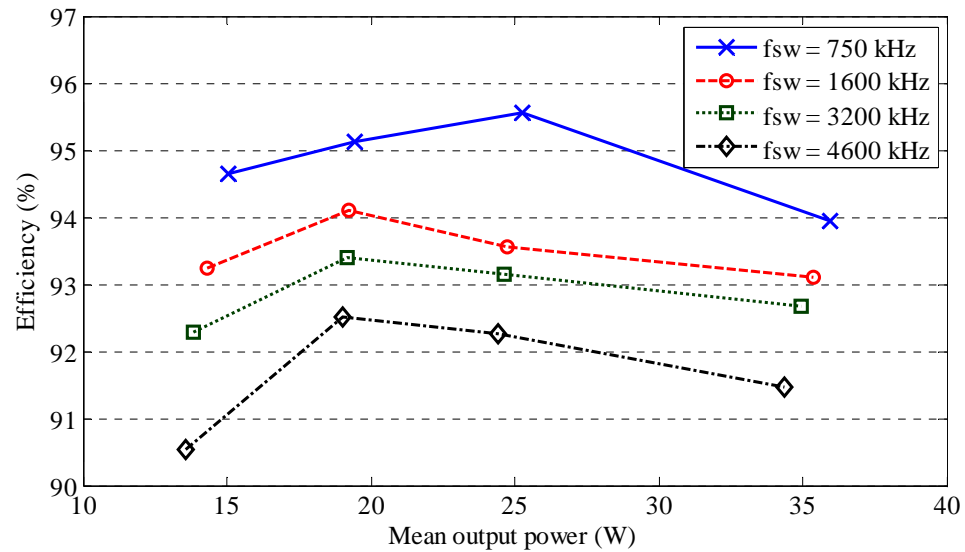


### PROTOTIPOS



Montaje con Amplificadores de RF reales

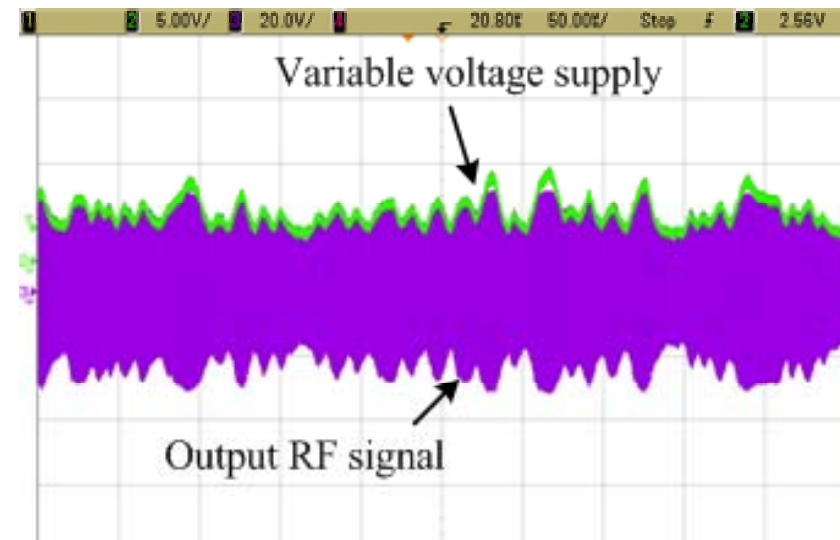
## Líneas de trabajo del SEA



Rendimiento  
> 90 % conmutando a  
frecuencias mayores que  
4 MHz

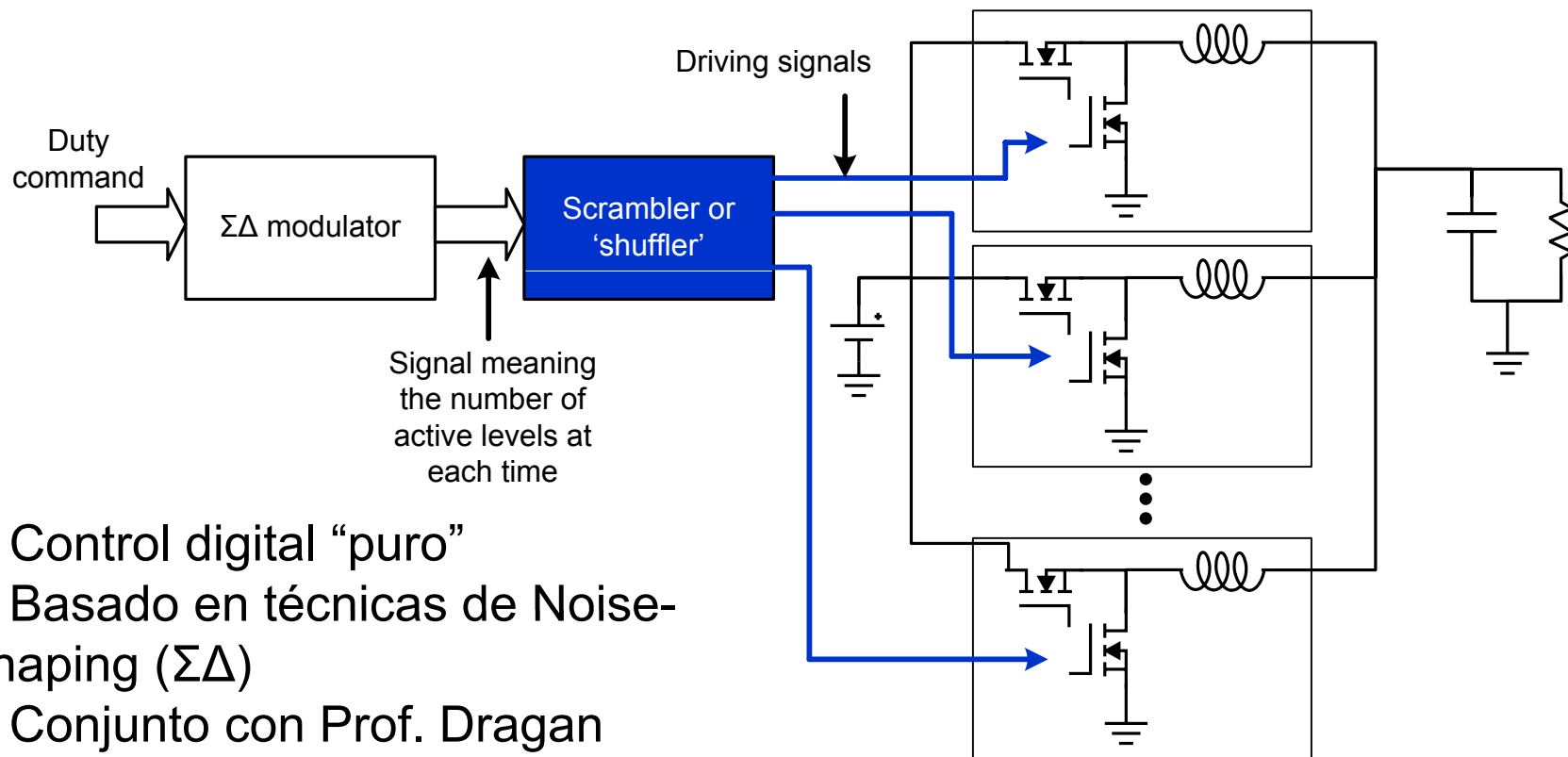
## EJEMPLO RESULTADOS

### Formas de onda



# Líneas de trabajo del SEA

## Convertidor Multifase



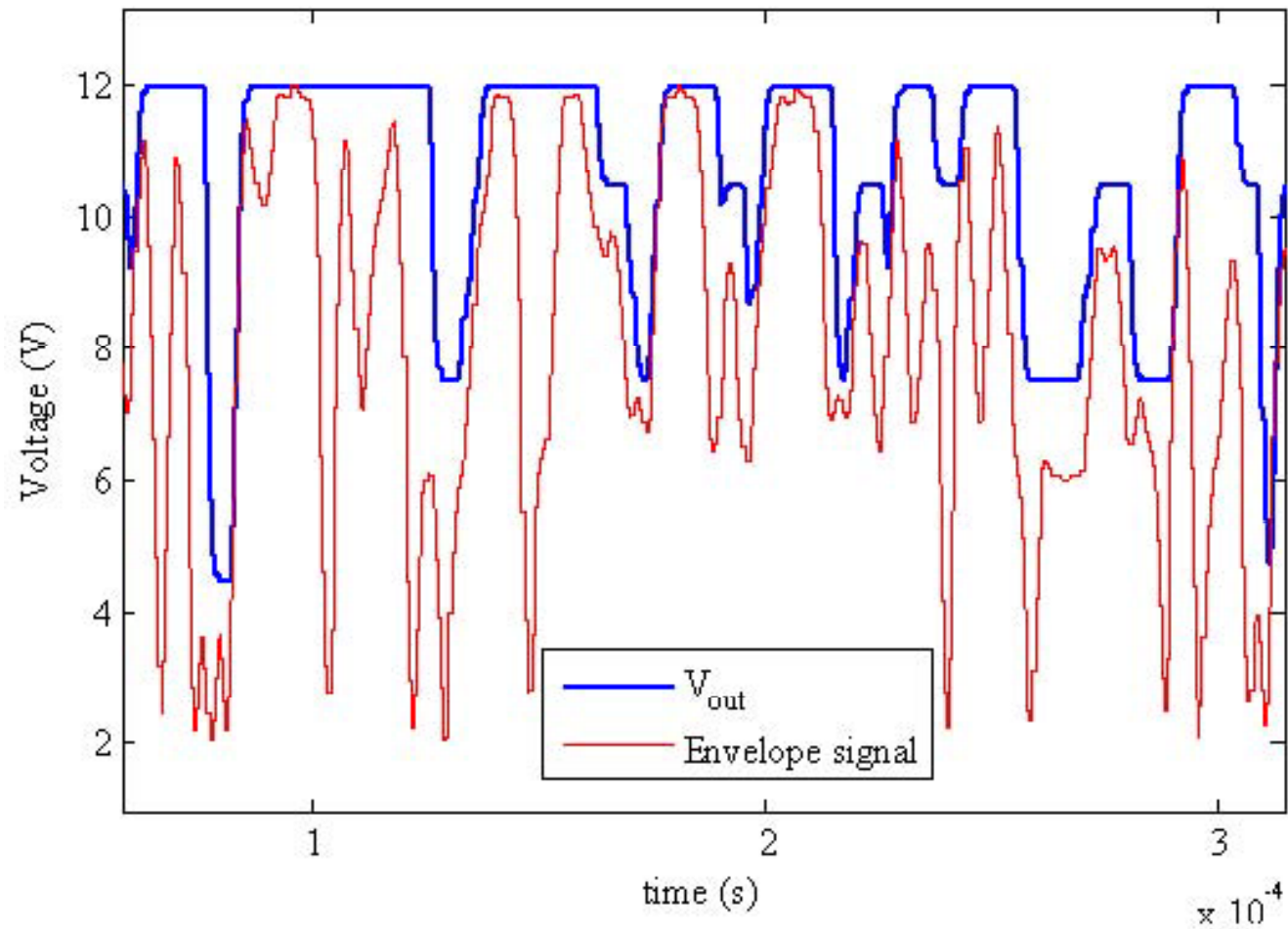
- Control digital “puro”
- Basado en técnicas de Noise-Shaping ( $\Sigma\Delta$ )
- Conjunto con Prof. Dragan Maksimovic

## Líneas de trabajo del SEA

### Convertidor Multifase

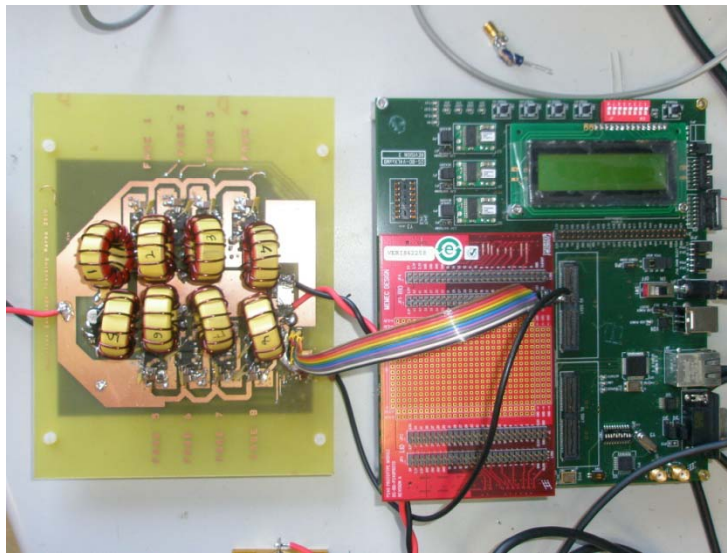
- Respuesta rápida
- Rizado muy pequeño
- Alto rendimiento

Análisis del proceso de pérdidas en el buck síncrono



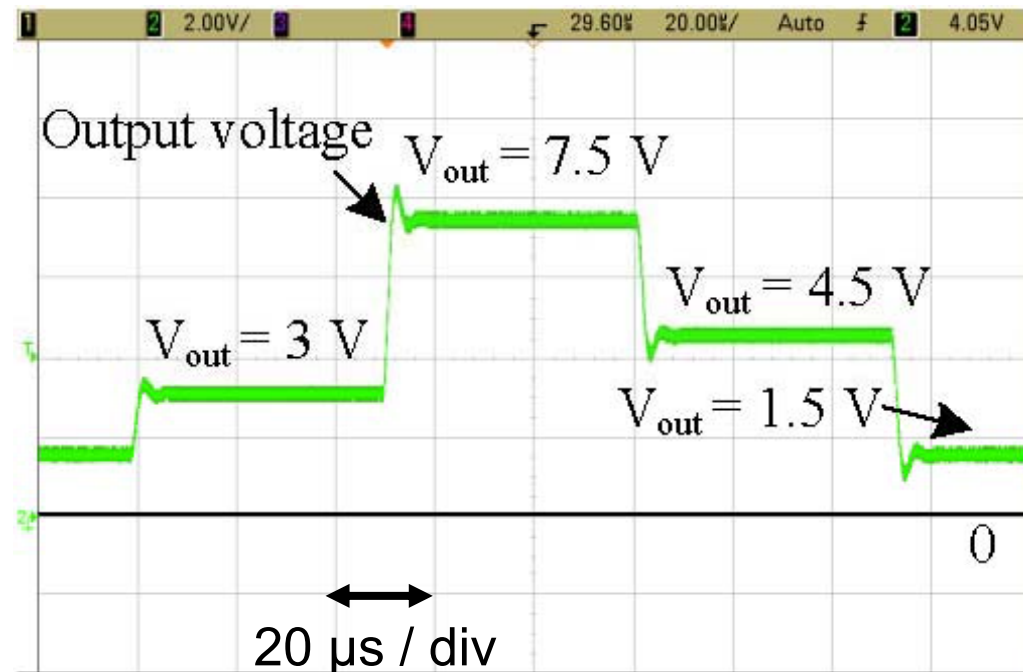
# Líneas de trabajo del SEA

## Convertidor Multifase

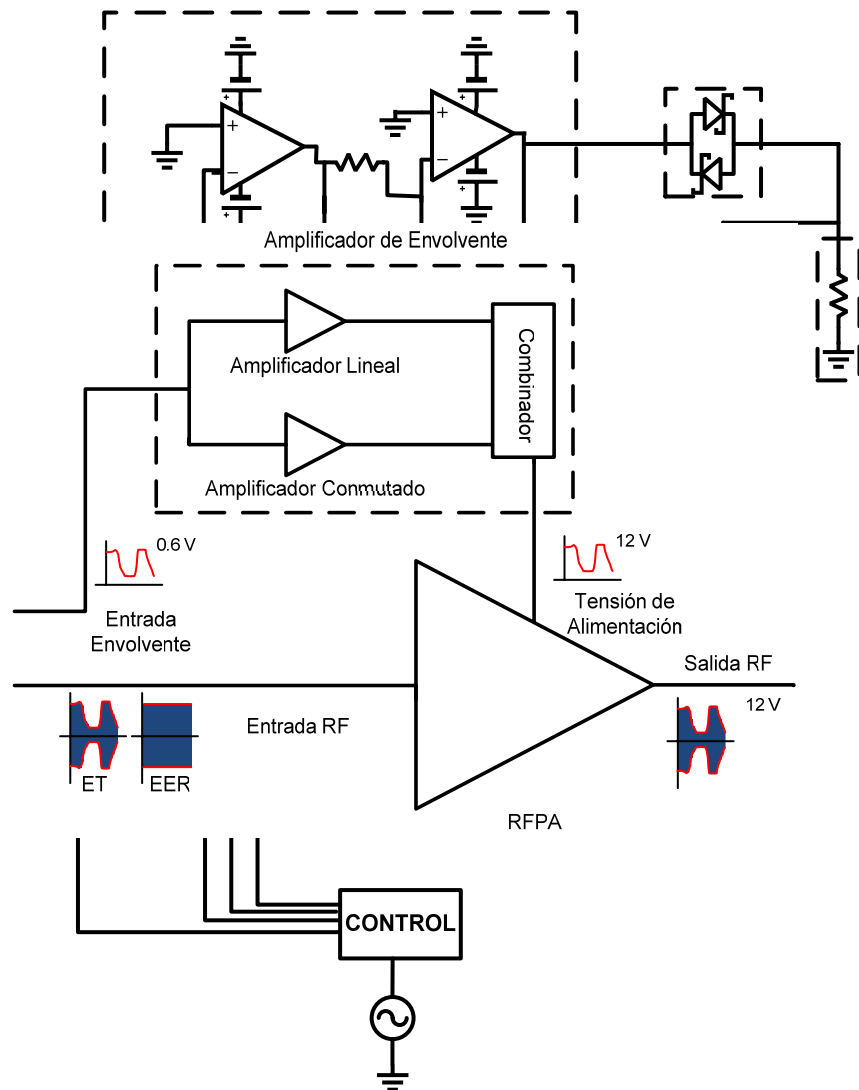


Prototipo

### Ejemplo resultados



# Líneas de trabajo del SEA

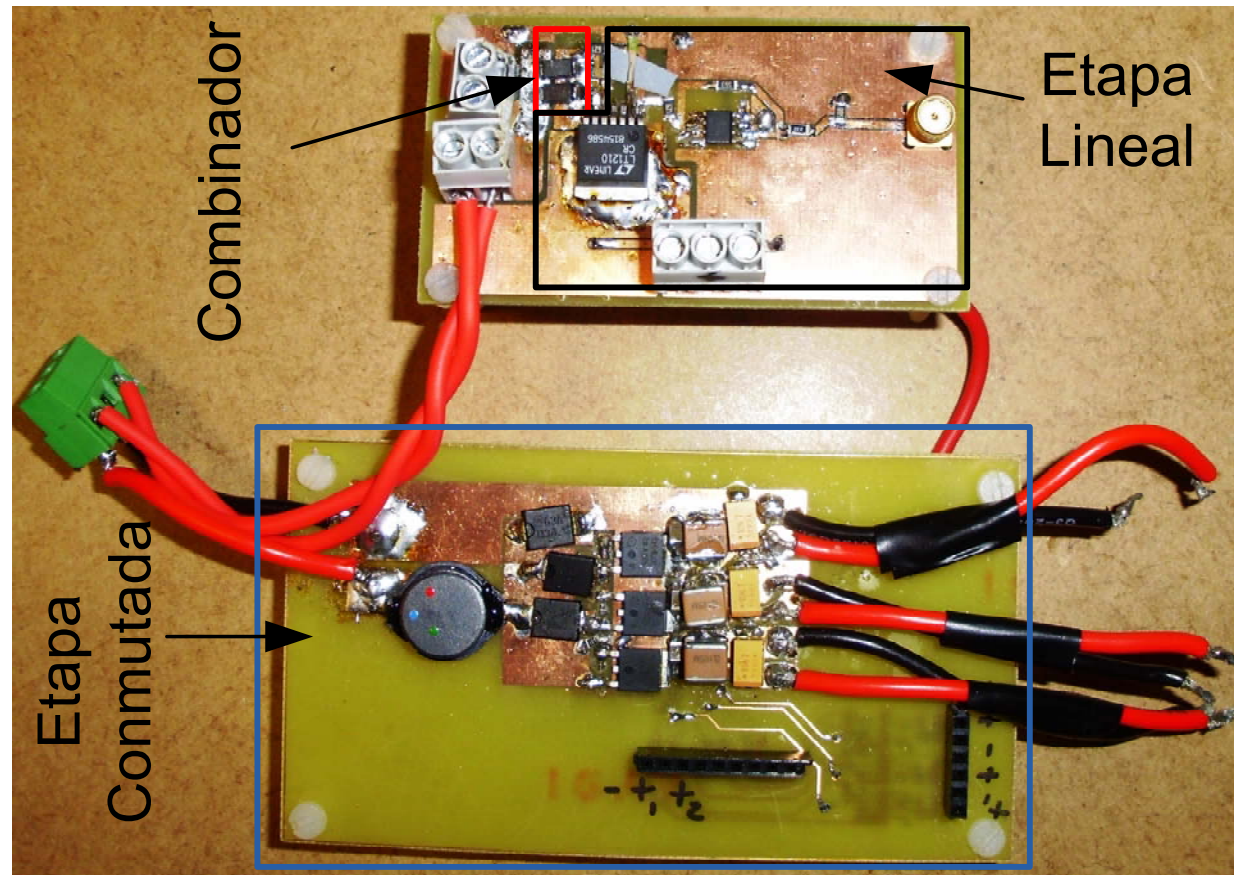


Ayuda Lineal a un Convertidor DC/DC

- Para aumentar el Slew-Rate
- Corrige los errores de la etapa conmutada
- Control Digital para alinear las dos ramas

# Líneas de trabajo del SEA

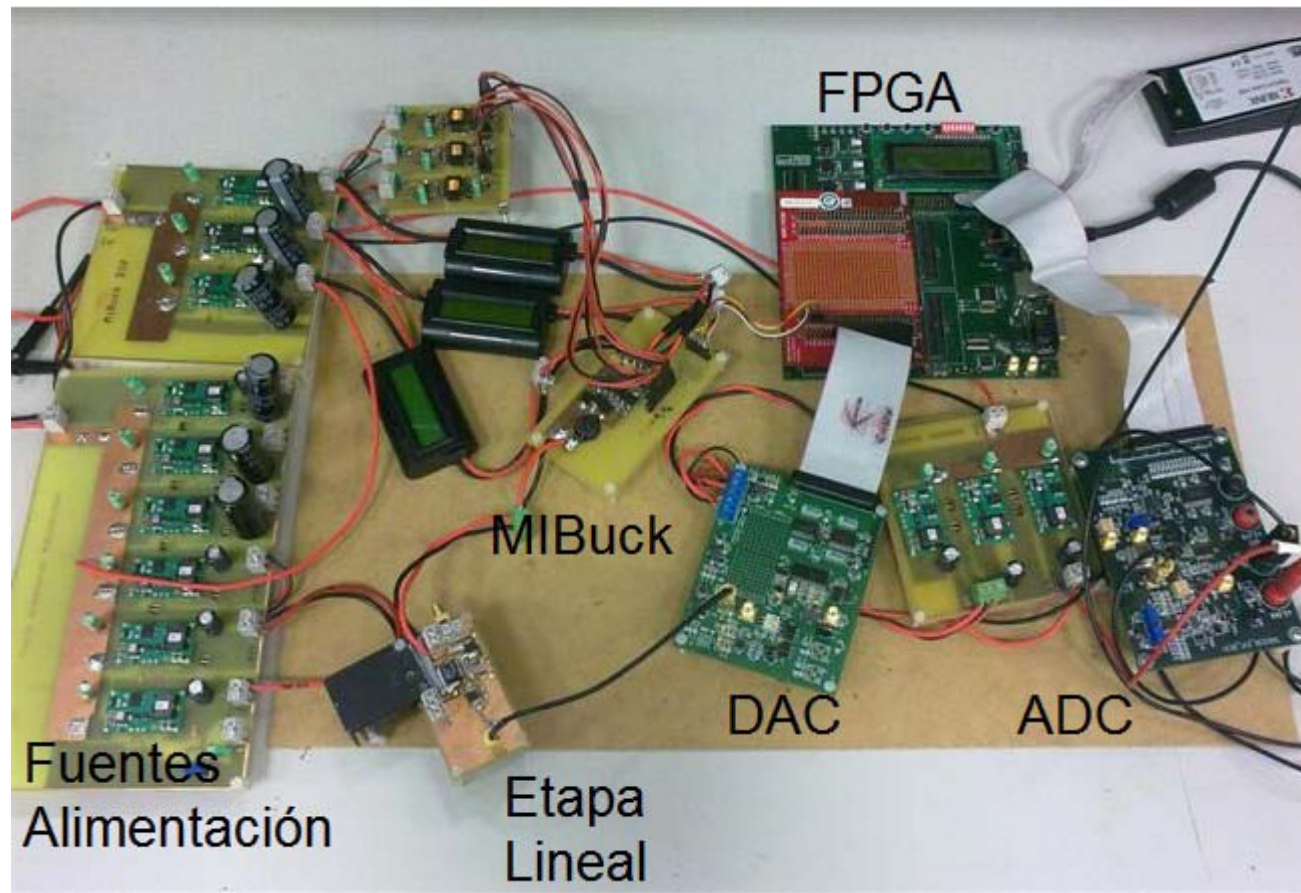
## Ayuda Lineal a un Convertidor DC/DC





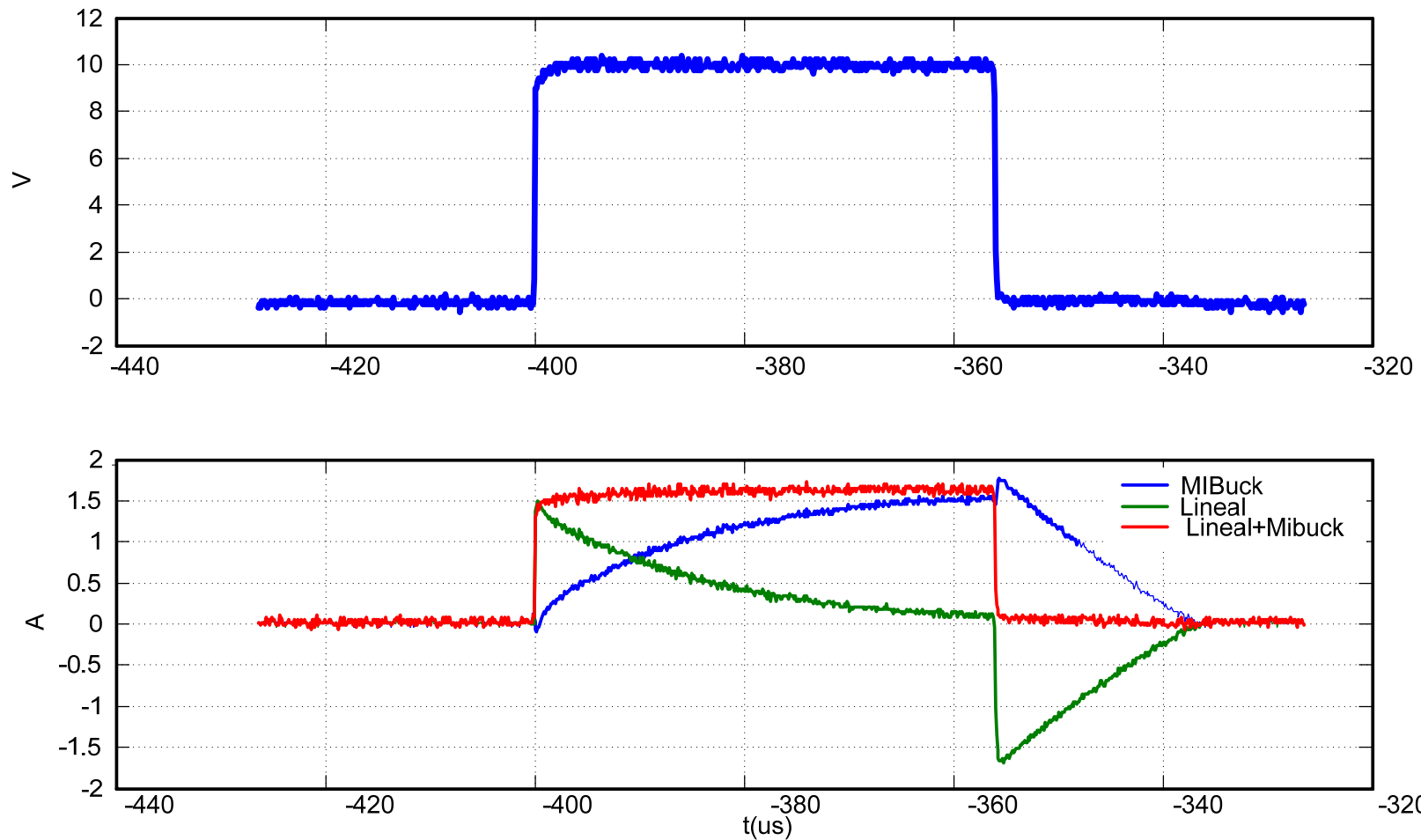
# Líneas de trabajo del SEA

## Ayuda Lineal a un Convertidor DC/DC



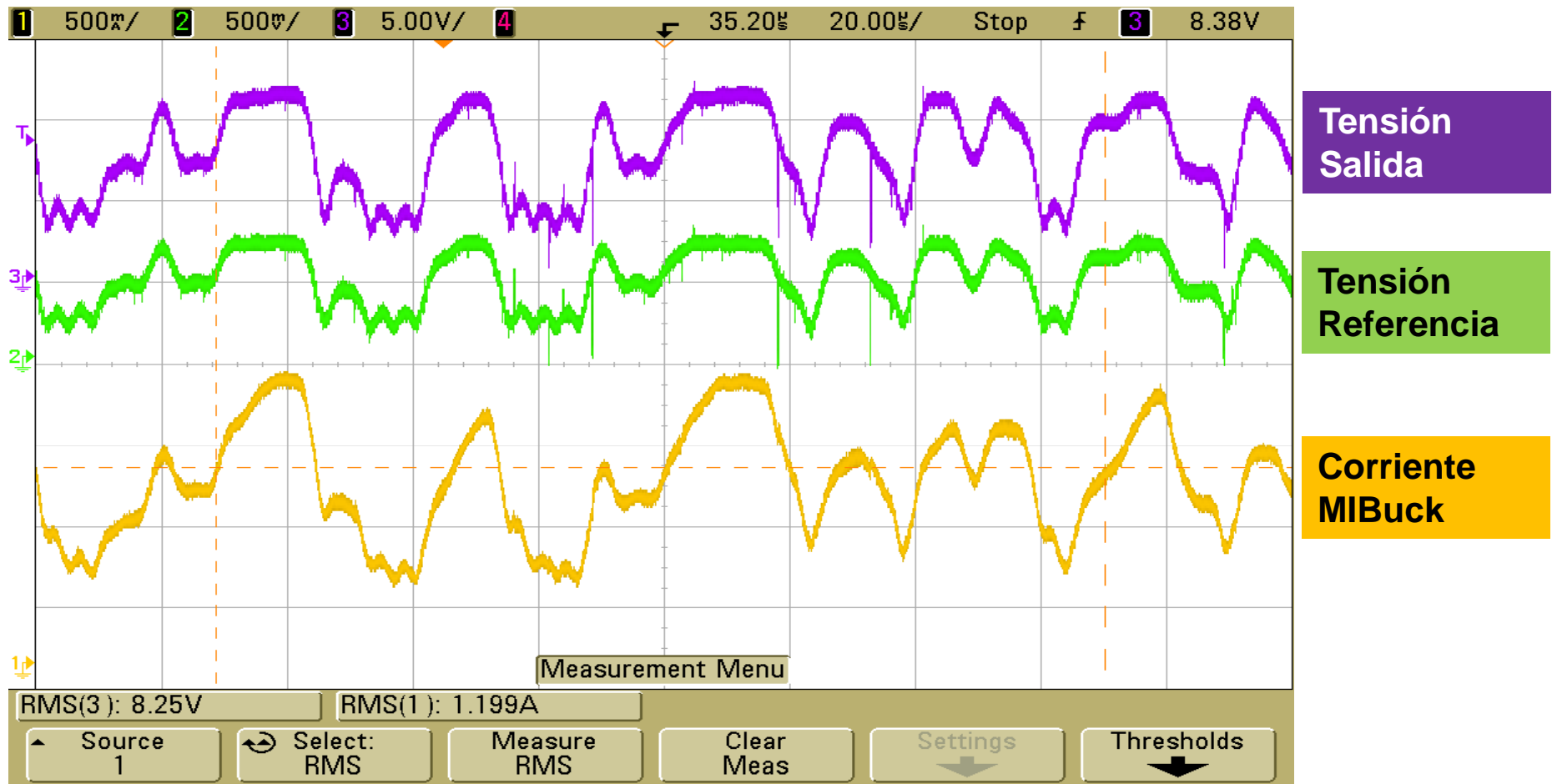
# Líneas de trabajo del SEA

## Resultados-Pulsos



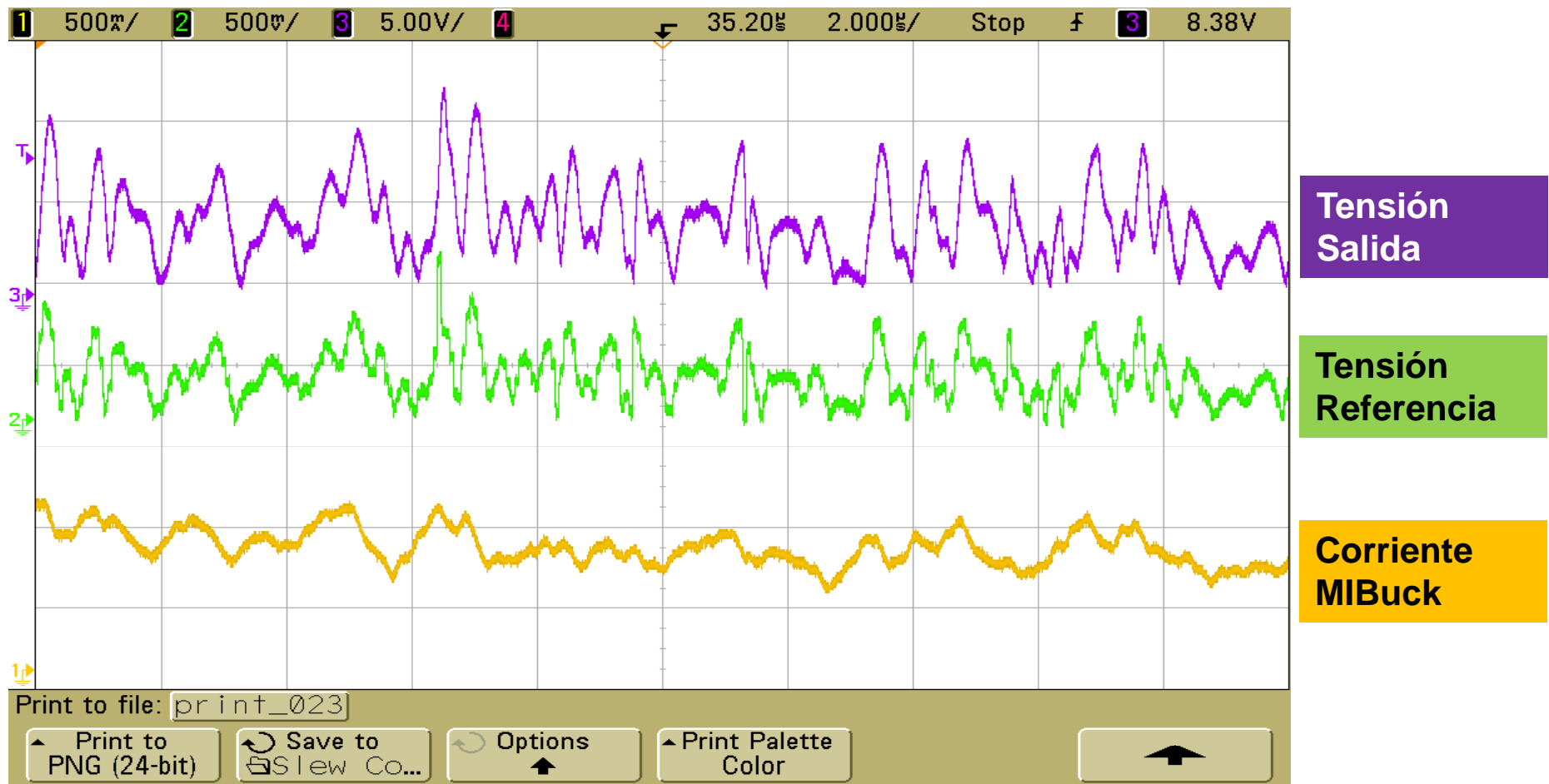
# Líneas de Trabajo del SEA

## Resultados-EDGE



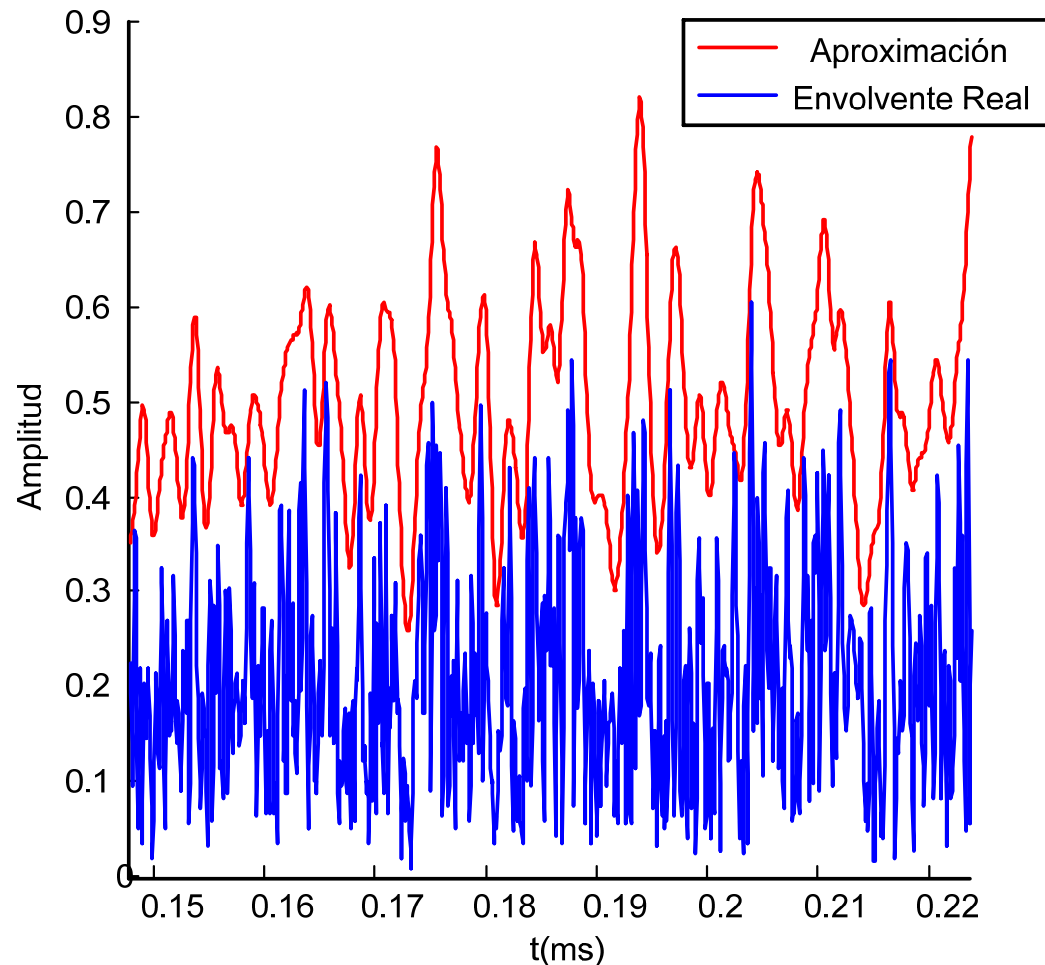
# Líneas de Trabajo del SEA

## Resultados-WCDMA



## Líneas de trabajo del SEA

### Aproximación de Envolventes

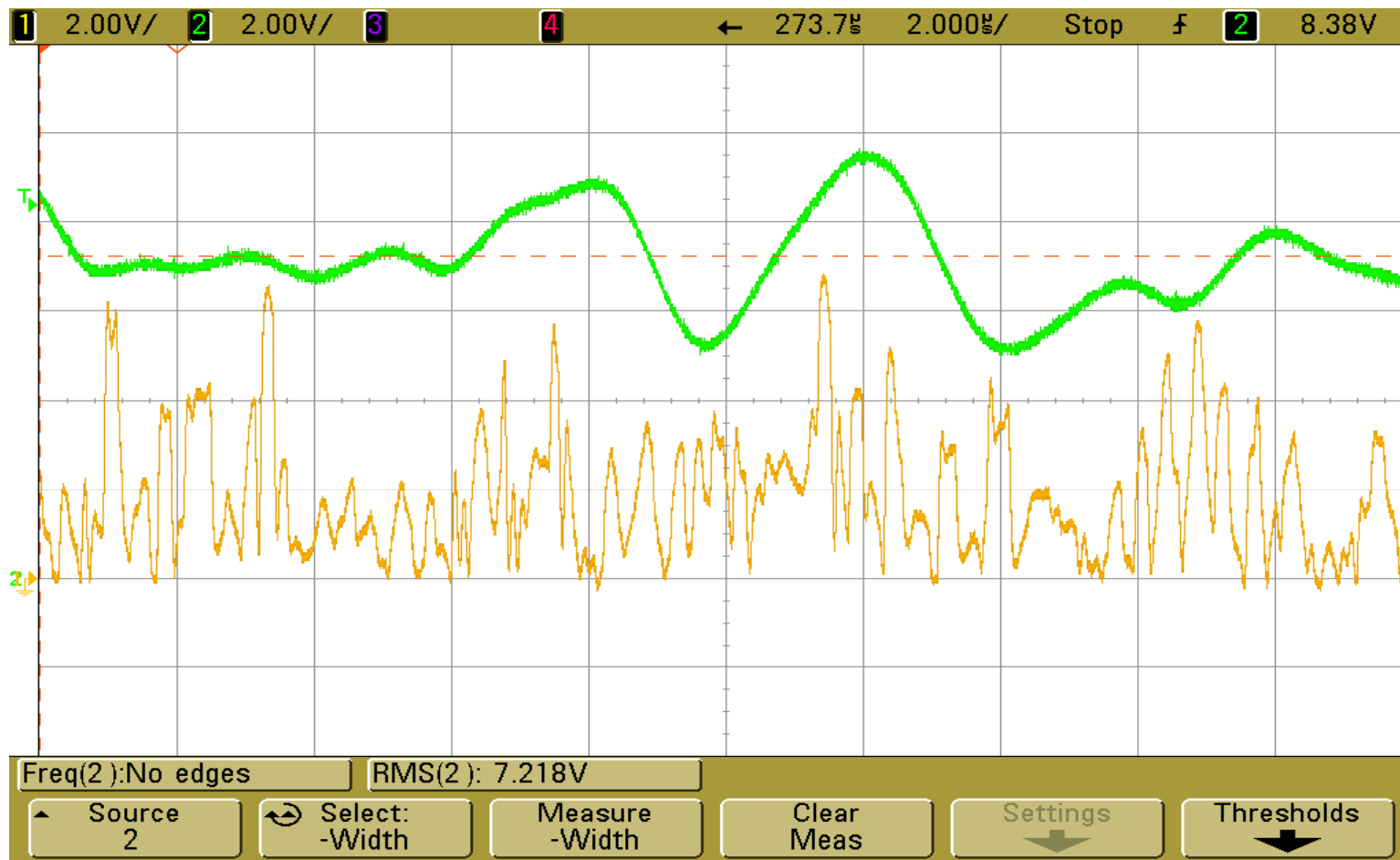


➤ Aproximar una señal de alta frecuencia por otra de menor frecuencia siempre con mayor valor

➤ Filtrado no-lineal

➤ Ahorrar la etapa lineal

# Líneas de Trabajo SEA



Tensión Salida

Envolvente a aproximar

## Publicaciones 2008-actualidad

### Congreso Nacional (5)

- “Convertidor DC-DC basado en una topología multientrada para alimentación de amplificadores de RF con seguimiento de envolvente”

Premio mejor ponencia SAAEI 08

- “Sistema de seguimiento de envolvente para alimentación de amplificadores de radiofrecuencia”
- “Análisis del proceso de conmutación en MOSFETs de potencia utilizando un nuevo modelo analítico de pérdidas”
- “Amplificador lineal para la rama de envolvente de transmisores polares”



- “Propuesta de convertidor CC/CC asistido linealmente para ET y EER”

# Publicaciones

## Congreso Internacional (6)

- “Taking advantage of the envelope statistics on a polar transmitter design”



- “Fast dynamic response multilevel converter for voltage tracking applications.”
- “A complete analytical switching loss model for power MOSFETs in low voltage converters”



- “Multilevel converter for envelope tracking in RF power amplifiers”
- “Analysis of the switching process of power MOSFETs using a new analytical losses model”



- “Multiple-input buck converter optimized for accurate envelope tracking in RF power amplifiers”

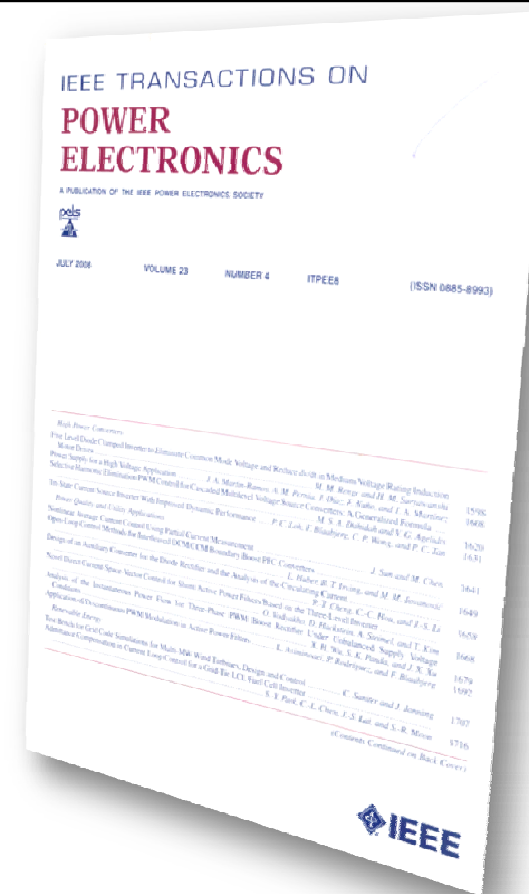




# Publicaciones

## Revistas internacionales (2)

- “A multiple-input digitally-controlled buck converter for envelope tracking applications in radiofrequency power amplifiers”
- “An insight into the switching process of power MOSFETs: an improved analytical losses model”



## Publicaciones

### Revistas nacionales (2)

- “Selección de transistores para reductores síncronos de alta frecuencia: Parte I”
- “Selección de transistores para reductores síncronos de alta frecuencia: Parte II”



## Publicaciones

Pendientes de aceptación (3)

- “A linear assisted DC/DC converter for Envelope Tracking and Envelope Elimination and Restoration applications”



- “Approximation of Envelopes of Telecommunications Signals to be used in Envelope Tracking Techniques”
- “Mismatch-error noise-shaping digital multiphase modulator”

**IEEE COMPEL**



Universidad  
de Oviedo

# Aplicación de la Electrónica de Potencia a la mejora de eficiencia de amplificadores de RF

Gracias por su atención

Grupo de Sistemas Electrónicos de Alimentación



Gijón, 23 de Abril de 2010