

ASIC multicanal con control de ganancia para la lectura de detectores SiPM

Renzo Barraza A.¹

¹Departamento de Ingeniería Eléctrica
Pontificia Universidad Católica de Chile

14 de enero de 2021

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Motivación

Materia oscura

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

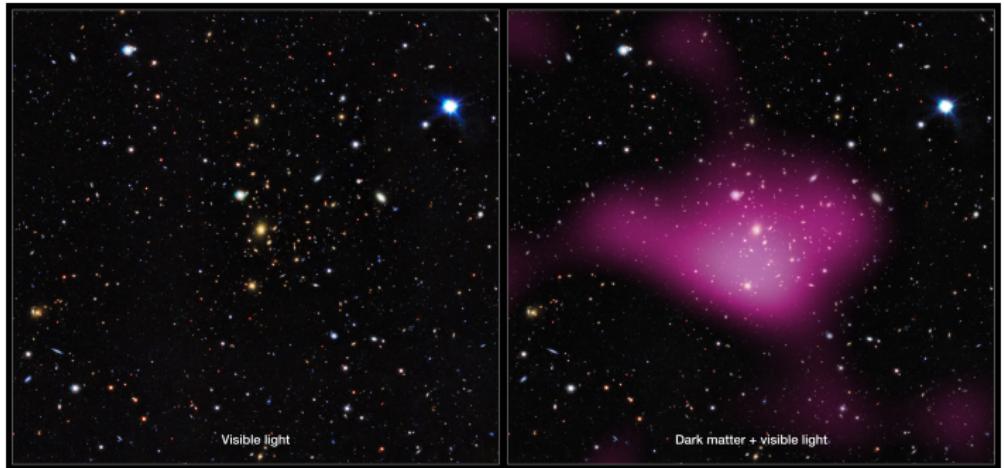


Figura: Representación de materia oscura por proyecto Kilo-Degree Survey (KiDS) [1].

Motivación

Materia oscura

Experimento Na64

El problema

Descripción del problema
Solución propuesta

Círculo

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Motivación

Experimento Na64

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.



Figura: Parte del experimento Na64 [2].

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Experimento Na64

Cómo detecta partículas

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Circuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos



Figura: Flujo de la señal.

Índice

Motivación

El problema

Descripción del problema

Solución propuesta

Círcuito

TIA

Discriminador

Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado

Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura

Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema

Solución propuesta

Círcuito

TIA

Discriminador

Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado

Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Índice

Motivación

El problema

Descripción del problema

Solución propuesta

Circuito

TIA

Discriminador

Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado

Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema

Solución propuesta

Circuito

TIA

Discriminador

Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado

Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

El desafío

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema

Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

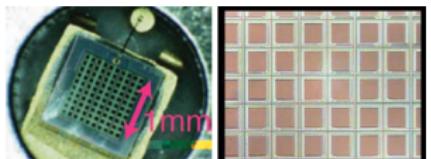
Anexos

Requerimiento	Valor objetivo
Rango de pixeles detectados	1 - 3000 <ul style="list-style-type: none">▶ Linealidad decreciente.
Capacitancia de detector	Sobre 250 pF
Ajuste de ganancia en cada canal	Dependiente del detector según: <ul style="list-style-type: none">▶ Voltaje de polarización▶ Coeficiente de temperatura
Número de canales	Maximizar
Tecnología de fabricación	CMOS

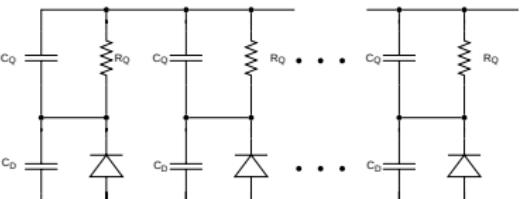
Cuadro: Requerimientos para el chip.

El detector SiPM/MPPC

Nociónes básicas



(a) Detalle de SiPM [3].



(b) Modelo de SiPM.

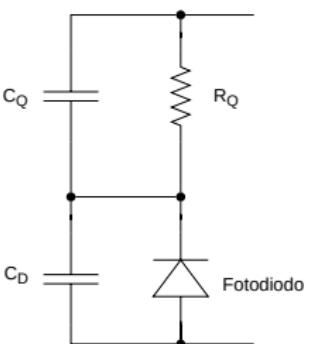


Figura: Modelo de 1 pixel de SiPM [4].

ASIC multicanal con control de ganancia para la lectura de detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

El detector SiPM/MPPC

Nociónes básicas

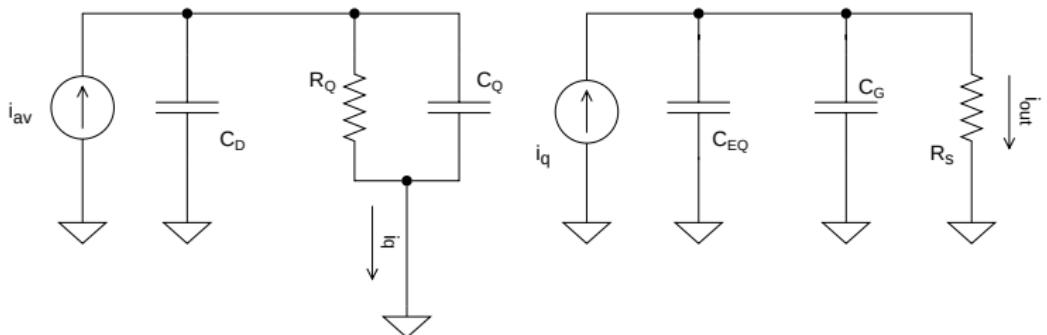


Figura: Modelo del SiPM/MPPC [5].

- ▶ $\tau_{slow} = R_Q(C_D + C_Q)$
- ▶ $\tau_{fast} = R_S(C_G + C_{EQ})$

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

El detector SiPM/MPPC

Señal típica producida por el detector

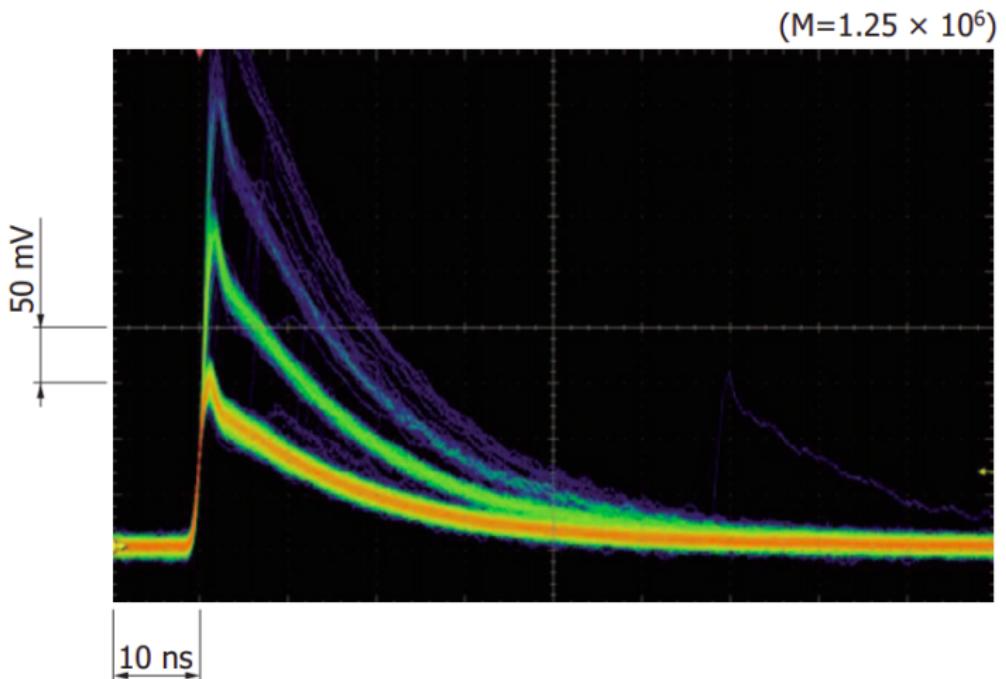


Figura: Señal de un SiPM/MPPC [6].

ASIC multicanal con control de ganancia para la lectura de detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Índice

Motivación

El problema

Descripción del problema

Solución propuesta

Circuito

TIA

Discriminador

Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado

Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema

Solución propuesta

Circuito

TIA

Discriminador
Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado

Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Solución propuesta

Bloques generales

ASIC multicanal con control de ganancia para la lectura de detectores SiPM

Renzo Barraza A.

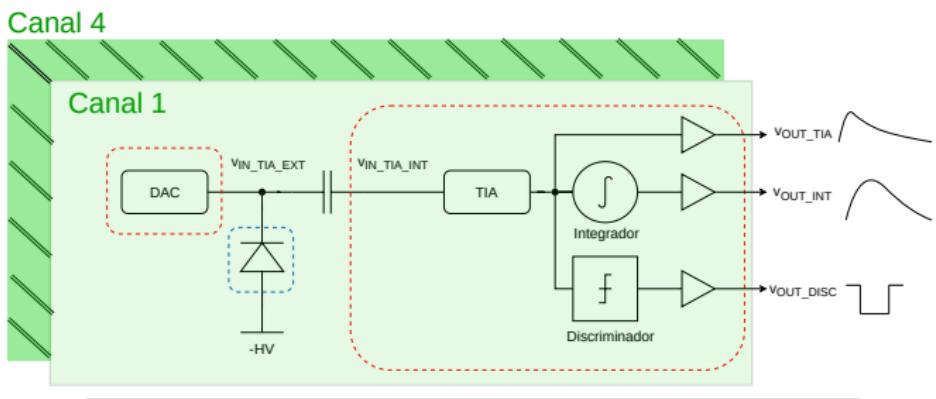


Figura: Diagrama de un canal del chip.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del problema

Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Índice

Motivación

El problema

Descripción del problema

Solución propuesta

Circuito

TIA

Discriminador

Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado

Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Circuito

TIA

Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Círculo diseñado

TIA [7]

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

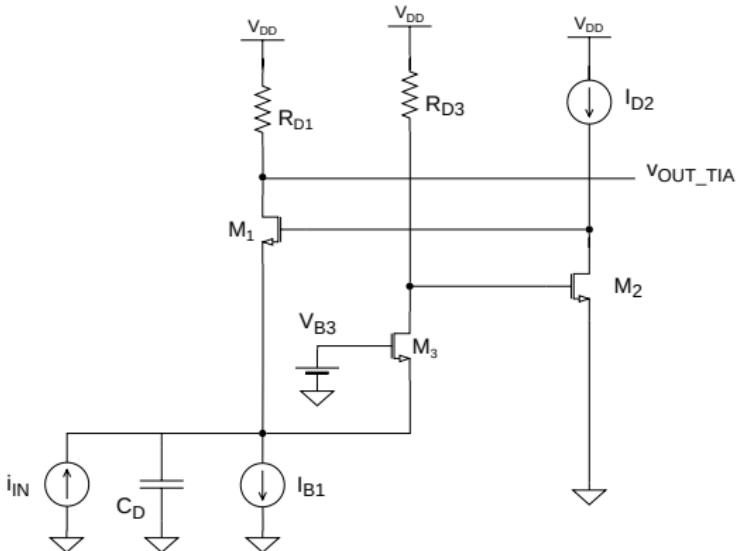


Figura: Circuito central del TIA.

Motivación

El problema

Circuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

- Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
- Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados
- Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Círcito diseñado

TIA [7]

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

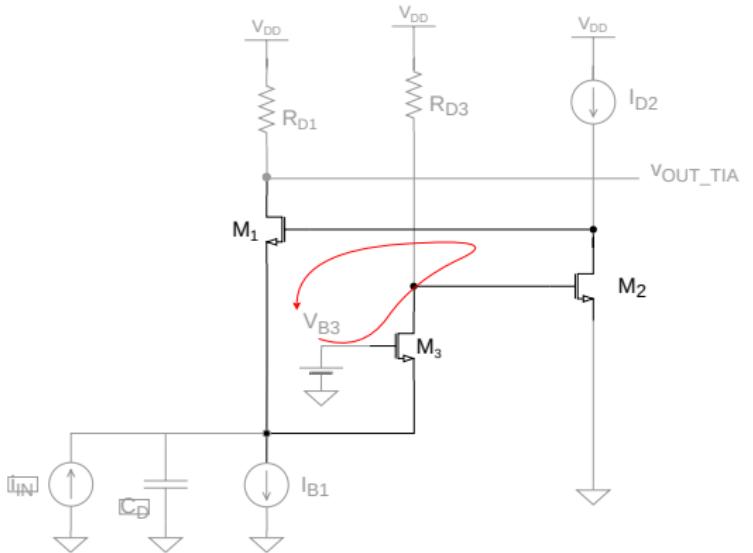


Figura: Loop de realimentación del TIA.

Motivación

El problema

Circuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Circuito diseñado

Polarización del transistor 3 del TIA

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

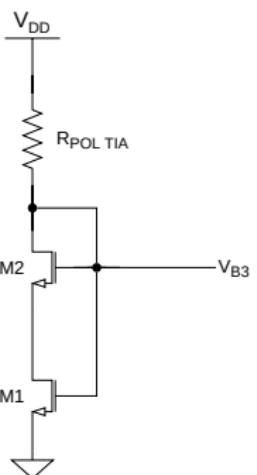


Figura: Polarización del transistor 3 del TIA.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Circuito diseñado

Algunas características del TIA

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Circuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

- ▶ $R_{in} \approx 11 \Omega$
- ▶ Capaz de manejar detectores con diversas capacitancias.
- ▶ Entradas deben tener polaridad negativa.



Índice

Motivación

El problema

Descripción del problema

Solución propuesta

Circuito

TIA

Discriminador

Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado

Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Circuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Circuito diseñado

Circuito del Discriminador

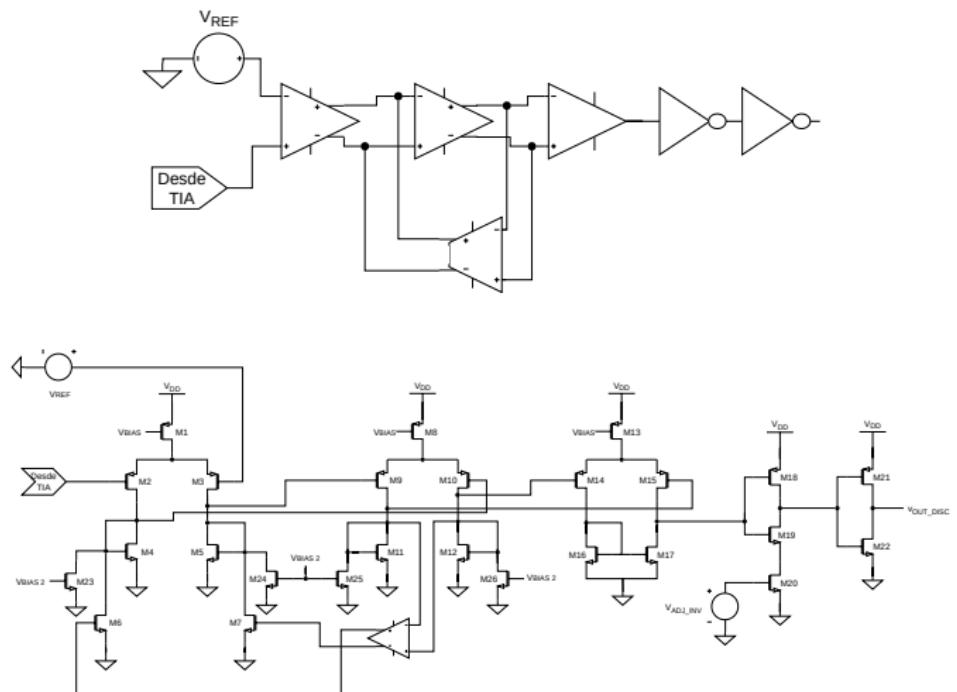


Figura: Circuito del discriminador.

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círculo

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Circuito diseñado

Amplificador de realimentación del discriminador

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círculo

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

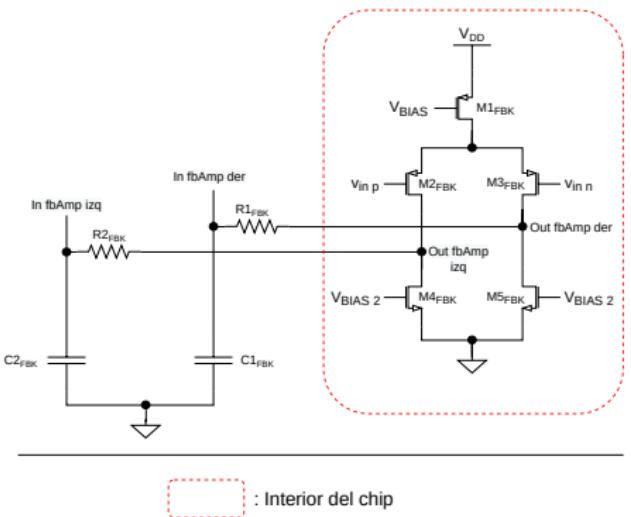


Figura: Circuito del amplificador de realimentación del discriminador.

- ▶ $R1_{FBK} = R2_{FBK} = 100 \text{ k}\Omega$.
- ▶ $C1_{FBK} = C2_{FBK} = 20 \mu\text{F}$.

Circuito diseñado

Inversor CMOS de Wang [8] del discriminador

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

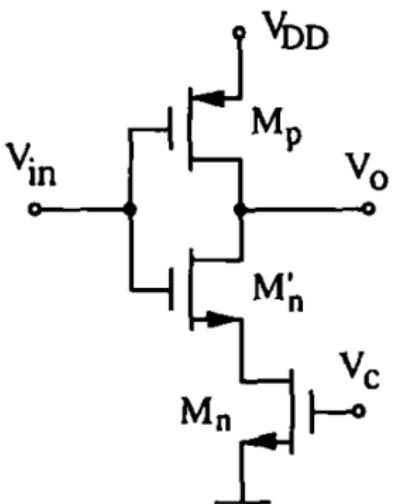


Figura: Inversor CMOS de Wang.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Índice

Motivación

El problema

Descripción del problema

Solución propuesta

Circuito

TIA

Discriminador

Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado

Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Circuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Circuito diseñado

Integrador

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

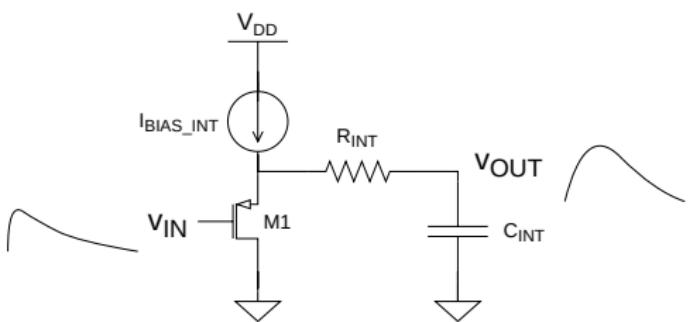


Figura: Rama del integrador.

- ▶ Aprovecha el amplificador del Discriminador.
- ▶ Diferencial para aminorar variaciones del proceso.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Índice

Motivación

El problema

Descripción del problema

Solución propuesta

Circuito

TIA

Discriminador

Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado

Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Circuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Diagrama DAC

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

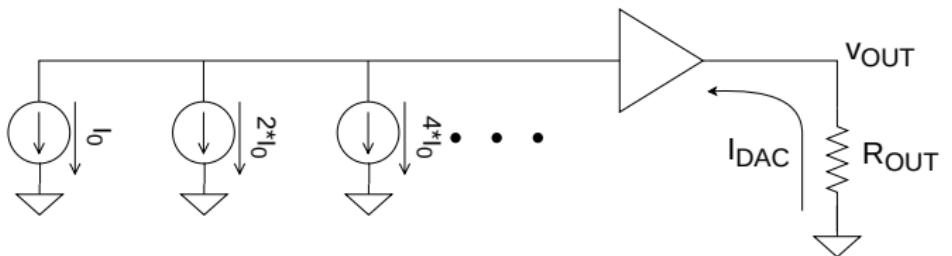


Figura: Diagrama del DAC.

- ▶ $I_{DAC} = D_8(2^7 I_o) + D_7(2^6 I_o) + \dots + D_1(I_o)$
- ▶ $V_{OUT} = I_{DAC} \cdot R_{OUT}$

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Circuito diseñado

DAC

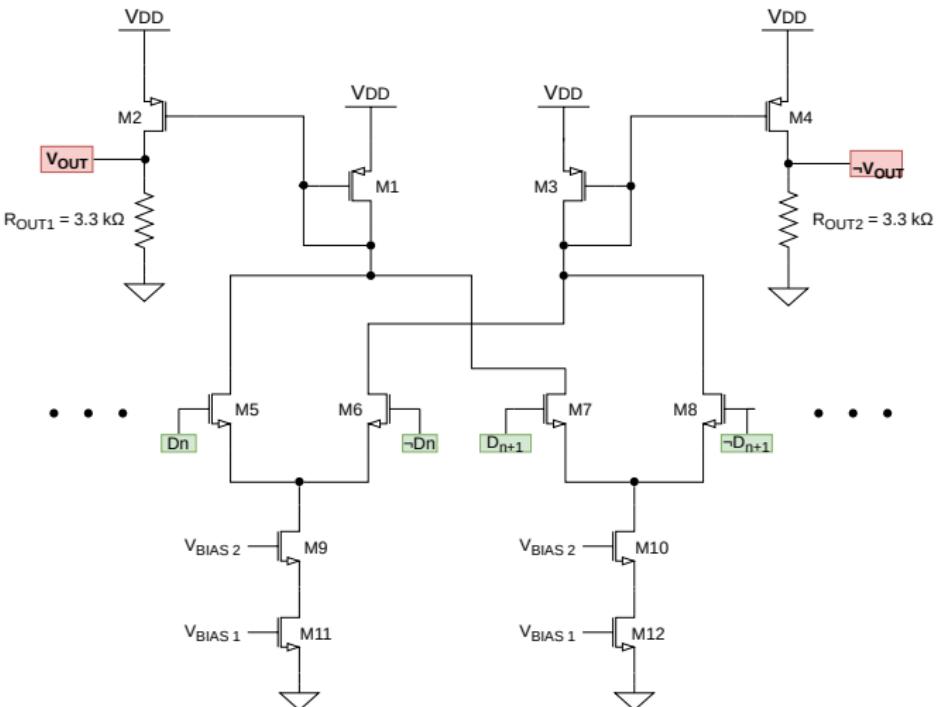


Figura: Esquemático del circuito del DAC.

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Índice

Motivación

El problema

Descripción del problema

Solución propuesta

Circuito

TIA

Discriminador

Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado

Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Circuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Circuito diseñado

Imagen del circuito en el silicio

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

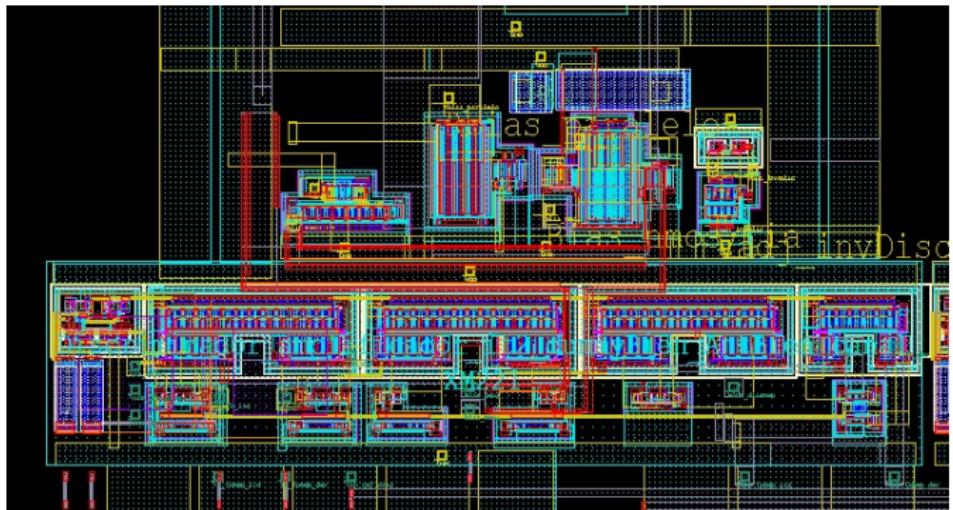


Figura: Detalle del *layout*.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Índice

Motivación

El problema

Descripción del problema

Solución propuesta

Circuito

TIA

Discriminador

Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado

Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Circuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado

Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Simulación postlayout de un canal para 1 pixel activado

Salida de TIA e integrador

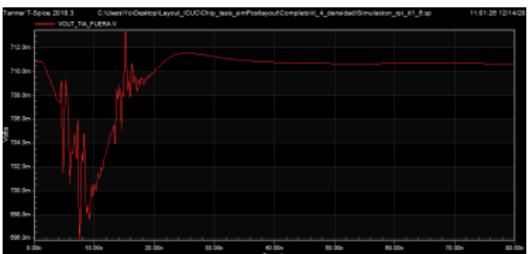


Figura: Salida de voltaje del TIA.

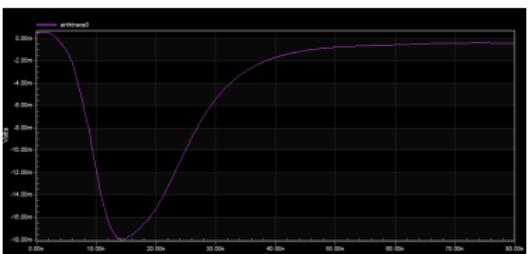


Figura: Salida diferencial del integrador.

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Circuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Simulación *postlayout* de un canal para 1 pixel activado

Salida digital del discriminador

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

El problema

Circuito

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados
Cifras de descomposición

Conclusión

Apexos



Figura: Salida del discriminador.

Simulación *postlayout* de un canal para 1 pixel activado

Razón para usar *Time over threshold* en pocos pixeles disparados

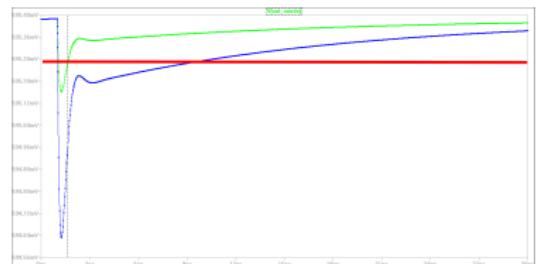


Figura: Ejemplo de señal de voltaje producida por MPPC Hamamatsu S10362-33-50.



Figura: Salida del discriminador.

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

El problema

Circuito

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado

Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Índice

Motivación

El problema

Descripción del problema

Solución propuesta

Circuito

TIA

Discriminador

Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado

Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema

Solución propuesta

Circuito

TIA

Discriminador

Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado

Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Simulación postlayout hasta 3000 pixeles activados

Enfoques de lectura para señales analógicas

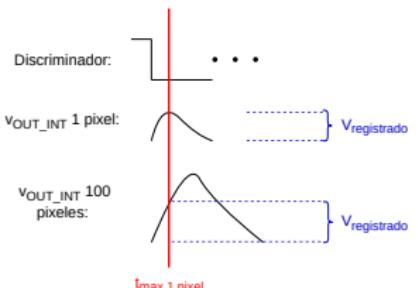


Figura: Enfoque de tiempo *peaking*.

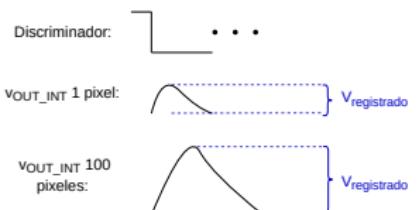


Figura: Enfoque de amplitud máxima.

ASIC multicanal con control de ganancia para la lectura de detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del problema
Solución propuesta

Circuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado

Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Simulación *postlayout* hasta 3000 pixeles activados

Amplitud de salida del integrador

ASIC multicanal con control de ganancia para la lectura de detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

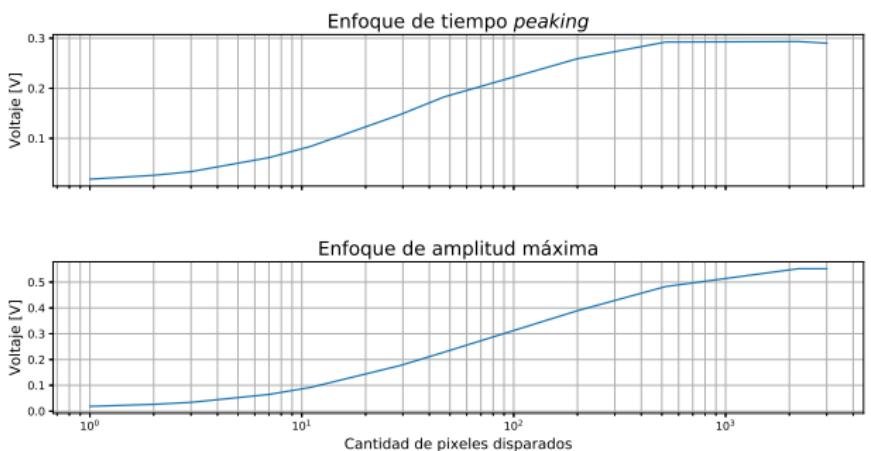


Figura: Amplitudes de salida del integrador según forma de medición.

Simulación *postlayout* hasta 3000 pixeles activados

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

El problema

Circuito

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

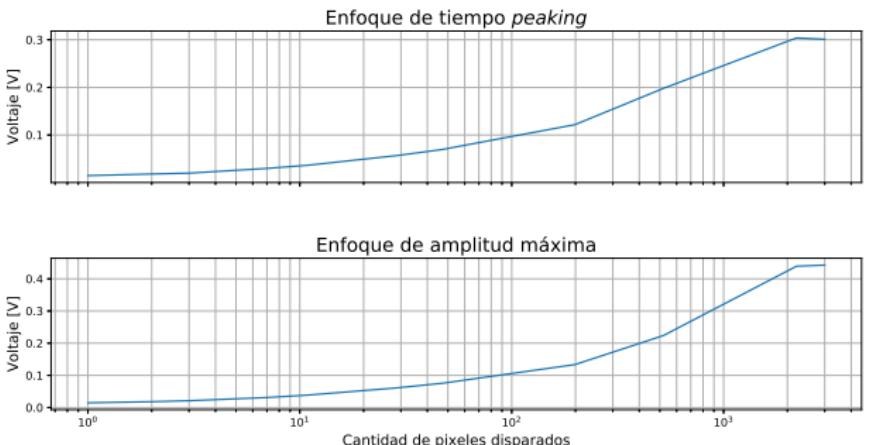


Figura: Amplitudes de salida del TIA según forma de medición.

Índice

Motivación

El problema

Descripción del problema

Solución propuesta

Circuito

TIA

Discriminador

Integrador

DAC

Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado

Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Circuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Cifras de desempeño

Capacidad para resolver pixeles

Pixeles disparados	Capacidad de resolución de pixeles con enfoque de amplitud máxima	Capacidad de resolución de pixeles con enfoque de tiempo peaking
1 - 11	2	2
521 - 2207	250	Indistinguible
2207 - 3000	Indistinguible	Indistinguible

Cuadro: Capacidad para resolver pixeles del integrador.

Pixeles disparados	Capacidad de resolución de pixeles con enfoque de amplitud máxima	Capacidad de resolución de pixeles con enfoque de tiempo peaking.
199 - 521	9	11
521 - 2207	20	40
2207 - 3000	575	Indistinguible

Cuadro: Capacidad para resolver pixeles del TIA.

ASIC multicanal con control de ganancia para la lectura de detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del problema
Solución propuesta

Círculo

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Cifras de desempeño

Time over threshold y jitter

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Número de pixeles disparados	Duración de pulso del discriminador
1 pixel	11,4 ns
2 pixeles	17,68 ns
3 pixeles	21,24 ns

Cuadro: Duración de pulsos del discriminador dependiendo del número de pixeles disparados en el detector.

- ▶ $Jitter = 354,71 \text{ ps}$

Cifras de desempeño

DAC

ASIC multicanal con control de ganancia para la lectura de detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados

Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

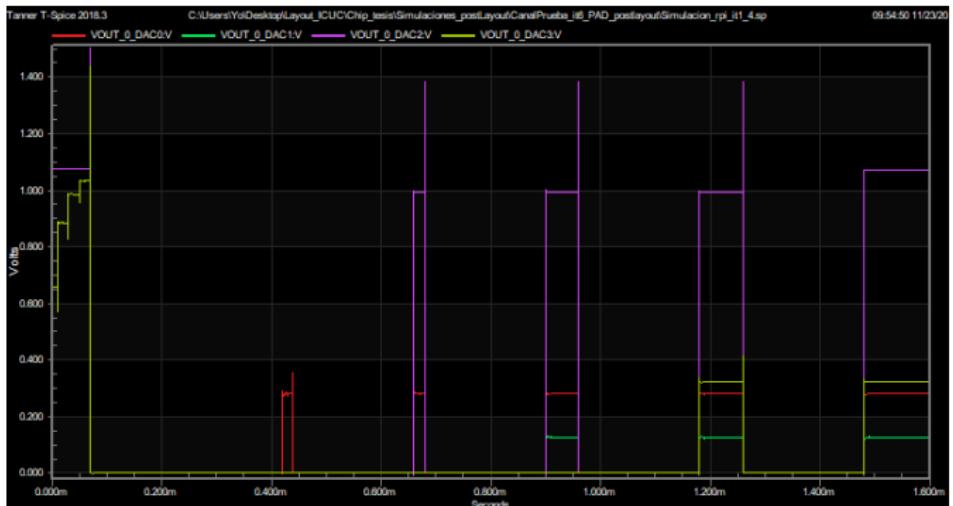


Figura: Voltajes de salida de DACs.

- ▶ 8 bits.
- ▶ $V_{OUT} = 1,08 \text{ V.}$

Conclusión

Aportes

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

- ▶ Lectura de hasta 3000 pixeles¹² en tecnología CMOS y control de ganancia.
- ▶ Circuito capaz de manejar más de 300 pF.
- ▶ Topología de *Common Gate Feedforward TIA* para detectores SiPM.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

¹ Detectores de \approx 3600 pixeles.

² Pixeles de tamaño 50 μm por 50 μm .

Conclusión

Trabajo futuro

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Muchas gracias

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Circuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Cifras de desempeño

Capacidad para resolver pixeles

Número de pixeles disparados en el detector	Capacidad de resolución de pixeles con enfoque de amplitud máxima	Capacidad de resolución de pixeles con enfoque 1 de tiempo peaking.
1 - 2	1	1
2 - 3	1	2
3 - 7	1	1
7 - 11	2	2
11 - 29	3	3
29 - 47	4	4
47 - 199	7	8
199 - 521	9	11
521 - 2207	20	40
2207 - 3000	575	Indistinguible

Cuadro: Capacidad para resolver pixeles del TIA.

ASIC multicanal
con control de ganancia para la lectura de detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Cifras de desempeño

Capacidad para resolver pixeles

Número de pixeles disparados en el detector	Capacidad de resolución de pixeles con enfoque de amplitud máxima	Capacidad de resolución de pixeles con enfoque 1 de tiempo peaking
1 - 11	2	2
11 - 29	3	3
29 - 47	4	6
47 - 199	10	20
199 - 521	35	100
521 - 2207	250	Indistinguible
2207 - 3000	Indistinguible	Indistinguible

Cuadro: Capacidad para resolver pixeles del integrador.

ASIC multicanal con control de ganancia para la lectura de detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Aplicaciones posibles para SiPM

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

- ▶ Imágenes médicas.
- ▶ LiDAR.
- ▶ Detección de radiación.
- ▶ Biofotónica.
- ▶ Física de altas energías.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Aplicaciones posibles para SiPM

Ejemplo

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

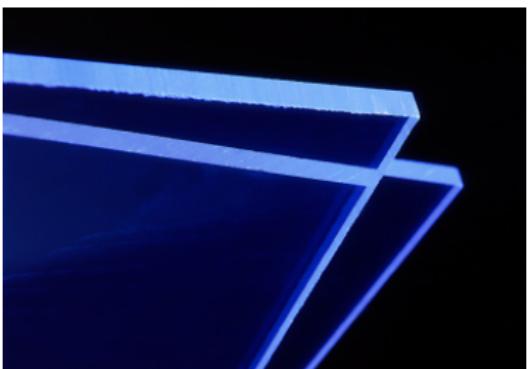


Figura: Centellador.

Fotografía obtenida desde: <https://www.crystals.saint-gobain.com/products/cast-sheet-assemblies>.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Función de transferencia de SiPM

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Circuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

$$H(s)_{sipm} = \frac{I_{out}}{I_{AV}} = \frac{1}{1 + s \cdot R_s (C_{eq} + C_g)} \cdot \frac{1 + s \cdot C_q R_q}{1 + s \cdot (C_d + C_q) R_q} \cdot N_f \quad (1)$$

Rango dinámico de SiPM

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

$$N_{\text{fired}}(M, V, \lambda) = M \left(1 - e^{\frac{-PDE(V, \lambda) \cdot N_{\text{ph}}}{M}} \right) \quad (2)$$

- ▶ N_{ph} : Fotones incidentes.
- ▶ N_{fired} : Pixeles disparados.
- ▶ M: Número total de pixeles en detector.
- ▶ λ : Longitud de onda de fotón incidente.
- ▶ V : *Overvoltage*.
- ▶ PDE : Eficiencia de detección de fotones.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Ecuación del jitter

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

$$\sigma_t = \frac{\sigma_v}{\left. \frac{\partial V}{\partial t} \right|_{t=t_0}} \quad (3)$$

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del
problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de
simulaciones para 1
pixel activado
Resultados de
simulaciones hasta
3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Técnica *Time Over Threshold* para detectar pixeles disparados

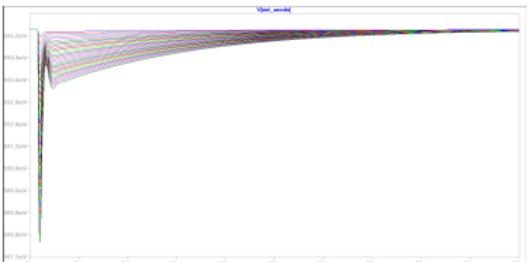


Figura: Señal producida por el SiPM.

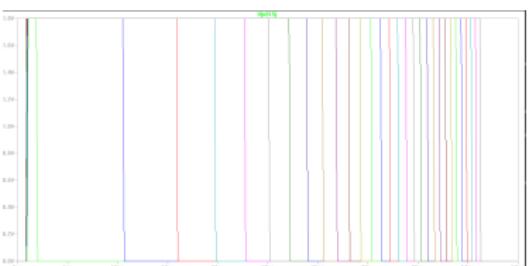


Figura: Señal producida por el discriminador.

ASIC multicanal con control de ganancia para la lectura de detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Motivación

Materia oscura
Experimento Na64

El problema

Descripción del problema
Solución propuesta

Círcuito

TIA
Discriminador
Integrador
DAC
Layout del chip

Resultados

Resultados de simulaciones para 1 pixel activado
Resultados de simulaciones hasta 3000 pixeles activados
Cifras de desempeño

Conclusión

Anexos

Referencias I

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Apéndice
For Further Reading

-  www.eso.org. 2015. *First Results From The Kids Survey (Montage)*. [online] Available at:
<https://www.eso.org/public/images/eso1528a/>
[Accessed 10 January 2021].
-  Brice, M., 2016. *The NA 64 Experiment*. [online] CERN Document Server. Available at:
<https://cds.cern.ch/record/2229237?ln=es>
[Accessed 11 January 2021].
-  YOKOYAMA, M., et al. Development of multi-pixel photon counters, SNIC Symposium. 2006.

Referencias II

ASIC multicanal con control de ganancia para la lectura de detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Apéndice
For Further Reading

-  ACERBI, Fabio; GUNDACKER, Stefan. Understanding and simulating SiPMs. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2019, vol. 926, p. 16-35.
-  CORSI, F., et al. Electrical characterization of silicon photo-multiplier detectors for optimal front-end design. En *2006 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record*. IEEE, 2006. p. 1276-1280.
-  PHOTONICS, Hamamatsu. MPPC (Multi-Pixel Photon Counter) S13360 series–Datasheet.

Referencias III

ASIC multicanal
con control de
ganancia para la
lectura de
detectores SiPM

Renzo Barraza A.

Apéndice

For Further Reading

-  GHIMOUZ, Abderrahmane, et al. A Preamplifier-discriminator circuit based on a Common Gate Feedforward TIA for fast time measurements using diamond detectors. En *2018 25th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS)*. IEEE, 2018. p. 281-284.
-  WANG, Z. Novel CMOS inverter with linearly adjustable threshold voltage using only three MOS transistors. *Microelectronics journal*, 1991, vol. 22, no 5-6, p. 75-79.