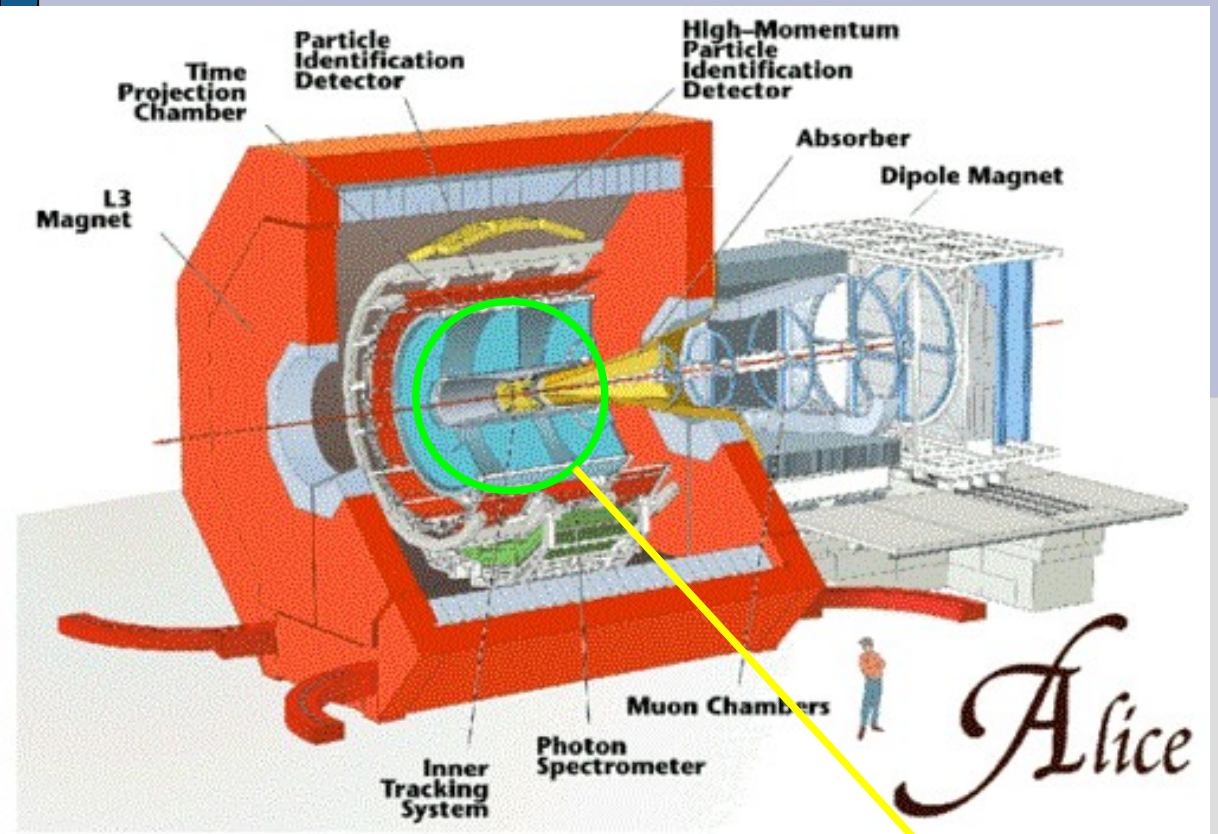
Laurea in Fisica
delle
Tecnologie Avanzate

Studio di regolatori di tensione capless per elettronica integrata di Front-End per rivelatori di particelle

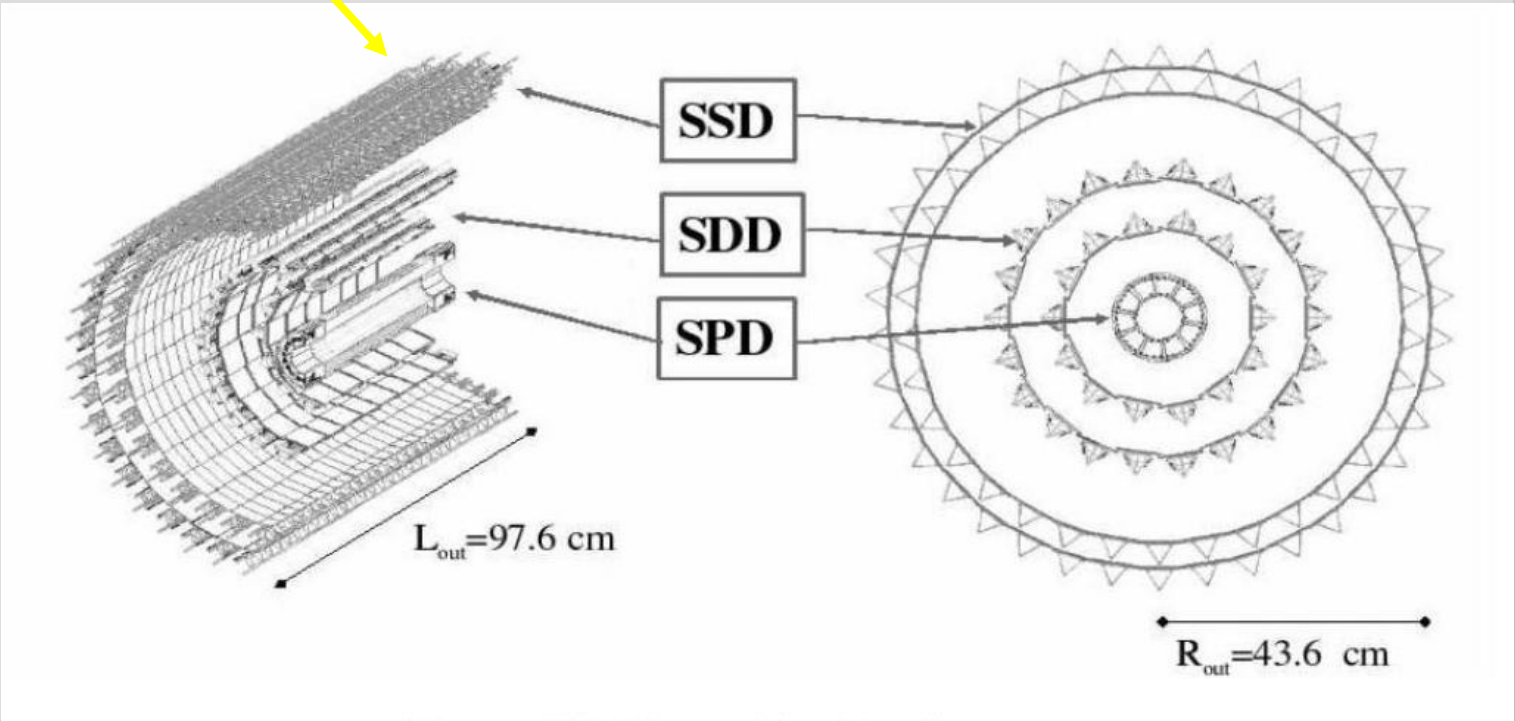
Alessandro Giaramita

Relatore: Stefania Beolè
Corelatore: Angelo Rivetti

Esempio di un sistema di tracciamento



Inner Tracking System

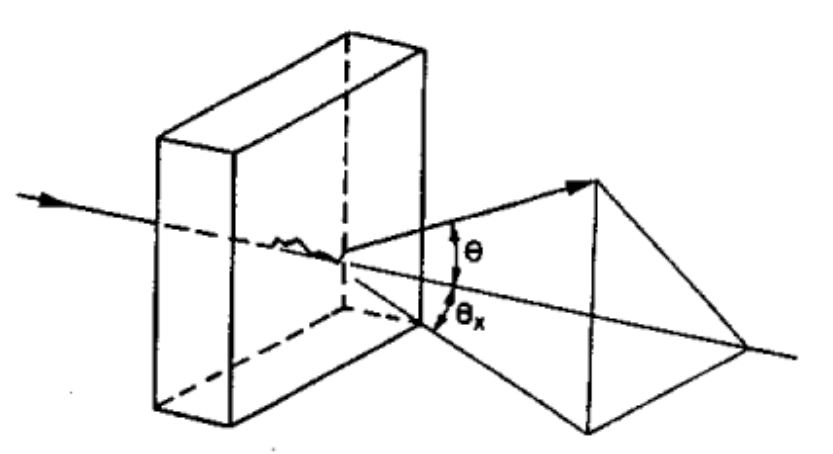


Multiple scattering

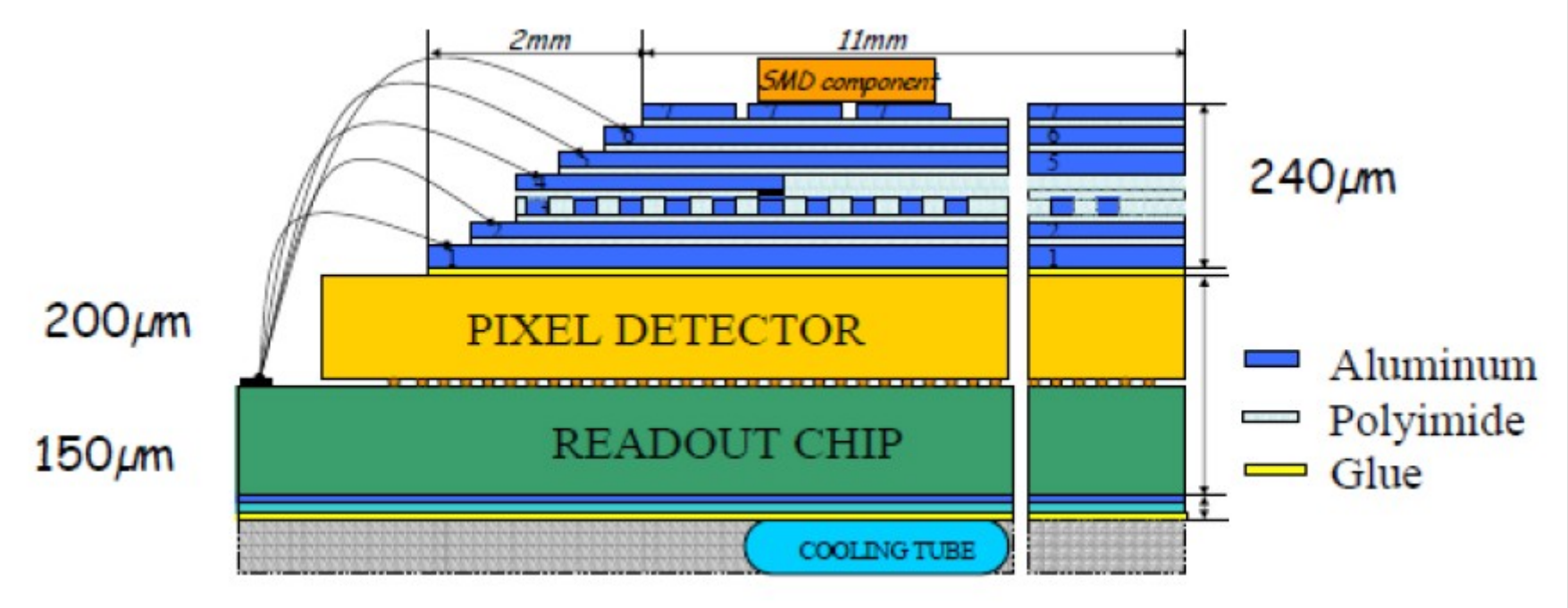
- L'angolo di scattering dipende dallo spessore del materiale attraversato secondo la seguente formula

$$\sqrt{<\theta^2>} = z\,\frac{20[MeV/c]}{p\beta}\sqrt{\frac{x}{x_0}}\left(1+\frac{1}{9}\log_{10}\frac{x}{x_0}\right)rad$$

- La formula è valida quando il numero di interazioni subite dalla particella nell'attraversare il materiale è elevato
- La conseguenza è una riduzione della risoluzione della traiettoria della particella



Pixel di ALICE



- Progettato per minimizzare il material budget
- Contributo fondamentale dato dal bus di alimentazione

Ruolo dei condensatori e dei componenti SMD

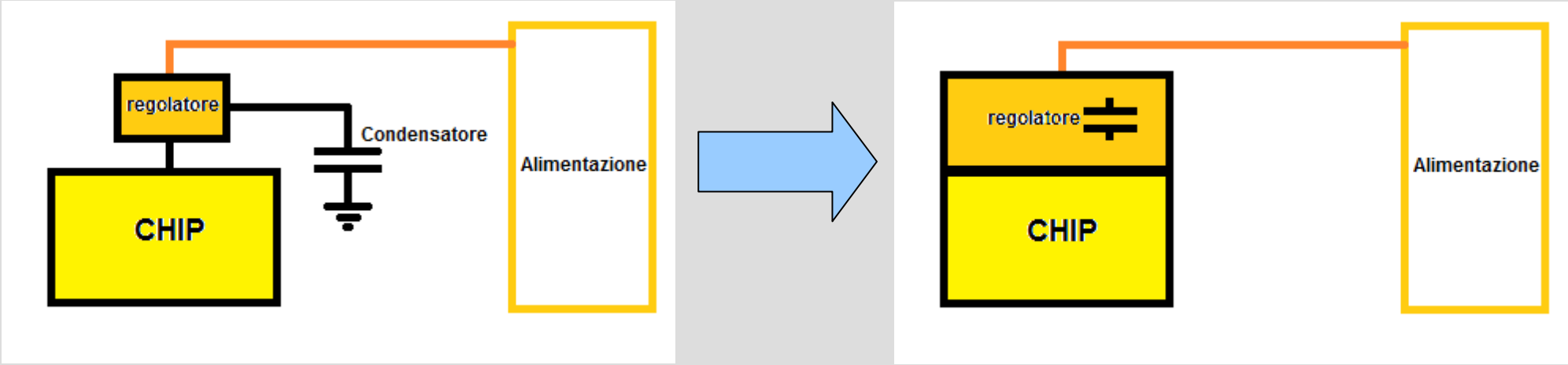
SMD

Mediati sul volume contano poco

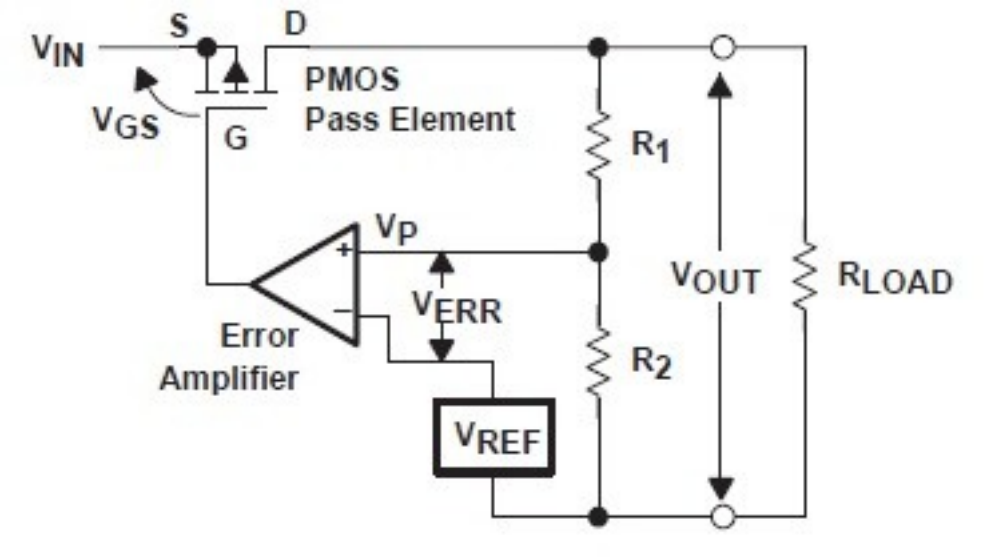
In realtà formano degli hot spot che possono dare fastidio

Possibilità di eliminare le capacità di filtro

Il chip dovrebbe poter funzionare senza condensatori esterni, dunque deve avere a bordo una gestione della regolazione di alimentazione

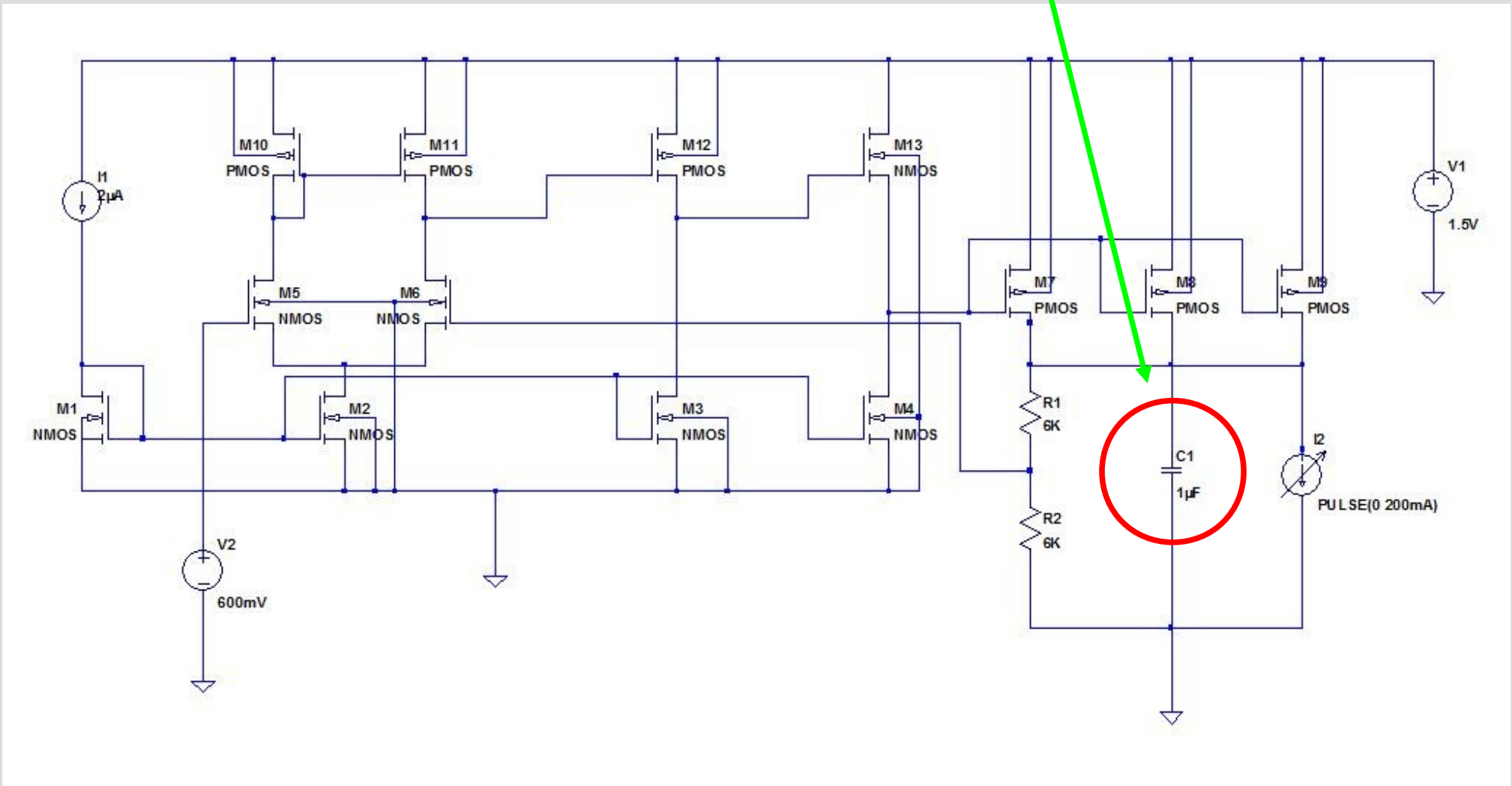


LDO classico



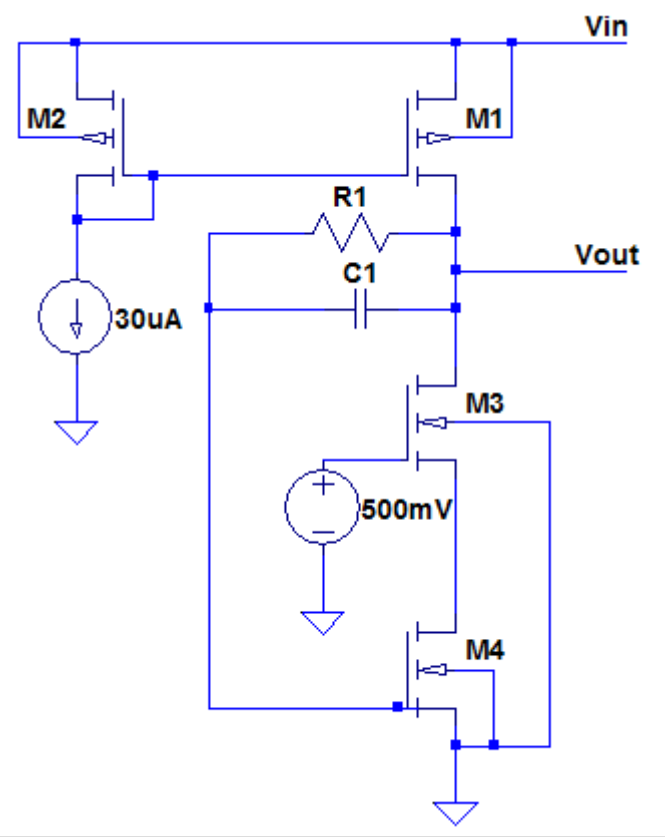
- Circuito in grado di fornire in uscita una tensione costante applicando a Vin un gradino di tensione o variando la resistenza di carico
- I componenti principali sono: pass transistor, che solitamente è un PMOS o un NMOS, un amplificatore di errore e una tensione di riferimento

LDO classico → Capacità esterna



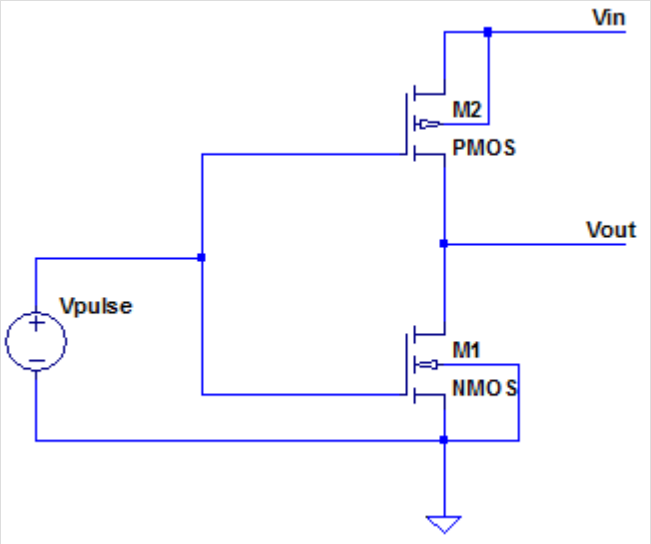
I circuiti di test

- Simulano i circuiti da alimentare presenti nel rivelatore
- Di due tipi: Analogico e Digitale



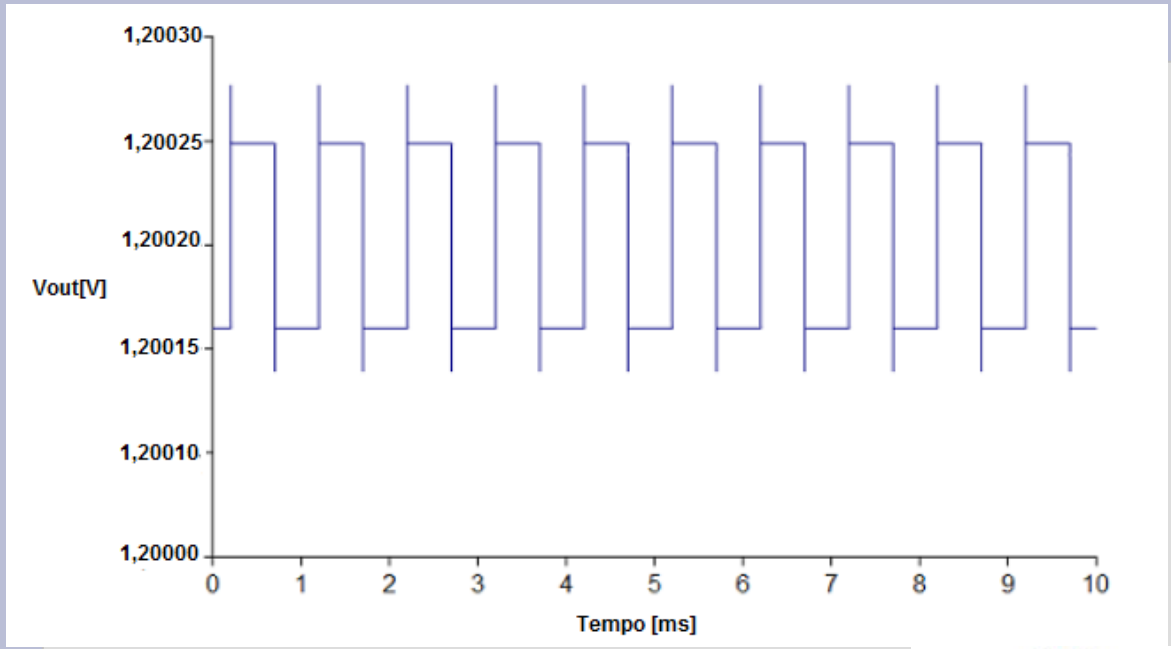
- I circuiti analogici simulano il passaggio di una particella con carica Q
- É costituito da un amplificatore a source comune
- Catena di 128 circuiti collegati in parallelo
- Per funzionare correttamente hanno bisogno di una tensione di alimentazione pari a 1.2 V e corrente totale di circa 20 mA

Circuito di test digitale



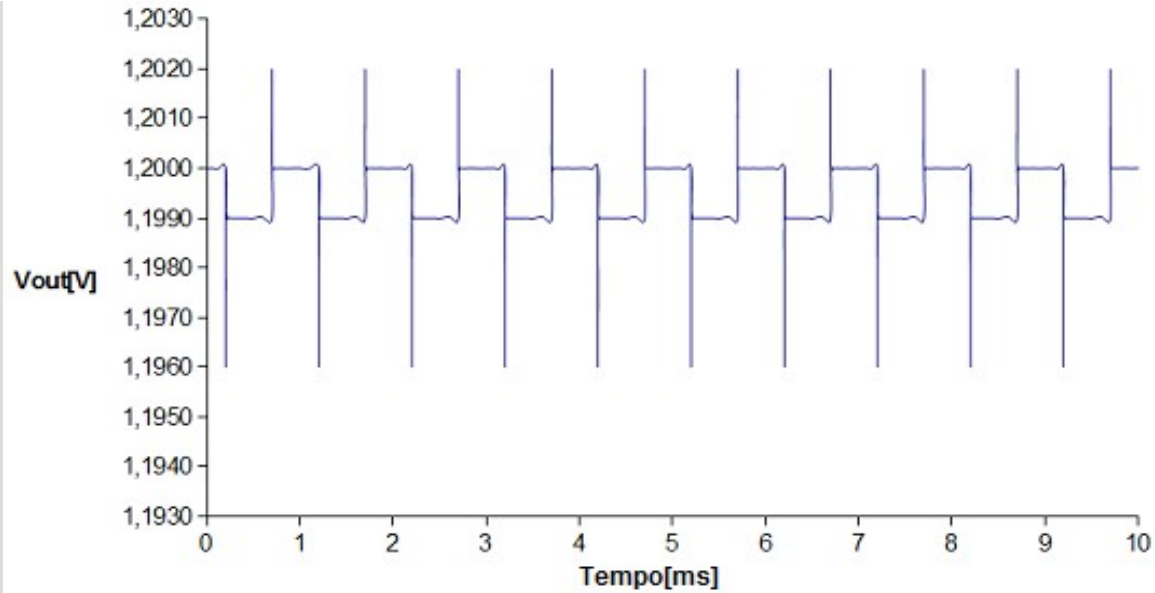
- Circuito inverter, simula i circuiti di tipo digitale con frequenze di 40, 80 e 200 Mhz
- Catena di 128 inverter
- La tensione di alimentazione è di 1.2 V e la corrente totale è di circa 50 mA

Simulazioni analogiche LDO classico

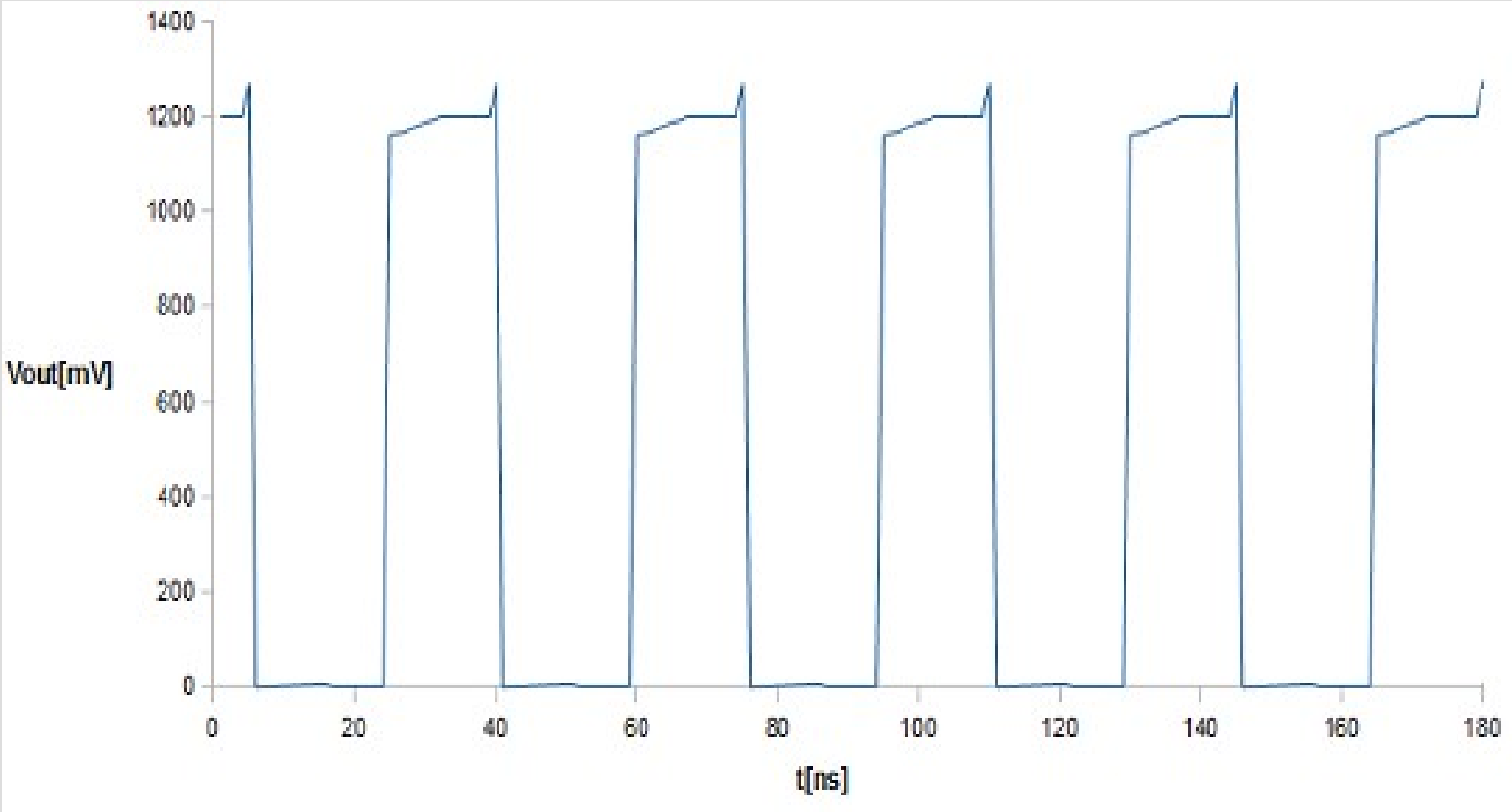


Line regulation

Load regulation



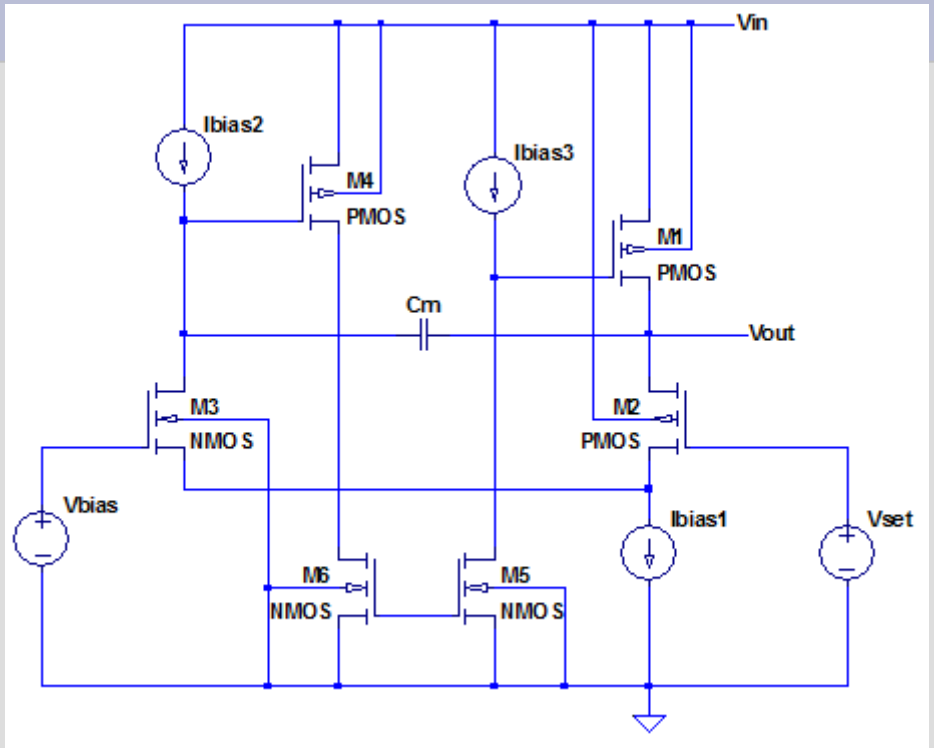
Simulazione digitale



Passaggio da un LDO classico a un LDO capless

- La capacità esterna, di un LDO classico, è essenziale per avere l'uscita il più filtrata possibile. Più è grande il condensatore e meglio sarà compensato il mio sistema, poichè inserisco un polo a bassa frequenza
- Nel LDO capless non ho una capacità esterna quindi devo creare un circuito che risponda velocemente alle variazioni di carico

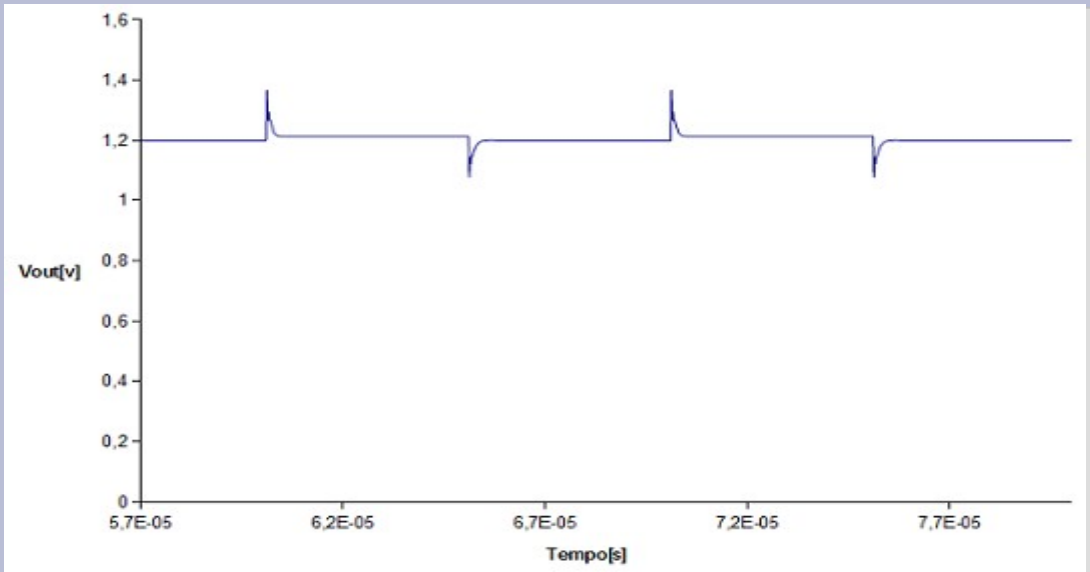
LDO Capless



- Capacità di compensazione, sostituita dalla capacità di Miller, Cm
- Struttura di base è un Flipped Voltage Follower, FVF

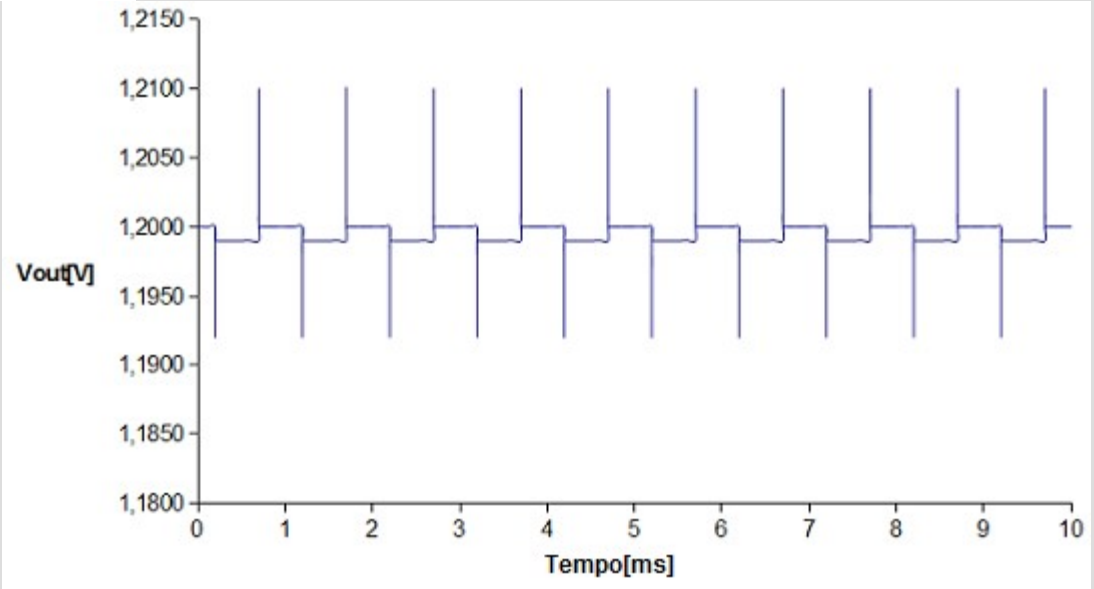
Limiti del LDO da letteratura

- I risultati dei test dei circuiti di tipo analogico sono i seguenti

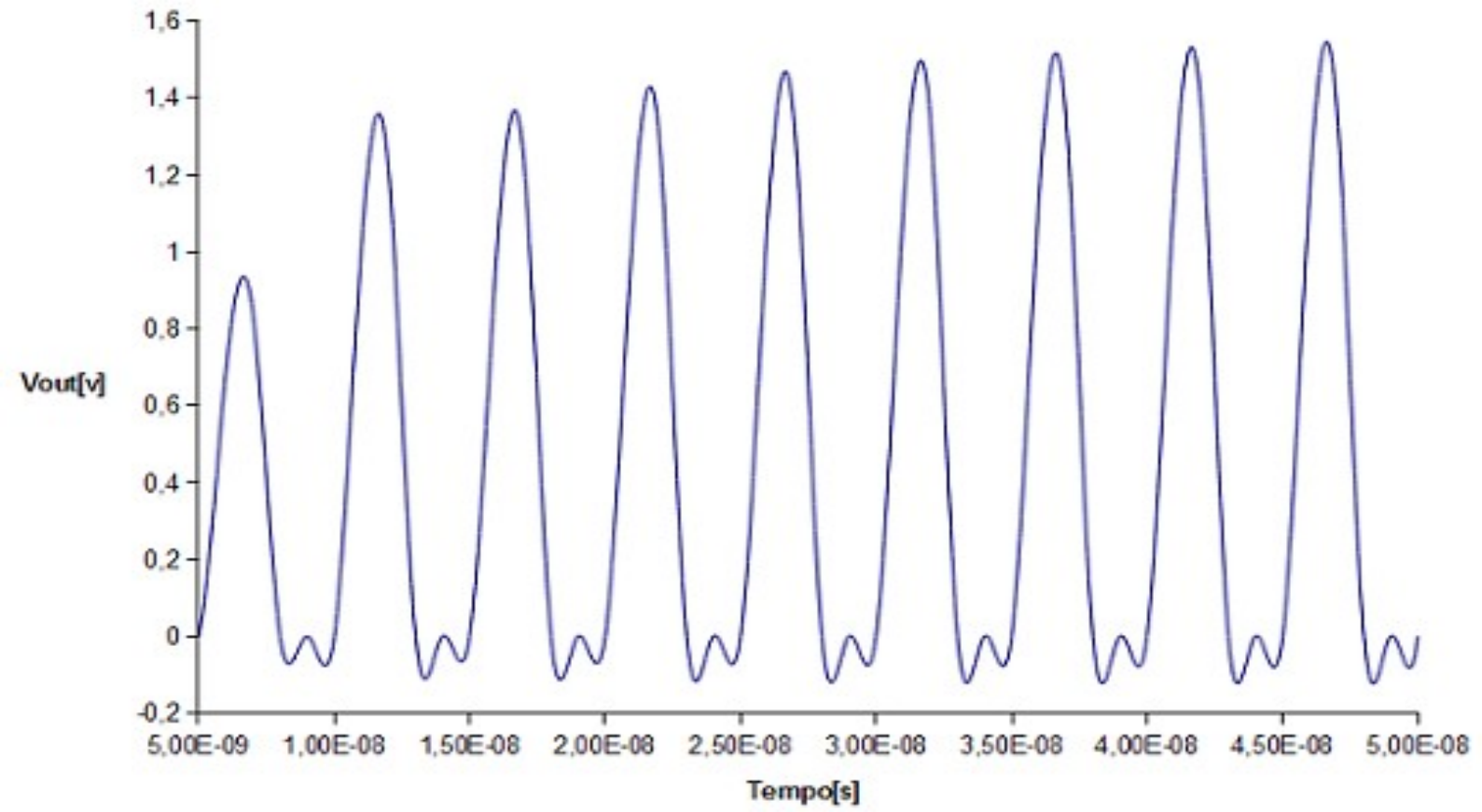


Line regulation

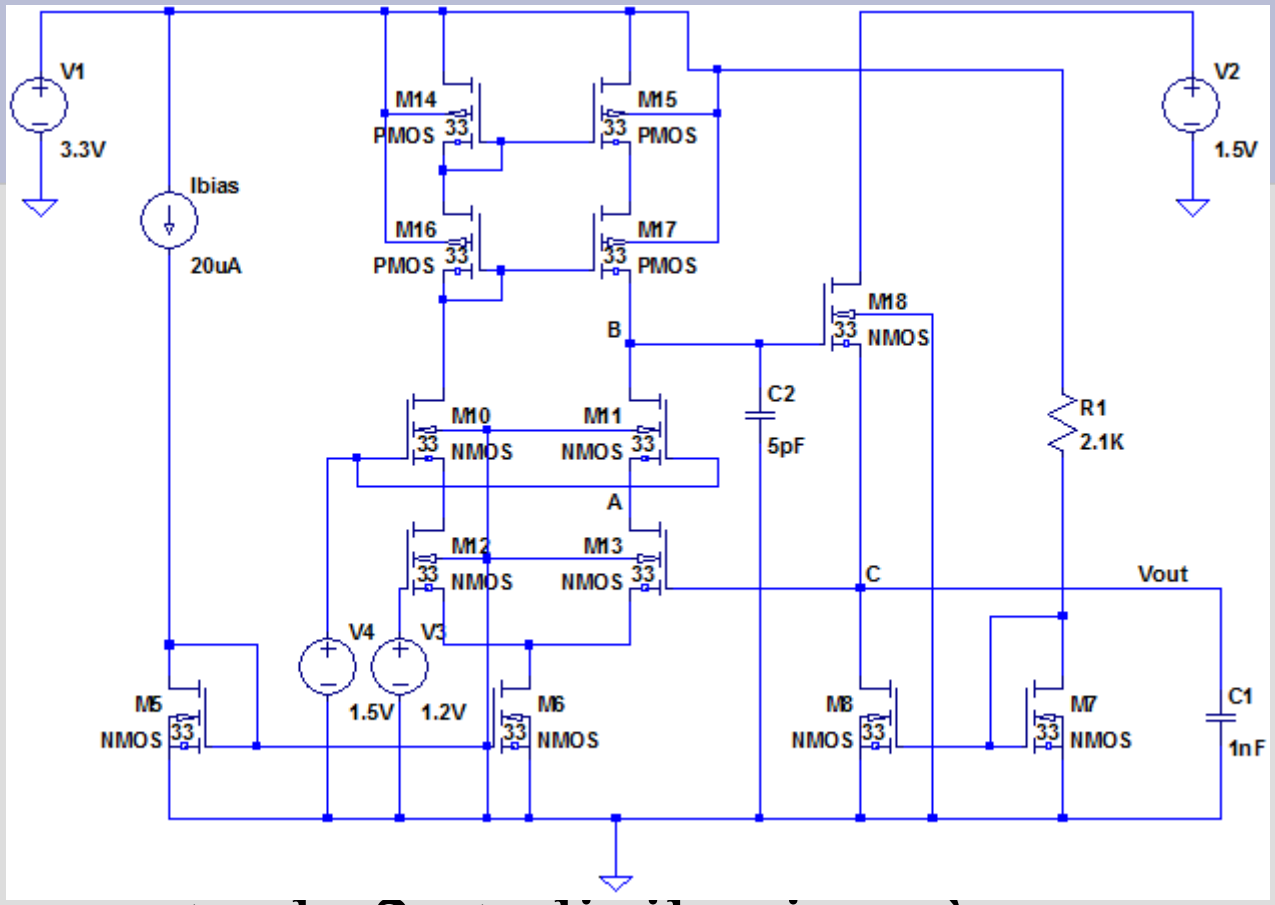
Load regulation



Simulazione digitale



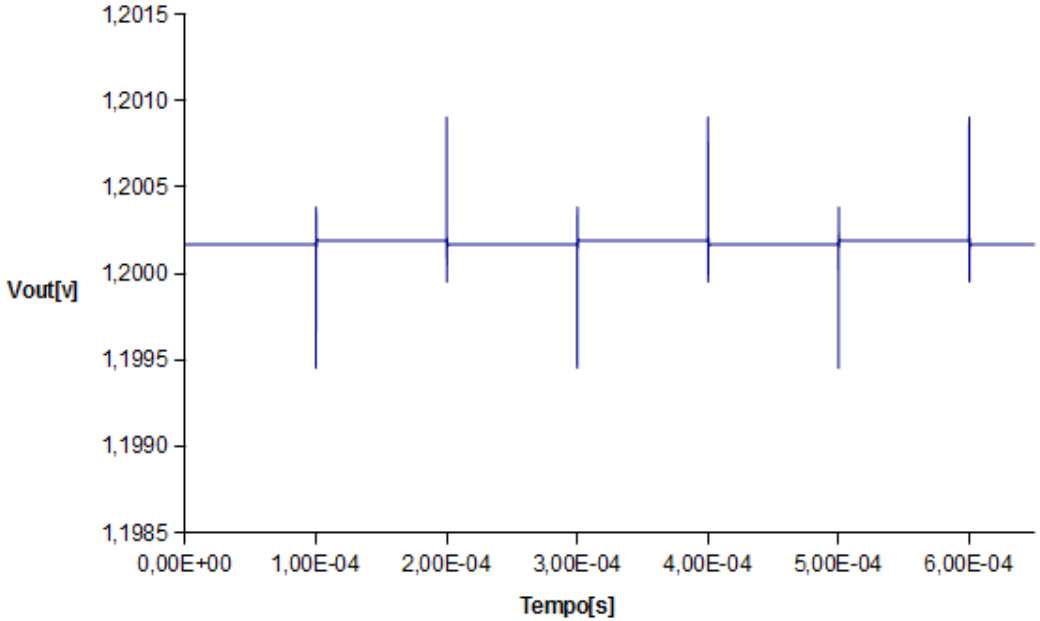
Regolatore a 2 stadi



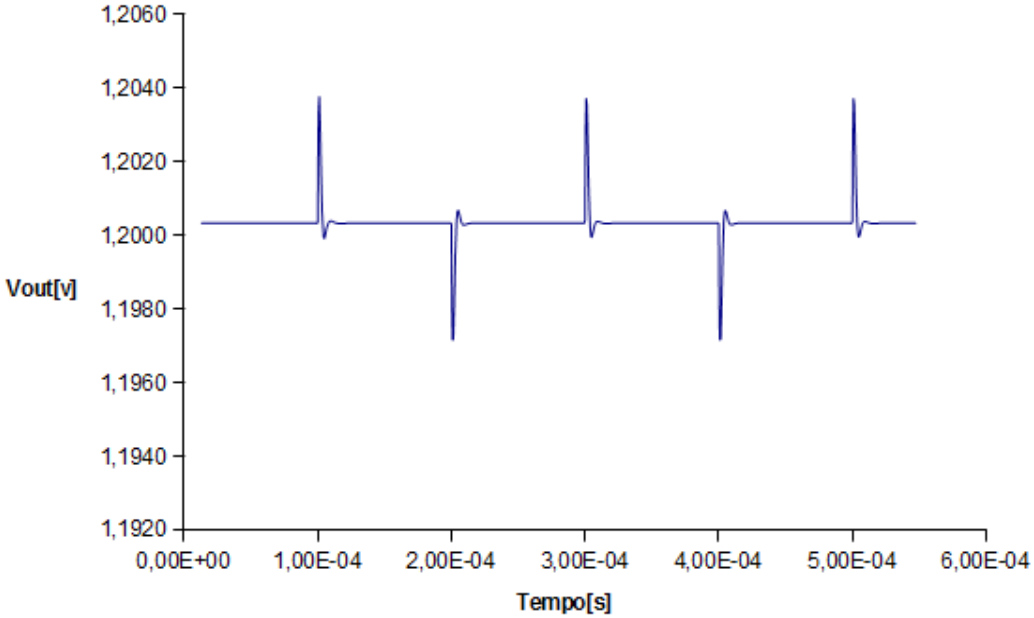
- Composto da 2 stadi, il primo è uno amplificatore telescopico. Il secondo è un source follower
- La compensazione è a polo dominante ed è costituita dalla capacità C2, interna al chip

Simulazioni analogiche

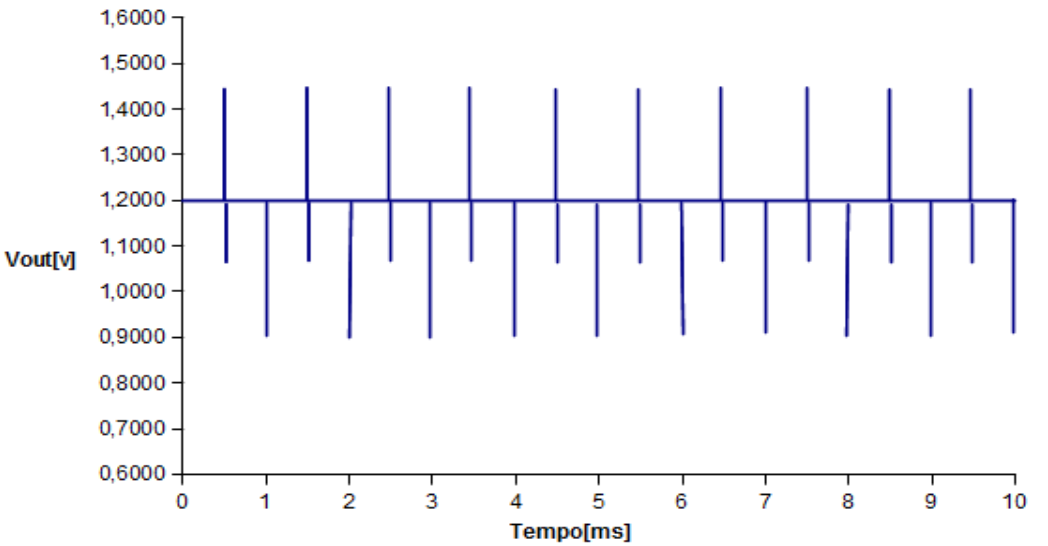
Line regulation 3.3V



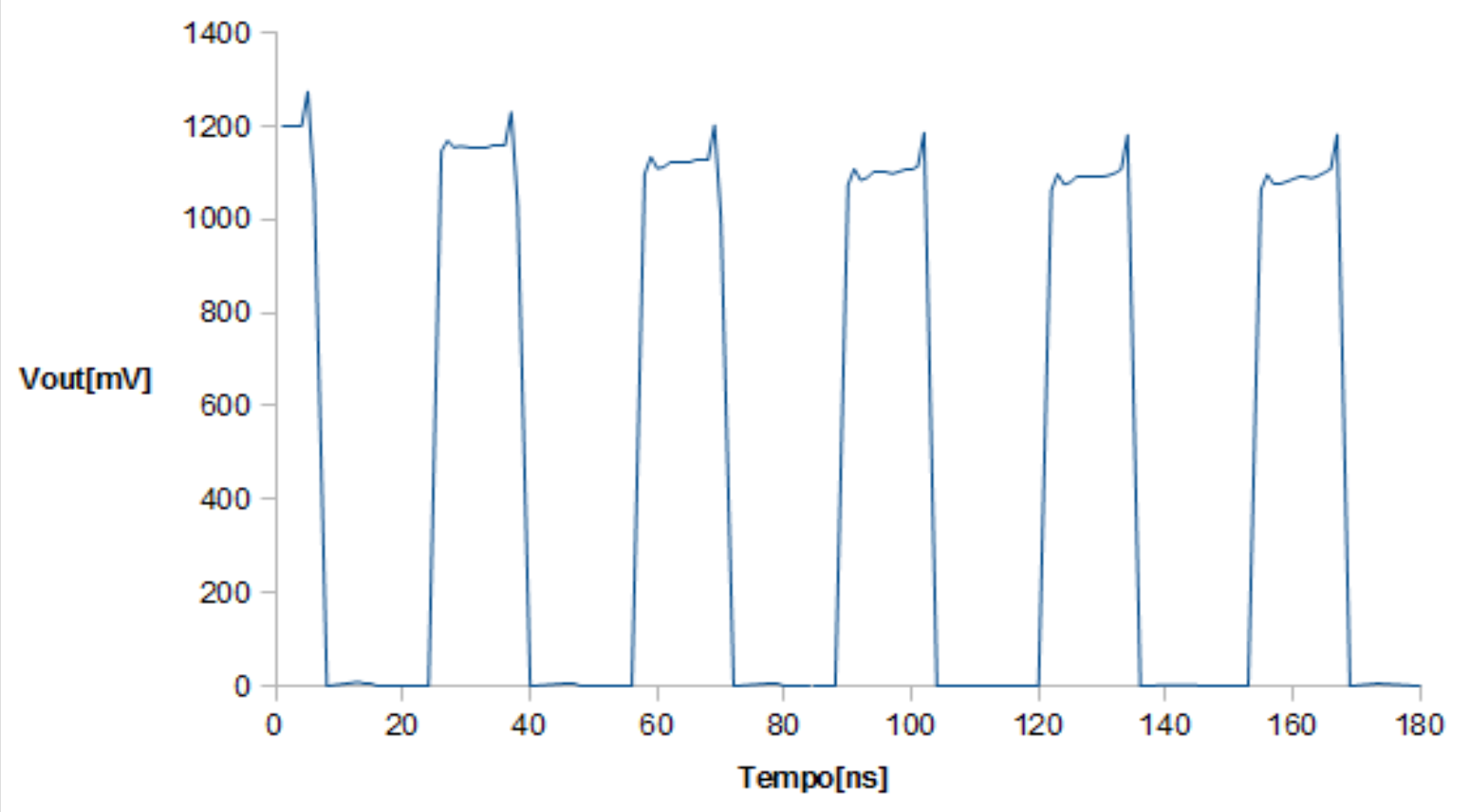
Line regulation 1.5V



Load regulation



Simulazione digitale



Conclusioni

- LDO classici, adeguati per alimentare l'elettronica di front-end
- LDO capless da letteratura: adeguati per alimentare circuiti analogici, ma non per la parte digitale
- LDO da noi sviluppato, lavora sia con circuiti analogici che con digitali, migliora aggiungendo capacità di filtro esterna
- Svantaggio: utilizza una doppia alimentazione
- Sviluppo futuro: migliorare questo aspetto conservando le prestazioni ottenute
- Il circuito disegnato verrà implementato su silicio