

# ELECTRÓNICA 1

## Práctica de Laboratorio 3.

### *TRANSISTOR MOS*

Para esta práctica se utilizará el integrado CD4007. Este integrado tiene un array de 3 transistores MOS tipo n y 3 transistores MOS tipo p conectados de una manera particular (ver Hoja de Datos). A la hora de armar los circuitos de cada experimento con este chip tenga en cuenta que para que los transistores funcionen correctamente las patas 7 y 14 deben estar conectadas SIEMPRE a TIERRA y VDD respectivamente. Esto se debe a que esas patas proveen las conexiones a sustrato de todos los transistores.

El integrado será provisto por los docentes al momento de comenzar la práctica. No obstante, los grupos deberán traer el protoboard con las conexiones y los componentes externos listos para conectar el integrado y comenzar a trabajar.

**ATENCIÓN:** Este integrado es MUY SENSIBLE A DESCARGAS ELECTROESTÁTICAS. Extreme los cuidados al manipularlo.

MODELO DE LOS TRANSISTORES del CD4007 (versión 2014)

nMOS	pMOS
$\beta_n = 1.71 \text{ mA/V}^2$	$\beta_p = 0.84 \text{ mA/V}^2$
$V_{t0n} = 1.31 \text{ V}$	$V_{t0p} = 1.53 \text{ V}$
$\delta_n = 0.93$	$\delta_p = 0.17$
$V_{An} = 20 \text{ V}$	$V_{Ap} = 20 \text{ V}$

### I) Extracción de la tensión $V_T$ .

Objetivo: Obtener mediante un simple experimento una estimación de  $V_t$  de los transistores MOS del chip 4007.

Preparación:

- ¿Cuál es el  $V_t$  de un transistor MOS tipo n conectado como en la Figura 1 si el voltímetro marca  $VM=13.9 \text{ V}$ ?
- ¿Cómo debe conectarse un transistor MOS tipo p para obtener su  $V_t$ ?
- Determine que transistores del chip 4007 va a utilizar.

Armado y medidas:

- Conecte un transistor p y un transistor n de acuerdo a lo visto en la preparación.
- Mida las tensiones VM y determine  $V_{tn}$  y  $V_{tp}$ .

Opcional:

- Invierta los pines D y S de uno de los transistores y compruebe que el transistor MOS es un dispositivo simétrico.

Informe:

- Compare las tensiones  $V_{tn}$  y  $V_{tp}$  obtenidas con las del modelo suministrado.
- Discuta con su profesor las diferencias encontradas.

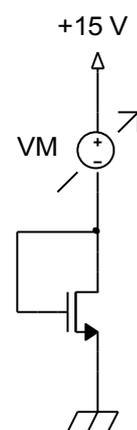


Figura 1

## II) Llave analógica

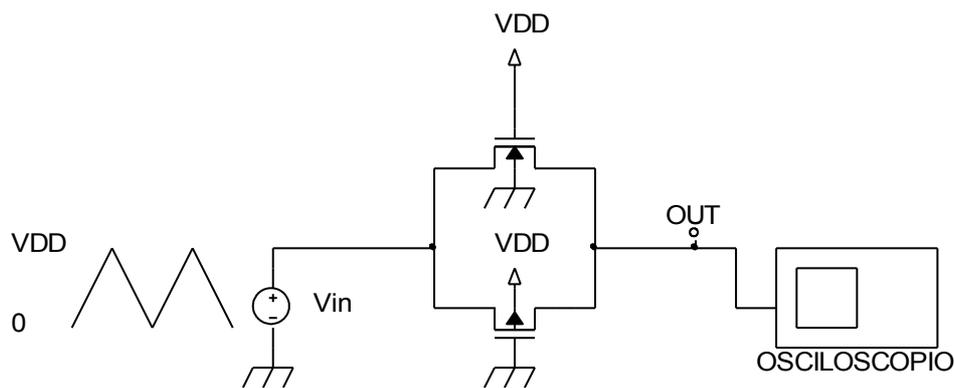
Objetivo: Construir una llave analógica con transistores MOS y estudiar como varía su comportamiento con la tensión de alimentación.

Preparación:

- Determinar el rango de tensión OUT donde el transistor n de la llave conduce para  $V_{DD}=1.8, 3$  y  $8\text{ V}$ . Desprecie el efecto de la tensión de Early.
- Idem para el transistor p de la llave.
- Determine que transistores del chip 4007 va a utilizar.

Armado y Medidas:

- Arme el circuito de la Figura 2.
- Repetir para  $V_{DD}=1.8, 3$  y  $8\text{ V}$ :
  - Antes de conectar la señal de entrada, ajuste el generador de señal y mida que efectivamente la misma esté entre 0 y  $V_{DD}$ .
  - Conecte el circuito y observe la señal de salida.
  - Mida el rango donde la llave analógica no funciona.



Opcional:

- Con  $V_{DD}=8\text{V}$ , desconecte uno de los transistores de la llave y observe el rango de funcionamiento de la misma.

Informe:

- Reporte los rangos medidos y compare con los calculados.

### III) Amplificador CMOS

Objetivo: Relevar el comportamiento de un amplificador CMOS.

Preparación:

- Determine el circuito equivalente en señal, despreciando el efecto de  $R_F$  en señal (se puede demostrar que es despreciable aplicando el teorema de Miller a la resistencia  $R_F$ ).
- Determine el valor de  $I_D$  (corriente de drain en M1) y el valor de los condensadores de desacople para obtener una ganancia de 6 V/V a frecuencias mayores a 1kHz.
- Determine el valor de la resistencia variable  $R_B$  para poder ajustar la corriente  $I_D$  al valor deseado ( $V_{DD}=5V$ ).
- Estime la excursión a la salida.
- Determine que transistores del chip 4007 va a utilizar.

Armado y medidas:

- Desconecte temporalmente el transistor M1 del espejo de corriente (M3 y M2) y utilice una resistencia auxiliar para ajustar  $R_B$  hasta que la corriente  $I_D$  por M2 sea correcta.
- Con el circuito completo mida la ganancia en tensión en la banda pasante y la excursión a la salida.
- Mida las frecuencias de corte inferior y superior del amplificador.

Informe:

- Reporte todas las medidas realizadas y explique las diferencias encontradas.

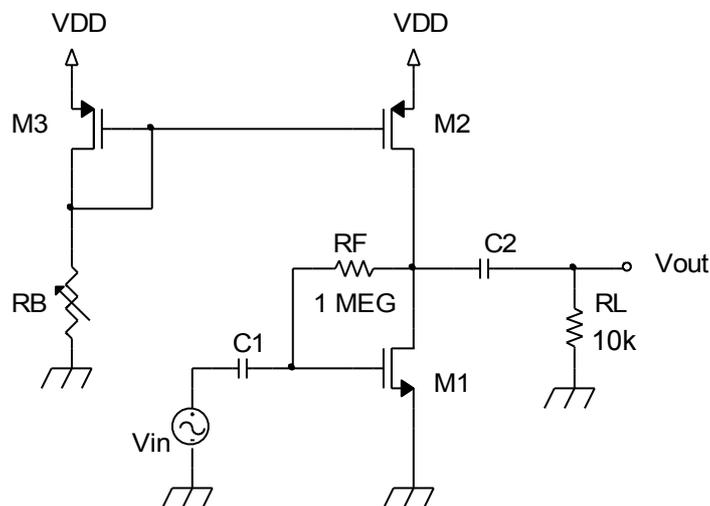


Figura 3