

# Introduzione alla tecnologia AMS-S35 e all'uso di ADS

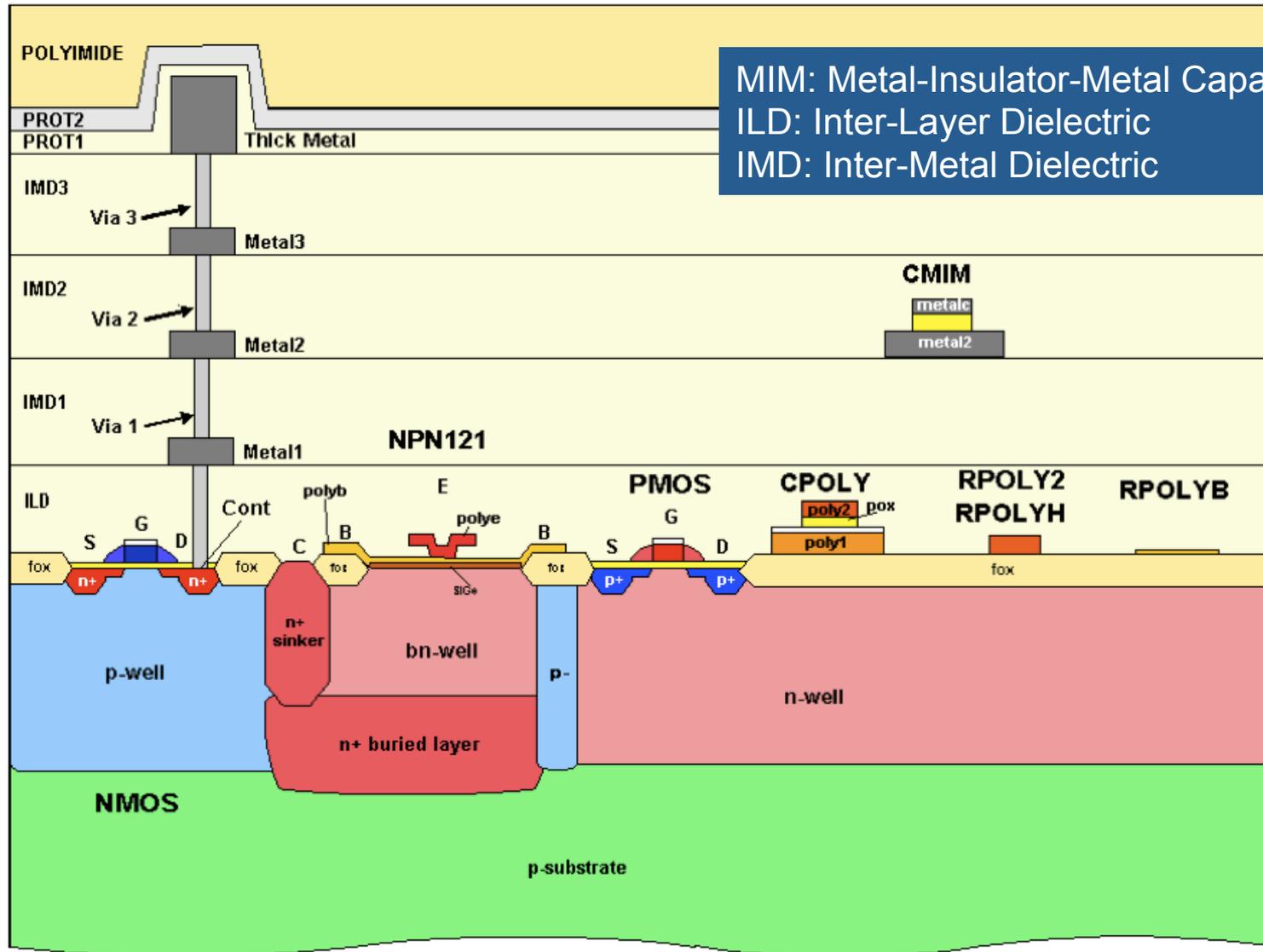
# Sommario

- Tecnologia AMS-S35 (0,35  $\mu\text{m}$  HBT BiCMOS)
- Ambiente ADS (Advanced Design System)
  - Struttura del programma
  - Flusso base di utilizzo
- Lab. 1: caratterizzazione di un transistor *nmosrf*
  - Analisi DC e AC

# Tecnologia AMS-S35

- Processo base: 0,35  $\mu\text{m}$  3P3M BiCMOS
  - Transistori bipolari high-speed HBT (Heterojunction Bipolar Transistor) con base in SiGe
- Tensione alimentazione 3,3 V (standard) e 5 V (opzionale)
- 23÷31 maschere in base alle opzioni richieste (5 V HBT, 5 V CMOS, Thick Metal,...)

# Tecnologia AMS-S35: cross section



# Modelli per simulazione RF

- Simulazione circuiti RF richiede modelli molto accurati dei componenti attivi e passivi
- Estrazione modelli RF processo lungo e costoso
  - Viene effettuato solo per un sottoinsieme dei dispositivi realizzabili in una data tecnologia
  - Modelli RF risultano perciò validi solo per ben specificati intervalli dei relativi parametri geometrici
  - Vincolo nell'esplorazione dello spazio di progetto

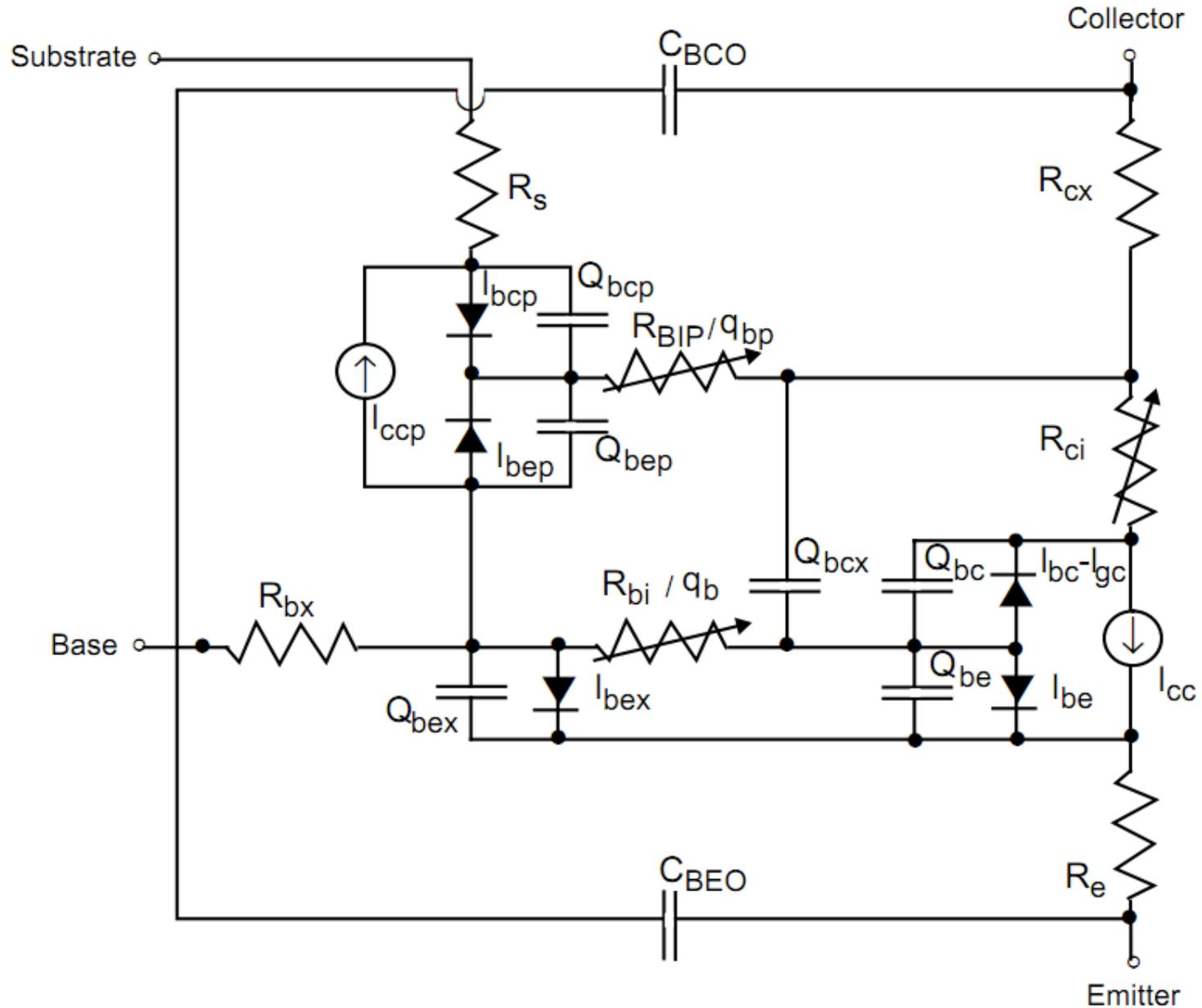
# Transistore bipolare verticale (1)

- VBIC (Vertical Bipolar InterCompany) model
- Dispositivi: npn#C#B#E, npn#C#B#EH5 (H5 opzione 5 V); esempi:
  - npn111 C-B-E (singoli contatti)
  - npn121 C-B-E-B (due contatti di base e singolo contatto di collettore)
  - npn232 C-B-E-B-E-B-C (tre contatti di base e due di collettore)
  - #E = #B - 1 (nel caso di contatto multiplo di base )

# Transistore bipolare verticale (2)

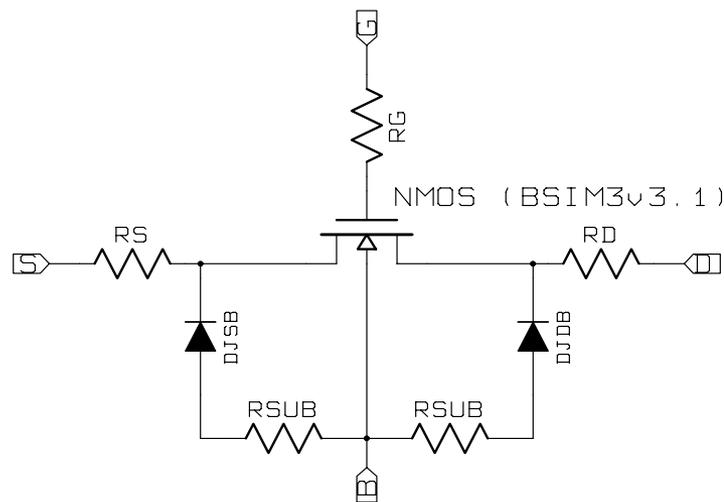
- Limiti validità:
  - *Frequenza*  $\leq 20$  GHz
  - *Larghezza emettitore* =  $0,4 \mu\text{m}$
  - *Lunghezza singolo emettitore* =  $0,8 \div 24 \mu\text{m}$
- Lunghezza effettiva di emettitore  $L$  si specifica attraverso parametro *AREA*
  - *AREA* fattore di scala per alcuni parametri del modello
  - Modello si riferisce lunghezza emettitore  $L_0 = 1 \mu\text{m}$
  - $AREA = L/L_0$

# Modello VBIC

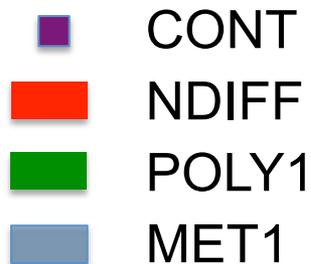
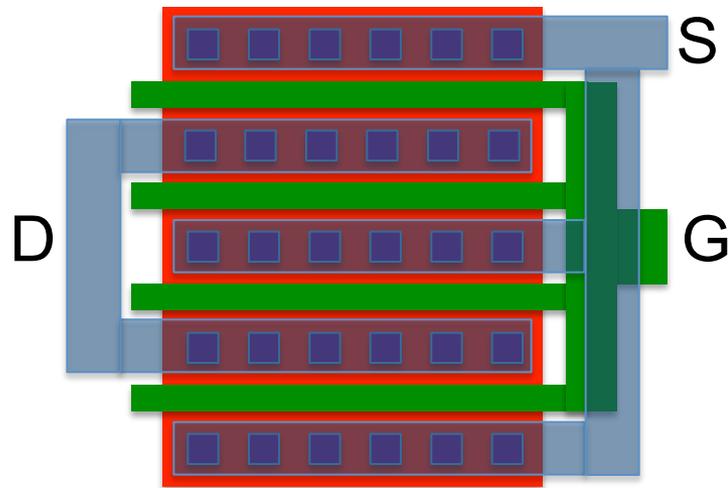


# Transistori *pmosrf* e *nmosrf* (1)

- Modello (*subcircuit*) che incorpora model BSIM3v3.1, pù resistenze parassite di *gate* e *substrato* oltre a quelle di *drain* e *source*
- Parametri modello sono scalati in base al numero di gate finger (#MOS in parallelo)



# Transistori *pmosrf* e *nmosrf* (2)



- NMOS con più *gate finger* ( $ng = 4$ )
- 4 NMOS in parallelo
- Larghezza totale è  $ng$  volte quella di un singolo *gate finger*
- Vantaggio: minore area e perimetro *drain* e *source* e quindi minori capacità parassite

# Transistori *pmosrf* e *nmosrf* (3)

- Limiti validità modello:
  - *Frequenza*  $\leq 6$  GHz
  - *Larghezza totale gate*  $W_{tot} =$  NMOS  $200 \mu\text{m}$ ; PMOS  $150 \mu\text{m}$
  - *Larghezza gate finger*  $W_f = 5 \mu\text{m}$  o  $10 \mu\text{m}$
  - *Lunghezza gate*  $L = 0,35 \mu\text{m}$  (quella minima prevista dalla tecnologia)
  - *Gate finger* connessi solo su un lato
  - $W_{tot} = n_g \times W_f$ ;  $n_g =$  numero *gate finger*

# Transistori *pmosrf* e *nmosrf* (4)

- Parametrici tipici:
  - *Spessore ossido di campo*: 290 nm
  - *Spessore ossido di gate*: 7,6 nm
  - *Tensione di soglia NMOS canale corto*: 0,5 V  
( $W=10\ \mu\text{m}$ ;  $L=0,35\ \mu\text{m}$ )
  - *Tensione di soglia PMOS canale corto*: -0,65 V  
( $W=10\ \mu\text{m}$ ;  $L=0,35\ \mu\text{m}$ )

# Advanced Design System (ADS)

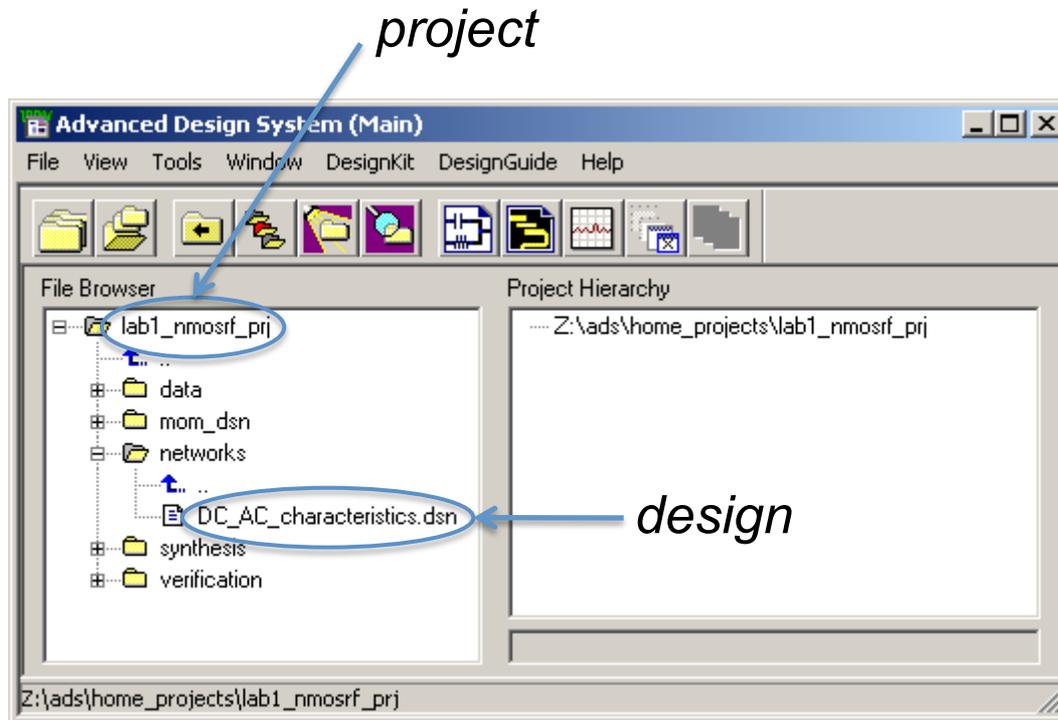
- Appartiene categoria software EDA (Electronic Design Automation) sviluppato da Agilent ora Keysight
- Insieme integrato di tool di ausilio all'intero flusso di progetto (dalla definizione delle specifiche al layout) di un circuiti a RF e microonde
  - Più livelli di simulazione e verifica: *system-level* (Ptolemy), *elettromagnetica* (Momentum), *circuitale* (DC, AC, S-parameters, HB, ecc.)

# ADS: struttura

- File organizzati in *project* con uno o più *design*
  - *project* (folder: <project\_name>\_prj) contenitore
  - *design* (file: <design\_name>.dsn) effettivo circuito con relativo schematico e layout
- Tre finestre principali:
  - *Main window*: finestra per gestione progetti e design-kit
  - *Schematic/Layout window*: finestra di lavoro
  - *Data display window*: finestra per visualizzazione dati

# ADS: *main window* (1)

- Creare e gestire *project*
- Set-up design kit (quando si cambia tecnologia)

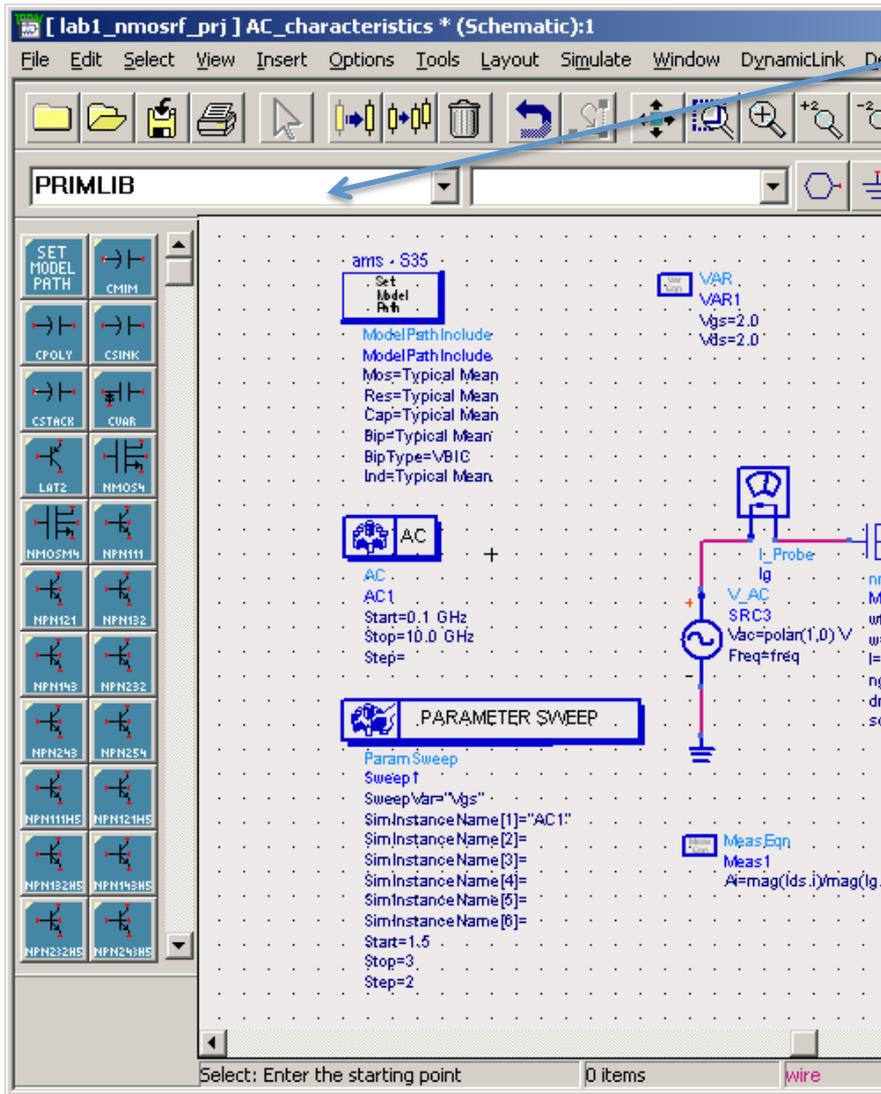


- Project root:
  - file ausiliari e visualizz. dati (.dds)
- Project subfolders:
  - *data*: contiene risultati simulazioni (.ds)
  - *networks*: contiene *designs* (.dsn)
  - ...

# ADS: *schematic window* (1)

- Descrizione del circuito
- Impostazione analisi simulazione
- Percorso modelli e *corner di processo* (*typical mean, worst speed, worst power, ...*)
- Variabili e *measurement equation*
- Tutto è gestito attraverso *component* (simboli sullo schematico) disponibili all'interno di librerie (*Component Palette*)

# ADS: *schematic window* (2)



## Component Palette List

- Lumped Components
- Sources-
  - Controlled, Freq Domain, Time Domain, ...
- Simulation-
  - DC, AC, HB, S\_Param, ...
- Probe Components
- PRIMLIB, PRIMLIBRF
- ...

# ADS: schematic window (2)

**current probes**  
(ris. sim. contengono correnti gen. tensione)

**ground**

**ams - S35**  
Set Model Path  
Model Path Include  
Model Path Include  
Mos=Typical Mean  
Res=Typical Mean  
Cap=Typical Mean  
Bip=Typical Mean  
Bip Type=VBIC  
Ind=Typical Mean

**AC**  
AC1  
Start=0.1 GHz  
Stop=10.0 GHz  
Step=

**.PARAMETER SWEEP**  
Param Sweep  
Sweep 1  
Sweep Var="Vgs"  
Sim Instance Name [1]="AC1"  
Sim Instance Name [2]=  
Sim Instance Name [3]=  
Sim Instance Name [4]=  
Sim Instance Name [5]=  
Sim Instance Name [6]=  
Start=1.5  
Stop=3  
Step=2

**VAR**  
VAR1  
Vgs=2.0  
Vds=2.0

**nmosrf**  
MN1  
wtot=10 um  
w=10 um  
l=0.35 um  
ng=1  
drain Contact=t  
source Contact=t

**I\_Probe**  
Ig

**I\_Probe**  
Ids

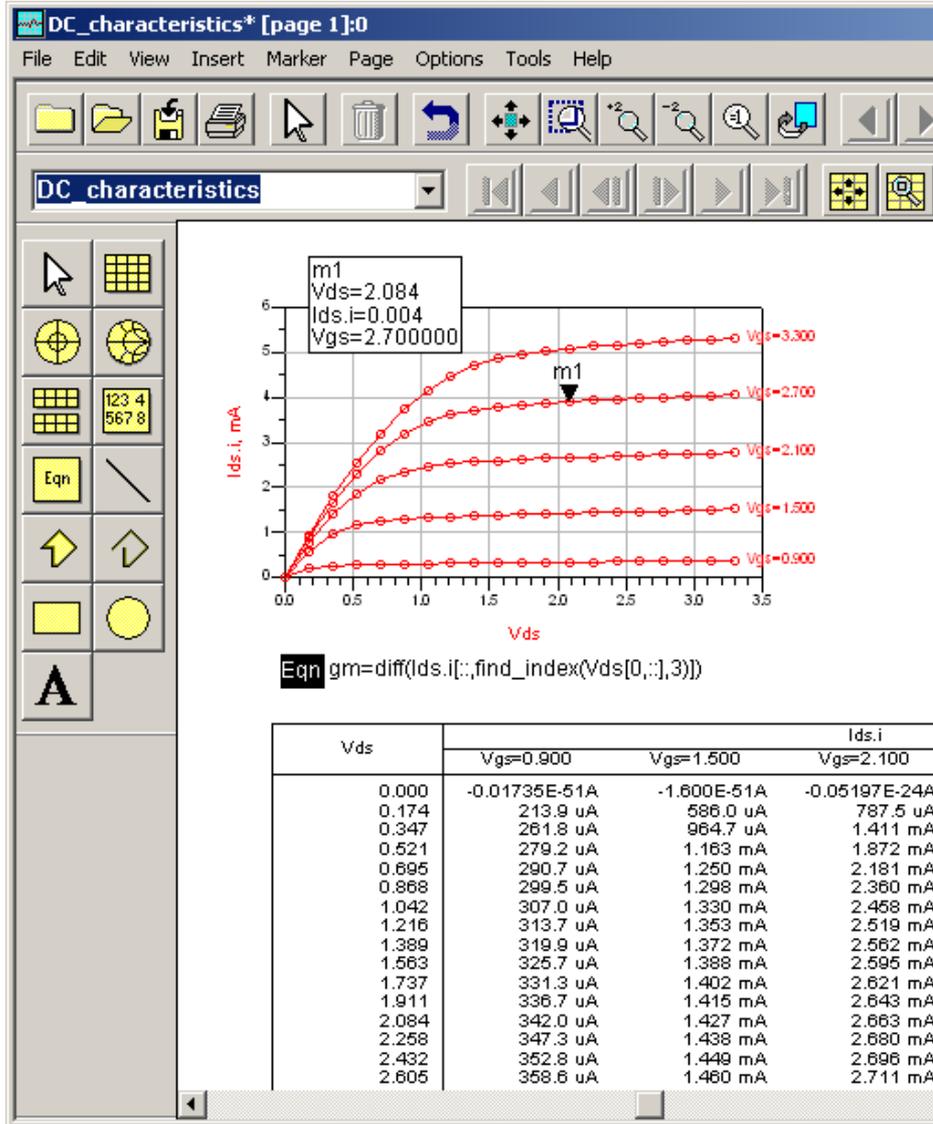
**V\_AC**  
SRC3  
Vdc=pol(1,0) V  
Freq=freq

**V\_DC**  
SRC2  
Vdc=Vds V

**MeasEqn**  
Meas1  
A=mag(ids.i)/mag(ig.i)

Select: Enter the starting point | 0 items | wire | 1.625, -3.375 | 2.875, -1.750 | in | A/R/F | Sir

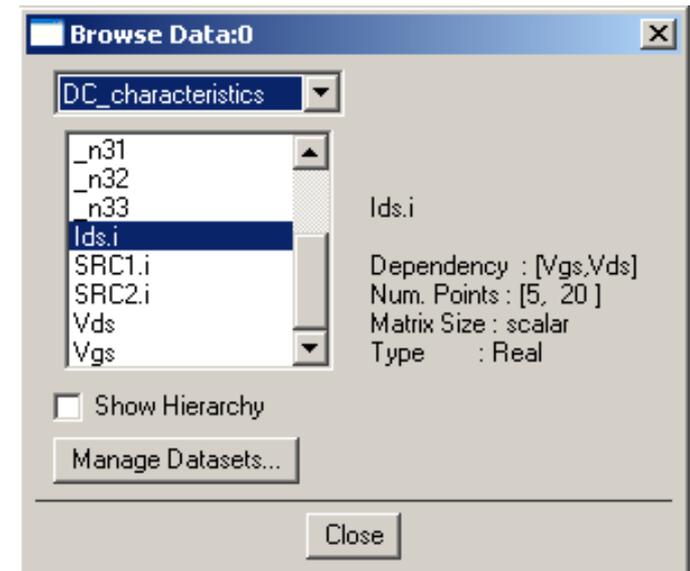
# ADS: *data display window* (1)



- Si possono inserire equazioni
- Più modi di visualizzare risultati simulazioni ed equazioni
  - Grafico
  - Tabella

# ADS: *data display window* (2)

- Risultato simulazione array multi-dimensionale
- Ogni dimensione corrisponde a una variabile indipendente della simulazione:
  - variabili *parameter sweep* e variabile propria simulazione (*time* per analisi TRAN, *freq* per analisi AC,...)
- Esempio: *DC sweep* (variabile *Vds*) e *parametric sweep* (variabile *Vgs*)
  - `Ids.i[3,::]` seleziona la terza riga; valori *Ids* con *Vgs* uguale al quarto valore assunto nello *sweep*



# Lab 1: nmos-rf

- Apriamo ADS ...
- Cimentiamoci con le simulazioni proposte nella guida al lab. 1 - nmosrf



# Riferimenti

- Note introduttive all'uso di Advanced Design Software (ADS), rev. 11-2009.