

Simulazione: Analog Environment e SpectreS



Analog Environment e' l'ambiente di simulazione analogica o Mixed-Signal integrato in Design Framework II. E', in sostanza, un' interfaccia grafica tra lo schematic editor, il simulatore vero e proprio e i vari strumenti di analisi dei risultati.

L'utilizzo di Analog Environment e' indipendente dal tipo di simulatore utilizzato

- Netlist del circuito nel linguaggio del simulatore
- Tipo di analisi (DC, Transient, AC, ...)
- Simulazione
- Visualizzazione dei risultati

Il simulatore analogico puo' essere:

- Cadence Spice
- Hspice
- Eldo
- Cadence SpectreS

- **Setup**
- **Utilizzo di Design Variables**
- **Analisi con SpectreS**
- **Selezione delle variabili da salvare**
- **Simulazione**
- **Analisi parametrica**
- **Plot-Print dei risultati**
- **Utilizzo del calcolatore e del Result Browser**
- **Corner Analysis**
- **Cenni sull'analisi Monte Carlo**
- **Cenni sull'analisi Mixed-Signal**

Analog Environment

Schematic window → Tools → Analog Environment

- Design ...
- Simulator/Directory/Host ...
- Temperature ...
- Model Path ...
- Environment ...
- Stimulus
- Simulation Files

- Choose ...
- Delete
- Enable
- Disable

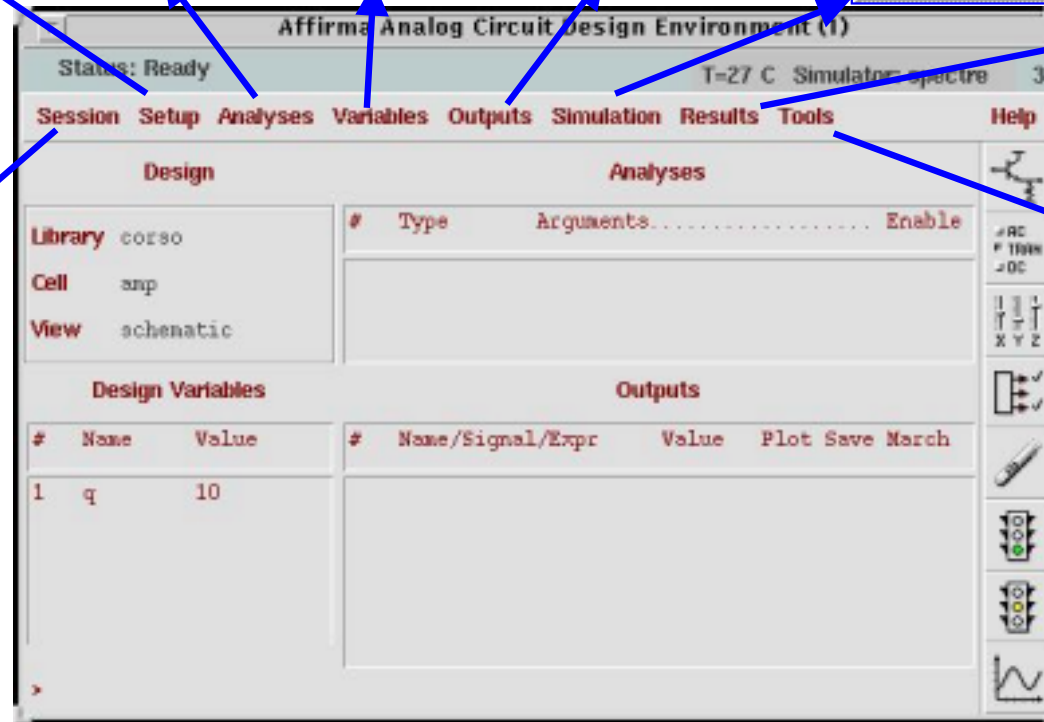
- Edit ...
- Delete
- Find
- Copy From Cellview
- Copy To Cellview

- Setup ...
- Delete
- To Be Saved
- To Be Marched
- To Be Plotted
- Save All ...

- Run
- Stop
- Options
- Netlist
- Command Type-In ...
- Output Log ...
- Convergence Aids

- Plot Outputs
- Direct Plot
- Print
- Annotate
- Save ...
- Select ...
- Plotting Options ...

- Schematic Window ...
- Save State ...
- Load State ...
- Options ...
- Reset
- Quit



- Parametric Analysis ...
- Comers ...
- Monte Carlo ...
- Optimization ...
- AHDL Debugger
- Calculator ...
- Results Browser ...
- Waveform ...
- Results Display ...
- Job Monitor ...

Setup

Setup → Design per selezionare il circuito da simulare

Library name: corso

Cell name: amp

View name: schematic

Setup → Simulator per selezionare il simulatore e la directory di simulazione

Simulator: SpectreS

Project dir: ./Sim

Host mode: local

Setup → Temperature per impostare la temperature, ad es. 27° C

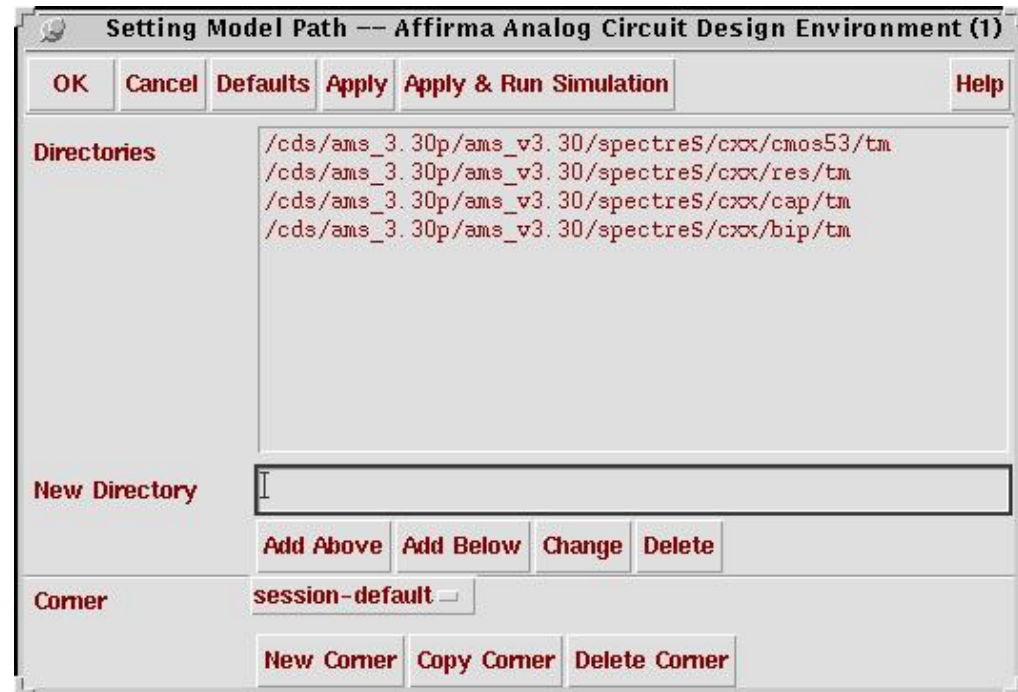
Setup Model Path

Setup → Model path per impostare le directory dei modelli di simulazione

- E' possibile introdurre più liste di directory (**corner**) per verificare la funzionalità del circuito in diverse condizioni (con altri modelli)

- E' possibile selezionare un corner esistente, cancellarlo, copiarlo o crearne di nuovi

- Il corner selezionato e' quello che sarà utilizzato nelle simulazioni successive



Il corner typical da impostare e':

/cds/ams_3.30p/ams_v3.30/spectreS/cyx/cmos53/tm

/cds/ams_3.30p/ams_v3.30/spectreS/cyx/res/tm

/cds/ams_3.30p/ams_v3.30/spectreS/cyx/cap/tm

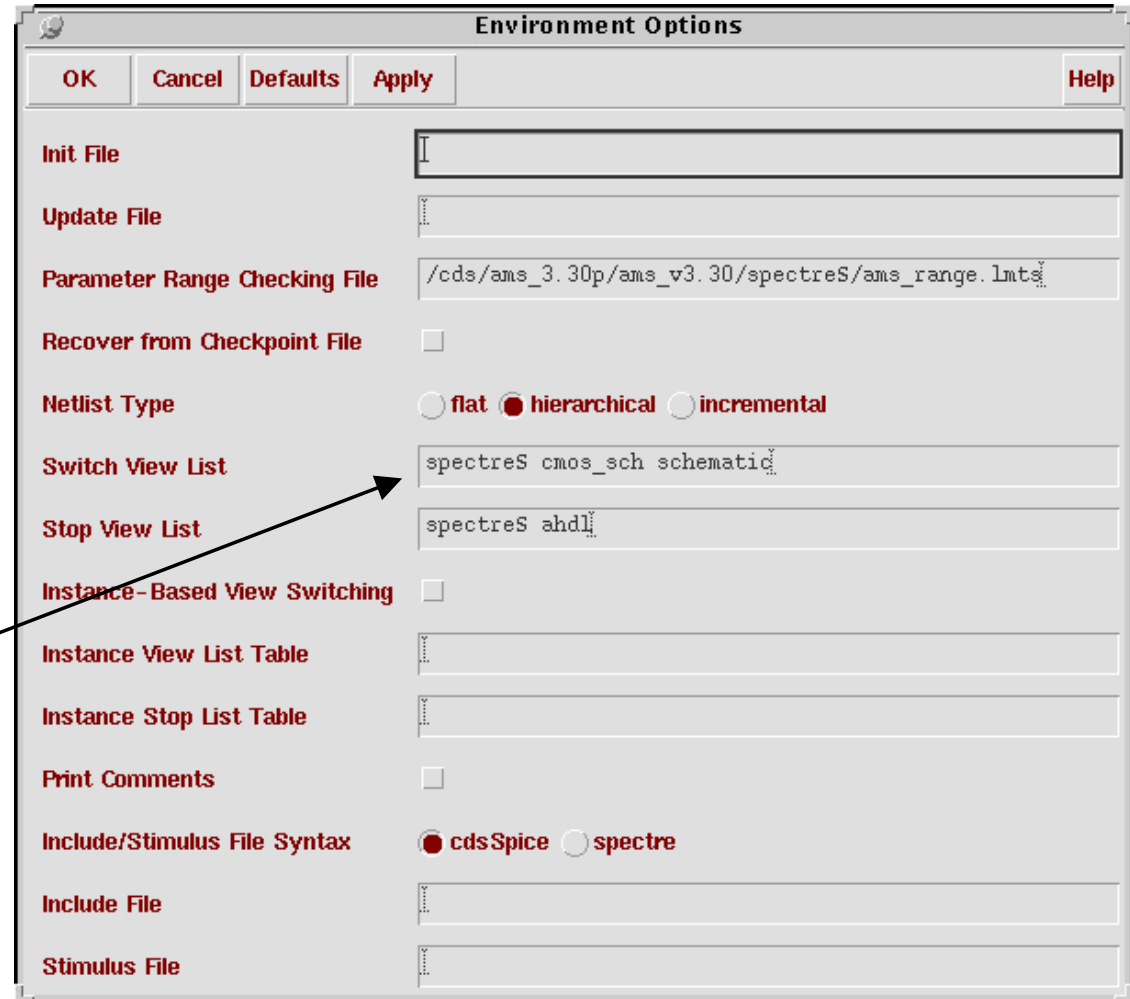
/cds/ams_3.30p/ams_v3.30/spectreS/cyx/bip/tm

Setup Environment

Setup → Environment: per introdurre ulteriori informazioni

- **Init file:** tipicamente per impostare parametri e definire funzioni
- **Update file:** tipicamente per aggiornare variabili o modelli
- **Stimulus o Include files:** altre informazioni per il simulatore
- **Netlist type:** flat, gerarchica o incrementale

• **Switch e Stop View list:** specifica, nell'ordine, le View delle celle da utilizzare per la generazione della netlist



The screenshot shows the 'Environment Options' dialog box with the following fields and controls:

- Init File:** [Empty text field]
- Update File:** [Empty text field]
- Parameter Range Checking File:** /cds/ams_3.30p/ams_v3.30/spectreS/ams_range.lmts
- Recover from Checkpoint File:**
- Netlist Type:** flat hierarchical incremental
- Switch View List:** spectreS cmos_sch schematic
- Stop View List:** spectreS ahdl
- Instance-Based View Switching:**
- Instance View List Table:** [Empty text field]
- Instance Stop List Table:** [Empty text field]
- Print Comments:**
- Include/Stimulus File Syntax:** cdsSpice spectre
- Include File:** [Empty text field]
- Stimulus File:** [Empty text field]

Buttons: OK, Cancel, Defaults, Apply, Help

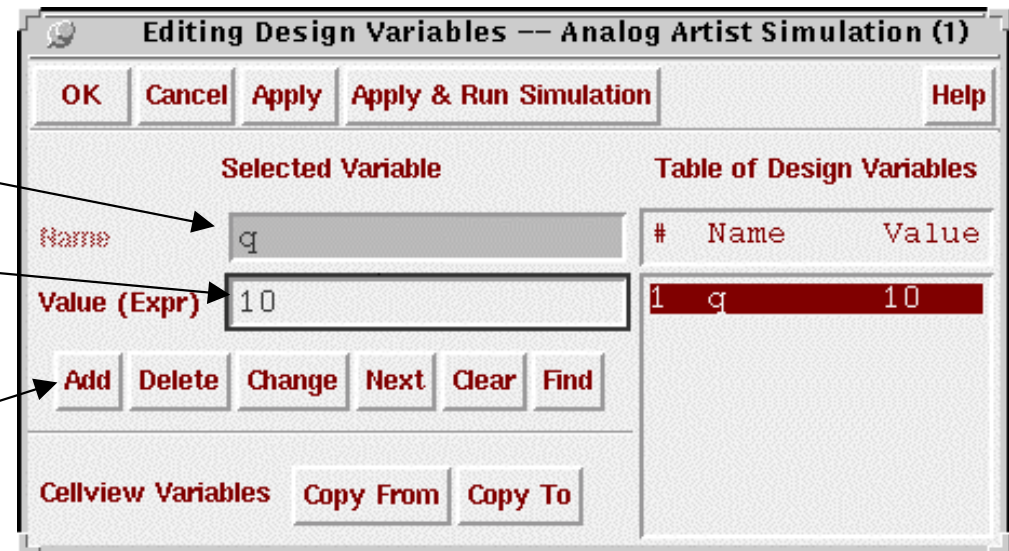
Design variables

Variable → Edit: per aprire il menu delle variabili

1) Nome variabile

2) Valore numerico, funzione o altra variabile

3) Cliccare **Add**: la nuova variabile compare nella tabella a destra



4) Per modificare una variabile: selezionarla dalla tabella a destra, fare le modifiche e quindi cliccare **Change**

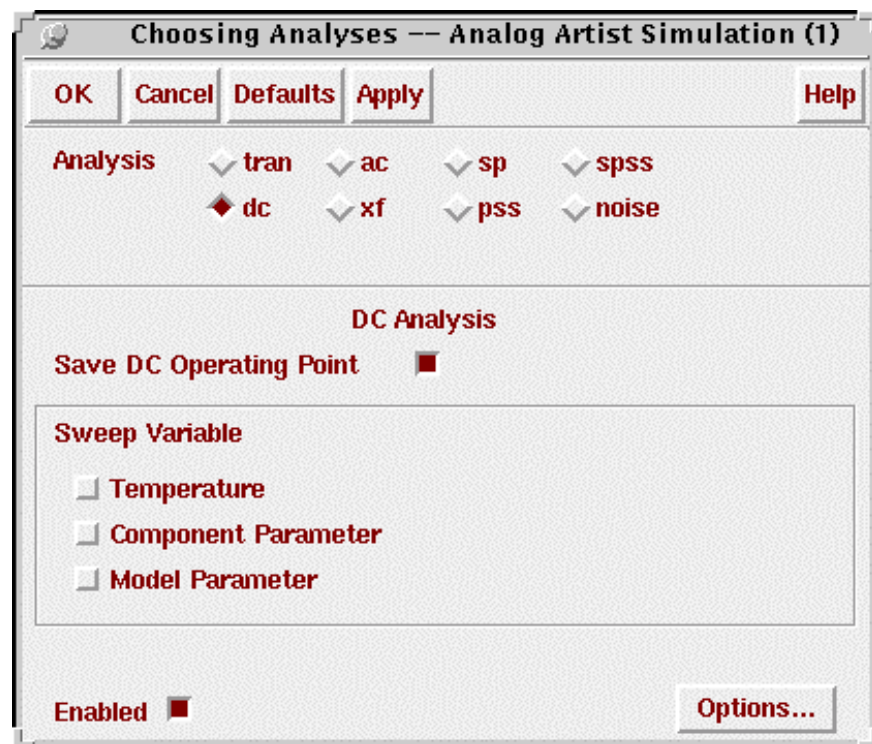
5) Per cancellare una variabile: selezionarla dalla tabella a destra e cliccare **Delete**

Analisi (1)

Analyses → Choose: per impostare il tipo di analisi

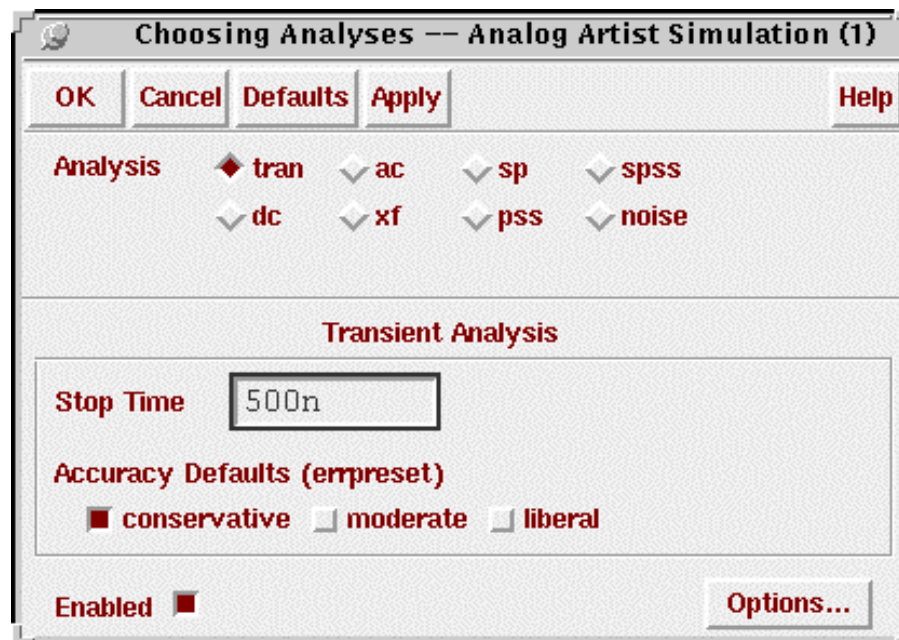
N.B. Per una documentazione completa sul simulatore, fare riferimento a *cdsdoc - SpectreS!*

1) **DC:** trova il punto di lavoro del circuito. E' possibile anche generare curve di trasferimento, facendo variare un parametro (sweep variable) in un certo range da specificare



Analisi (2)

2) **Transient**: determina la risposta in transitorio del circuito nell'intervallo compreso tra $t=0$ e Stop Time. La condizione iniziale e' data dal punto di lavoro trovato nell'analisi in DC



Liberal: veloce ma poco accurata (circuiti digitali)

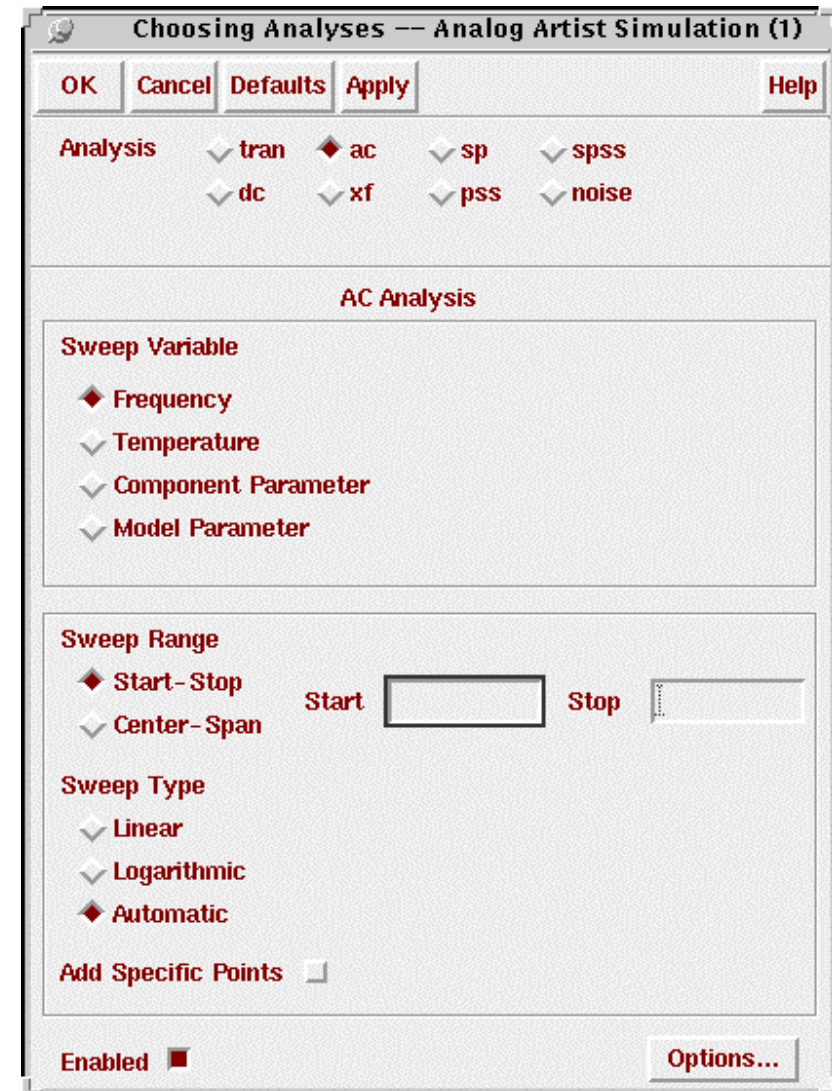
Moderate: accuratezza intermedia

Conservative: molto accurata, ma lenta (circuiti analogici)

Analisi (3)

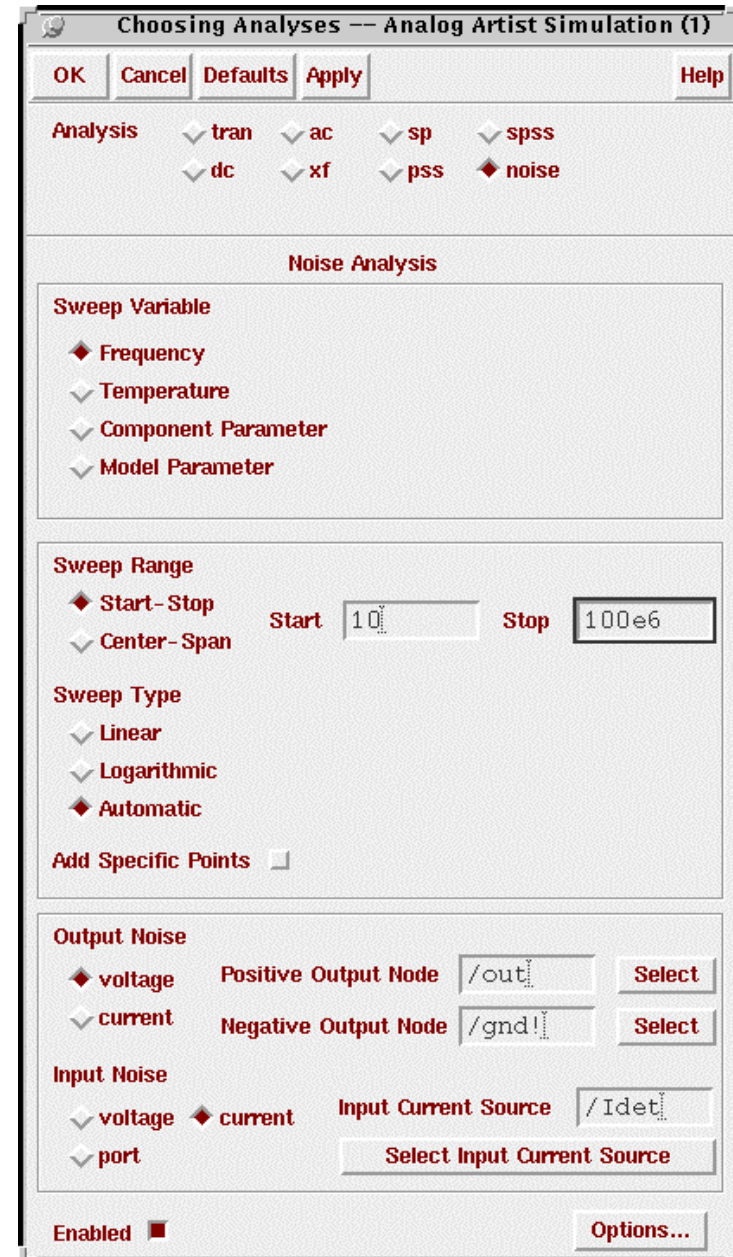
3) **AC**: linearizza il circuito intorno al punto di lavoro e determina la risposta ad un “piccolo” stimolo sinusoidale, al variare di un parametro: f , T , ...

N.B. E' necessario introdurre nel circuito una generatore AC o, piu' semplicemente, specificare “AC magnitude = 1A” nelle proprieta' del generatore di impulsi usato per l'analisi in transitorio (ipulse, vpulse etc.).



Analisi (4)

4) **Noise**: dopo aver specificato l'ingresso e il nodo di uscita, determina la densità spettrale di rumore all'uscita



Choosing Analyses -- Analog Artist Simulation (1)

OK Cancel Defaults Apply Help

Analysis tran ac sp spss
 dc xf pss noise

Noise Analysis

Sweep Variable
 Frequency
 Temperature
 Component Parameter
 Model Parameter

Sweep Range
 Start-Stop Start 10 Stop 100e6
 Center-Span

Sweep Type
 Linear
 Logarithmic
 Automatic

Add Specific Points

Output Noise
 voltage Positive Output Node /out Select
 current Negative Output Node /gnd! Select

Input Noise
 voltage current Input Current Source /Idet
 port Select Input Current Source

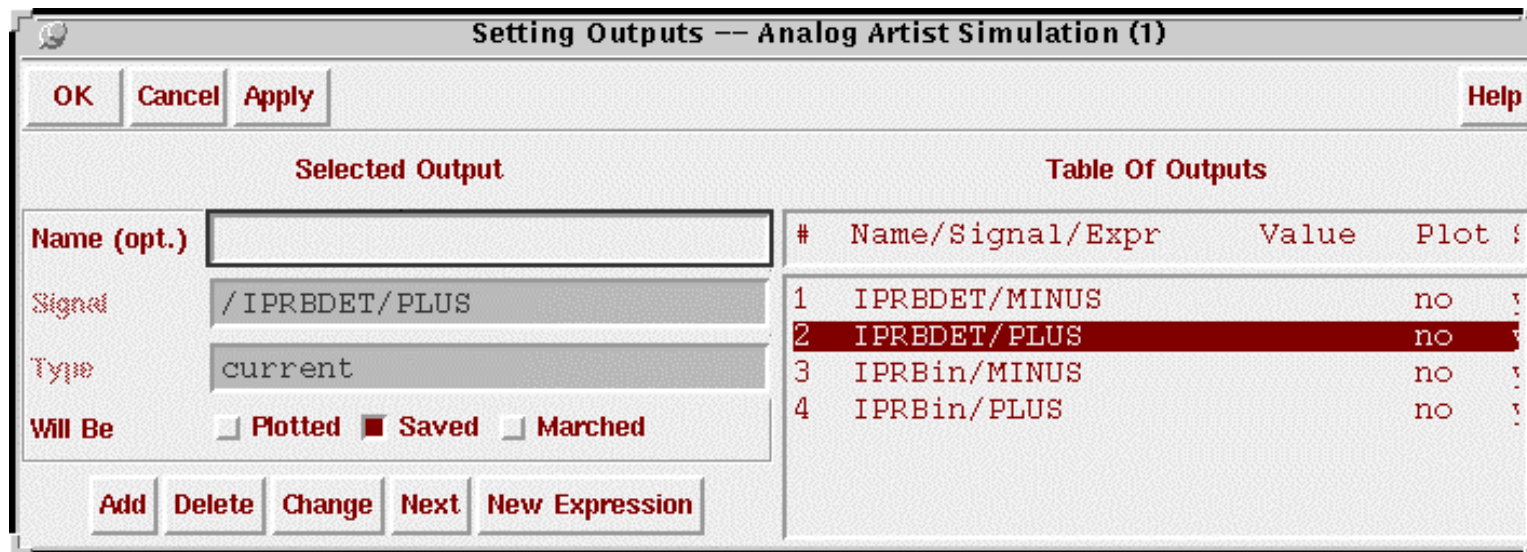
Enabled Options...

Selezione dati (1)

Analog Artist tiene traccia di tre insiemi di net (tensioni) e terminali (correnti):

- 1) **Saved**: salvati su disco
- 2) **Plotted**: le forme d'onda vengono automaticamente visualizzate al termine della simulazione
- 3) **Marched**: le forme d'onda vengono visualizzate durante la simulazione

Output → **Setup** per introdurre e modificare le variabili da salvare



Selezione dati (2)

Per selezionare gli insiemi dallo schematico:

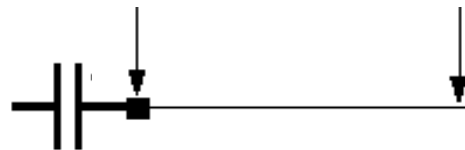
1) **Output** → **To be saved (Plotted, Marched)** → **Select On Schematic**

N.B. Per salvare le correnti di terminale, inserire nello schema il componente **AnalogLib-Iprobe**

2) Nello schematico, selezionare uno o piu' nodi o terminali

Cliccare qua per
selezionare la corrente di
terminale

Cliccare sul wire per
selezionare la tensione del
nodo

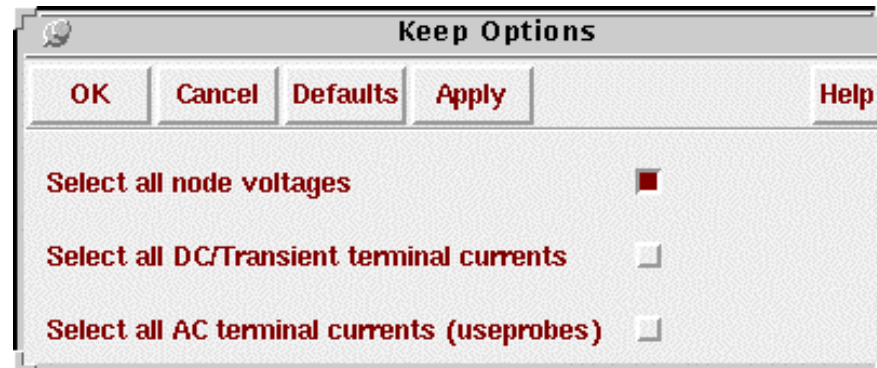


3) Premere **Escape** per terminare

Selezione dati (3)

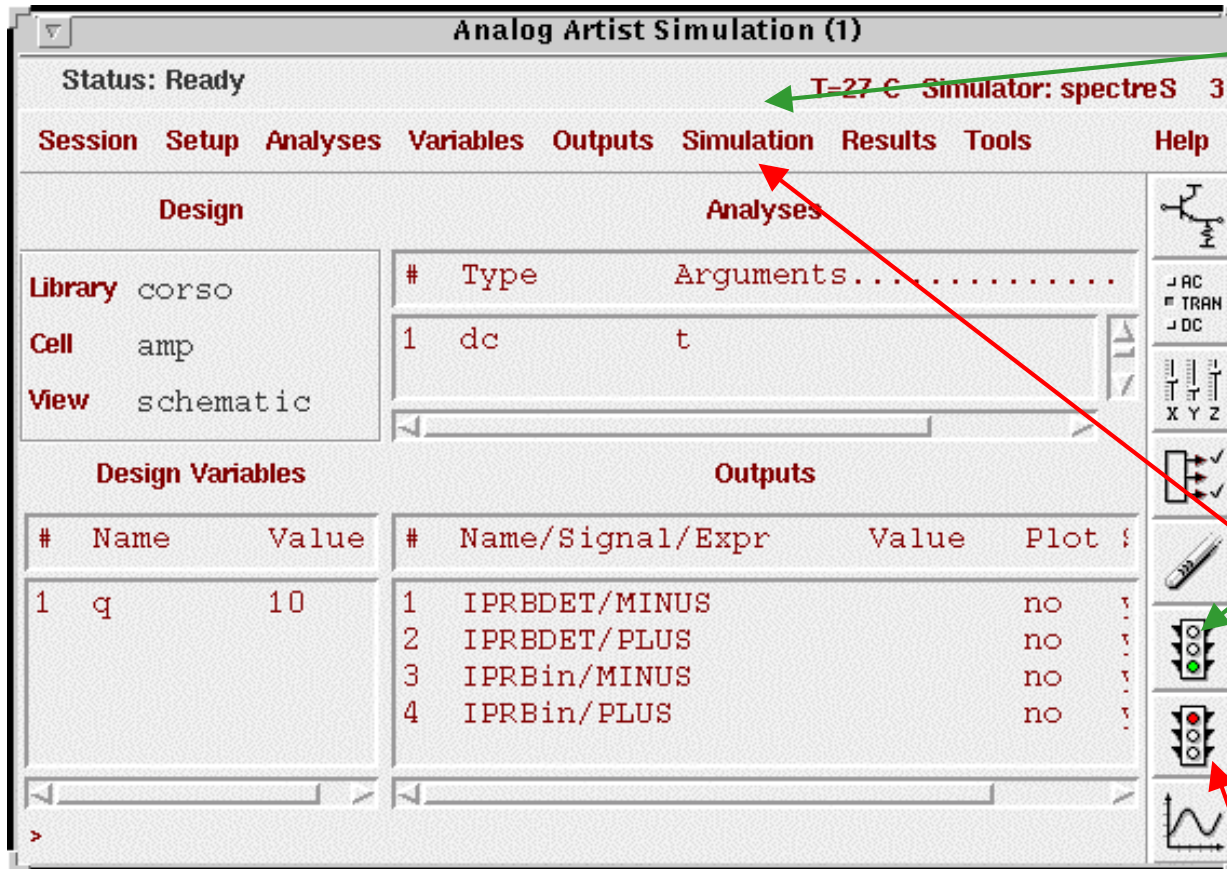
Per salvare tutte le tensioni-correnti:

Output → **Save All**, ma c'e' il rischio di generare enormi database



N.B. Se si sceglie la noise analysis, l'opzione *Select All* viene automaticamente disabilitata

Simulazione (1)



Per iniziare:

Simulation → Run

oppure

Cliccare sul semaforo verde

Per terminare prematuramente

Simulation → Stop

oppure

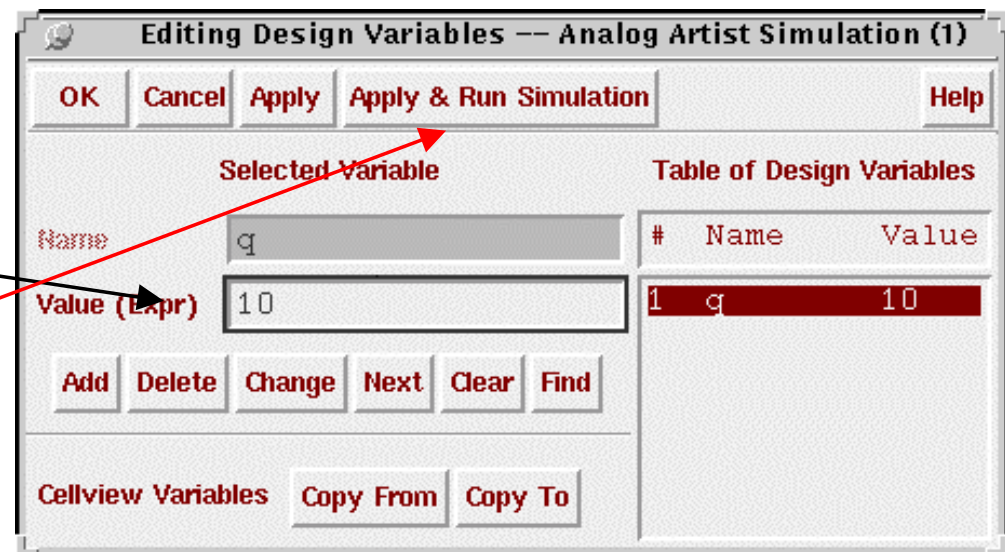
Cliccare sul semaforo rosso

Simulazione (2)

Per cambiare una o piu' variabili e iniziare una nuova simulazione :
Variables → Edit

1) Selezionare la variabile e modificarla

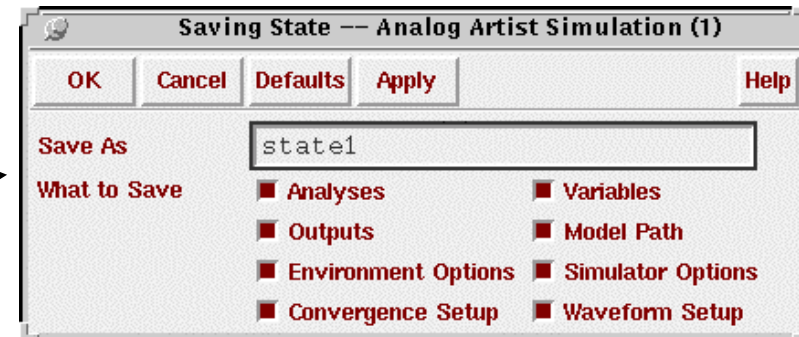
2) Click **Apply & Run Sim**



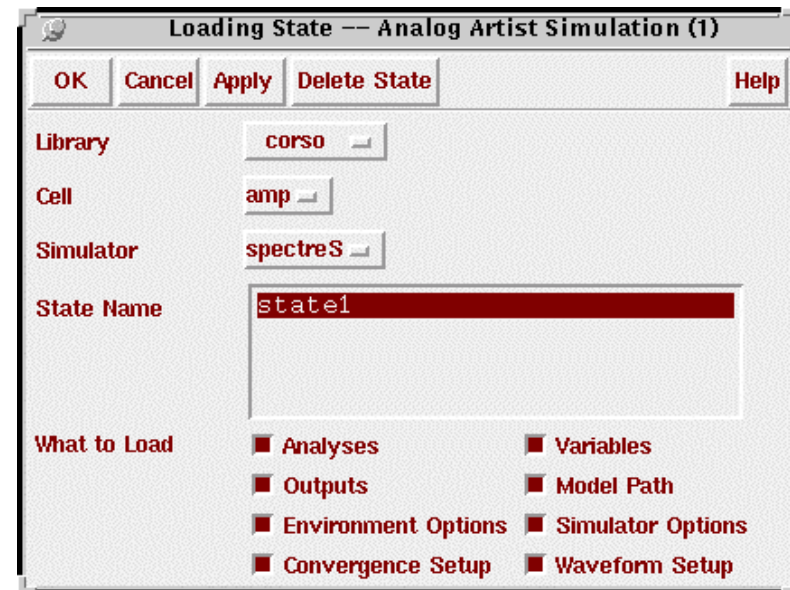
Salvare e ricaricare lo State

In qualsiasi momento e' possibile salvare su file le impostazioni della simulazione: **Session → Save State**

- 1) Scegliere quali informazioni salvare
- 2) Introdurre un filename
- 3) Click **OK**



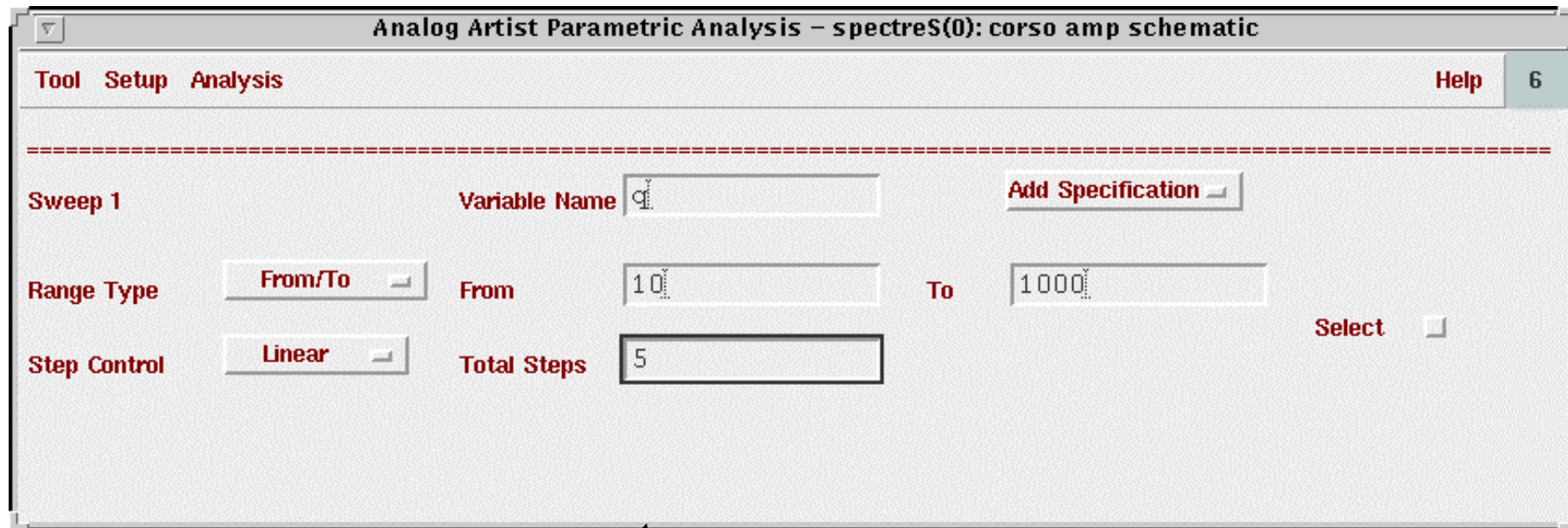
Per ricaricare le impostazioni salvate:
Session → Load State



Analisi Parametrica (1)

L'analisi parametrica e' un tool molto utile in fase di progetto e verifica di un circuito. Permette di simulare un circuito al variare di una o piu' variabili (**sweeping parameter**), ad es. il valore di una capacita', o un parametro di modello, etc. in un certo range. Il Plot produrra' famiglie di curve

Tools → Parametric Analysis

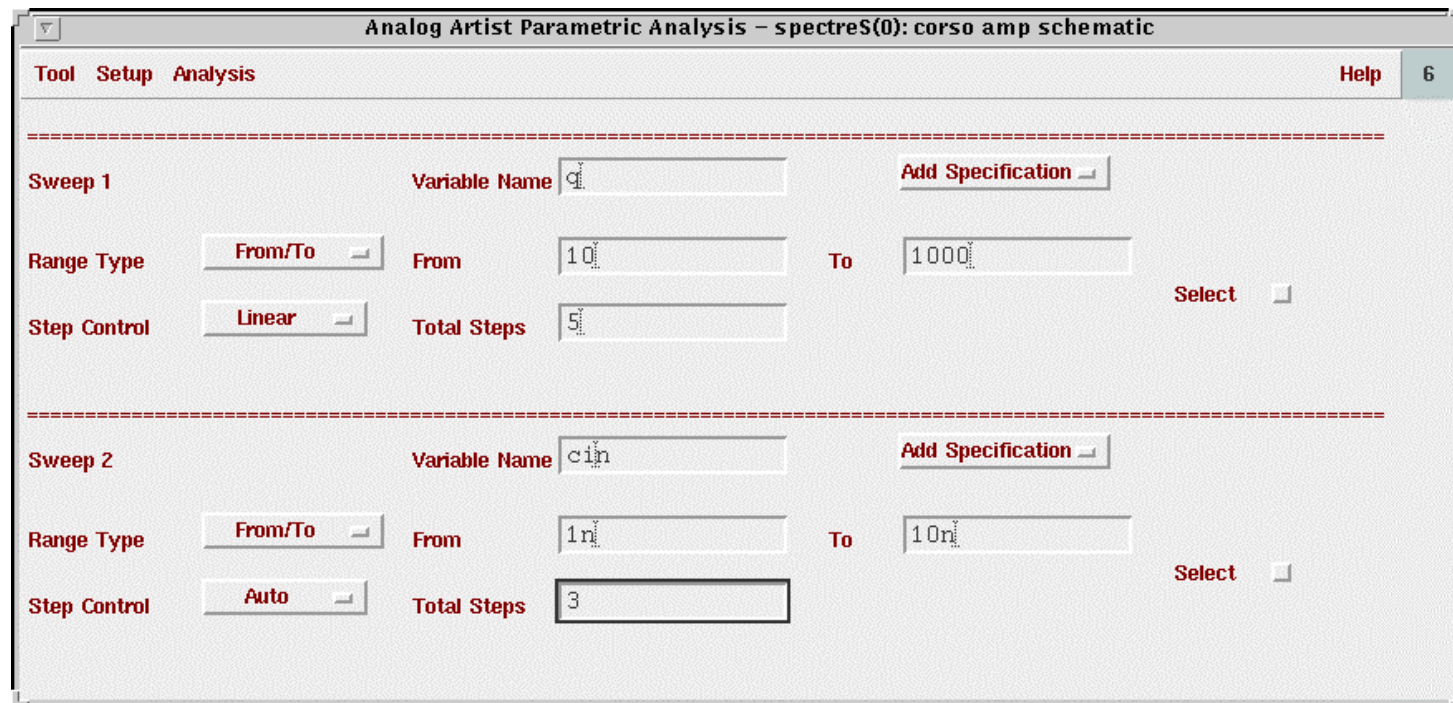


Es.: vengono eseguite 5 simulazioni, facendo variare q tra 10 e 1000, scegliendo i punti intermedi in modo lineare

Analisi Parametrica (2)

Se viene fatto variare piu' di un parametro:

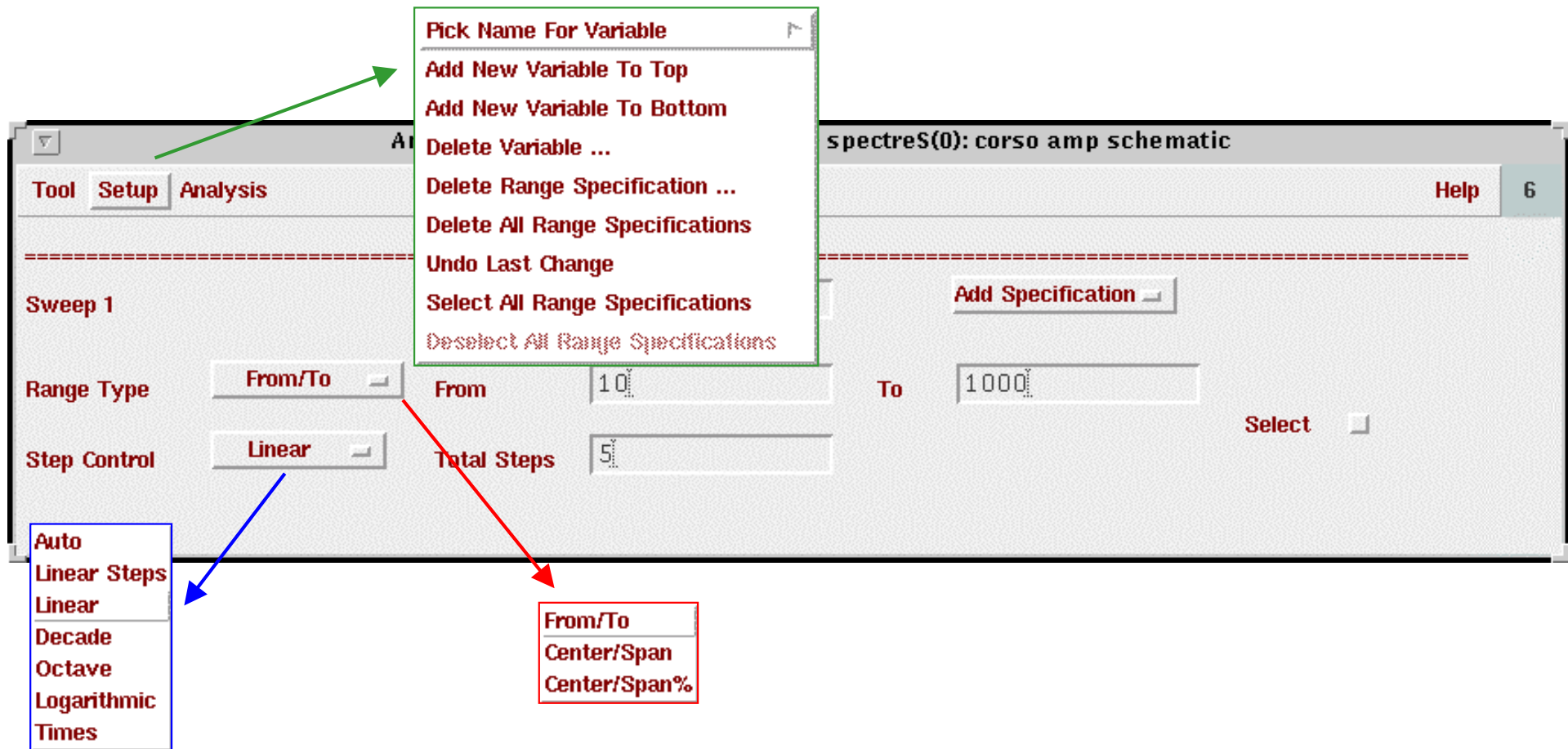
- 1) Si assegna il primo valore alla prima variabile (Sweep 1)
- 2) Si variano le altre variabili nel loro ciclo, nell'ordine (Sweep2, Sweep3,)
- 3) La prima variabile passa al secondo valore e cosi' via, fino ad esaurire tutte le combinazioni



Analisi Parametrica (3)

Per aggiungere, cancellare o modificare variabili da far variare (sweep):

Setup → ...



The screenshot shows the 'spectreS(0): corso amp schematic' window with the 'Setup' menu open. The menu options are:

- Pick Name For Variable
- Add New Variable To Top
- Add New Variable To Bottom
- Delete Variable ...
- Delete Range Specification ...
- Delete All Range Specifications
- Undo Last Change
- Select All Range Specifications
- Deselect All Range Specifications

The sweep configuration panel shows:

- Range Type: From/To
- From: 10
- To: 1000
- Step Control: Linear
- Total Steps: 5

Additional context menus are shown:

- A blue-bordered menu for 'Step Control' with options: Auto, Linear Steps, Linear, Decade, Octave, Logarithmic, Times.
- A red-bordered menu for 'Range Type' with options: From/To, Center/Span, Center/Span%.

PLOT

- 1) Le variabili inserite nel gruppo *to be plotted* verranno automaticamente plottate nella *waveform window* al termine della simulazione
- 2) Aggiungere nuove forme d'onde da plottare: **Outputs → To be saved → Select On Schematic** e terminare con **ESC**. Poi, **Results → Plot Outputs → Transiente (or AC, ...)**
- 3) Per visualizzare direttamente altre forme d'onda:
Results → Direct Plot → Transient signal (or AC Magnitude, ...)
- 4) **Tools → Result Browser**
- 5) **Tools → Calculator**

PRINT

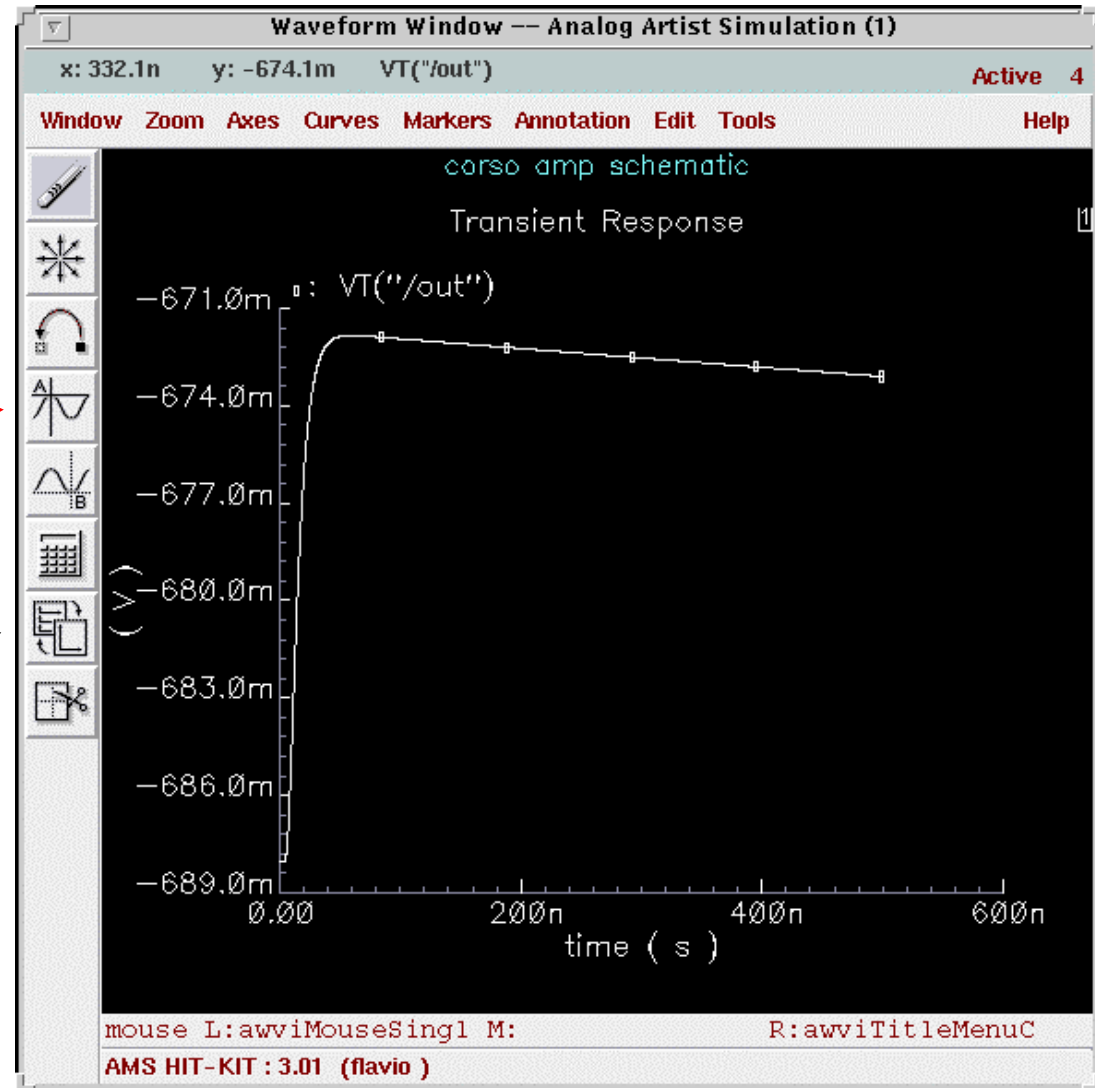
- 1) **Results → Print → DC op. point (or Model Param., ...)**
- 2) **Tools → Result Browser**
- 3) **Tools → Calculator**

ANNOTATE

- 1) **Results → Annotate → DC op. point (or Model Param., ...)**

Plot dei risultati (1)

- Cancella gli oggetti selezionati →
- Muove gli oggetti selezionati →
- Undo sull'ultimo comando →
- Introduce o muove il Marker A →
- Introduce o muove il Marker B →
- Apri il Calcolatore →
- Modo strip e modo composito →
- Aggiunge nuove sotto-finestre →



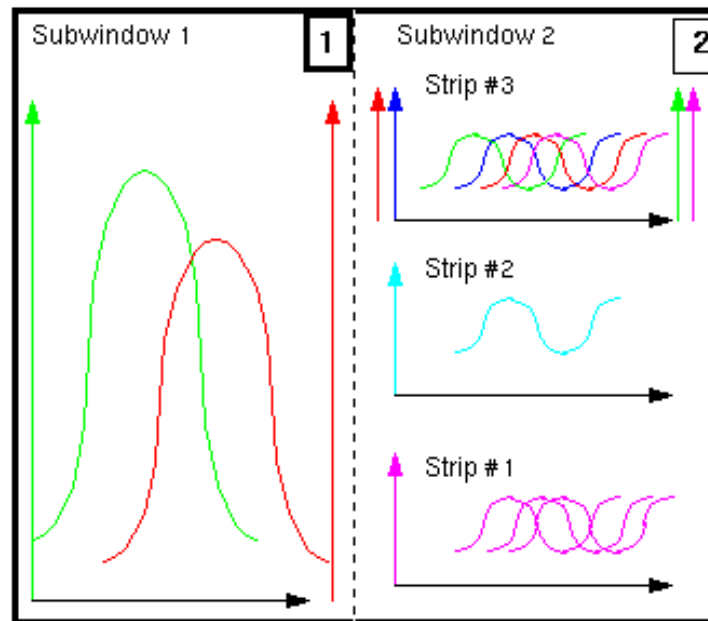
Plot dei risultati (2)

E' possibile disporre le curve in diversi modi differenti: su una o piu' sotto-finestre (**subwindow**), ad es. per creare gruppi di curve, in modalita' composita o su grafici diversi nella stessa finestra

Es.:

2 sotto-finestre

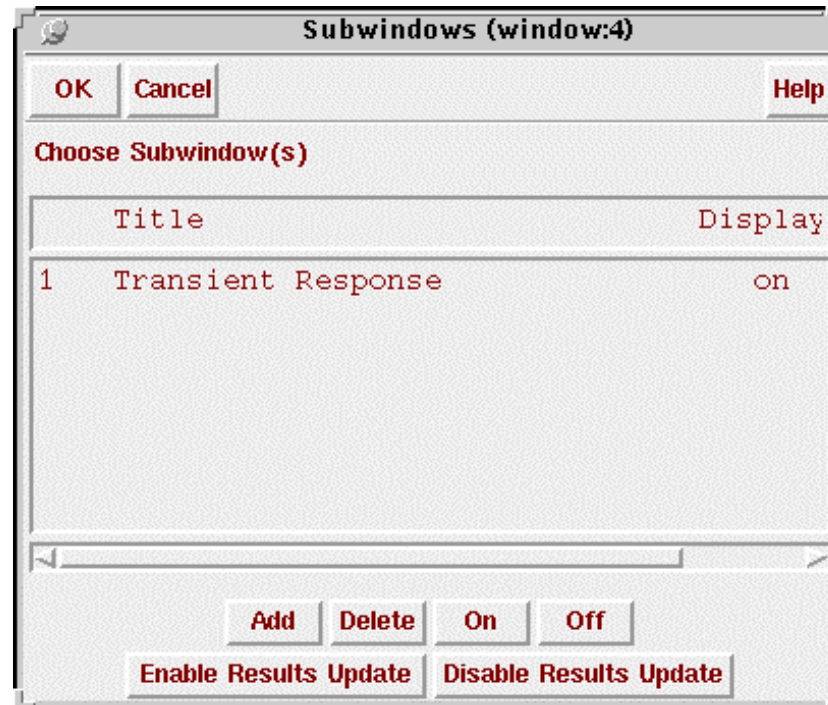
2 curve in modalita' **composite**, ciascuna su un asse Y separato



Modalita' **strip**

Plot dei risultati (3)

Per aggiungere, cancellare o nascondere una subwindow: **Window → Subwindows**



Per cambiare la modalita' di una subwindow, cliccarci dentro e selezionare

Axes → To strip

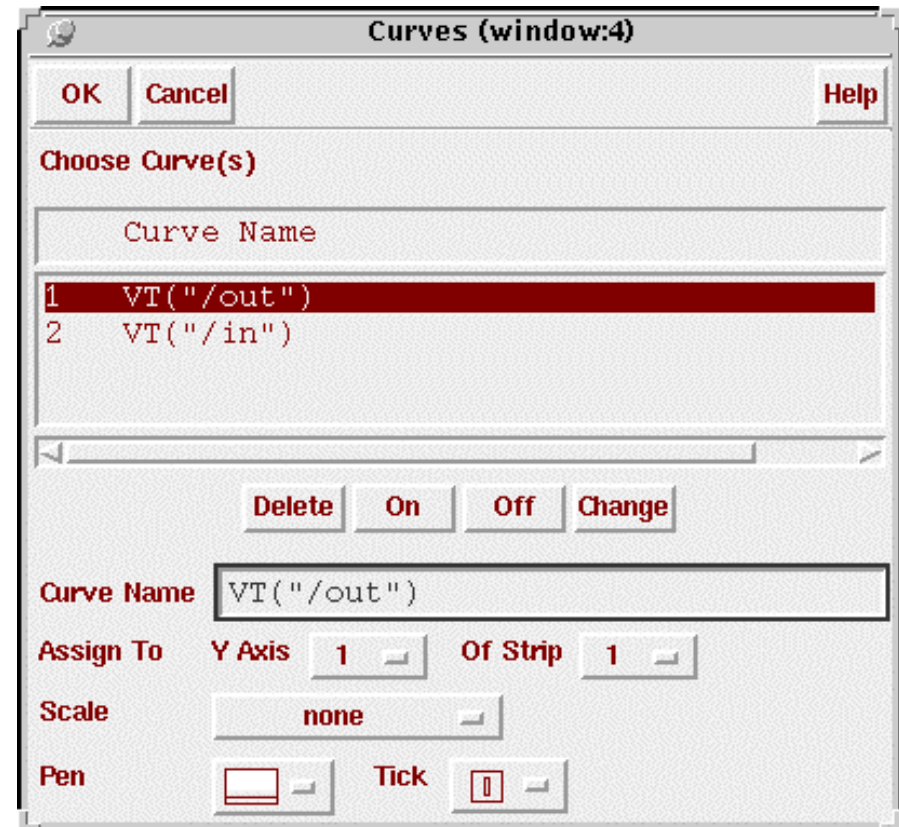
To Composite

To Smith (diagrammi polari ...)

Plot dei risultati: le curve (4)

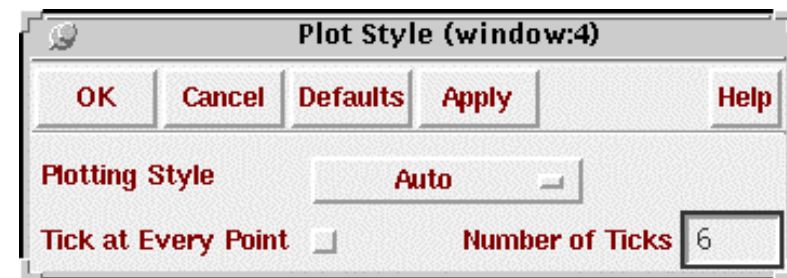
Per modificare le impostazioni di una curva:

- **Cliccarci sopra 2 volte** oppure
- **Curves → Edit**



Per modificare lo stile delle curve:

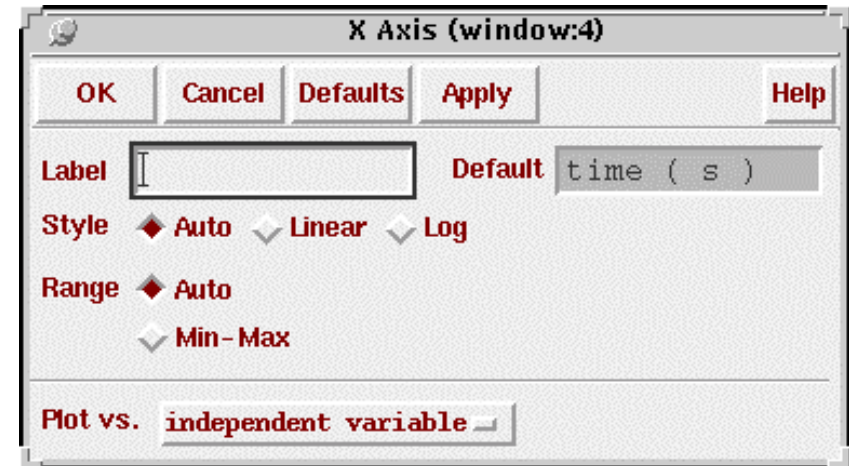
- **Curves → Options**



Plot dei risultati: gli assi (5)

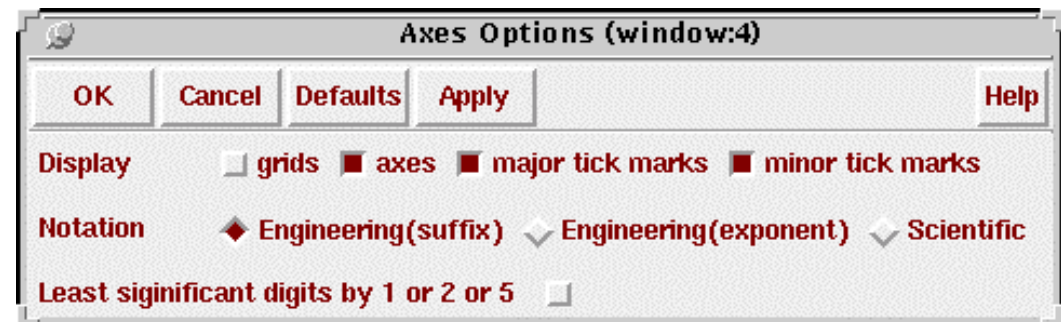
Per modificare le impostazioni degli assi:

- **Axes** → **X Axis** oppure **doppio click sull'asse**
- **Y Axes** oppure **doppio click sull'asse**



Per modificare lo stile degli assi:

- **Axes** → **Options**

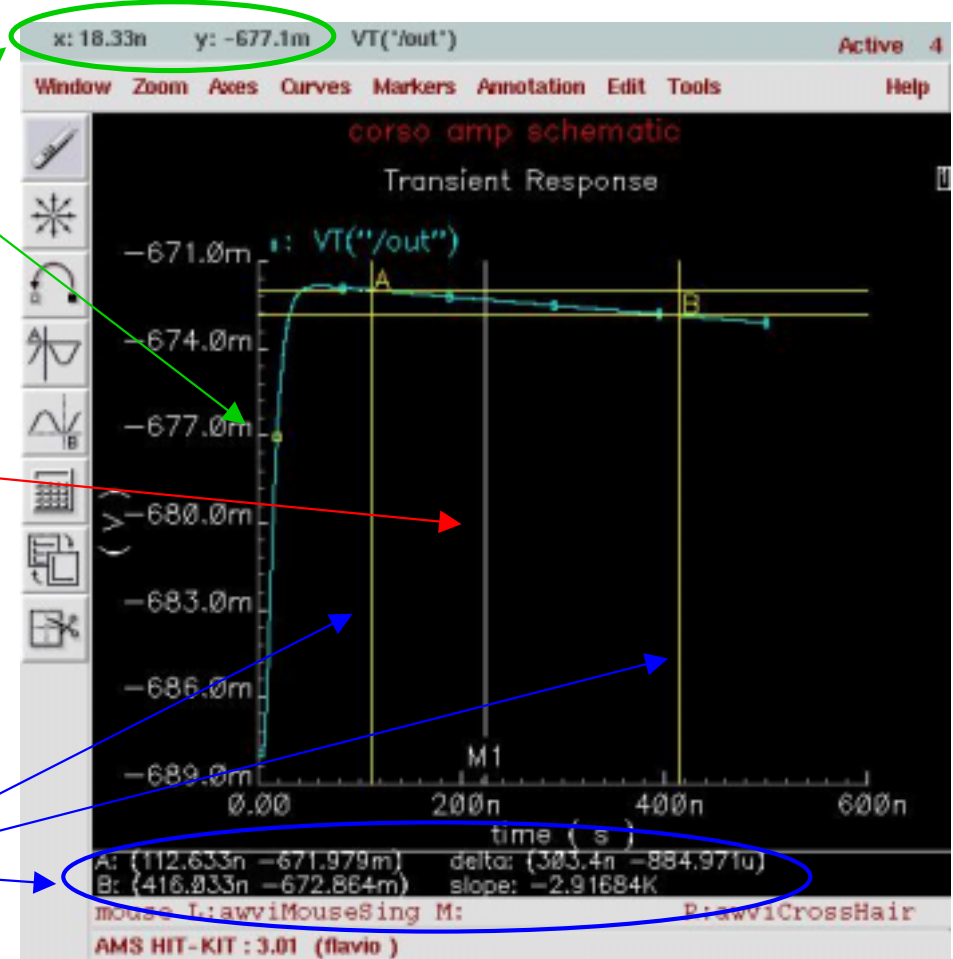


Plot dei risultati: i marker (6)

1) **Tracking Cursor:** e' un cursore che segue la curva e visualizza le coordinate X-Y.
 Per cambiarne le impostazioni:
•Markers → Tracking Cursor

2) **Vertical (Horizontal marker):** sono marcatori
Markers → Vertical (Horizontal) Markers

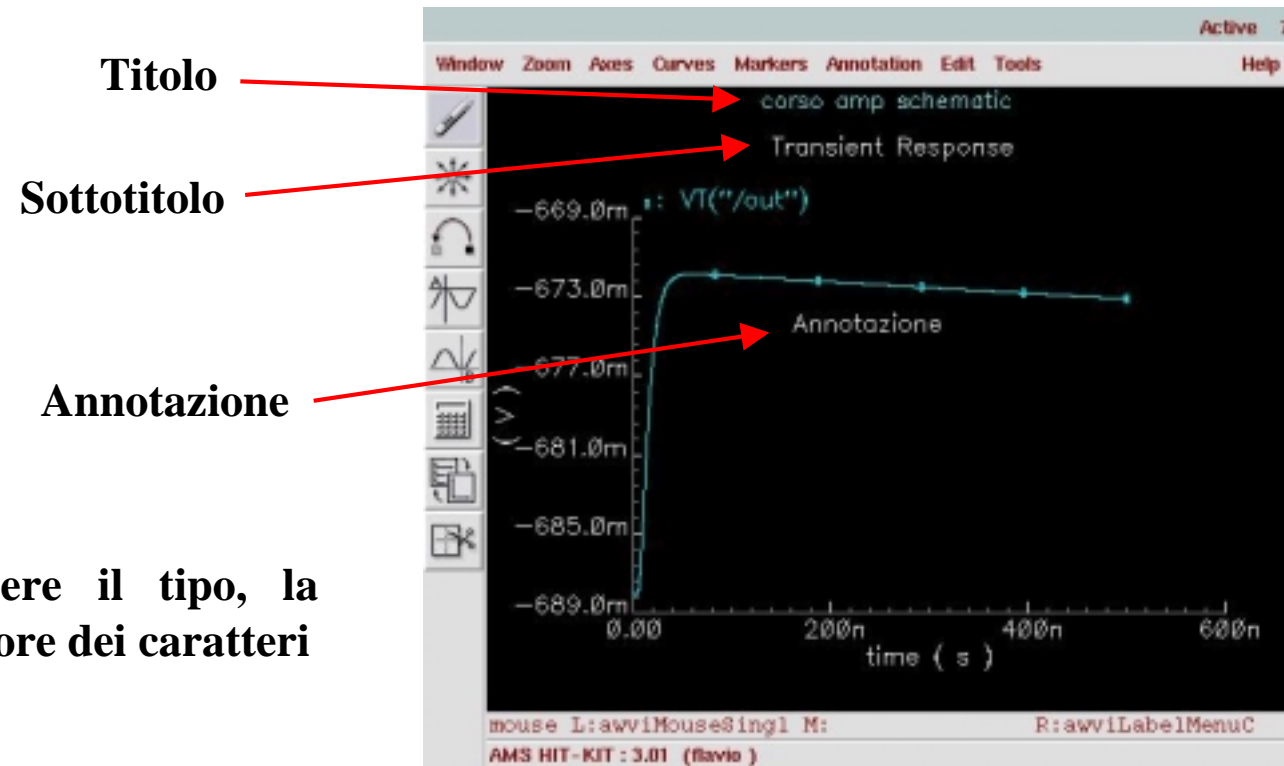
3) **Crosshair Markers A e B**
Markers → Crosshair Marker A (B)



Plot dei risultati: le annotazioni (7)

Ci sono diversi tipi di annotazioni nella Waveform Window:

- 1) Titolo (unico): **Annotation → Title**
- 2) Sottotitolo (unico): **Annotation → Subtitle**
- 3) Annotazioni (anche piu' di una): **Annotation → Edit**

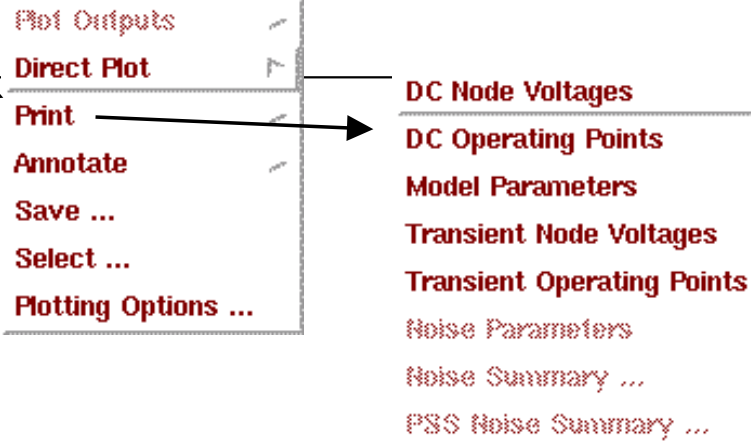


E' possibile scegliere il tipo, la dimensione ed il colore dei caratteri

Print e Annotate dei risultati

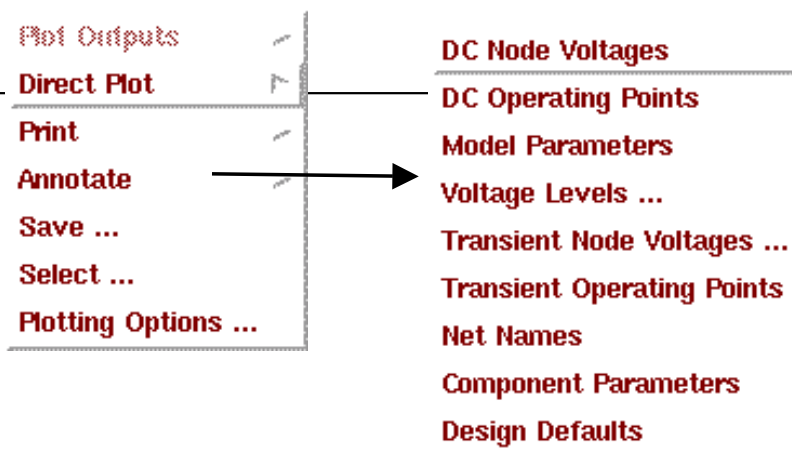
Per avere i risultati in formato testuale (Print):

Results



Per visualizzare i risultati direttamente sullo schematico (Annotate):

Results

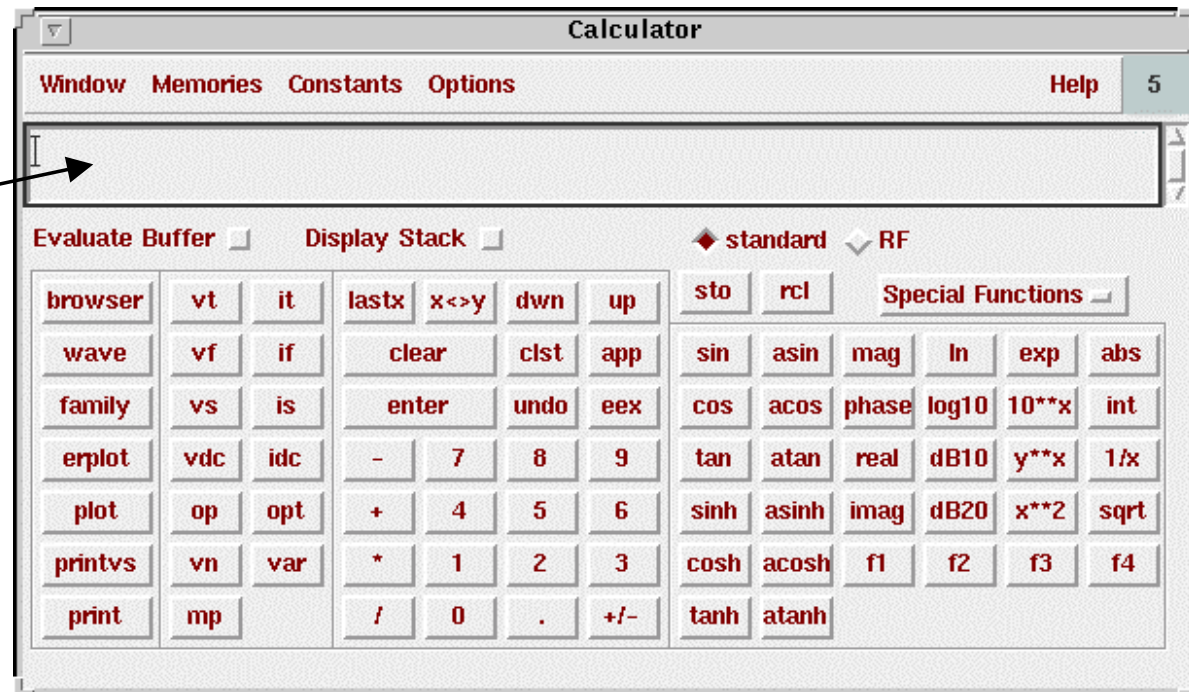


Calcolatore

Tools → Calculator

Buffer

Il Calcolatore utilizza un *buffer* e uno *stack* per manipolare le espressioni



E' un calcolatore scientifico con notazione algebrica o, preferibilmente, RPN (Reverse Polish Notation) che permette di:

- **Costruire, Print e Plot di espressioni contenenti le uscite delle simulazioni**
- **Memorizzare espressioni contenenti tensioni, correnti,**
- **Salvare la memoria su file e ricaricarla quando necessario**

Calcolatore: Funzionamento del Buffer

Buffer: area dove memorizzare dati e espressioni prelevate dal tastierino o dalle memorie. Per valutare l'espressione: **Evaluate Buffer**

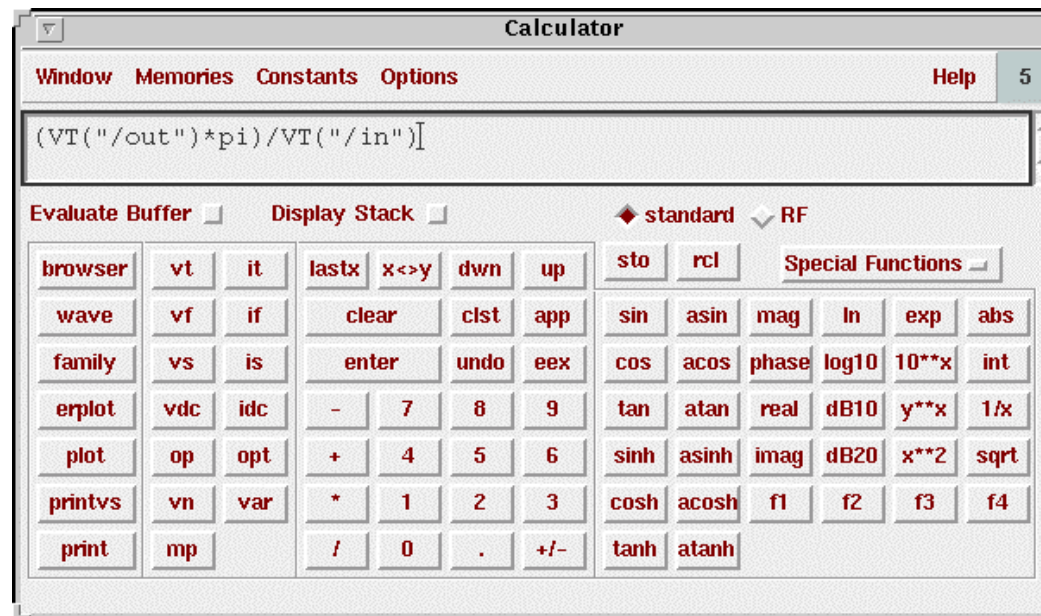
Memorie

Per memorizzare, prelevare o cancellare un'espressione nella memoria: **Memories → Store, Recall, Delete**

Per salvare o caricare la memoria da file: **Memories → Save, Load**

Costanti

E' possibile introdurre alcune costanti (π , charge, ...) : **Constants → ...**



Calcolatore: Funzionamento dello Stack

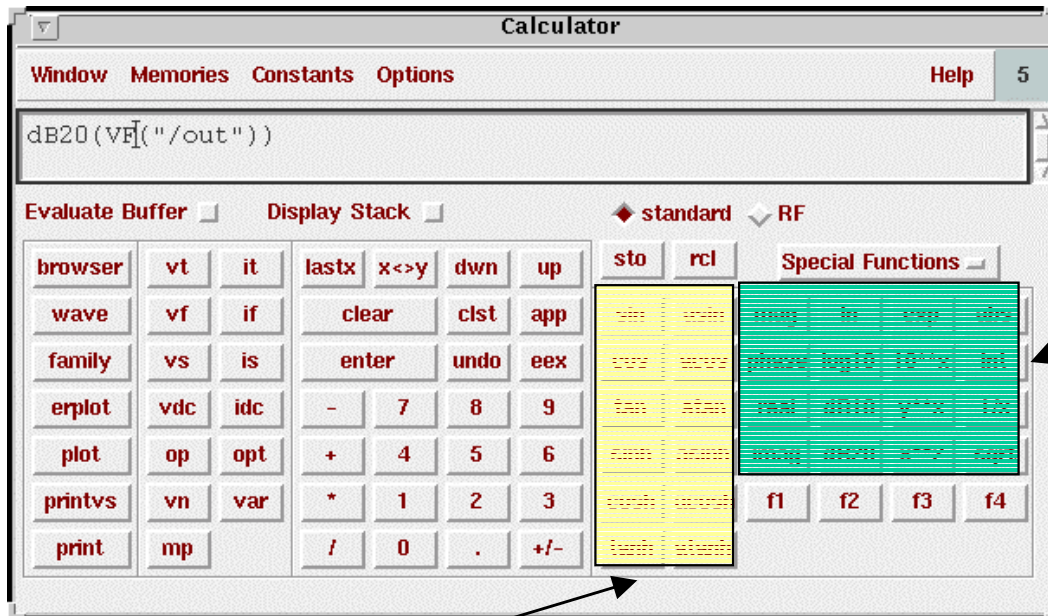
Stack: area di memoria di tipo LIFO (Last In First Out) dove memorizzare dati ed espressioni temporanee.

Es. L'espressione precedente $VT("/out") * \pi / VT("/in")$

- 1) **VT** → selezionare sul circuito la net “out”
- 2) **Enter** per memorizzare $VT("/out")$ nello stack
- 3) **Constants** → **pi** per introdurre nel buffer la costante π
- 4) ***** per moltiplicare il contenuto dello stack per quello del buffer, cioè $VT("/out") * \pi$
- 5) **Enter** per memorizzare $VT("/out") * \pi$ nello stack
- 6) **VT** → selezionare sul circuito la net “in” 4)
- 7) **/** per dividere il contenuto dello stack per quello del buffer, cioè $VT("/out") * \pi / VT("/in")$

Calcolatore: Funzioni (1)

Funzioni operanti su una singola espressione contenuta nel buffer



Key	Function	Key	Function
mag	magnitude	10**x	10 ^x
phase	phase	exp	e ^x
real	real component	x**2	x ²
imag	imaginary component	abs	x (absolute value)
ln	base-e (natural) logarithm	int	integer value
log10	base-10 logarithm	1/x	inverse
db10	dB magnitude for a power expression	db20	dB magnitude for a voltage or current
sqrt	\sqrt{x}		

Funzioni trigonometriche

Es: **Vf** → Scegliere la net **out** sullo schematico, quindi **esc** → **dB20** → ora il buffer contiene **dB20(VF("/out"))** → **Plot** per visualizzare il risultato nella Waveform Window

Calcolatore: Funzioni (2)

Funzioni su due operandi: operano sul buffer e sul primo elemento dello stack:
 $y**x$ + - * / **app**

Es: Calcolo della potenza istantanea dissipata da un resistore :
vt → Scegliere la net collegata al pin del resistore, quindi **esc** → **it** → scegliere il pin del resistore, quindi **esc** → ***** → **Plot** per visualizzare il risultato nella Waveform Window

Funzioni speciali

Special Functions	
XMAX	gainMargin
XMIN	groupDelay
YMAX	iinteg
YMIN	integ
average	ishift
bandwidth	overshoot
clip	phaseMargin
convolve	riseTime
cross	rms
delay	rmsNoise
deriv	root
dft	sample
flip	settlingTime
fourEval	slewRate
frequency	table
gainBarPred	thd
	value

Calcolatore: Selezione dati

1) Apre il *Result Browser*

2) Porta una curva dalla *Waveform Window* nel *Buffer*

browser	vt	it
wave	vf	if
family	vs	is
erplot	vdc	idc
plot	op	opt
printvs	vn	var
print	mp	

3) *Schematic Expression Key* per selezionare risultati relativi a net (V) o pin (I) dallo schematic

- vt: transient voltage
- vf: frequency voltage
- vs: source sweep voltage
- vdc: DC voltage
- vn: noise voltage
- var: variabile
- it: transient current
- if: frequency current
- source sweep current
- op: DC operating point
- opt: transient operating point
- mp: model parameter

Per fare il plot (grafico) o print (numerico) dell'espressione contenuta nel buffer

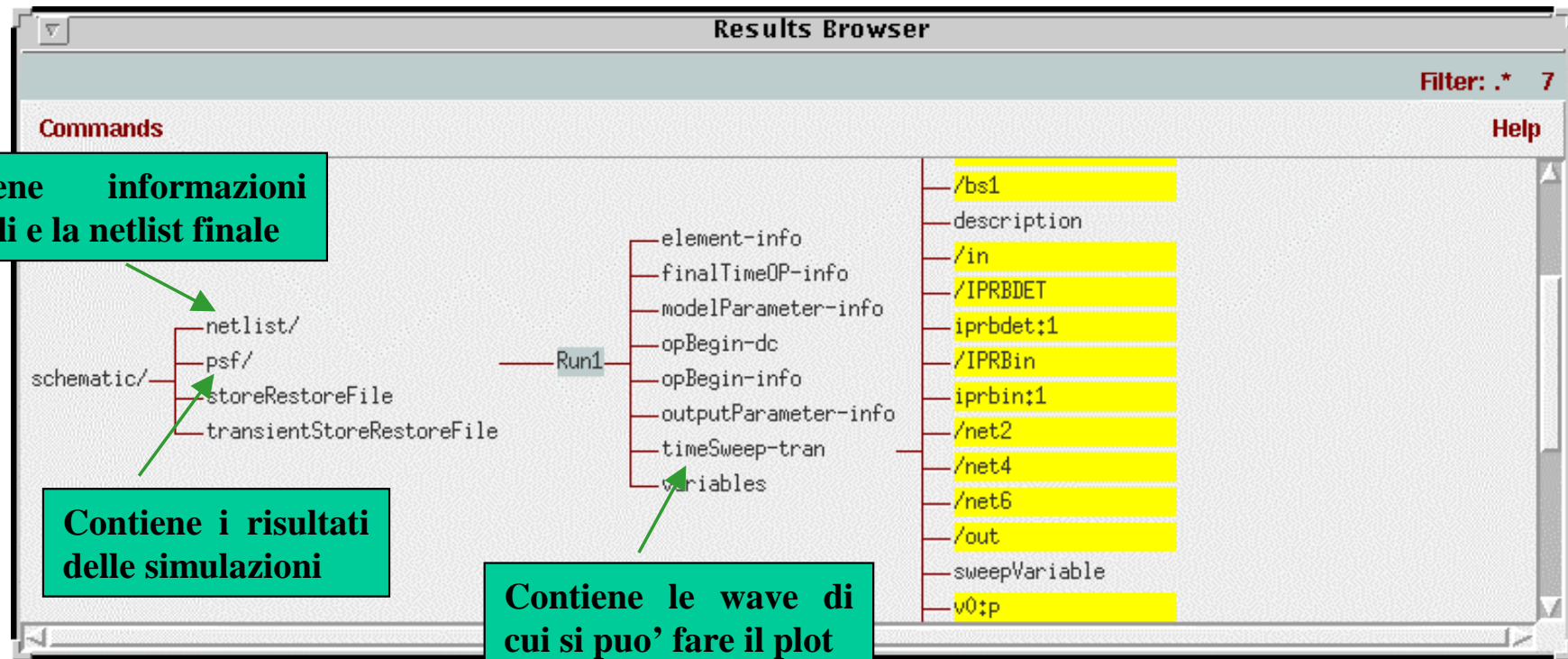
- Plot - aggiunge la nuova curva a quelle preesistenti nella *Waveform Window*
- Erplot: prima ripulisce la *W. W.*, quindi traccia la curva
- Print: stampa il risultato numerico
- Printvs: stampa il risultato numerico in funzione di una certa variabile

Results Browser

Il Results Browser permette di selezionare risultati della simulazione per:

- visualizzarne le forme d'onda o risultati testuali;
- copiarle nel buffer del calcolatore per manipolarle

Tools → Results Browser



The screenshot shows the Results Browser window with a tree view of simulation results. The tree is organized as follows:

- Commands
 - schematic/
 - netlist/
 - psf/
 - storeRestoreFile
 - transientStoreRestoreFile
 - Run1
 - element-info
 - finalTimeOP-info
 - modelParameter-info
 - opBegin-dc
 - opBegin-info
 - outputParameter-info
 - timeSweep-tran
 - variables

On the right side, a list of results is displayed, with several items highlighted in yellow:

- /bs1
- description
- /in
- /IPRBDET
- iprbdet:1
- /IPRBin
- iprbin:1
- /net2
- /net4
- /net6
- /out
- sweepVariable
- v0:p

Three callout boxes provide additional information:

- Contiene informazioni testuali e la netlist finale**: Points to the 'netlist/' folder under 'schematic/'.
- Contiene i risultati delle simulazioni**: Points to the 'Run1' folder.
- Contiene le wave di cui si puo' fare il plot**: Points to the 'variables' folder under 'Run1'.

Studio delle variazioni di processo: Corner Analysis e Monte Carlo Analysis

Nella produzione di circuiti integrati, i parametri (elettrici) sono soggetti a variazioni “random” legate ai processi di fabbricazione:

- tra wafer diversi e anche, nello stesso wafer, tra chip e chip. Sono dovute, ad es. , a non uniformità dei wafer, dei profili di drogaggio etc. Si parla in questo caso di **Variazioni Globali**, dato che interessano tutti i componenti del chip e l'effetto prodotto consiste in comportamenti diversi da chip a chip (guadagno di un amplificatore, tempo di picco ...). Questi problemi possono essere minimizzati solo con un appropriato progetto del circuito (ad es. con tecniche di compensazione) e si studiano con le cosiddette **Corner Analysis**, cioè simulando il circuito con modelli di simulazione pessimistici che tengano conto dei valori estremi previsti in quel processo;
- all'interno dello stesso chip da componente a componente. In questo caso si parla di **variazione locale** e l'effetto è il **mismatch** tra dispositivi, problema critico in particolare negli amplificatori differenziali, nei discriminatori ... Questi problemi possono essere minimizzati solo con appropriate tecniche di layout, mentre una maniera per stimarne gli effetti consiste nella **Monte Carlo Analysis**.

N.B. L'analisi Monte Carlo può essere usata anche per studiare le variazioni globali; sebbene più laboriosa della corner analysis, fornisce una stima delle probabilità che le variabili di uscita siano in certi range.

Corner Analysis

Generalmente le fonderie forniscono diversi modelli di simulazione che tengono conto delle variazioni di processo dei parametri elettrici. Nel caso del processo AMS CMOS 0.8 μm :

R e C: typical (TM)
worst case speed (WS)
worst case power (WP)

MOS: typical (TM)
worst case speed (WS)
worst case power (WP)
worst case one (W0)
worst case zero (WZ)

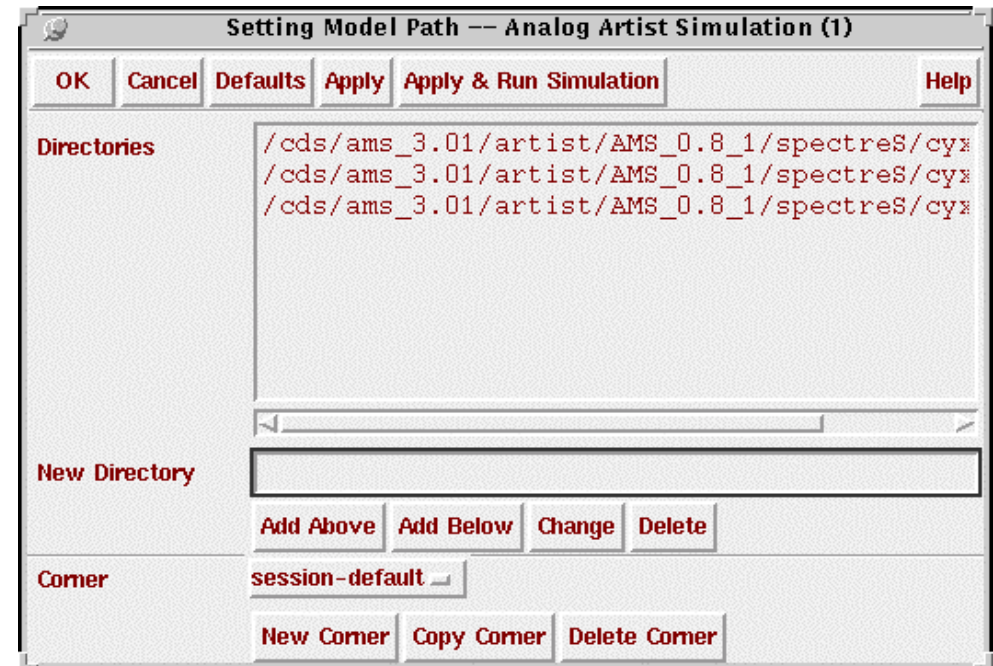
E' necessario simulare il circuito usando combinazioni dei suddetti modelli. Le combinazioni **necessarie** suggerite da AMS sono le seguenti, ma e' consigliabile provarne il più possibile!

Corner	Processo			Condizioni Operative	
#	MOS	RES	CAP	TEMP.	ALIM.
1	TM	TM	TM	TYP	TYP
2	WP	WP	WP	MIN	MAX
3	WS	WS	WS	MIN	MIN
4	WS	WS	WS	MAX	MIN
5	W0	WP	WP	MIN	MAX
6	W0	WS	WS	MAX	MIN
7	WZ	WP	WP	MIN	MAX
8	WZ	WS	WS	MAX	MIN

Corner Analysis: metodo manuale

Setup → Model Path

- 1) Introdurre le 8 o piu' combinazioni in altrettanti **corner**
- 2) Di volta in volta, scegliere il corner con cui simulare
- 3) Modificare la T e la V_{Supply}
- 4) Simulare



Corner Analysis: metodo automatico

Scrivere il file `corner.s`

```
altqual off
  if corner=1 then
" print "----- Loading data for corner 1 -----1-----"
  altqual /cds/ic446/tools.sun4v/dfII/etc/cdsSpice/dots
  altqual /cds/ams_3.30p/ams_v3.30/spectreS/cyx/cmos53/tm
  altqual /cds/ams_3.30p/ams_v3.30/spectreS/cyx/res/tm
  altqual /cds/ams_3.30p/ams_v3.30/spectreS/cyx/cap/tm
  altqual /cds/ams_3.30p/ams_v3.30/spectreS/cyx/bip/tm
  ptprop Spectre_Opt temp 20
  set Vsupply=5.0
  print " "
  print "----- Data Loaded -----"
endif
  if corner=2 then
" print "----- Loading data for corner 2 -----2-----"
  altqual /cds/ic446/tools.sun4v/dfII/etc/cdsSpice/dots
  altqual /cds/ams_3.30p/ams_v3.30/spectreS/cyx/cmos53/wp
  altqual /cds/ams_3.30p/ams_v3.30/spectreS/cyx/res/wp
  altqual /cds/ams_3.30p/ams_v3.30/spectreS/cyx/cap/wp
  altqual /cds/ams_3.30p/ams_v3.30/spectreS/cyx/bip/hs
  ptprop Spectre_Opt temp 10
  set Vsupply=5.3
  print "----- Data Loaded -----"
endif
  if corner=3 then
..
...
sim topcell_name
```


Corner Analysis: metodo automatico



- 2) **Setup** → **Environment** **Update File** → **\$path/corner** (senza l'estensione .s)
 - 3) Introdurre una design variable dal nome **corner**
 - 4) Prima di una simulazione, e' sufficiente impostare la variabile **corner** per cambiare i modelli di simulazione (il contenuto di **Setup** → **Model Path** viene ignorato)
 - 5) Simulare
- oppure
- 6) Fare una **Parametric Analysis** facendo variare **corner**

Cenni sull'analisi Monte Carlo (1)

La fonderia deve fornire modelli di simulazione specifici per M.C.: i parametri devono essere specificati secondo funzioni stocastiche (Unif, Gaus,...) e/o in funzione di altri parametri.

Es.: $\text{tox} = \text{GAUSS}(1.585\text{e-}08 + \text{deltgox}, 5\text{e-}12, 1)$

- 1) **Setup** → **Simulator** Introdurre il path completo della directory di simulazione
- 2) **Setup** → **Model Path** /cds/ams_3.30p/ams_v3.30/spectreS/cyx/**device**/mc
- 3) **Setup** → **Environment** → **Init File:** /cds/cyx/init
Update File: /cds/cyx/update (variaz. di processo + mismatch)
oppure **Update File:** /cds/cyx/matching (solo mismatch)
- 4) Sceglie il tipo di analisi e fare una prima simulazione nella maniera standard
- 5) Tramite il Calcolatore, selezionare le variabili su cui fare il M.C., es. VDC(/out) o anche espressioni piu' complesse. Quindi, memorizzarle con **Memories** → **Store**. Nel caso si tratti di funzioni variabili in t, f, ..., bisognerà' in seguito specificare il punto su cui valutarle.

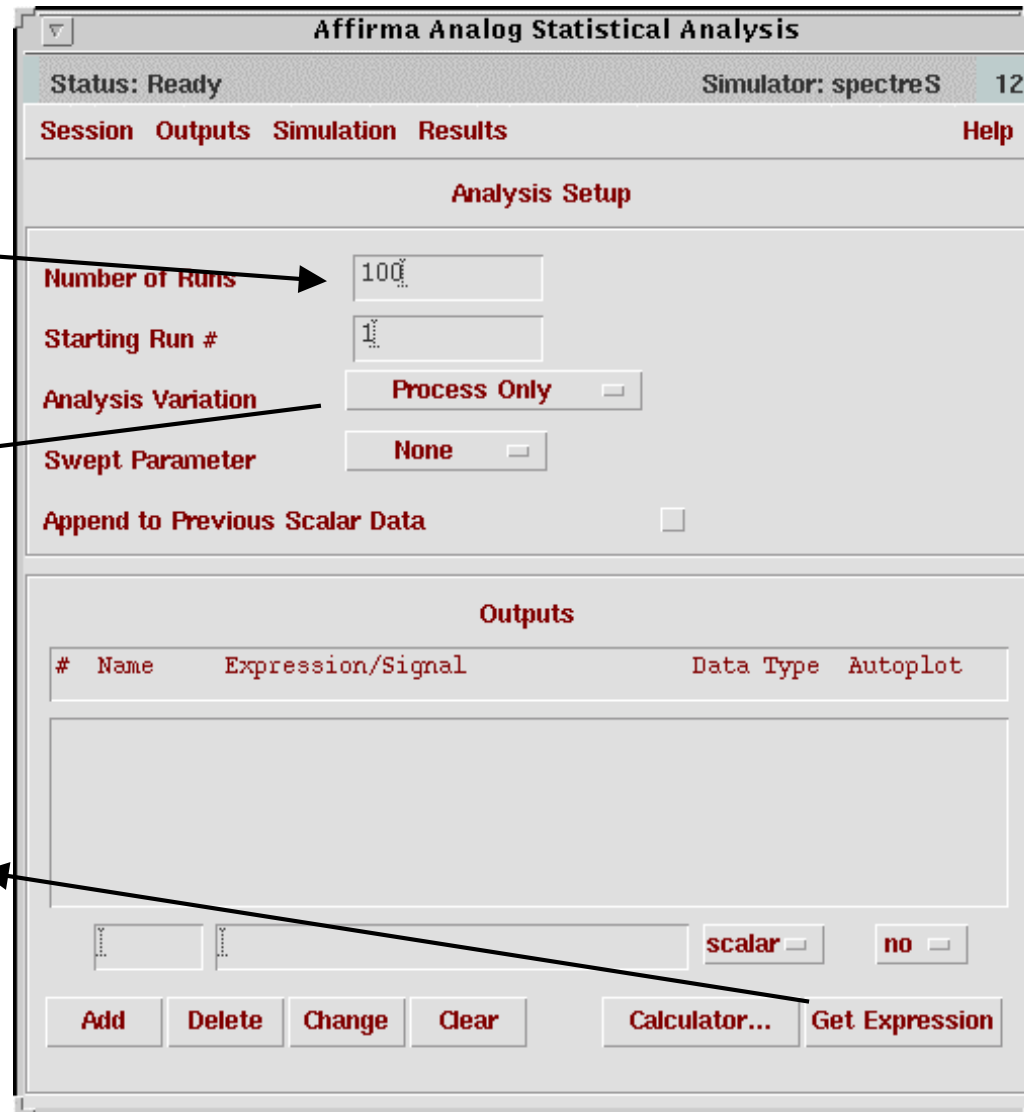
Cenni sull'analisi Monte Carlo (2)

6) Tools → Monte Carlo

L'accuratezza e' tanto migliore quanto maggiore e' il numero di punti

Process Only
Mismatch Only
Process & Mismatch

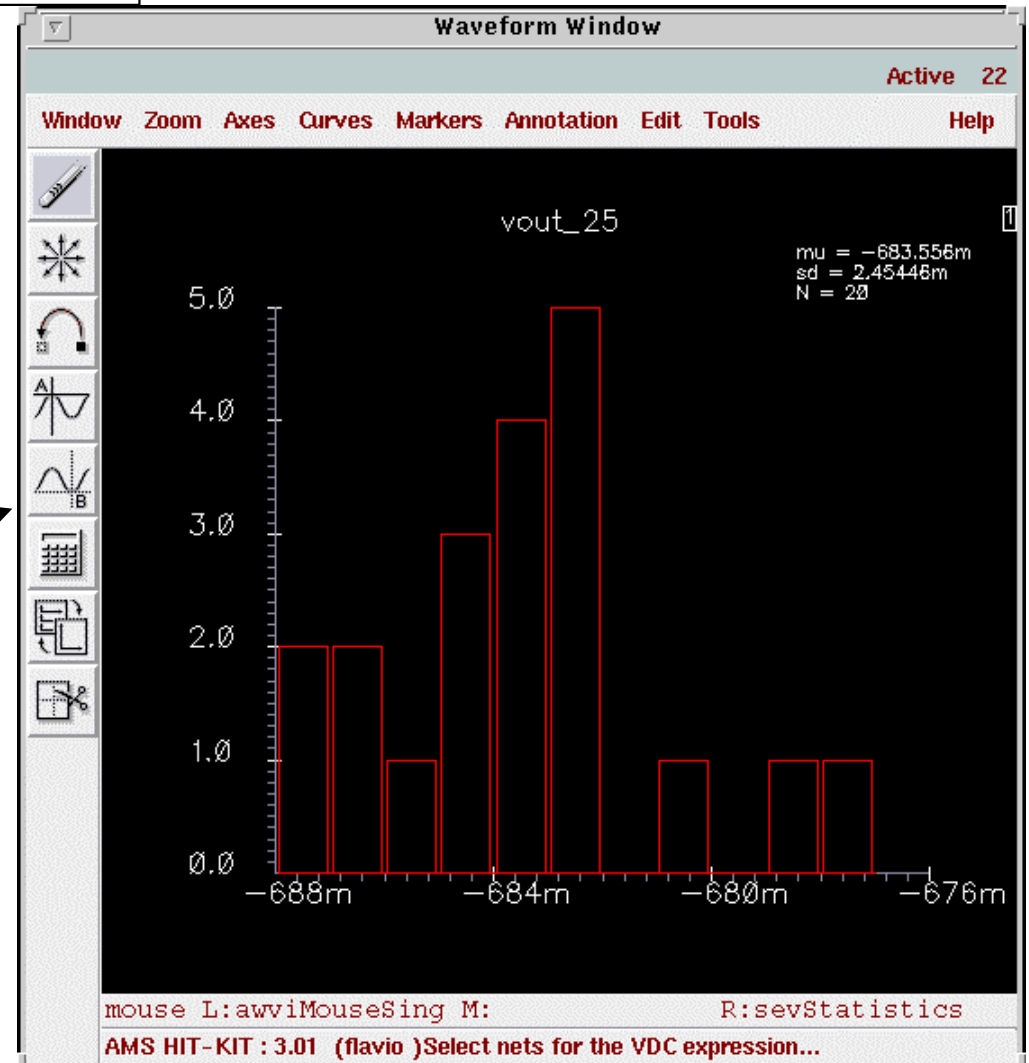
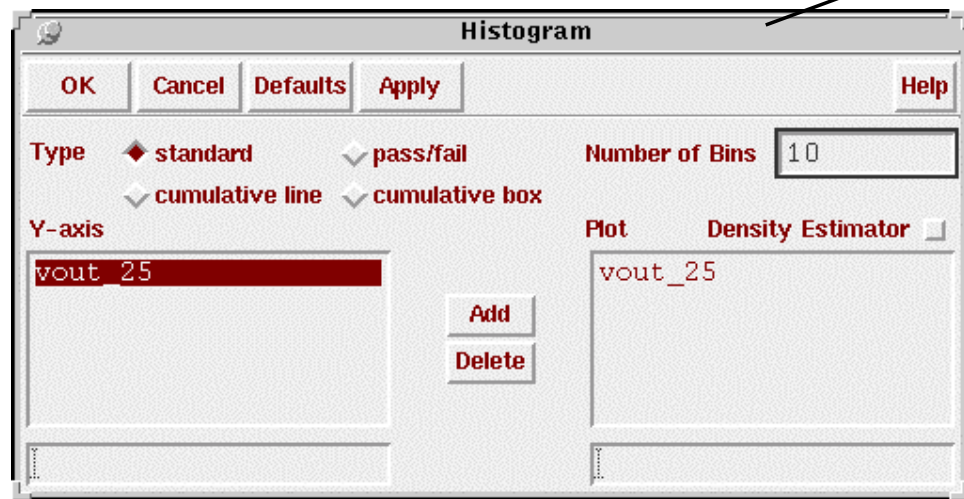
Preleva le espressioni memorizzate nel calcolatore



Cenni sull'analisi Monte Carlo (3)

7) **Simulation** → **Run** per avviare l'analisi M.C.

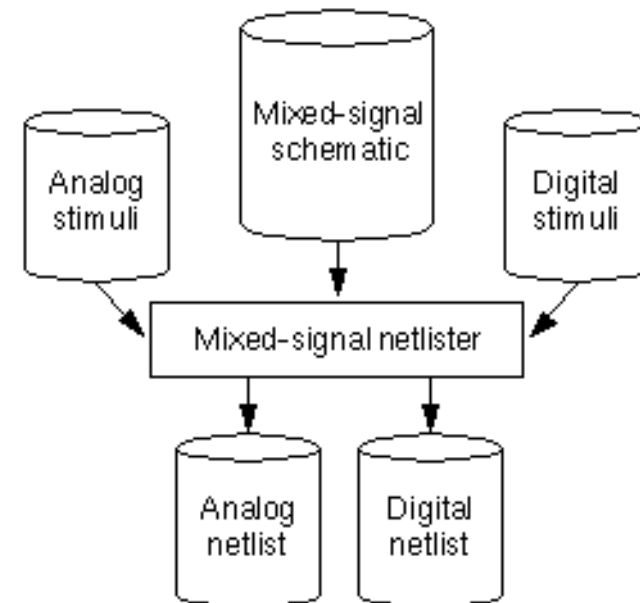
8) **Results** → per analizzare i risultati



Cenni sull'analisi Mixed-Signal

L'interfaccia **Mixed-Signal** permette di creare, simulare e analizzare circuiti contenenti componenti sia analogici che digitali

- 1) **Partitioning**: individuare le sezioni analogiche e quelle digitali
- 2) Specificare un set di **stimoli** per la parte analogica (SpectreS) e un set di stimoli per quella digitale (Verilog)
- 3) **Simulazione** Mixed-Signal: SpectreS & Verilog
- 4) Visualizzazione **risultati**



Esercitazione su Analog Artist

- 1) **Aprire** lo schematico *amp* e lanciare Analog Artist
- 2) **Configurare** l'ambiente: environment, model path (Typical)
- 3) **Specificare** le analisi:
 - Transient (ad es. tra 0 e 10 us)
 - DC (Operating Point)
 - AC (ad es. tra 100 Hz e 1 GHz)
 - Noise (ad es. tra 100 Hz e 1 GHz)
- 4) **Selezionare** le tensioni/correnti da salvare - plottare e **simulare**
- 5) **Visualizzare** i risultati (waveform window, print, annotate)
- 6) **Elaborare** i risultati con il Calcolatore
 - Impedenza di ingresso
 - Guadagno di tensione
 - Transimpedenza
- 7) **Introdurre** variabili (es. C_{feedback} , Alimentazioni, ..) e fare Analisi Parametrica: studiare le variazioni delle caratteristiche dell'amplificatore (Guadagno, banda passante, tempo di picco e di scarica)
- 8) **Corner Analysis**
 - Editare il file corner.s
 - Modificare l'environment
 - Simulazione