



Laboratorio di Elettronica II

- 1) *Introduzione alla simulazione di circuiti elettronici analogici*
- 2) **Installazione ed utilizzo del simulatore QUCS-studio**

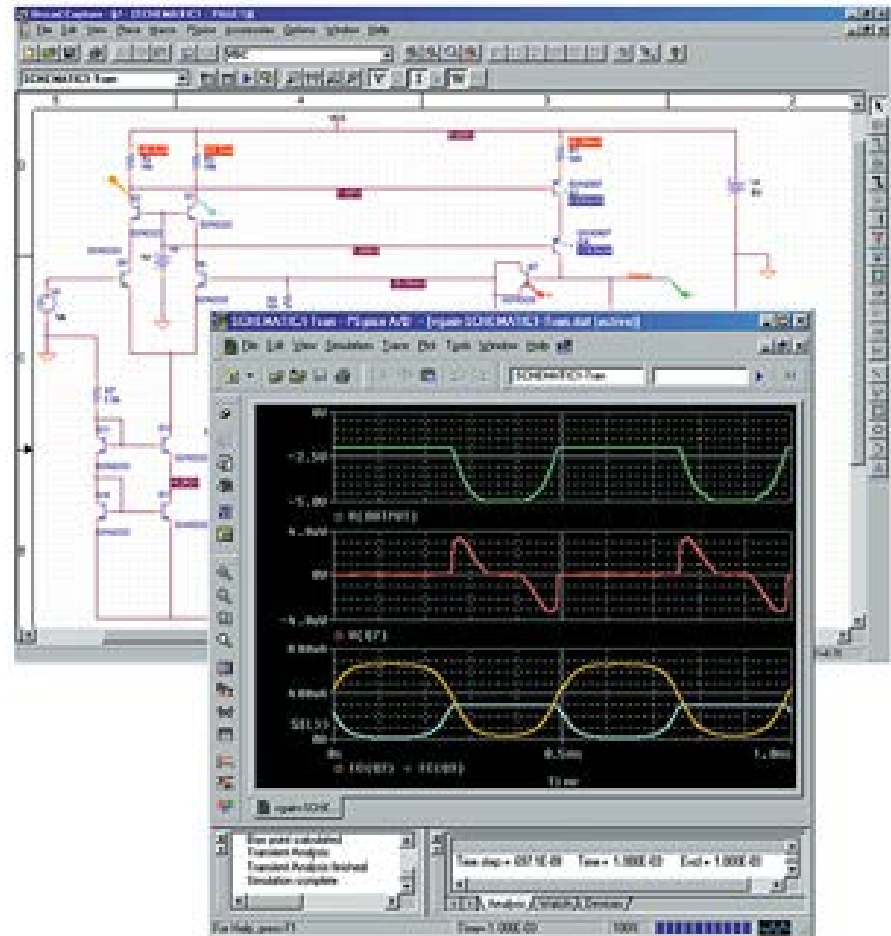


Simulazione di Circuiti Elettronici

La simulazione al computer permette di riprodurre e verificare in modo rapido il comportamento di un circuito elettronico di media complessità

I passaggi necessari sono:

- Disegnare lo schema elettrico
- Impostare il tipo di simulazione in base all'analisi che si vuole ottenere (punto di lavoro, risposta in frequenza, transitorio, ...)
- Effettuare la simulazione e visualizzare i risultati





Vantaggi e limiti della simulazione

La simulazione è uno strumento di progettazione fondamentale e insostituibile:

- La progettazione effettuata, risolvendo manualmente le equazioni caratteristiche di un circuito, comporta necessariamente semplificazioni, portando a risultati approssimati
- Con l'aumento della complessità dei circuiti elettronici, la realizzazione di un prototipo per la verifica sperimentale richiede tempo e costi estremamente elevati. La prototipizzazione va intesa come verifica, non come passo di progettazione
- Situazione ancora più critica nel caso di progettazione e prototipizzazione di circuiti integrati

La simulazione permette di:

- Verificare velocemente il comportamento di un circuito, rimuovendo gran parte delle semplificazioni necessarie per l'analisi manuale e senza la necessità di realizzare un prototipo
- Ottimizzare le prestazioni con *fine tuning* dei parametri dei componenti
- Stimare velocemente l'effetto di variazioni dei componenti, alimentazione, temperatura...



Vantaggi e limiti della simulazione

La simulazione circuitale è una simulazione e non sostituisce la realtà!

- Lo schema elettrico rappresenta una semplificazione della realtà. Ad esempio, i collegamenti fra componenti introducono elementi parassiti (resistenze, capacità, induttanze)
- I componenti sono descritti da modelli matematici (equazioni che legano correnti e tensioni). Il risultato della simulazione dipende fortemente dal grado di accuratezza dei modelli
- Alcuni effetti sono difficili da prevedere e modellizzare: evoluzione della temperatura, raccolta di rumore e disturbi dall'ambiente e dalle alimentazioni...
- Le equazioni che descrivono il circuito vengono risolte con metodi numerici che possono avere problemi di convergenza ed introdurre artefatti

L'attenzione, l'esperienza e le capacità del progettista sono fondamentali.

La simulazione deve essere intesa come uno strumento utile alla progettazione ma non può sostituire il ruolo del progettista e la verifica sperimentale dei risultati realizzando un prototipo



Cenni storici

Lo sviluppo di software per la simulazione circuitale è iniziato nei laboratori dell'Università di Berkeley (California) tra il 1960 e il 1970

SPice (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) è stato sviluppato nel 1973 e rappresenta una pietra miliare

Da allora, si sono susseguite tre versioni, delle quali l'ultima, Spice3, risale al 1985

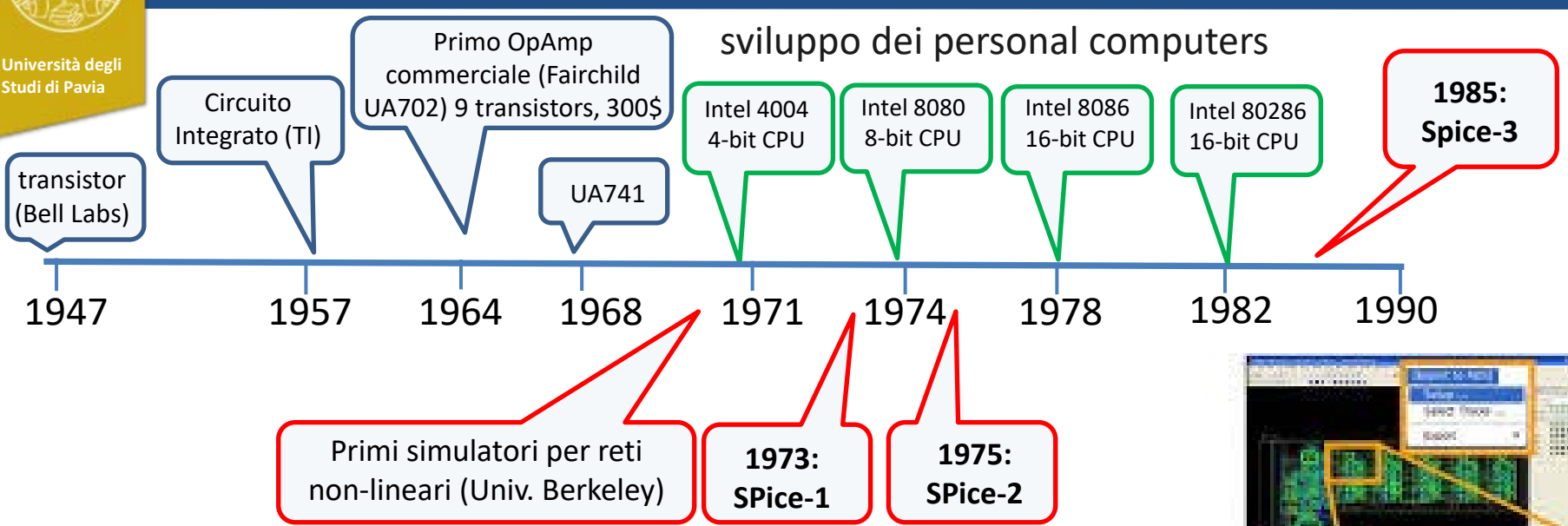
Il codice sorgente di Spice fu inizialmente distribuito gratuitamente, favorendone l'ampia e rapida diffusione

PSpice (Spice per personal computer) è una versione commerciale di Spice, corredato da una front-end grafico per il disegno dei circuiti (*capture*) e di un back-end grafico per la visualizzazione dei risultati. Utilizza gli algoritmi e modelli di dispositivi a semiconduttore utilizzati in Spice2, ma contiene una serie di miglioramenti ed estensioni significative

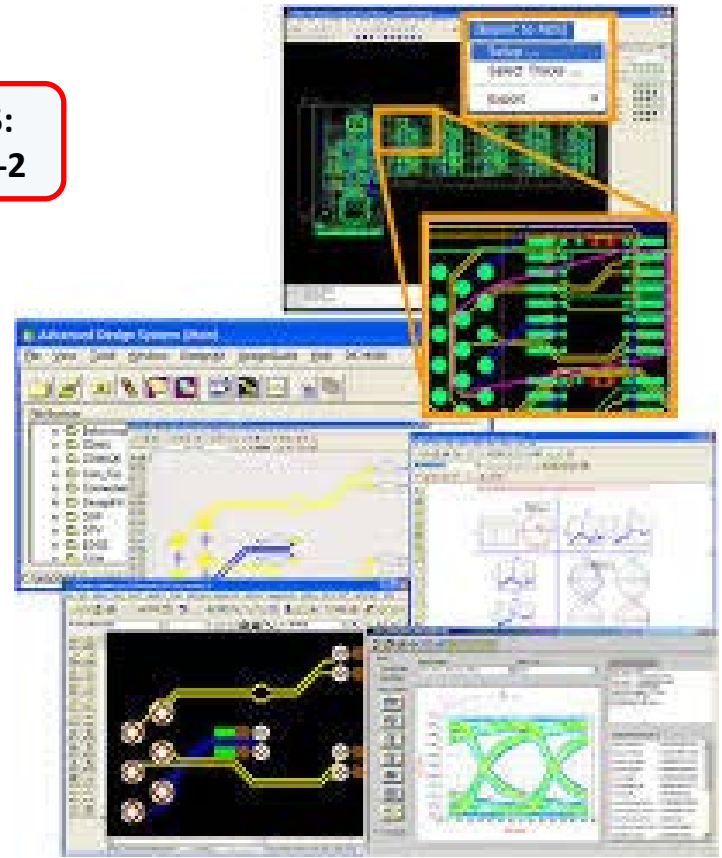


Università degli Studi di Pavia

Cenni storici



Attualmente disponibili strumenti software estremamente sofisticati, in grado di assistere con simulazioni la progettazione elettronica a tutti i livelli: componenti, circuiti, layout, board, sistema... Ottimizzati per applicazioni specifiche (analog/mixed-signal, RF/microwaves, power conversion...)

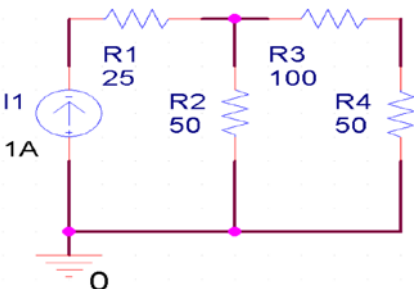




Funzionamento di Spice

Simulare un circuito elettrico consiste nel risolvere le correnti nei rami e le tensioni ai nodi. **Spice è in grado di formalizzare ed automatizzare la descrizione del circuito e di risolvere le equazioni che lo governano.** Sono necessari diversi passaggi distinti (in buona parte trasparenti all'utente):

SCHEMA



NETLIST

```
I1 1 0 dc 1
R1 1 2 25
R2 2 0 50
R3 2 3
100
R4 3 0 50
```

Impostazioni della simulazione (.DC, .AC, .Tran...)



SPICE CORE

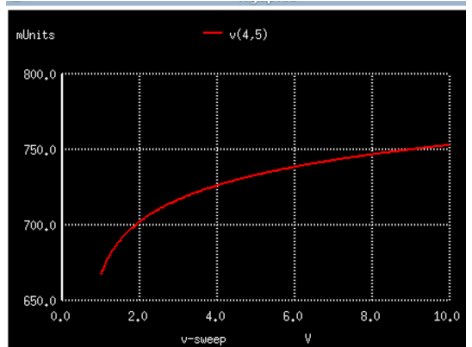
(1) Composizione del sistema di equazioni nodali

(2) Linearizzazione

(3) Soluzione iterativa e/o integrazione numerica

OUTPUTS

```
--- Operating Point ---
V(a):      10      voltage
V(b):      30      voltage
V(m001):   0       voltage
V(c):      15      voltage
I(R3):     -0.005  device_current
I(R2):     0.015   device_current
I(R1):     -0.02   device_current
I(V1):     0.02    device_current
Ix(u1:I+): -0.04   subckt_current
Ix(u1:I-): 0.04    subckt_current
Ix(u2:V+): 0.005   subckt_current
Ix(u2:V-): -0.005 subckt_current
```





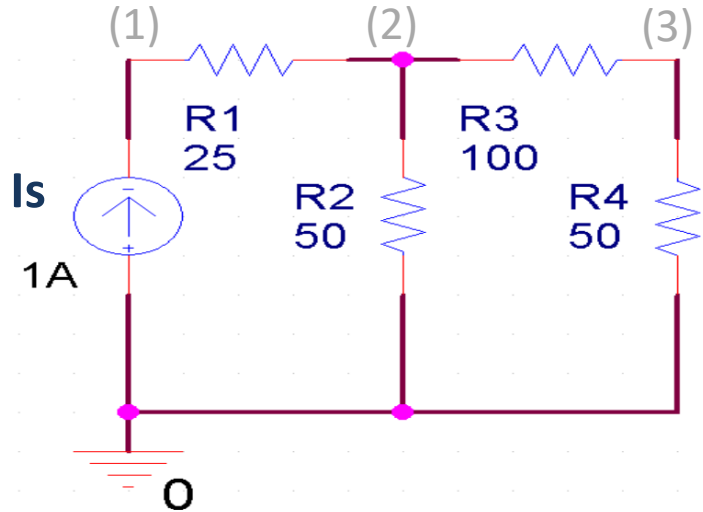
Netlist

La rappresentazione grafica di un circuito attraverso lo schema elettrico è di immediata comprensione. La *netlist* descrive in modo analogo il circuito attraverso un file di testo. Viene generata in modo automatico partendo dallo schematico. Ogni riga del file è così organizzata:

«tipo e nome componente» «nodi a cui è connesso» «parametri»

I nodi vengono numerati/nominati automaticamente se non diversamente specificato

SCHEMA

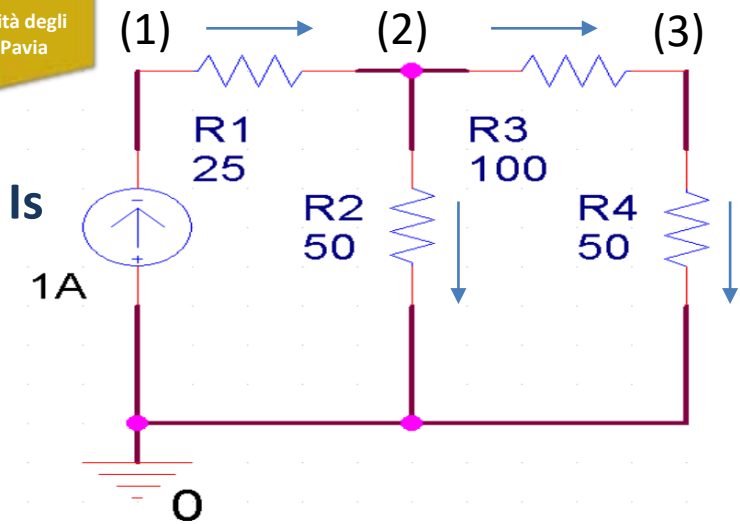


NETLIST

```
Is 1 0 dc 1
R1 1 2 25
R2 2 0 50
R3 2 3
100
R4 3 0 50
```




Matrice nodale



La legge delle CORRENTI di Kirchhoff applicata ai NODI del circuito porta al seguente sistema di equazioni:

$$\begin{aligned}
 \text{nodo (1):} \quad I_1 &= I_S \\
 \text{nodo (2):} \quad I_1 - I_2 - I_3 &= 0 \\
 \text{nodo (3):} \quad I_3 - I_4 &= 0
 \end{aligned}$$

Esprimendo le correnti in funzione delle tensioni e delle conduttanze, e sistemando i termini si ottiene:

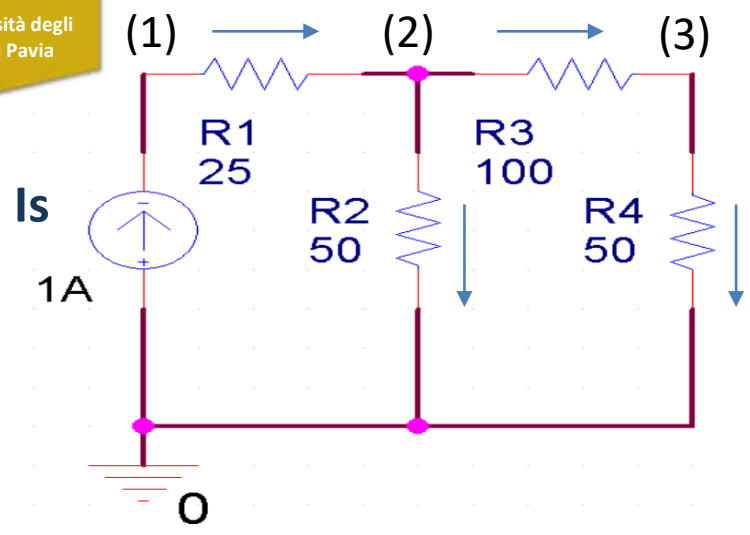
$$\begin{aligned}
 V_1 G_1 - V_2 G_1 &= I_S \\
 -V_1 G_1 + V_2 (G_1 + G_2 + G_3) - V_3 G_3 &= 0 \\
 -V_2 G_3 + V_3 (G_3 + G_4) &= 0
 \end{aligned}$$

Che in forma matriciale diventa:

$$[Y][V] = [I] \quad [V] = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} \quad [I] = \begin{bmatrix} I_S \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



Matrice nodale



$$[Y][V] = [I]$$

$$[V] = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} \quad [I] = \begin{bmatrix} I_S \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$[Y] = \begin{bmatrix} G_1 & -G_1 & 0 \\ -G_1 & (G_1 + G_2 + G_3) & -G_3 \\ 0 & -G_3 & (G_3 + G_4) \end{bmatrix}$$

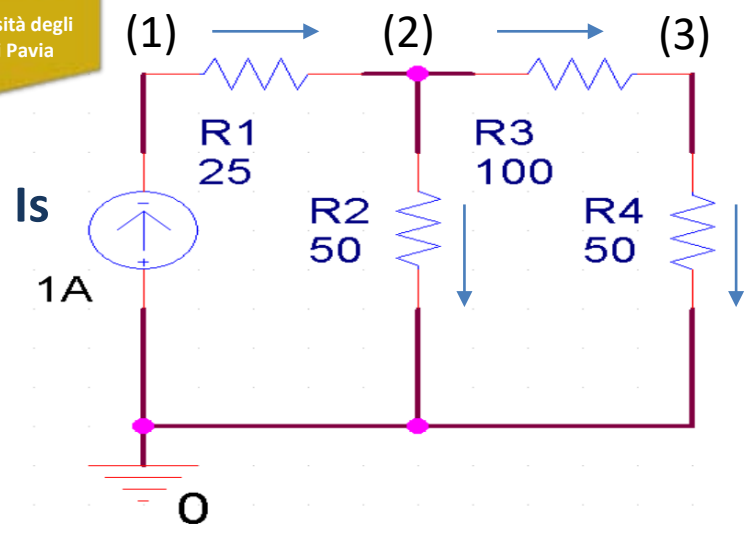
La soluzione del sistema permette di ricavare le tensioni a tutti i nodi del circuito

La matrice nodale [Y] può essere ricavata in modo automatizzato dalla *netlist* applicando le seguenti regole:

- Ogni termine diagonale y_{ii} della matrice é dato dalla somma dei valori di tutte le conduttanze connesse al nodo i
- I termini fuori diagonale y_{ij} sono la somma, cambiata di segno, di tutte le conduttanze connesse tra i nodi i e j



Matrice nodale



$$[Y][V] = [I]$$

$$[V] = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} \quad [I] = \begin{bmatrix} I_S \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$[Y] = \begin{bmatrix} G_1 & -G_1 & 0 \\ -G_1 & (G_1 + G_2 + G_3) & -G_3 \\ 0 & -G_3 & (G_3 + G_4) \end{bmatrix}$$

Ogni elemento I_i del vettore delle correnti di eccitazione $[I]$ è la somma del valore di tutti i generatori di corrente indipendenti connessi al nodo i , ciascuno con segno positivo o negativo a seconda se la corrente è entrante o uscente dal nodo

L'inclusione di una sorgente di tensione indipendente in un circuito riduce il numero di tensioni incognite di 1

Se in un circuito con n nodi sono presenti n_s sorgenti di tensione, il numero delle incognite è ridotto a $(n - n_s)$



Risoluzione del circuito

Nel caso di circuiti lineari e resistivi la soluzione del sistema lineare costruito attraverso la matrice nodale permette di ricavare le tensioni incognite
Le correnti possono poi essere calcolate attraverso le conduttanze dei rami

In generale la situazione è molto più complicata.

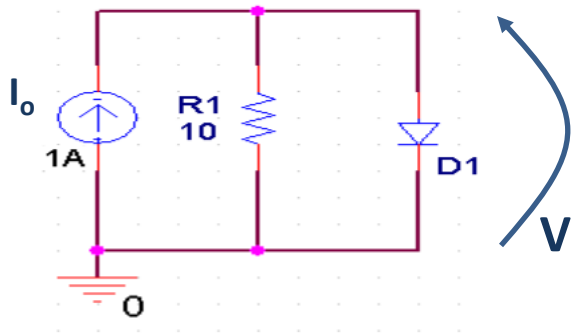
Possiamo suddividere i circuiti analogici in 4 categorie distinte:

- 1. Circuiti resistivi lineari: *generatori, resistenze***
- 2. Circuiti dinamici lineari : *generatori, resistenze, condensatori, induttanze***
- 3. Circuiti resistivi non-lineari: *generatori, resistenze, diodi, MOSFETs, BJT...***
- 4. Circuiti dinamici non-lineari: *generatori, resistenze, condensatori, induttanze, diodi, MOSFETs, BJT...***



Risoluzione di equazioni non-lineari

Per la risoluzione di equazioni non-lineari viene utilizzato il metodo numerico iterativo di Newton-Raphson. Descriviamo il funzionamento facendo riferimento a questo semplice circuito:



Il diodo è descritto dall'equazione:

$$I_D = I_s e^{\frac{V}{V_T}}$$

Il circuito è descritto dall'equazione non-lineare:

$$\frac{V}{R_1} - I_s e^{\frac{V}{V_T}} - I_0 = 0$$

posto $f(V) = \frac{V}{R_1} - I_s e^{\frac{V}{V_T}} - I_0$

la risoluzione del circuito consiste nell'individuare V^* tale per cui $f(V^*)=0$



Metodo iterativo di Newton-Raphson

La soluzione può essere trovata in modo iterativo, ponendo

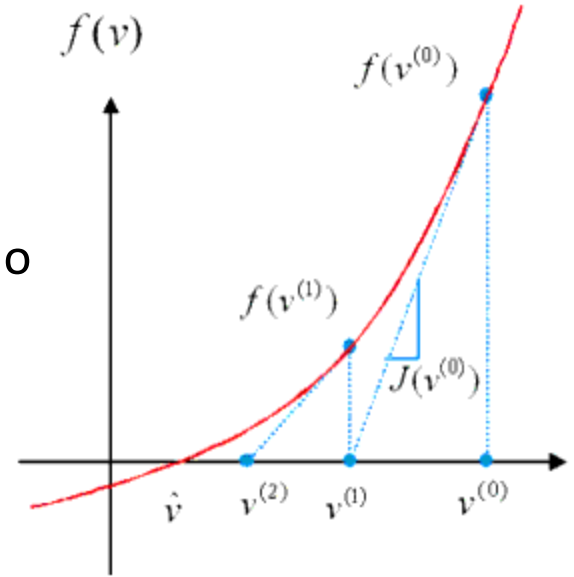
$$V_{k+1} = V_k - \frac{f(V_k)}{f'(V_k)} \quad \text{con} \quad f'(V) = \frac{df}{dV}$$

Le iterazioni partono da una condizione iniziale e il calcolo converge quando V_{k+1} è sufficientemente vicino a V^k

In spice, si raggiunge convergenza entro un numero massimo prefissato di iterazioni (*iteration limit*) se le due condizioni seguenti sono verificate:

$$|V_{k+1} - V_k| < \text{VLIMIT} = \text{RELTOL} \cdot V_k + \text{VNTOL}$$

$$|I_{k+1} - I_k| < \text{ILIMIT} = \text{RELTOL} \cdot I_k + \text{ABSTOL}$$



Modifica Proprietà Componente

simulazione dc

Nome: DC1 mostra nello schema

Proprietà

Nome	Valore	mostra	Descrizione
Temp	26.85	no	temperatura di simulazione in gradi Celsius
reltol	0.001	no	tolleranza relativa per la convergenza
abstol	1 pA	no	tolleranza assoluta per correnti
vntol	1 uV	no	tolleranza assoluta per tensioni
saveOPs	yes	no	metti punti di lavoro nell'insieme dati [yes, no]
MaxIter	150	no	massimo numero di iterazioni
saveAll	no	no	salva nodi sottocircuito nell'insieme dati [yes, no]
convHelper	none	no	algoritmo di convergenza preferito [none, gMinStepping, SteepestDescent, Line...]
Solver	CroutLU	no	metodo per risolvere la matrice del circuito [CroutLU, DoolittleLU, HouseholderQ...]

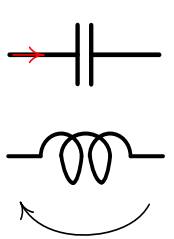
Solver
metodo per risolvere la...
CroutLU

 mostra nello schema



Analisi transitoria

Se nel circuito sono presenti condensatori ed induttanze, le relazioni dinamiche tra tensioni e correnti sono:



$$i_C(t) = \frac{d}{dt}Q(t)$$
$$v_L(t) = \frac{d}{dt}\Phi(t)$$

Il circuito è governato da equazioni differenziali (non-lineari se presenti anche diodi, bjt...)

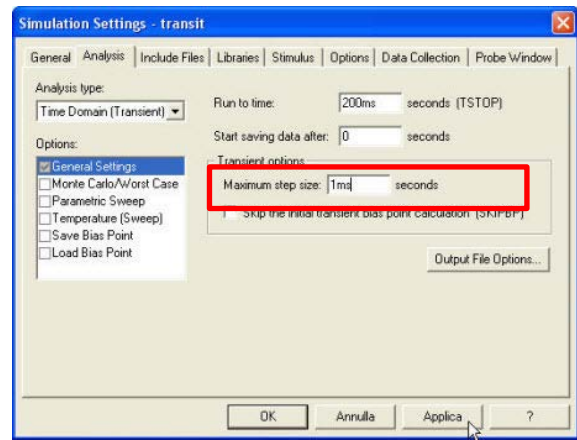
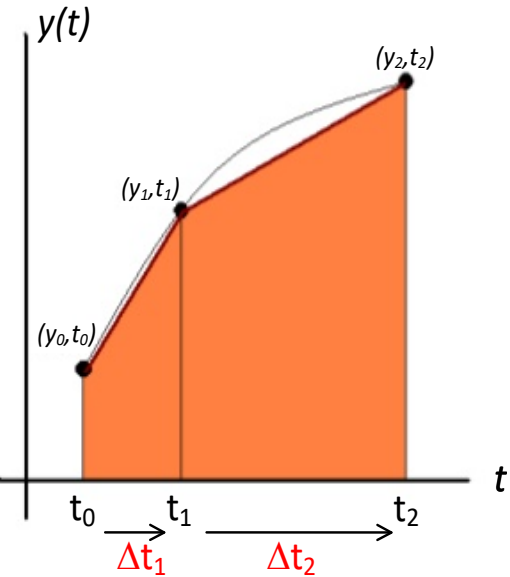
La soluzione (integrazione) delle equazioni differenziali avviene per via numerica con il **metodo dei trapezi**:

L'integrale da t_0 a t_2 è

$$I \approx (t_1 - t_0) \frac{(y_1 + y_0)}{2} + (t_2 - t_1) \frac{(y_2 + y_1)}{2}$$

Il passo di integrazione (Δt) viene scelto automaticamente in modo adattativo

E' possibile forzare il passo massimo per avere miglior accuratezza dei risultati

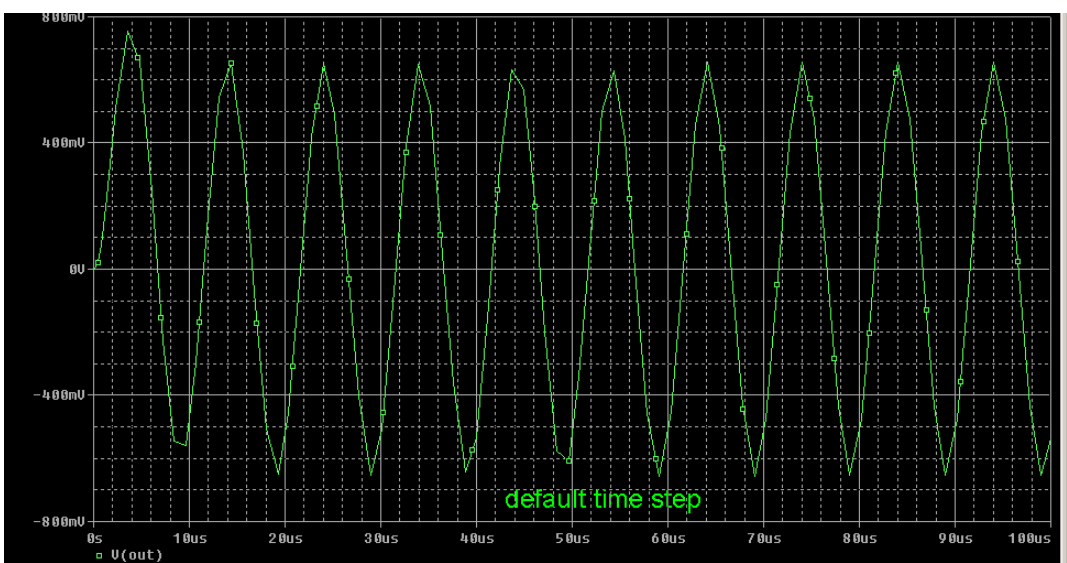




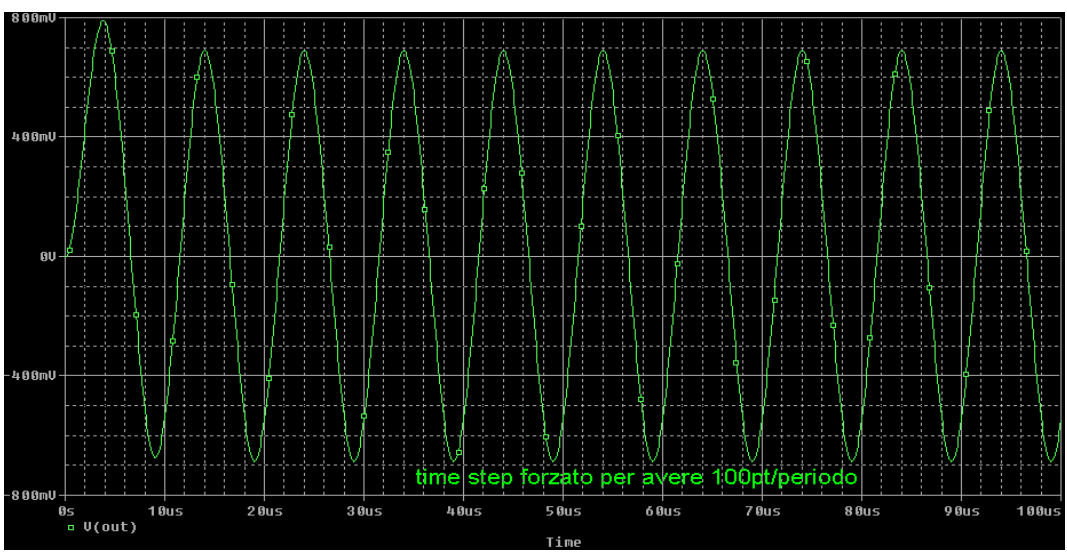
Effetto del *time-step* su segnale sinusoidale

Università degli Studi di Pavia

Time Step automatico:



Time Step forzato ad 1/100 del periodo:





Selezione della simulazione

Università degli
Studi di Pavia

Prima di avviare la simulazione è necessario specificare quale/i analisi si deve effettuare.

Sono disponibili diverse alternative, ma le principali sono:

- (1) Simulazione **DC**: Bias Point o DC sweep
- (2) Simulazione **AC**: AC sweep
- (3) Simulazione **Transient**

E' importante comprendere bene il significato e le differenze tra le opzioni elencate



Simulazione DC e Bias Point

Università degli
Studi di Pavia

In questa simulazione viene analizzato il circuito in condizioni statiche:

- tutti i condensatori presenti nel circuito sono sostituiti con circuiti aperti
- tutte le induttanze presenti nel circuito sono sostituite con corto-circuito

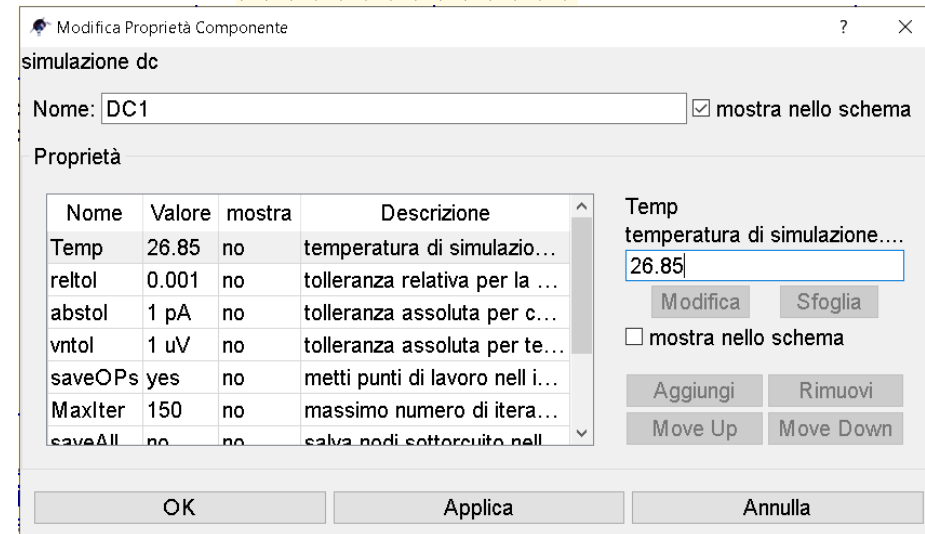
In presenza di componenti non-lineari, la soluzione viene ricavata in modo iterativo con il metodo di Newton Raphson

simulazione dc

DC1

I risultati della simulazione **DC** sono le tensioni DC a tutti i nodi e le correnti DC nei rami

La simulazione è utile per ottenere il punto di lavoro dei componenti del circuito. Selezionando *saveOPs*, è possibile stampare i parametri per piccolo segnale (g_m , g_{ds} , r_o , r_p ...)





Simulazione AC

In questa simulazione viene analizzato il circuito *in condizioni di piccolo segnale* al variare della frequenza di eccitazione. Viene automaticamente eseguita una simulazione DC, al fine di determinare il punto di lavoro e modellizzare tutti i componenti non lineari con un modello valido per piccolo segnale

La simulazione **AC** è una simulazione lineare. Moltiplicando per 1000 il/i segnale/i di eccitazione l'uscita viene moltiplicata per 1000!!! ***La simulazione AC non tiene quindi in conto nessun effetto di compressione /saturazione /distorsione***

I risultati della simulazione AC sono tensioni e/o correnti o funzioni di trasferimento in modulo e fase o parte reale e parte immaginaria.

simulazione ac

AC1
Type=log
Start=10
Stop=100k
Points=405

Modifica Proprietà Componente

Sweep Proprietà

simulazione ac

Parametro Scansione: mostra nello schema

Tipo: mostra nello schema

Valori: mostra nello schema

Inizio: mostra nello schema

Fine: mostra nello schema

Punti per decade:

Numero: mostra nello schema

OK Applica Annulla



Simulazione Transient

In questa simulazione viene analizzato il circuito in condizioni dinamiche nel dominio del tempo. Tutti gli effetti non lineari vengono considerati. I risultati sono gli andamenti temporali di tensioni e correnti.

La simulazione Transient è la piu complicata ed onerosa in termini di risorse computazionali. Vengono risolte le equazioni differenziali non-lineari che governano il circuito iterando in modo annidato il metodo di Newton-Raphson e l'integrazione numerica con il metodo dei trapezi

simulazione transitorio

TR1
Type=lin
Start=0
Stop=9 ms

The screenshot shows a dialog box titled "Modifica Proprietà Componente" with two tabs: "Sweep" and "Proprietà". The "Proprietà" tab is active, showing the following settings for a "simulazione transitorio":

- Parametro Scansione: time mostra nello schema
- Tipo: lineare mostra nello schema
- Valori: mostra nello schema
- Inizio: 0 mostra nello schema
- Fine: 9 ms mostra nello schema
- Passo: 15 u mostra nello schema
- Numero: 601 mostra nello schema

Buttons at the bottom: OK, Applica, Annulla.



Laboratorio di Elettronica II

- 1) Introduzione alla simulazione di circuiti elettronici analogici
- 2) Installazione ed utilizzo del simulatore QUCS-studio

Installazione ed utilizzo del simulatore circuitale gratuito

QUCS-studio

Quite Universal Circuit Simulator (QUCS) – Studio

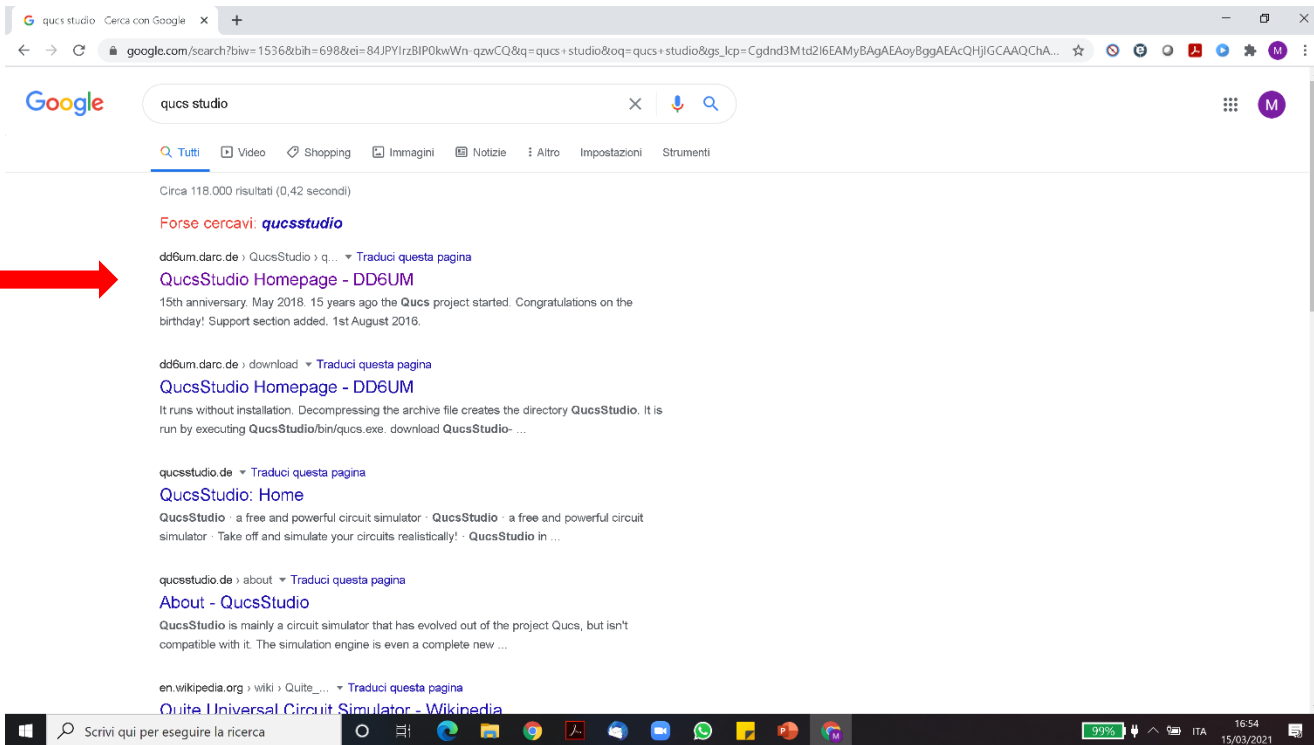
<http://dd6um.darc.de/QucsStudio/qucsstudio.html>

QUCS-Studio è l'evoluzione di un progetto libero, QUCS

<http://qucs.sourceforge.net/index.html>

QUCS-studio è più sviluppato e completo di **QUCS**. Il funzionamento, i menu e le librerie sono simili ma non identiche !!!

Ricerca «qucs studio» in google e selezionare il primo link



The screenshot shows a Google search for "qucs studio". The search bar contains the text "qucs studio". Below the search bar, there are several search filters: Tutti, Video, Shopping, Immagini, Notizie, Altro, Impostazioni, and Strumenti. The search results show approximately 118,000 results in 0.42 seconds. The first result is "dd6um.darc.de > QucsStudio > q... Traduci questa pagina" with the title "QucsStudio Homepage - DD6UM". A red arrow points to this first result. The second result is "dd6um.darc.de > download Traduci questa pagina" with the title "QucsStudio Homepage - DD6UM". The third result is "qucsstudio.de Traduci questa pagina" with the title "QucsStudio: Home". The fourth result is "qucsstudio.de > about Traduci questa pagina" with the title "About - QucsStudio". The fifth result is "en.wikipedia.org > wiki > Quite_... Traduci questa pagina" with the title "Quite Universal Circuit Simulator - Wikipedia". The Windows taskbar is visible at the bottom, showing the search bar with the text "Scrivi qui per eseguire la ricerca", the taskbar icons, and the system tray with the date and time "16:54 15/03/2021".

Google

qucs studio

Tutti Video Shopping Immagini Notizie Altro Impostazioni Strumenti

Circa 118.000 risultati (0,42 secondi)

Forse cercavi: [qucsstudio](#)

dd6um.darc.de > QucsStudio > q... Traduci questa pagina

QucsStudio Homepage - DD6UM

15th anniversary. May 2018. 15 years ago the Qucs project started. Congratulations on the birthday! Support section added. 1st August 2018.

dd6um.darc.de > download Traduci questa pagina

QucsStudio Homepage - DD6UM

It runs without installation. Decompressing the archive file creates the directory QucsStudio. It is run by executing QucsStudio/bin/qucs.exe. download QucsStudio- ...

qucsstudio.de Traduci questa pagina

QucsStudio: Home

QucsStudio - a free and powerful circuit simulator - QucsStudio - a free and powerful circuit simulator - Take off and simulate your circuits realistically! - QucsStudio in ...

qucsstudio.de > about Traduci questa pagina

About - QucsStudio

QucsStudio is mainly a circuit simulator that has evolved out of the project Qucs, but isn't compatible with it. The simulation engine is even a complete new ...

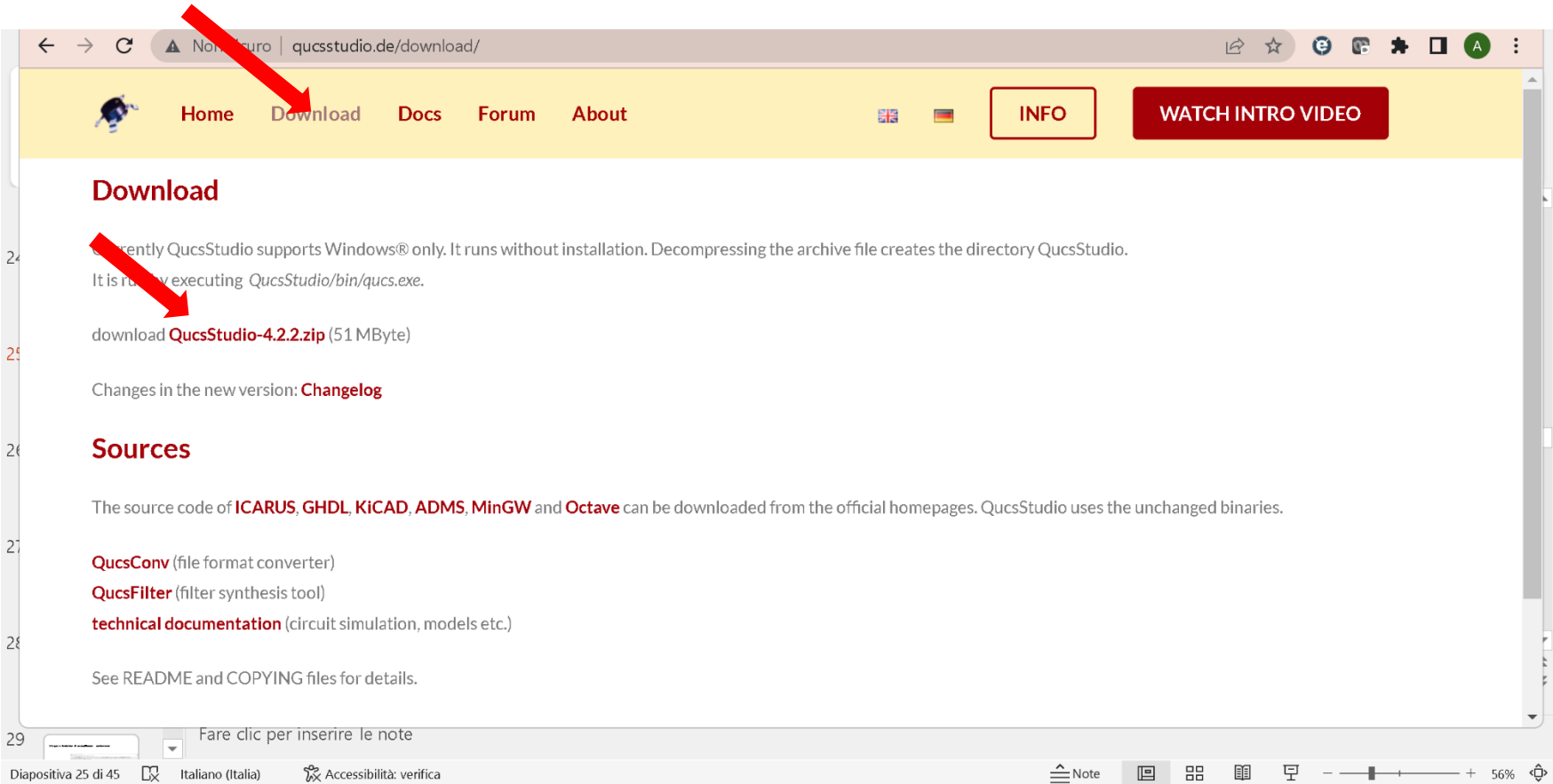
en.wikipedia.org > wiki > Quite_... Traduci questa pagina

Quite Universal Circuit Simulator - Wikipedia

Scrivi qui per eseguire la ricerca

99% 16:54 15/03/2021

Scaricare l'ultima versione dal link sulla home page o dalla sezione download



The screenshot shows a web browser window at the URL `qucsstudio.de/download/`. The navigation bar includes links for [Home](#), [Download](#), [Docs](#), [Forum](#), and [About](#). There are also flags for English and German, an [INFO](#) button, and a [WATCH INTRO VIDEO](#) button. The main content area is titled **Download** and contains the following text:

Currently QucsStudio supports Windows® only. It runs without installation. Decompressing the archive file creates the directory QucsStudio. It is run by executing `QucsStudio/bin/qucs.exe`.

download [QucsStudio-4.2.2.zip](#) (51 MByte)

Changes in the new version: [Changelog](#)

Sources

The source code of [ICARUS](#), [GHDL](#), [KICAD](#), [ADMS](#), [MinGW](#) and [Octave](#) can be downloaded from the official homepages. QucsStudio uses the unchanged binaries.

- [QucsConv](#) (file format converter)
- [QucsFilter](#) (filter synthesis tool)
- [technical documentation](#) (circuit simulation, models etc.)

See README and COPYING files for details.

At the bottom of the browser window, there is a note-taking interface with the text "Fare clic per inserire le note". The taskbar at the very bottom shows "Diapositiva 25 di 45", "Italiano (Italia)", "Accessibilità: verifica", and a zoom level of "56%".

Viene scaricato un archivio compresso «QucsStudio-X.X.X.zip»

Estrarre il folder in una posizione qualunque e avviare `\QucsStudio\bin\qucs.exe`

Interfaccia grafica

Projects



Content



Components



Libraries



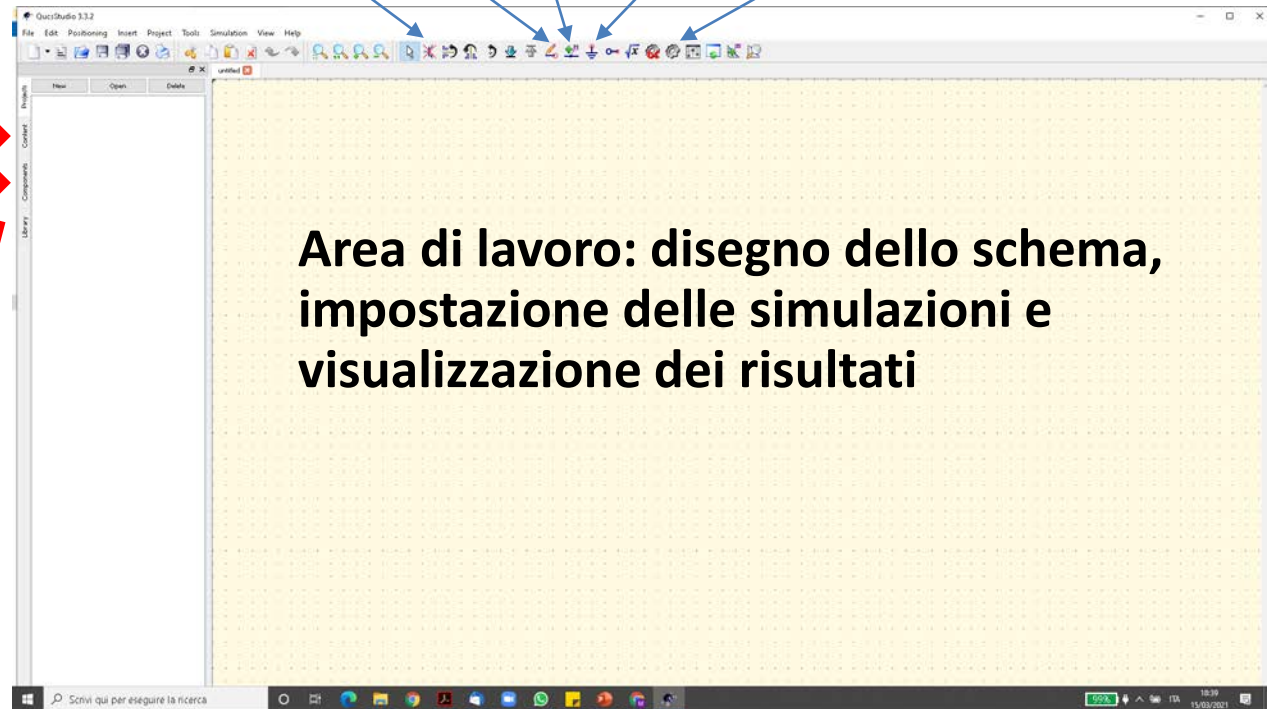
**enable/disable
blocks**

wires

label

gnd

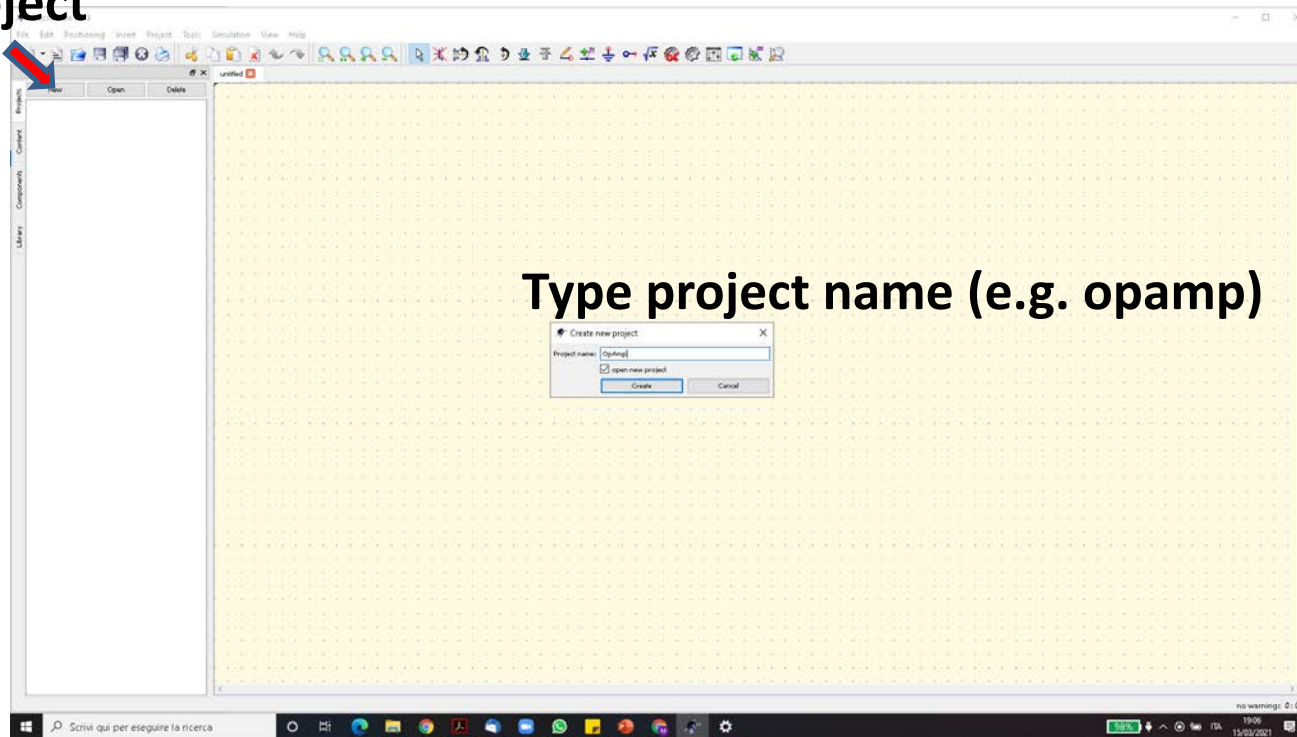
simulate



**Area di lavoro: disegno dello schema,
impostazione delle simulazioni e
visualizzazione dei risultati**

Disegno e simulazione di un amplificatore non-invertente

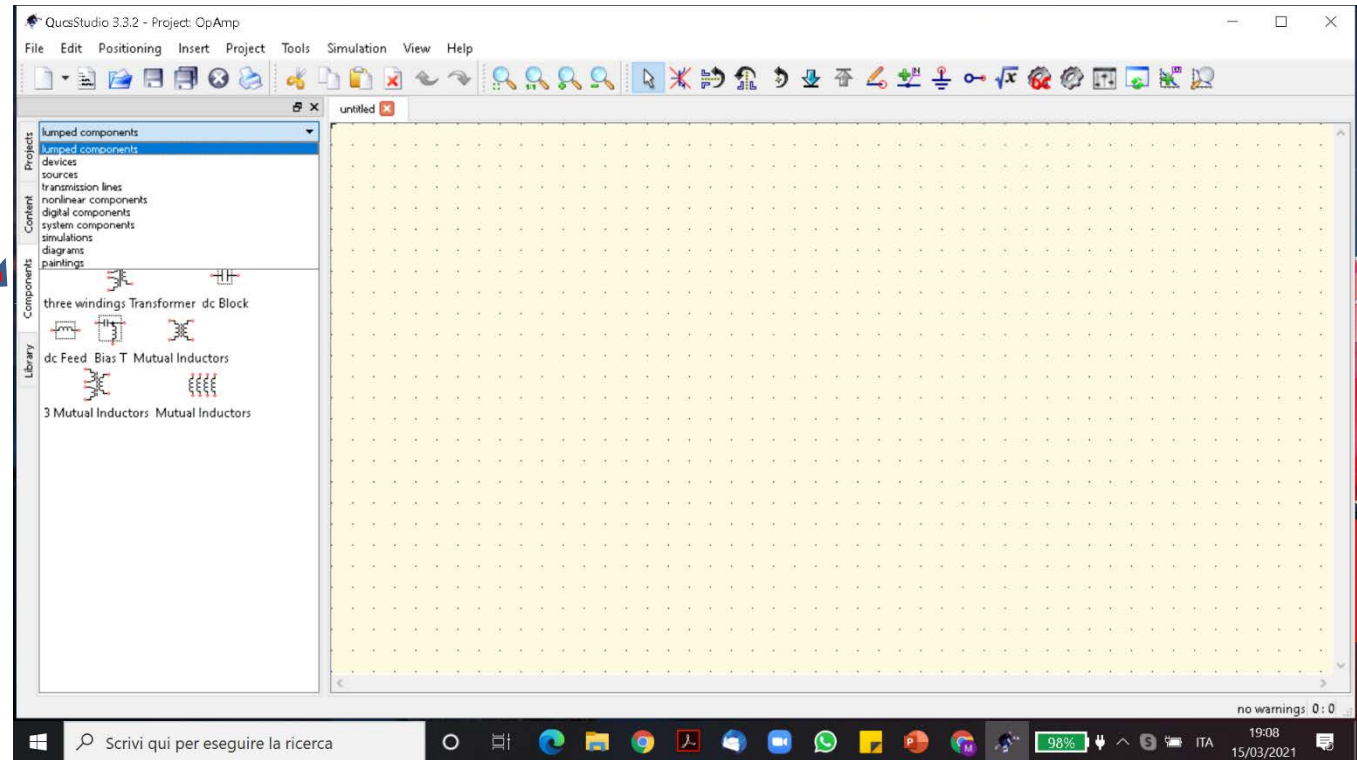
New project



Disegno e simulazione di un amplificatore non-invertente

Dal tab components è possibile inserire:

- Batterie e generatori (*sources*)
- Resistenze, condensatori... (*lumped components*)
- Simulazioni (*simulations*)



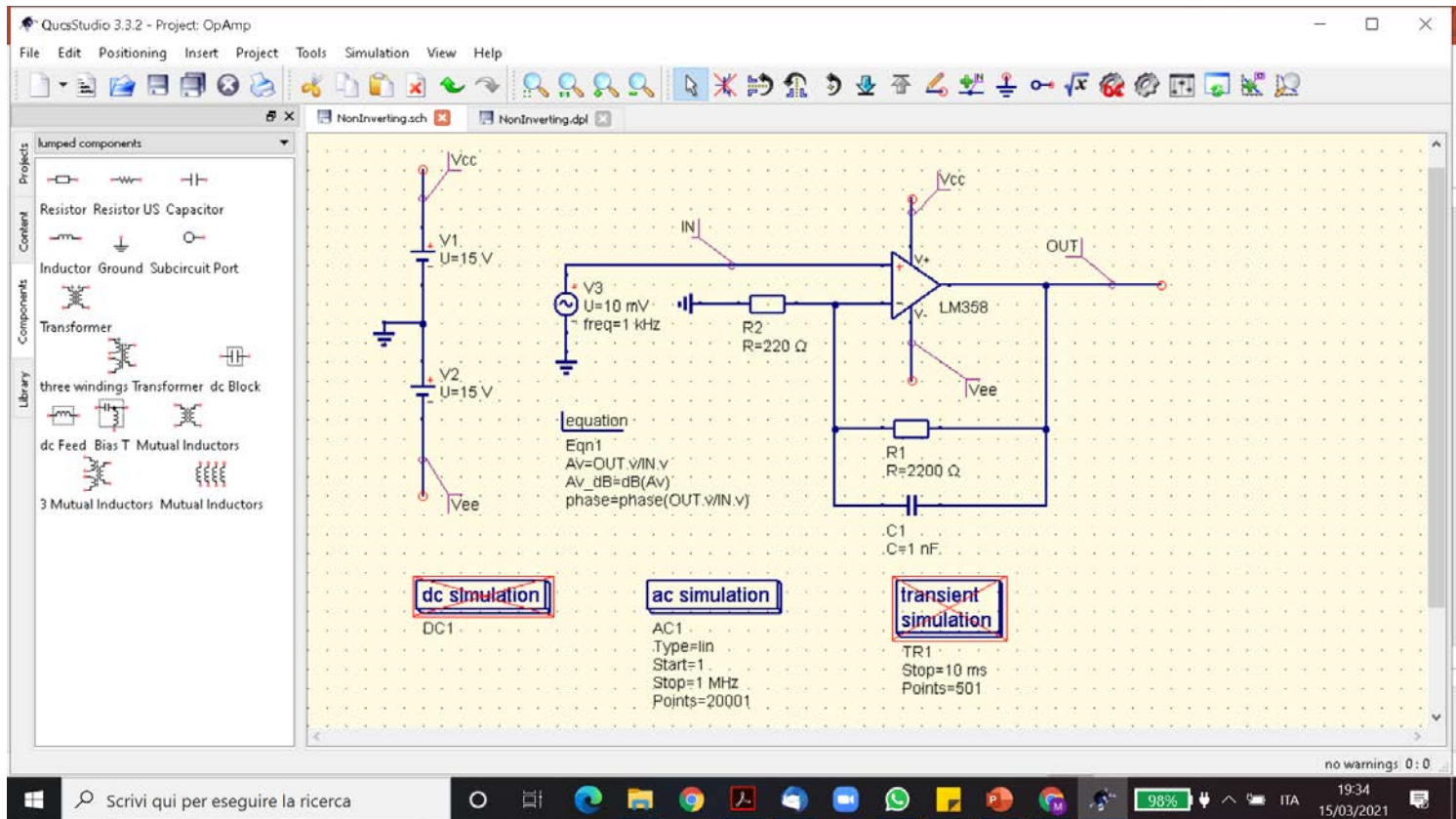
Disegno e simulazione di un amplificatore non-invertente

Dal tab Libraries è possibile inserire:

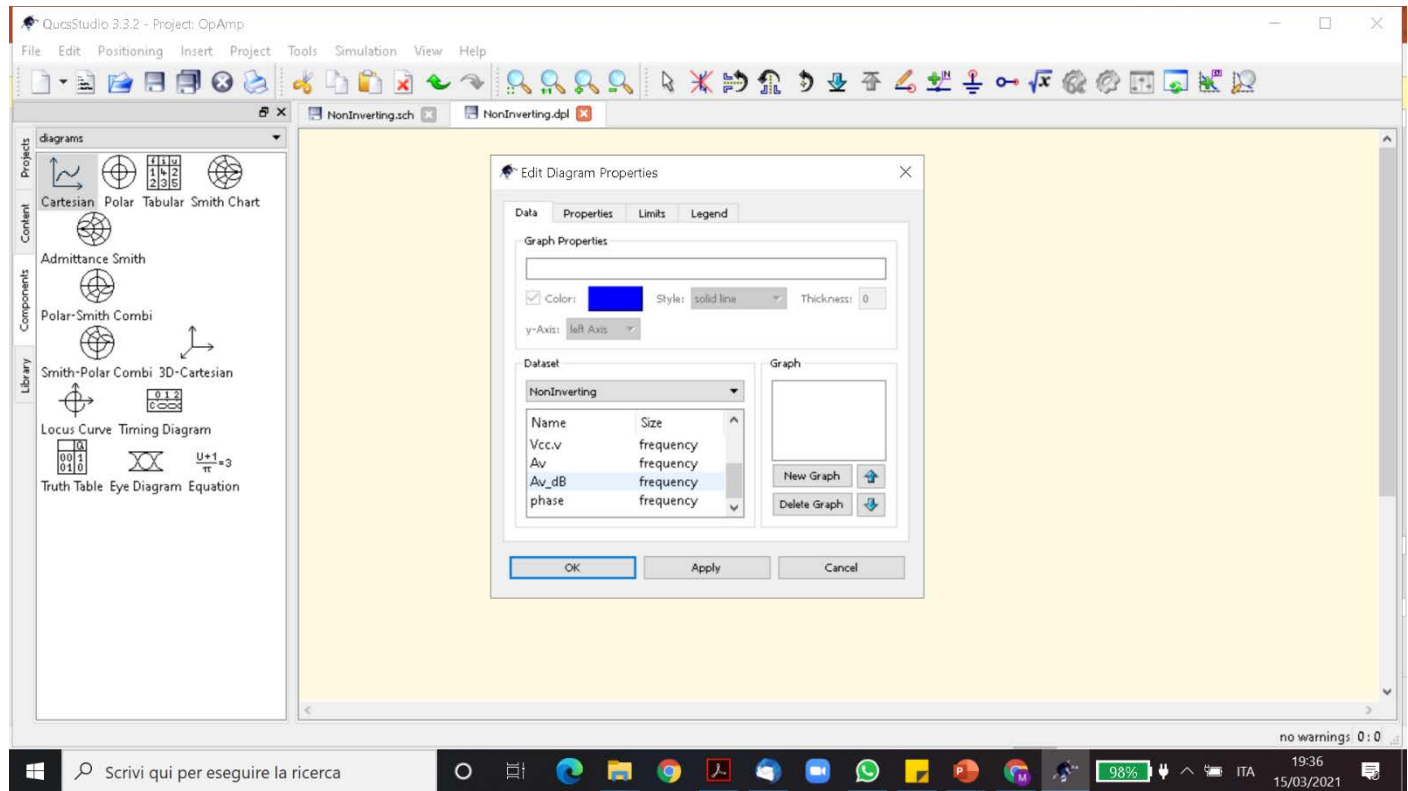
- OpAmps
- BJT
- DIODES
- ...



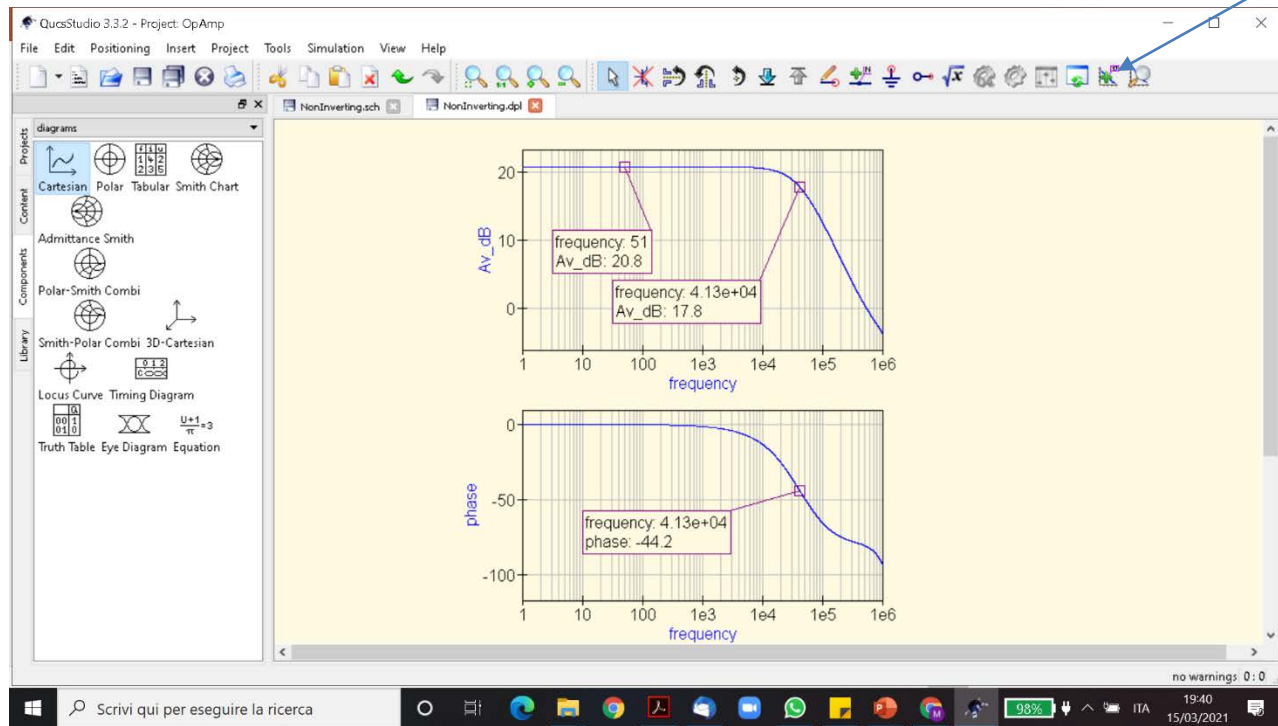
Disegnare lo schema (usando le etichette per alcuni fili), inserire l'equazione del guadagno in dB e della fase, aggiungere i blocchi di simulazione e abilitarli uno alla volta



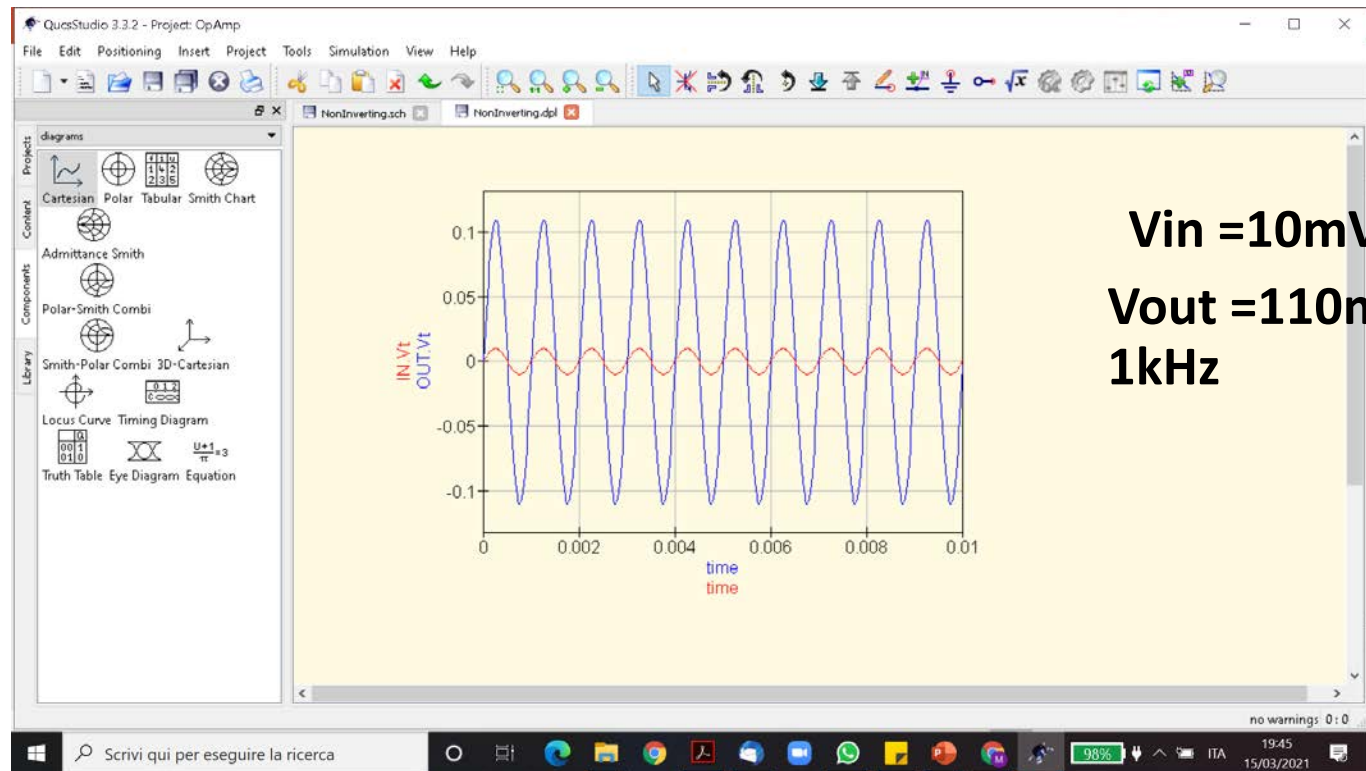
Risultato della simulazione AC: si aprirà una nuova finestra per la visualizzazione dei risultati (in forma grafica o tabulare). Trascinare nell'area il grafico cartesiano e selezionare l'equazione A_{v_dB} . Ripetere per aggiungere un grafico della fase



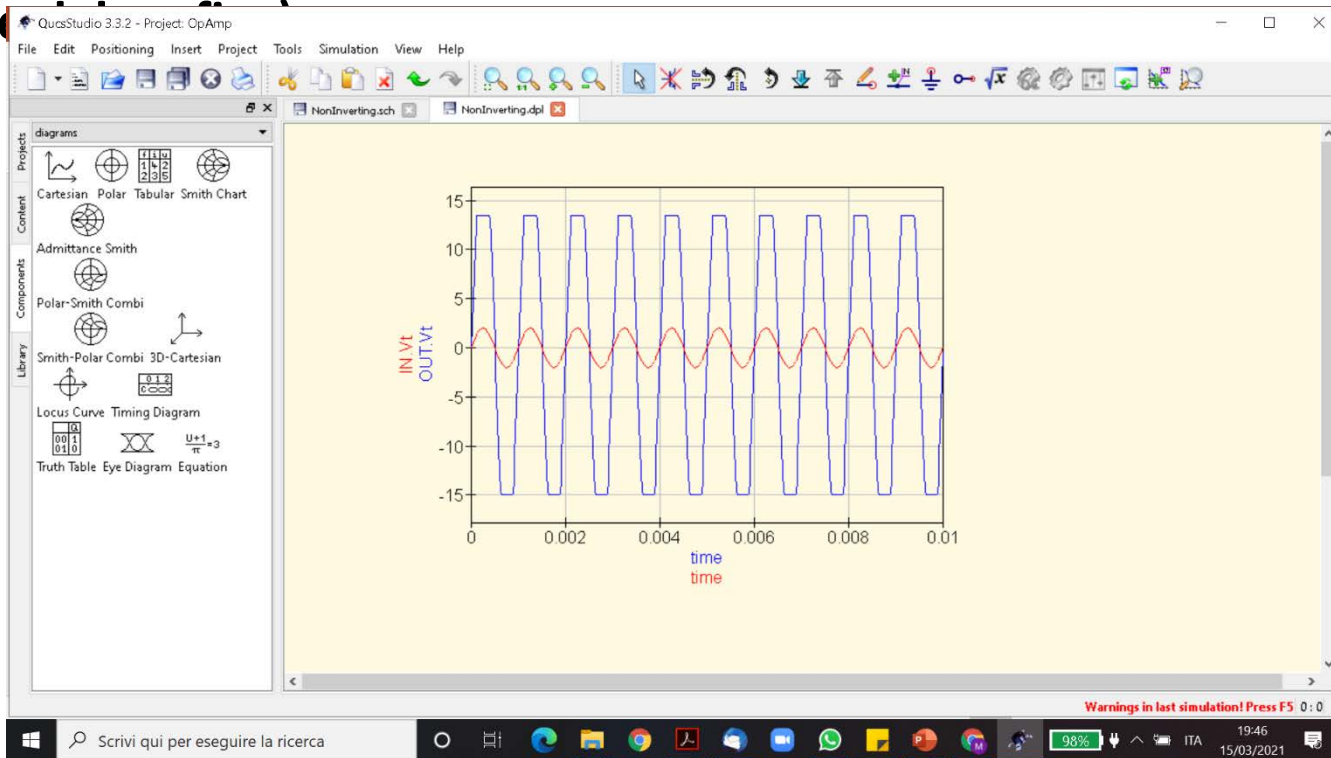
Risultato della simulazione AC: nelle proprietà dei grafici è possibile impostare la scala delle frequenze in modo logaritmico. Aggiungere markers per misurare il guadagno in DC e la frequenza di taglio



Risultato della simulazione TRANSIENT. Disattivare la simulazione AC ed avviare la simulazione transient. Rimuovere i grafici AC ed aggiungere un grafico che mostra tensione di ingresso e di uscita:



Risultato della simulazione TRANSIENT. Simulazione ripetuta aumentando l'ampiezza d'ingresso a 2V (la saturazione dell'uscita è visibile)



Sull'uso delle equazioni.

Le equazioni sono uno strumento molto utile per calcolare e/o visualizzare parametri di interesse del circuito. La lista dei possibili operatori e funzioni è disponibile nell'help

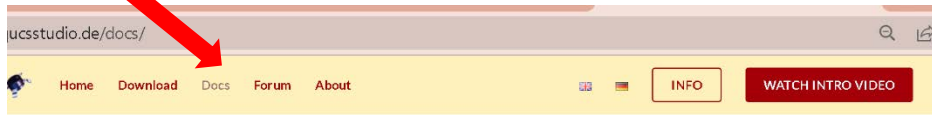
Menù HELP-> Help Index

Sotto la voce «Short description» è disponibile la lista delle funzioni usabili nella definizione di equazioni

The screenshot displays the QucsStudio 3.3.2 interface. The 'Help' menu is open, showing options like 'Help Index...', 'Help Octave...', and 'Technical Docu...'. The 'Help Index' window is visible, showing a tree view with 'Short description' selected. The 'Short description' window is open, displaying a list of mathematical functions and their descriptions. The functions listed include: $x > y$, $\text{real}(x)$, $\text{imag}(x)$, $\text{conj}(x)$, $\text{polar}(mag, phase)$, $\text{abs}(x)$, $\text{mag}(x)$, $\text{phase}(x)$, $\text{wphase}(x)$, $\text{vswr}(x)$, $\text{dB}(x)$, $\text{dBm}(x, Z)$, $\text{sqrt}(x)$, $\text{exp}(x)$, $\text{limexp}(x, lim)$, $\text{ln}(x)$, $\text{log10}(x)$, $\text{sin}(x)$, $\text{cos}(x)$, $\text{tan}(x)$, $\text{arcsin}(x)$, $\text{arccos}(x)$, $\text{arctan}(x)$, $\text{sinh}(x)$, $\text{cosh}(x)$, $\text{tanh}(x)$, $\text{length}(x)$, and $\text{if}(cond, x1, x2)$. The descriptions provide details on the parameters and behavior of each function.

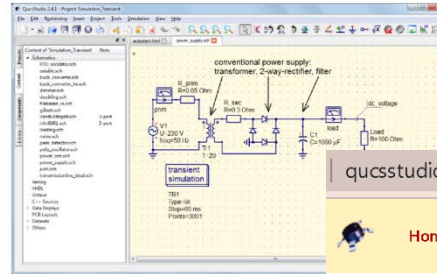
Function	Description
$x > y$	yields 1 if x is greater than y , otherwise zero
$\text{real}(x)$	real part of complex number
$\text{imag}(x)$	imaginary part of complex number
$\text{conj}(x)$	conjugate-complex number
$\text{polar}(mag, phase)$	complex-valued number with magnitude mag and phase $phase$ in degree
$\text{abs}(x)$	absolute value, magnitude of complex number
$\text{mag}(x)$	absolute value, magnitude of complex number
$\text{phase}(x)$	phase in degree
$\text{wphase}(x)$	phase in degree, but tries to avoid steps
$\text{vswr}(x)$	converts reflection coefficient x into voltage standing-wave ratio (VSWR)
$\text{dB}(x)$	voltage decibel = $20 * \log_{10}(x)$
$\text{dBm}(x, Z)$	convert voltage across Z to power in dBm (parameter Z is optional, default 50)
$\text{sqrt}(x)$	square root
$\text{exp}(x)$	exponential function to basis e
$\text{limexp}(x, lim)$	limited exponential function to basis e , i.e. function is linear if x greater lim (parameter lim is optional, default 80)
$\text{ln}(x)$	natural logarithm
$\text{log10}(x)$	decimal logarithm
$\text{sin}(x)$	sine
$\text{cos}(x)$	cosine
$\text{tan}(x)$	tangent
$\text{arcsin}(x)$	arcus sine in radian
$\text{arccos}(x)$	arcus cosine in radian
$\text{arctan}(x)$	arcus tangent in radian
$\text{sinh}(x)$	sine hyperbolicus
$\text{cosh}(x)$	cosine hyperbolicus
$\text{tanh}(x)$	tangent hyperbolicus
$\text{length}(x)$	number of elements in x
$\text{if}(cond, x1, x2)$	gives $x1$, if $cond$ is greater than 0, otherwise $x2$.

Per approfondire

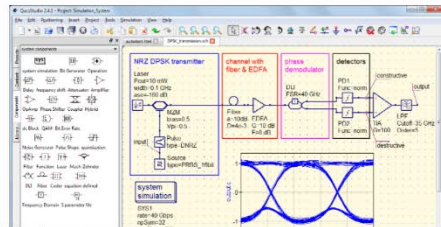


Screenshots

Get a first impression about QucsStudios feature set in our screenshot and video gallery.



Diversi video-tutorial sull'uso del simulatore



Examples

For an easy start have a look at the QucsStudio example project

Go to examples

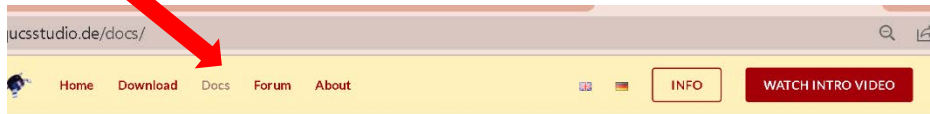
Videos

A look on the application can be taken here:

DC analysis	(2:47min)	guidance in performing the most simple simulation
Introduction 1	(4:29min)	about the first steps with the application
Introduction 2	(3:38min)	about working with the application
a little example	(7:14min)	by Elias Monteiro
Filter	(5:32min)	creating a 15th order Chebyshev lowpass filter
HB analysis	(4:59min)	demonstrate a Harmonic Balance simulation
Subcircuits	(6:42min)	embedding of circuits into a parent schematic
Tuning	(5:31min)	how to change component values with sliders
Optimizing	(8:32min)	automated optimizing of a stub filter
QucsTransline	(4:26min)	the transmission line calculator
Optimizer	(10:36min)	design of a diplexer using the circuit optimizer
EM simulation	(15:54min)	transferring a circuit automatically to a layout and performing an EM field simulation
EM simulation	(12min)	Create layouts for EM field simulation

Per approfondire le note

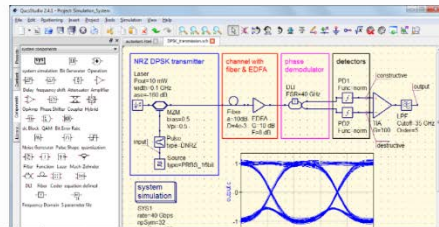
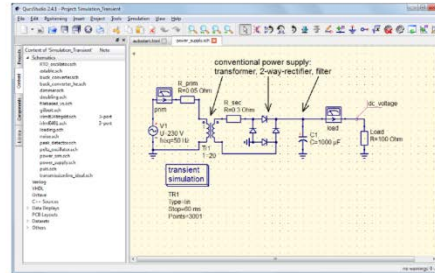
Per approfondire



Screenshots

Get a first impression about QucsStudios feature set in our screenshot and video gallery.

View



Examples

For an easy start take a look at the QucsStudio example projects.

Go to examples

Nella sezione «examples» scaricare (1) DC analysis, (2) AC analysis, (3) transient analysis



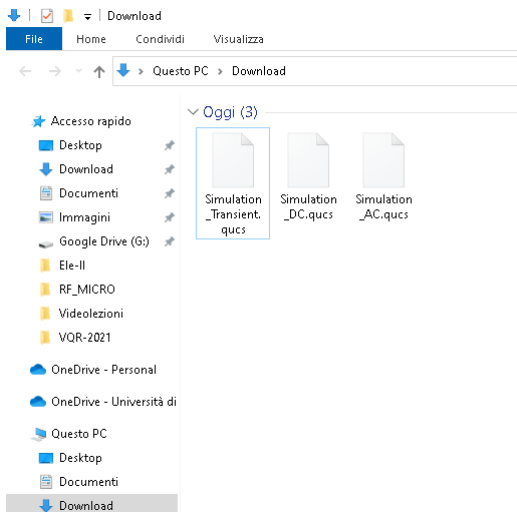
Examples

The following files contain circuits that demonstrate the functionality of simulator and GUI. They are archive files that can be downloaded via menu: Project → Extract Package...

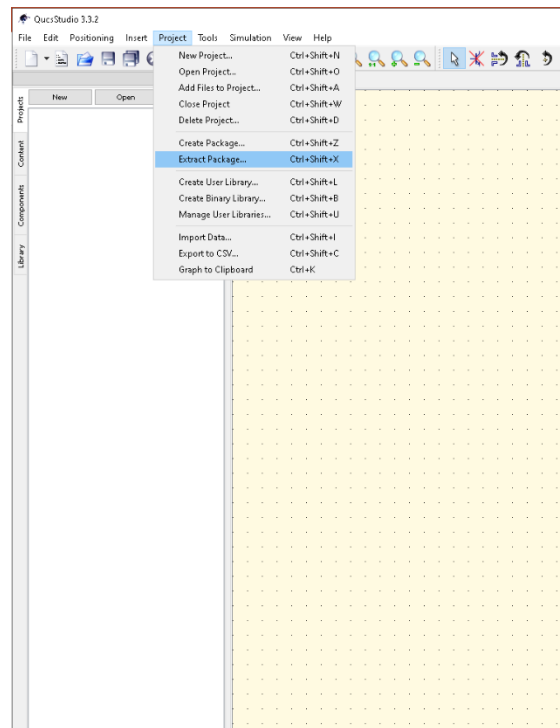
DC analysis	Diodes, forward sweeps
AC analysis	noise contribution etc.
transient analysis	oscillators, peak detectors, periodic steady-state analysis etc.
s-parameter analysis	gain/stability/noise circles, Touchstone files
HB analysis	Harmonic Balance, large-signal AC, large-signal s-parameter analysis
digital simulations	truth tables, Verilog, VHDL, etc.
system simulation	optical telecommunication systems, eye diagrams, bit error rate (BER)
circuit optimization	finding best-fit of component parameters
Monte-Carlo analysis	estimation of tolerances
PCB layout	designing a printed circuit board of an electrical circuit
Octave	scripts, post-processing, mex files, script-based schematic creation
C++/VerilogA models	creating user models
binary component library	contains the following models: Curtice, Stutz, TOM1...3, EKV, HICUM L0/L2, stripline and the models)

nserrire le note

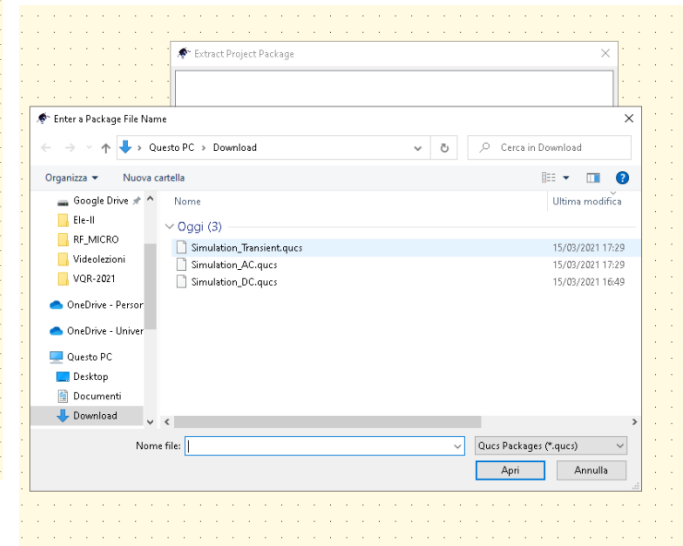
Verranno scaricati 3 files di progetto (estensione .qucs)



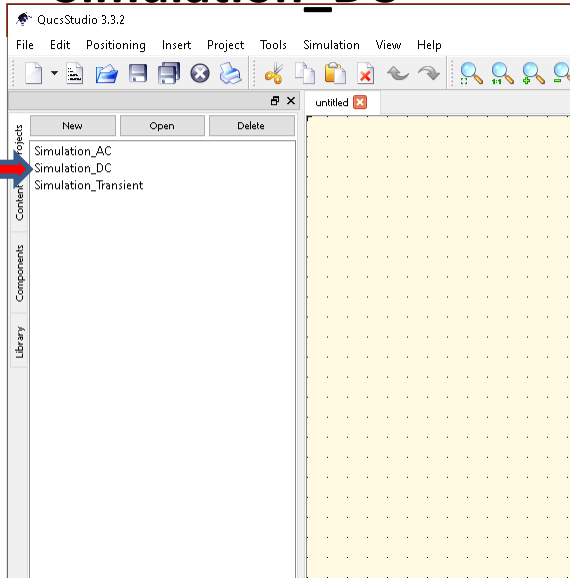
Dal simulatore selezionare *Project* -> *Extract Project*



Ricerca il percorso in cui sono stati salvati i progetti, selezionarli (un alla volta) ed aprirli ripetendo dal passo (2)

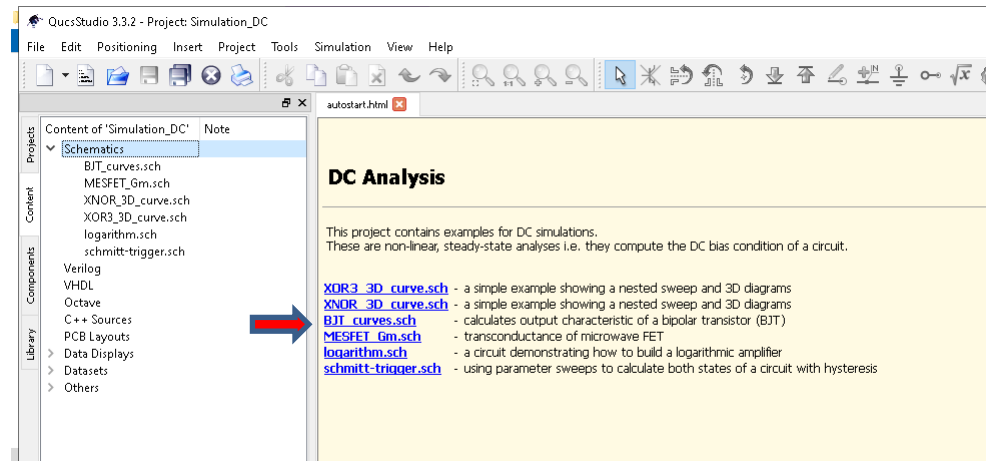


A completamento dell'operazione, i tre progetti compaiono nella lista dei progetti. Selezionare il progetto **Simulation_DC**



Il progetto contiene 6 schemi che permettono di provare diverse configurazioni della simulazione DC

Sciogliere BJT_curves.sch



DC Analysis

This project contains examples for DC simulations. These are non-linear, steady-state analyses i.e. they compute the DC bias condition of a circuit.

- [XOR3_3D_curve.sch](#) - a simple example showing a nested sweep and 3D diagrams
- [XNOR_3D_curve.sch](#) - a simple example showing a nested sweep and 3D diagrams
- [BJT_curves.sch](#) - calculates output characteristic of a bipolar transistor (BJT)
- [MESFET_Gm.sch](#) - transconductance of microwave FET
- [logarithm.sch](#) - a circuit demonstrating how to build a logarithmic amplifier
- [schmitt-trigger.sch](#) - using parameter sweeps to calculate both states of a circuit with hysteresis

Avvio della simulazione

Viene effettuata una simulazione DC con doppio sweep:

- (1) sweep principale di Vce
- (2) sweep secondario di Ib

Il risultato permette di graficare la corrente di collettore al variare di Vce, per diverse Ib

QucsStudio 3.3.2 - Project: Simulation_DC

File Edit Positioning Insert Project Tools Simulation View Help

Content of 'Simulation_DC' Note

- Projects
 - Schematics
 - BJT_curves.sch
 - MESFET_Gm.sch
 - XNOR_3D_curve.sch
 - XOR3_3D_curve.sch
 - logarithm.sch
 - schnmitt-trigger.sch
- Content
- Components
- Library
 - Verilog
 - VHDL
 - Octave
 - C++ Sources
 - PCB Layouts
 - Data Displays
 - Datasets
 - Others

Shows the output characteristic of the bipolar transistor.
It also shows the border of the SOA (save operation area).

Icollector

BC550

I1 I=Ibase

V1 U=Uce

equation

Eqn1
I_{max}=0.2
U_{max}=45
P_{max}=0.5

equation

Eqn2
 $power_limit=(P_{max} / U_{ce_n}) * (U_{ce} < U_{max})$

dc simulation

DC1

parameter sweep

SW1
Sim=DC1
Param=Uce
Type=lin
Start=0
Stop=50
Points=101

parameter sweep

SW2
Sim=SW1
Param=Ibase
Type=lin
Start=50 uA
Stop=800 uA
Points=16

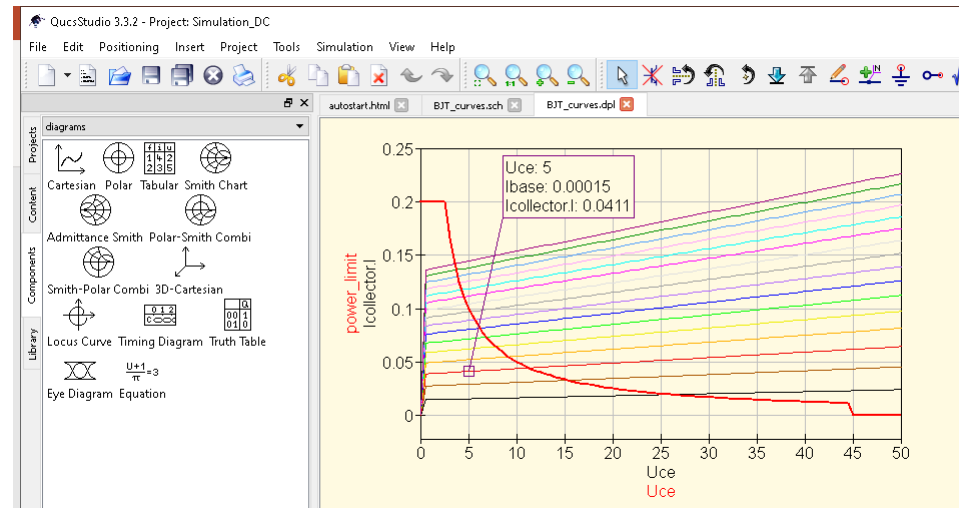
equation

Eqn3
 $U_{ce_n}=(P_{max}/I_{max} - U_{ce}) * (U_{ce} < P_{max}/I_{max}) + U_{ce}$

Viene effettuata una simulazione DC con doppio sweep:

- (1) sweep principale di Vce**
- (2) sweep secondario di Ib**

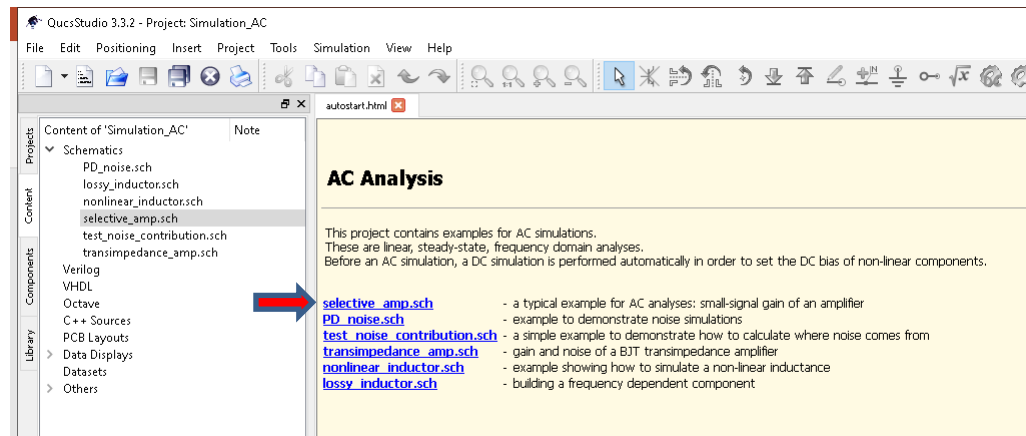
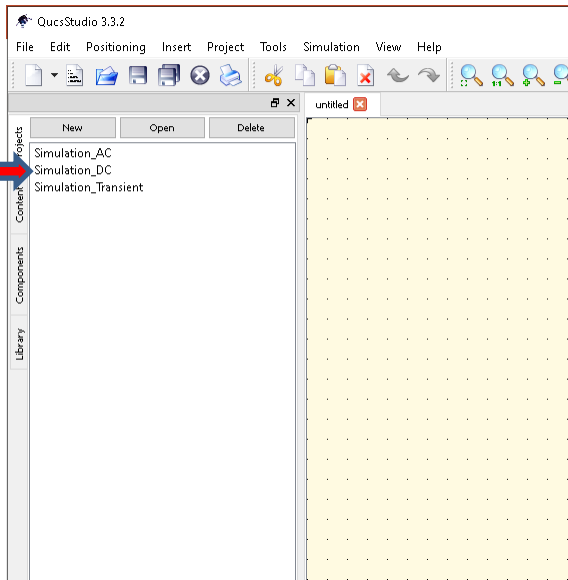
Il risultato permette di graficare la corrente di collettore al variare di Vce, per diverse Ib



Il progetto contiene 6 schemi che permettono di provare diverse configurazioni della simulazione AC

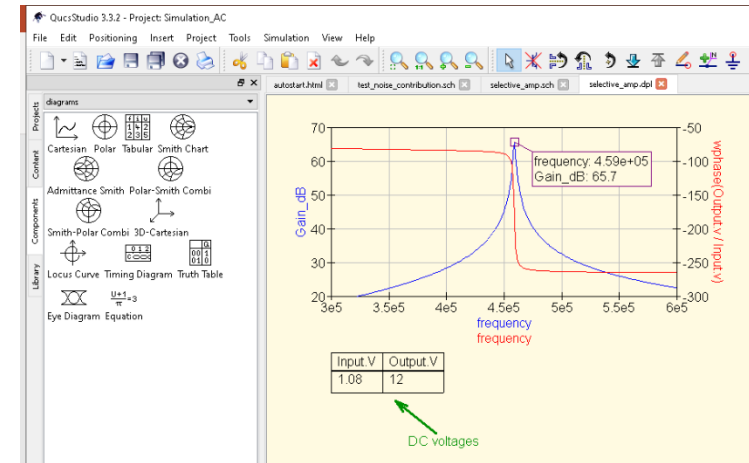
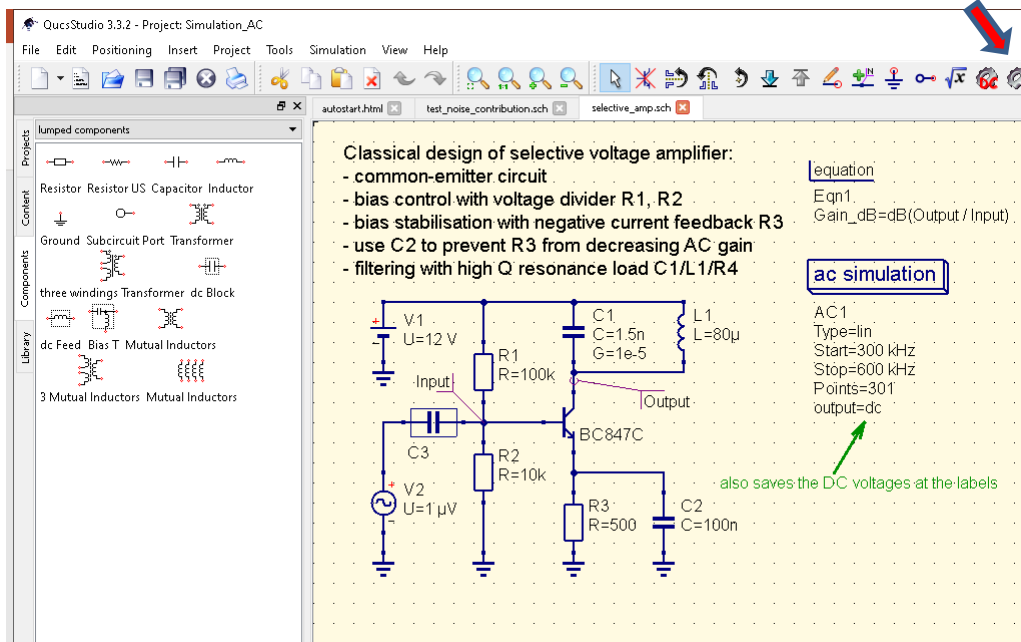
Selective_amp.sch

Selezionare il progetto Simulation_AC



Viene effettuata una simulazione AC ad un amplificatore passa-banda (con risuonatore LC di carico)

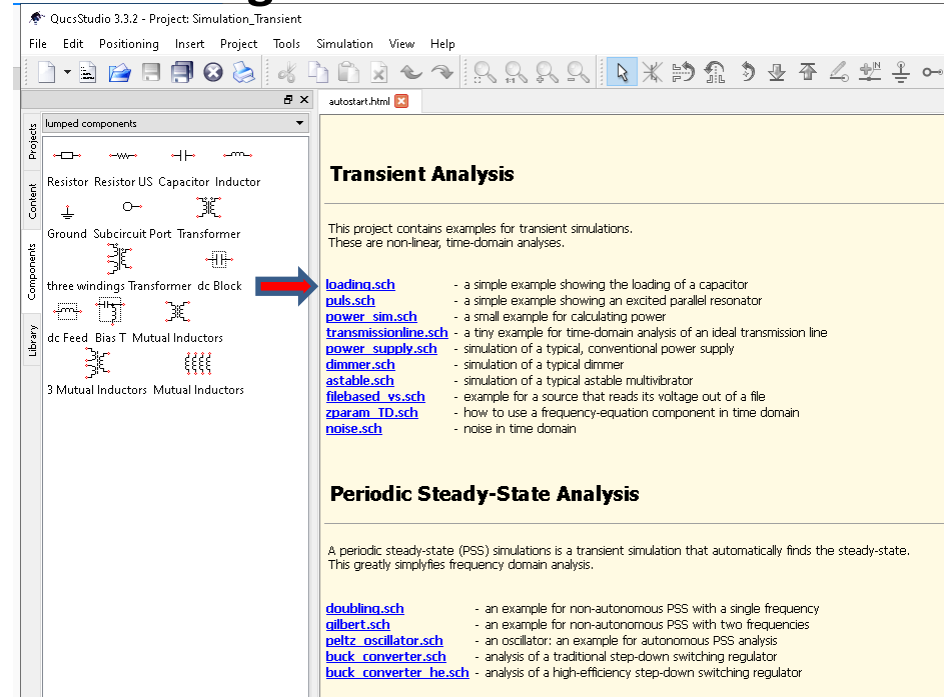
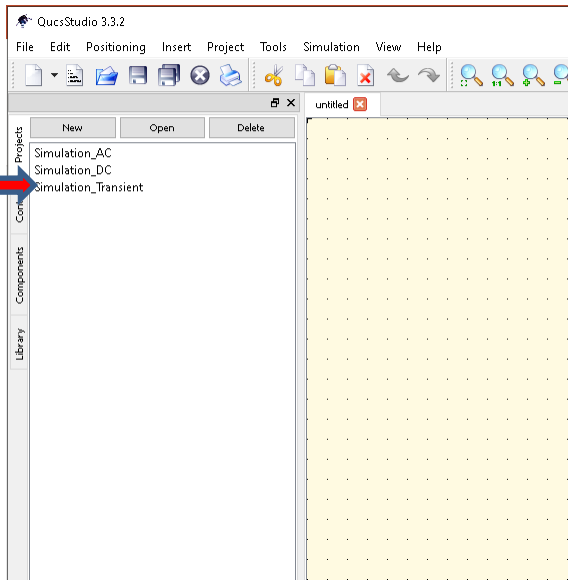
Avvio della simulazione



Il progetto contiene 10 schemi che permettono di provare diverse configurazioni della simulazione Transient

Selezionare il progetto Simulation_Transient

Selezionare loading.sch



Viene simulato il transitorio di carica di un condensatore e di un induttore. Il risultato confrontato con l'equazione analitica

QucsStudio 3.3.2 - Project: Simulation_Transient

File Edit Positioning Insert Project Tools Simulation View Help

lumped components

Resistor Resistor US Capacitor Inductor

Ground Subcircuit Port Transformer

three windings Transformer dc Block

dc Feed Bias T Mutual Inductors

3 Mutual Inductors Mutual Inductors

transient simulation

TR1
Type=lin
Stop=8ms
Points=81
initialDC=no

equation
Eqn1
 $V_c = (2V - 0.5V) * (1 - \exp(-\text{time} / 1k\Omega / 1\mu F)) + 0.5V$

equation
Eqn2
 $I_L = (2mA - 0.5mA) * (1 - \exp(-\text{time} * 10\Omega / 10mH)) + 0.5mA$

Most simple example for transient simulation:
Watch the loading of a capacitor.
Note that the capacitor is already pre-loaded with 0.5V.
The curve in equation 'Eqn1' must be the result.

...and the equivalent:
an inductor pre-loaded with 0.5mA

start simulation with pre-loaded values

