

I.T.I. PANETTI
5ET sez.B A.S. 2002/2003

SISTEMI ELETTRONICI
Prof. Panella Ettore

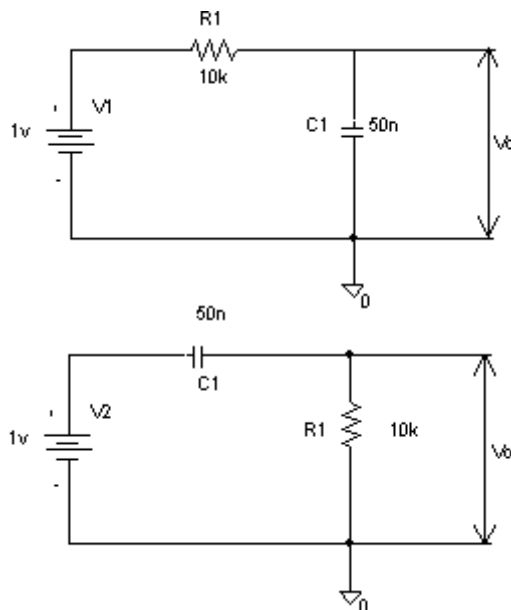
Alunno: Scardicchio Fabio

Simulazioni dei circuiti RC e CR

L'obiettivo di questa esperienza è stato quello di analizzare il funzionamento dei circuiti RC e CR, mediante l'uso dei software applicativi finora studiati. I risultati delle simulazioni sono stati poi confrontati e si è giunti allo stesso risultato tramite software diversi. I software applicativi utilizzati sono stati:

1. Pspice
2. Pspice (mediante l'uso del blocco di Laplace)
3. Matlab
4. Excel
5. Simulink
6. Visual Basic

Di seguito sono riportati i circuiti utilizzati per la simulazione:



Nel primo circuito (circuito RC), quando si applica tensione al circuito, la tensione ai capi del condensatore è nulla poiché esso si comporta come un corto circuito. All'aumentare del tempo, la tensione ai capi del condensatore aumenta, con conseguente diminuzione della corrente. La tensione ai capi del condensatore segue la seguente legge (curva di carica di un condensatore):

$$v_c(t) = V_1 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

A regime dopo circa cinque volte τ (tempo di assestamento), il valore della tensione raggiunge quello della tensione applicata all' ingresso del circuito. In realtà il valore della tensione tende asintoticamente al valore della tensione massima, quindi non lo raggiunge mai effettivamente. Dopo 5τ il valore della tensione ai capi del condensatore è pari al 99% della tensione applicata in ingresso. Per semplicità quindi si dice che dopo 5τ il valore della tensione raggiunge il valore massimo.

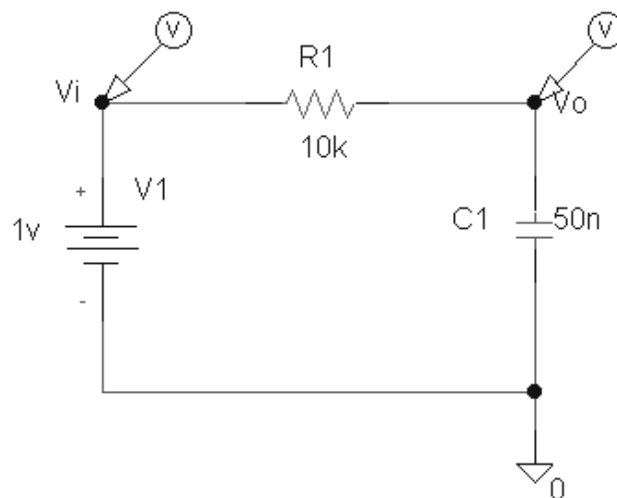
Nel secondo circuito, il circuito CR, all' applicazione della tensione, il condensatore si comporta come un corto circuito, quindi la tensione di ingresso, si trasferisce interamente in uscita. La legge che governa il circuito è la seguente:

$$v_c(t) = V_1 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

All' aumentare del tempo, la tensione ai capi del condensatore aumenta, con conseguente diminuzione della corrente. La corrente che attraversa il condensatore è la stessa di quella che attraversa la resistenza. Per la legge di Ohm quindi, la tensione ai capi della resistenza diminuisce fino ad arrivare asintoticamente ad un valore nullo.

Simulazione con PSPICE (mediante l' uso dei componenti)

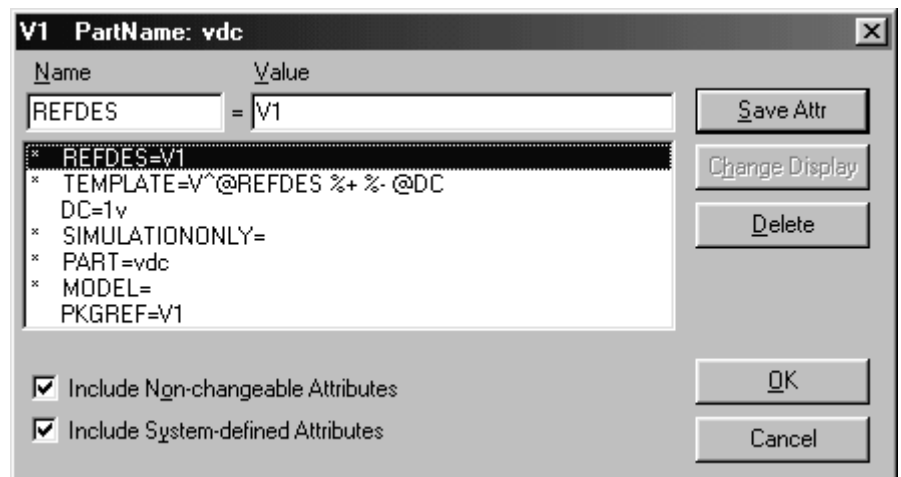
Per la simulazione con Pspice abbiamo montato il circuito con Schematics Editor ed abbiamo impostato i valori per la simulazione.



Facendo doppio-click sul generatore si apre la seguente:

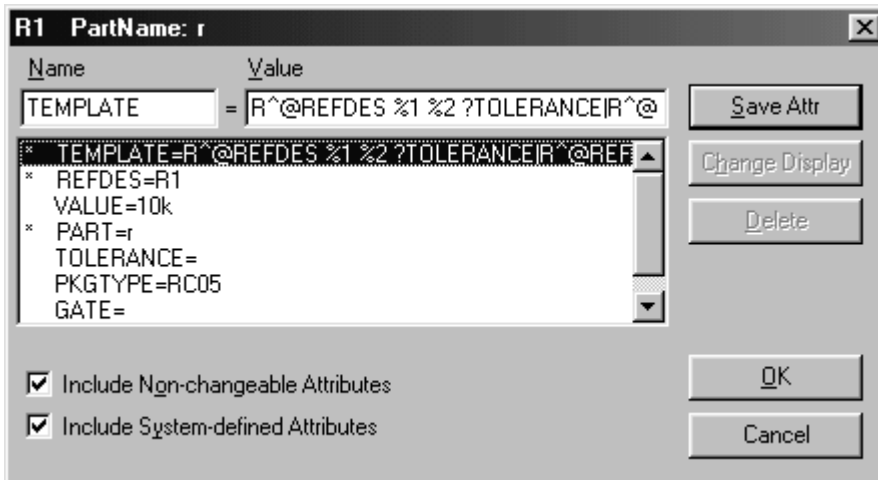
In questa finestra :
 REFDES è il nome di riferimento del componente.
 DC è la tensione nominale del generatore.
 PART è il tipo di componente.

Inoltre bisogna impostare i valori dei componenti agendo sempre con il doppio-click sul



componente del quale bisogna impostare i valori.

Di seguito sono riportate le finestre nelle quali vengono impostati i valori della resistenza e del condensatore:

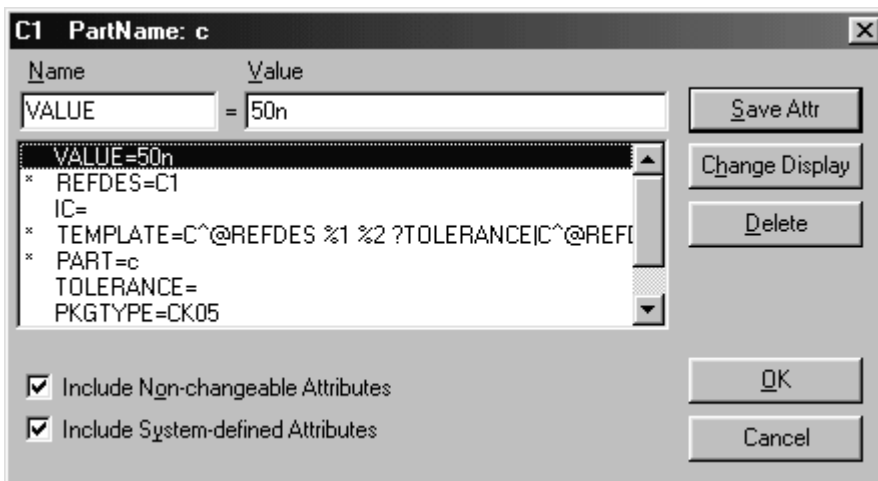


In queste finestre si inseriscono i valori relativi alla resistenza ed alla capacità presenti nel circuito.

Alla voce VALUE, si inserisce il valore del componente.

Alla voce REFDES, si inserisce il nome di riferimento che utilizza il software per la

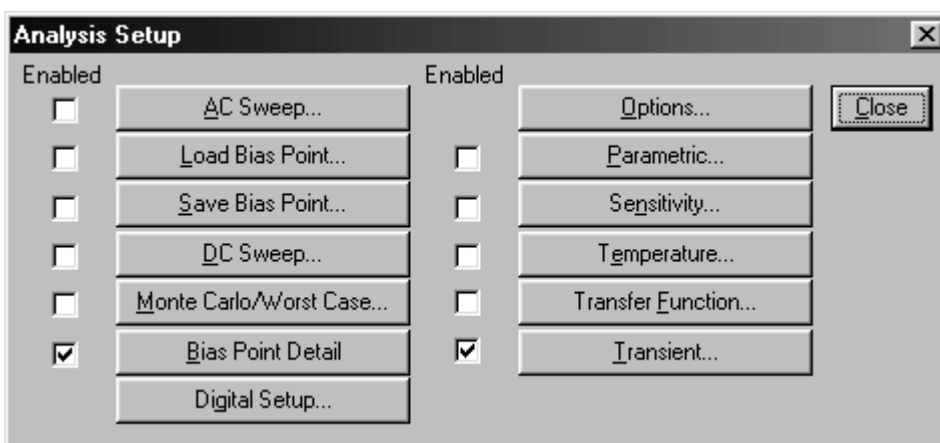
simulazione.



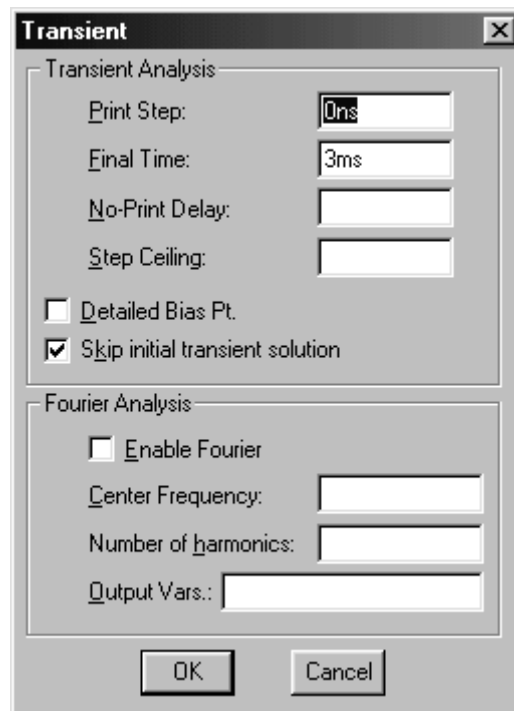
Nella voce PART invece, viene inserito il tipo di componente.

Una volta impostate queste finestre si passa ad impostare i valori per la simulazione del circuito.

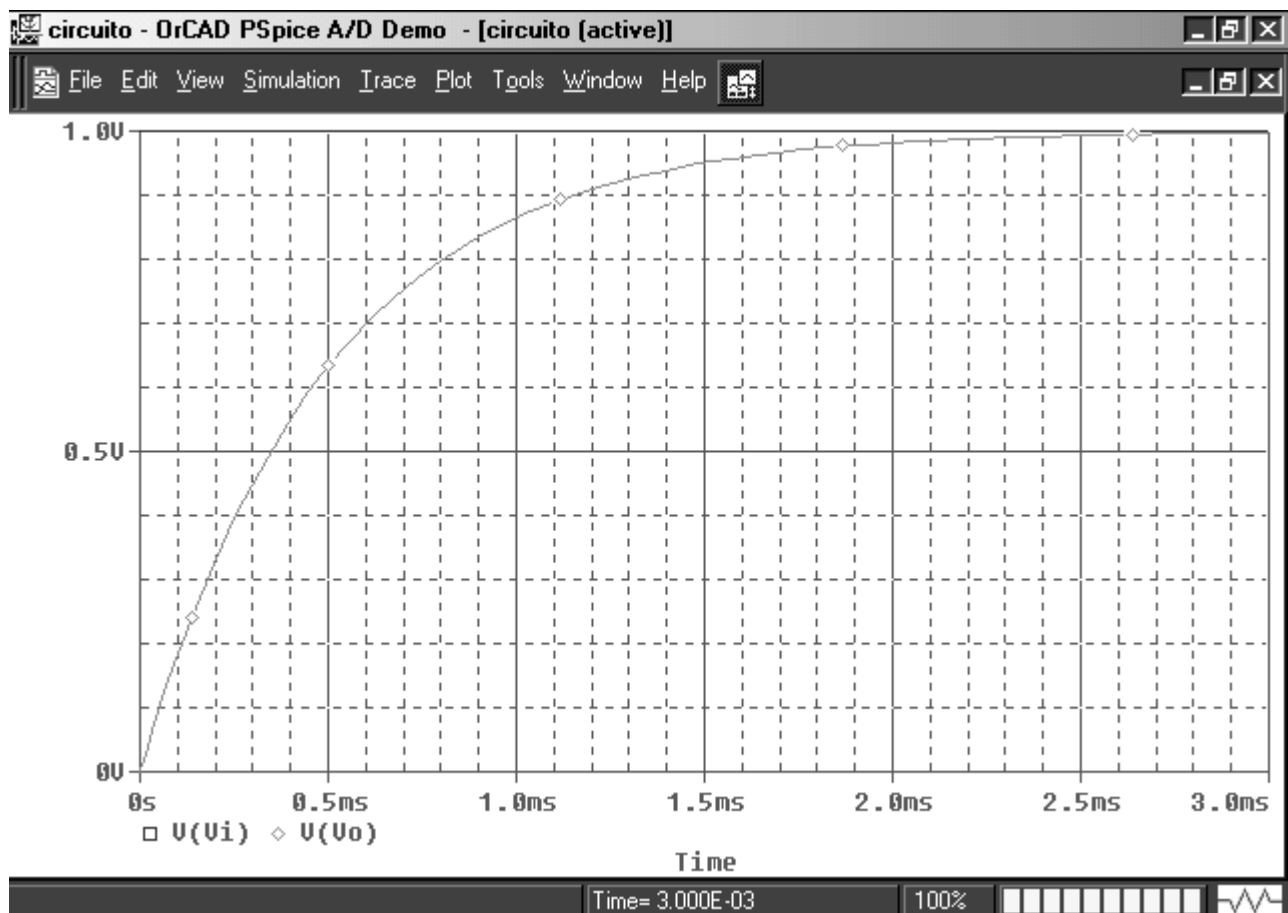
Questa operazione viene svolta nella seguente finestra:



Attivando la voce **Transient** si apre poi un'altra finestra nella quale si inseriscono il print **Step** (il passo) ed il **Final Time** (il tempo fino al quale vengono calcolati i valori della simulazione).



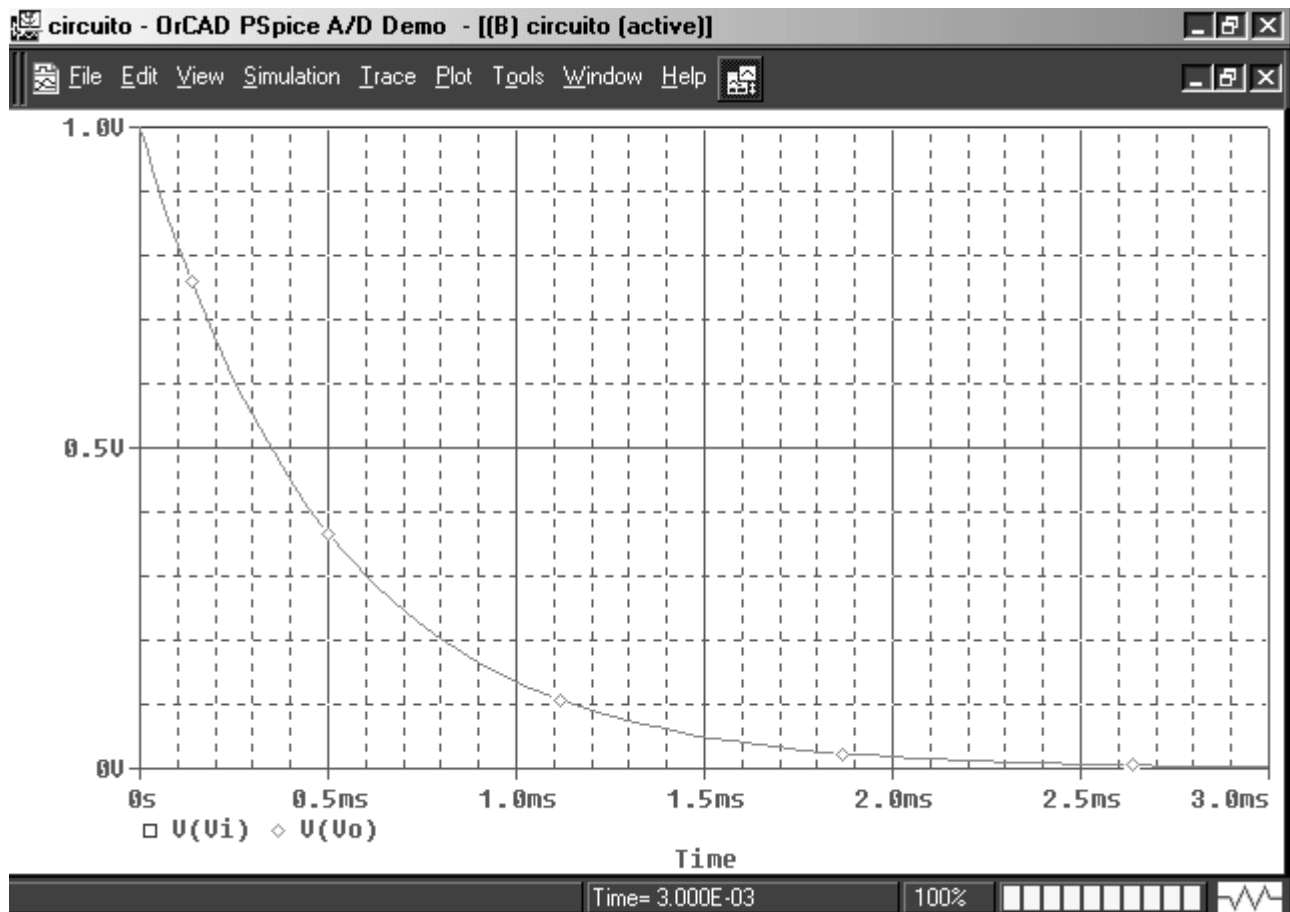
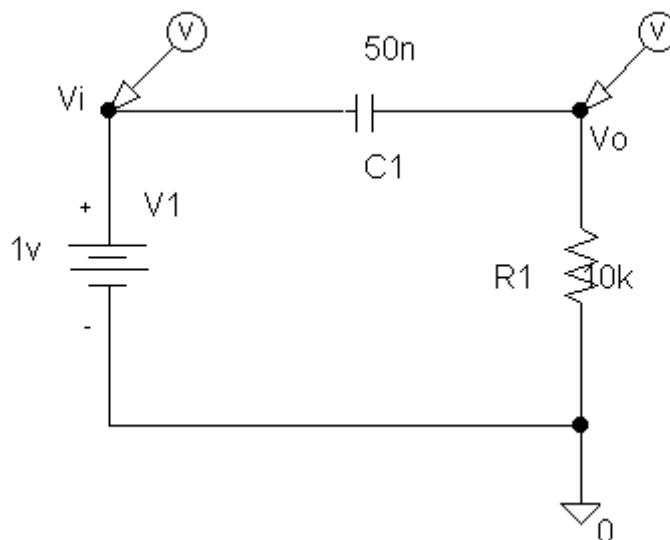
Il circuito viene poi lanciato in simulazione. I marker di tensione applicati al circuito in fase di disegno dello stesso, servono a far visualizzare al probe direttamente l'andamento della tensione ai capi del condensatore e della tensione applicata all'ingresso. Il grafico visualizzato è il seguente:



Nel grafico è possibile vedere come la tensione ai capi del condensatore aumenta all' aumentare del tempo, seguendo una legge esponenziale.

Analoghe considerazioni si possono fare per il circuito CR. Una volta impostati costruito il circuito ed aver impostato i valori per la simulazione, il circuito viene lanciato in simulazione. Avendo applicato i marker di tensione, il Probe visualizza direttamente l' andamento della tensione in funzione del tempo.

Di seguito è riportato il circuito montato con lo 'Schematics' ed il grafico risultante dalla simulazione:



In questo caso si può vedere come la tensione ai capi del condensatore diminuisca all' aumentare del tempo seguendo la legge esponenziale prima dettata.

Simulazione con PSPICE (mediante l' uso del blocco di LAPLACE)

Utilizzando il PSPICE è possibile visualizzare queste curve utilizzando un altro componente chiamato LAPLACE. Questo componente è rappresentato da un rettangolo all' interno del quale viene inserita la funzione di trasferimento del circuito.

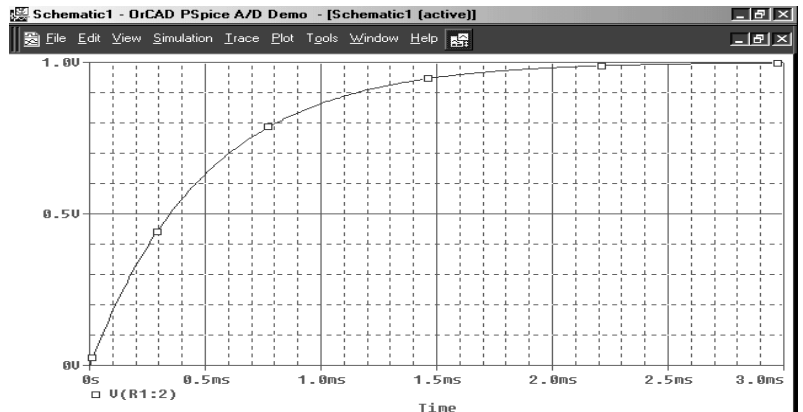
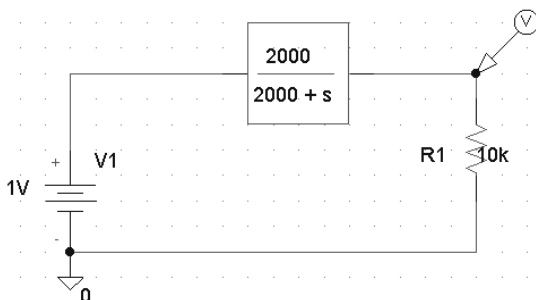
Una volta calcolate le funzioni di trasferimento, è possibile quindi inserirle nel blocco di Laplace e lanciando la simulazione del circuito si ottengono gli stessi risultati della simulazione prima avviata. Le funzioni di trasferimento calcolate valgono:

$$G(s) = \frac{2000}{2000 + s} \text{ per il circuito RC}$$

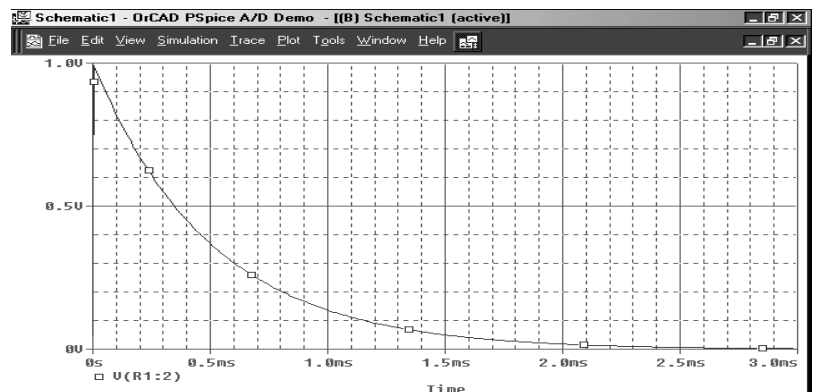
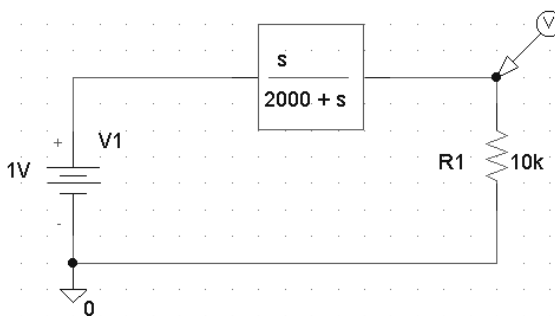
$$G(s) = \frac{s}{2000 + s} \text{ per il circuito CR}$$

Le procedure per l' impostazione dei valori di simulazione sono le stesse di quelle svolte prima. Di seguito sono riportati i circuiti montati con lo Schematics ed a fianco il grafico ottenuto con il PROBE.

Circuito RC.



Circuito CR.



Simulazione con MATLAB

La simulazione con MATLAB è rapidissima, poiché per MATLAB, basta inserire la funzione di trasferimento e sfruttare il comando STEP.

Di seguito è riportato il listato delle istruzioni inserite con MATLAB ed il relativo grafico ottenuto:

Circuito RC.

To get started, type one of these commands: *helpwin*, *helpdesk*, or *demo*

```
EDU» num =[2000]
```

```
num =
```

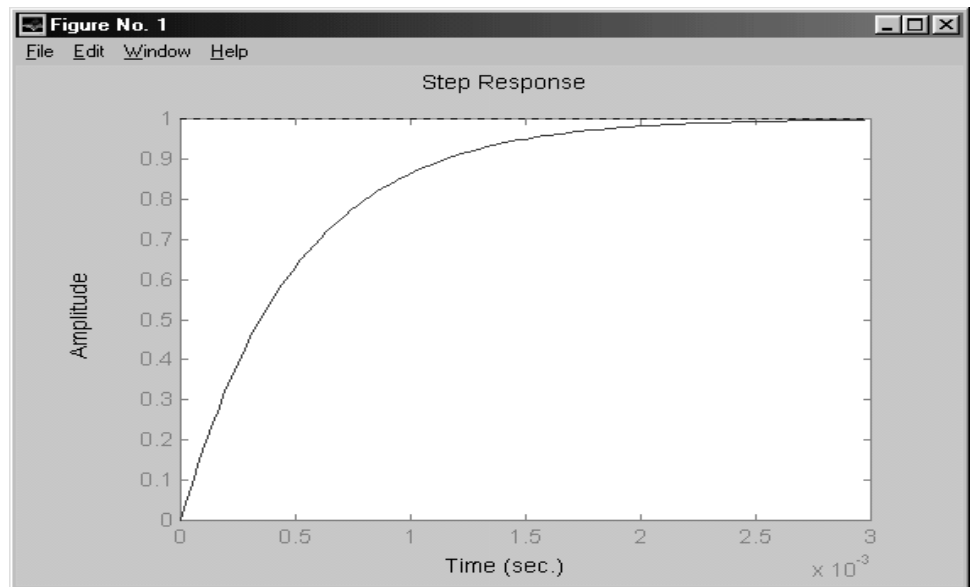
```
2000
```

```
EDU» den =[1,2000]
```

```
den =
```

```
1 2000
```

```
EDU» step (num,den)
```



Circuito CR.

To get started, type one of these commands: *helpwin*, *helpdesk*, or *demo*

```
EDU» num =[1 0]
```

```
num =
```

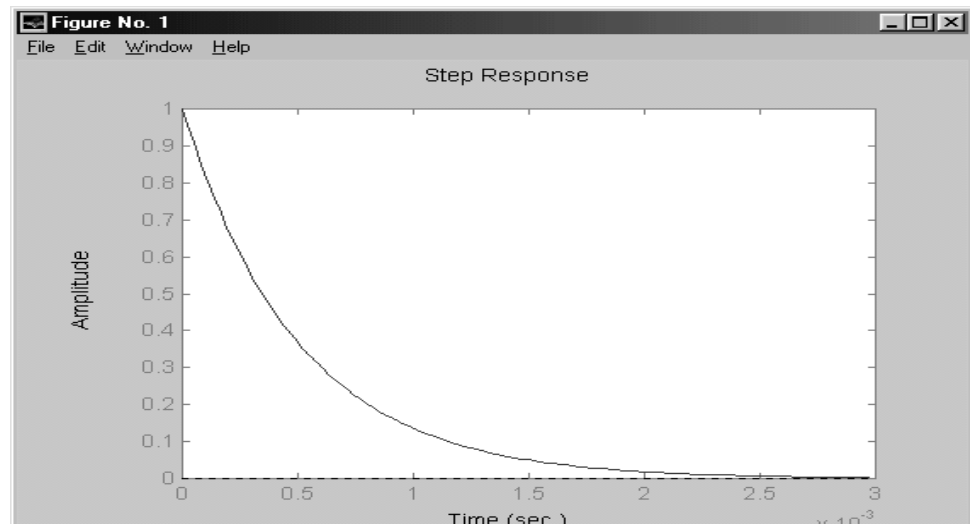
```
1 0
```

```
EDU» den =[1 2000]
```

```
den =
```

```
1 2000
```

```
EDU» step (num,den)
```



Simulazione con EXCEL

Per la simulazione con EXCEL, si è costruito un foglio di lavoro all'interno del programma e si è costruita una tabella. All'interno della tabella si sono inserite le formule relative al circuito RC e CR prima dettate.

Di seguito è riportato il foglio di lavoro utilizzato:

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

t	Vo (RC)	Vo (CR)
0	0,E+00	1,E+00
0,0001	2,E-01	8,E-01
0,0002	3,E-01	7,E-01
0,0003	5,E-01	5,E-01
0,0004	6,E-01	4,E-01
0,0005	6,E-01	4,E-01

E' possibile variare il valore della Resistenza e del condensatore selezionando la casella nella quale c'è il valore del componente. Automaticamente il software cambia il valore della casella D7, poiché in essa è inserita la formula:

$$=+\$D\$5*\$D\$6$$

Inoltre è possibile variare il valore del passo e della tensione del circuito.

Variando il valore del passo, cambiano gli intervalli di tempo che il software utilizza per calcolare i valori di tensione ai capi del condensatore.

Nella casella B13 è infatti inserita la formula:

$$=+B12+\$D\$8$$

Nelle celle C13 e D13 sono state inserite le formule relative alla carica ed alla scarica del condensatore:

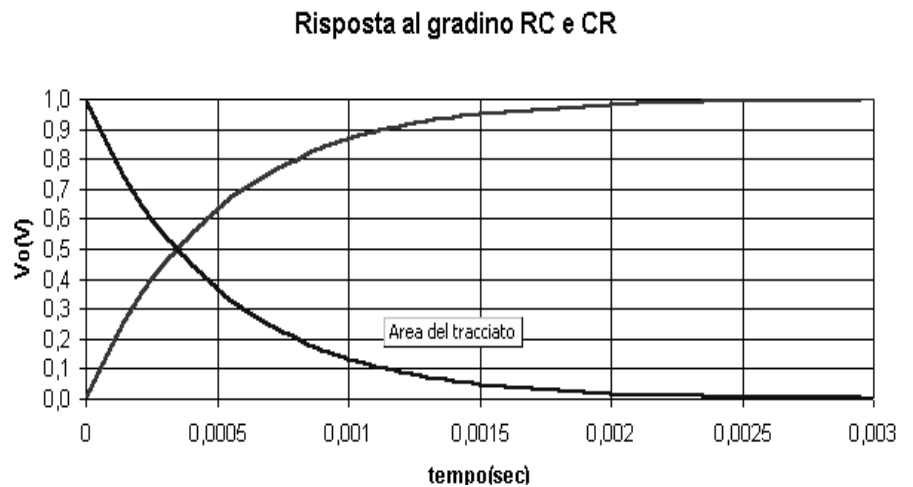
In C13: $=+\$D\$9*(1-EXP(-B13/\$D\$7))$

In D13: $=+\$D\$9*EXP(-B13/\$D\$7)$

Le formule adesso riportate sono state poi trascinate, e si è quindi costruita una tabella con tutti i valori istantanei della tensione per i due circuiti (in relazione al passo inserito ed al valore di tensione dato).

Di seguito è riportata la tabella con i valori calcolati dall' EXCEL ed il grafico ottenuto:

t	Vo (RC)	Vo (CR)
0	0,E+00	1,E+00
0,0001	2,E-01	8,E-01
0,0002	3,E-01	7,E-01
0,0003	5,E-01	5,E-01
0,0004	6,E-01	4,E-01
0,0005	6,E-01	4,E-01
0,0006	7,E-01	3,E-01
0,0007	8,E-01	2,E-01
0,0008	8,E-01	2,E-01
0,0009	8,E-01	2,E-01
0,001	9,E-01	1,E-01
0,0011	9,E-01	1,E-01
0,0012	9,E-01	9,E-02
0,0013	9,E-01	7,E-02
0,0014	9,E-01	6,E-02
0,0015	1,E+00	5,E-02
0,0016	1,E+00	4,E-02
0,0017	1,E+00	3,E-02
0,0018	1,E+00	3,E-02
0,0019	1,E+00	2,E-02
0,002	1,E+00	2,E-02
0,0021	1,E+00	1,E-02
0,0022	1,E+00	1,E-02
0,0023	1,E+00	1,E-02
0,0024	1,E+00	8,E-03
0,0025	1,E+00	7,E-03
0,0026	1,E+00	6,E-03
0,0027	1,E+00	5,E-03
0,0028	1,E+00	4,E-03
0,0029	1,E+00	3,E-03
0,003	1,E+00	2,E-03
0,0031	1,E+00	2,E-03
0,0032	1,E+00	2,E-03
0,0033	1,E+00	1,E-03
0,0034	1,E+00	1,E-03
0,0035	1,E+00	9,E-04
0,0036	1,E+00	7,E-04
0,0037	1,E+00	6,E-04
0,0038	1,E+00	5,E-04
0,0039	1,E+00	4,E-04
0,004	1,E+00	3,E-04
0,0041	1,E+00	3,E-04
0,0042	1,E+00	2,E-04
0,0043	1,E+00	2,E-04
0,0044	1,E+00	2,E-04
0,0045	1,E+00	1,E-04
0,0046	1,E+00	1,E-04
0,0047	1,E+00	8,E-05
0,0048	1,E+00	7,E-05
0,0049	1,E+00	6,E-05
0,005	1,E+00	5,E-05



Per costruire il grafico, si sono selezionate contemporaneamente tutte e tre le colonne della tabella ottenuta (le colonne appaiono 'annerite'), e si è cliccato sul pulsante di **autocomposizione grafico**.

Successivamente è possibile impostare il tipo di grafico, i nomi degli assi etc.

Nei grafici vengono visualizzate contemporaneamente, le curve di carica e di scarica del condensatore poiché si sono selezionate tutte e tre le colonne delle tabelle.

Le pendenze delle curve sono le stesse poiché la costante di tempo τ della carica e della scarica è la stessa.

Per variare la costante di tempo è sufficiente sostituire ai valori predefiniti della resistenza e del condensatore un altro valore diverso. La costante di tempo τ è data dal prodotto della resistenza per il valore della capacità.

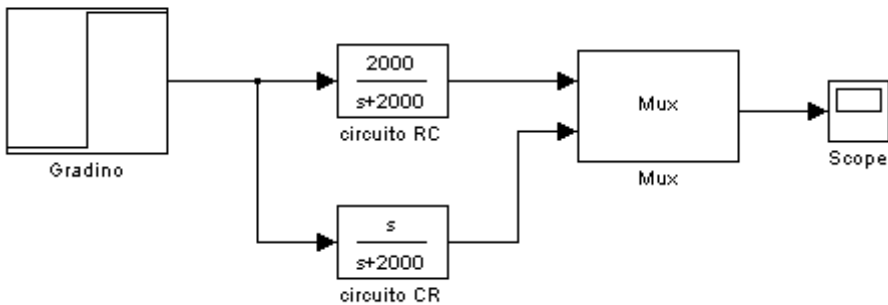
Simulazione con Simulink

Simulink è un blocco di MATLAB, che svolge funzioni in più rispetto a MATLAB, e che permette un metodo di impostazione grafico, mentre in modalità normale, i problemi vengono affrontati mediante comandi inseriti dall'utente.

Inoltre Simulink contiene strumenti di visualizzazione dei segnali utilizzati, quali l'oscilloscopio, il multimetro etc.

Di seguito è riportato lo schema del circuito montato con Simulink:

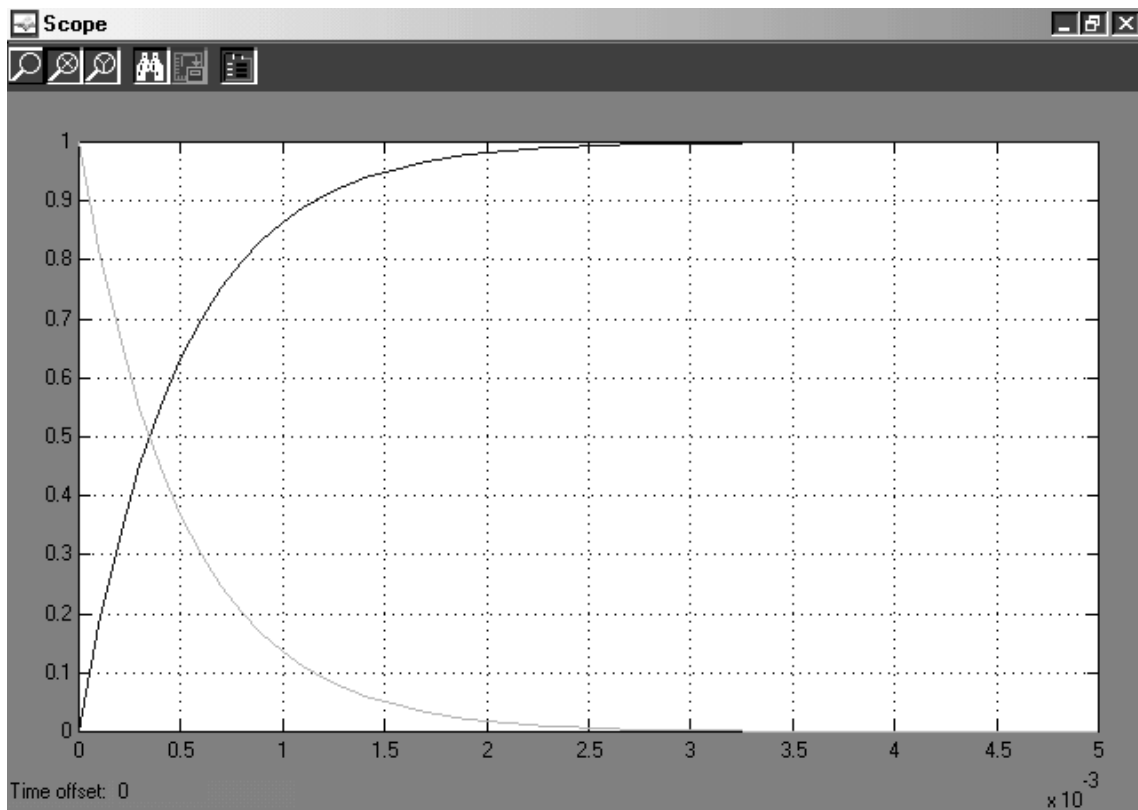
Lo schema è composto da un generatore di un gradino (il nome è indicato sotto il blocco),



da due blocchi nei quali sono inserite le funzioni di trasferimento dei due circuiti. Infine c'è un blocco chiamato Mux (multiplexer) la cui uscita è collegata all'oscilloscopio (il quale provvede a visualizzare le forme d'onda). Il blocco Mux (utilizzato da simulink) non svolge

la stessa funzione dei Multiplexer reali. Il blocco Mux trasferisce sull'uscita alternativamente a frequenza elevata, i due segnali applicati all'ingresso. In questa maniera l'oscilloscopio visualizza contemporaneamente tutte e due le curve.

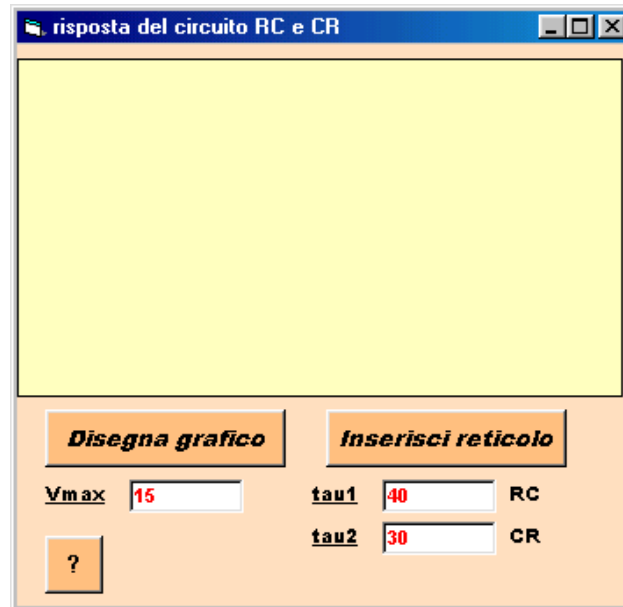
Di seguito è riportata la finestra dell'oscilloscopio (Scope):



I risultati ottenuti con il SIMULINK sono gli stessi.

Simulazione con VISUAL BASIC

Per la simulazione con Visual Basic è stato creato un programma che permette di visualizzare contemporaneamente le forme d'onda dei due circuiti. E' stato creato un form riportato di seguito:



Sul Form sono stati inserite 3 caselle di testo che permettono di stabilire i valori delle due costanti di tempo e della tensione di alimentazione del circuito. Inoltre sono stati inseriti tre **Command button** che permettono rispettivamente:

1. **Disegna Grafico** : permette di visualizzare il grafico nel riquadro superiore
2. **Inserisci Reticolo** : permette di inserire nel grafico ottenuto delle linee di riferimento al fine di poter individuare con facilità un determinato valore.
3. **'?'** : Permette di visualizzare l' **Help** del programma, nel quale sono descritte tutte le procedure di funzionamento del programma.

Per visualizzare l' Help, è stata inserita una Label avente le stesse dimensioni della picture box (nella quale viene disegnato il grafico). Impostando poi i le proprietà **Visible** (visibilità) dei componenti, è stato possibile rendere visibili alternativamente la picturebox (con il grafico), e la label (contenente l'Help).

Di seguito è riportato il listato delle istruzioni inserite in linguaggio di programmazione, per la realizzazione del programma.

```
Private Sub cmdHelp_Click()  
help.Visible = True  
End Sub  
-----  
Private Sub Command1_Click()  
'disegna assi e grafici  
help.Visible = False  
tmin = 0  
tmax = 180  
Vmax = Val(Text1.Text) * 10  
tau1 = Val(Text2.Text)  
tau2 = Val(Text3.Text)  
t0 = 10  
V0 = 20  
Picture1.Cls  
Picture1.Scale (0, 200)-(200, 0)
```

```

Picture1.DrawWidth = 2
Picture1.Line (0, V0)-(200, V0)
Picture1.Line (t0, 0)-(t0, 200)
Picture1.DrawWidth = 1
Picture1.DrawStyle = 2
Picture1.Line (t0, Vmax + V0)-(200, Vmax + V0)
For t = tmin To tmax Step 0.1
    v = Vmax * (1 - Exp(-t / tau1))
    Picture1.PSet (t + t0, v + V0), RGB(0, 255, 0)
    v = Vmax * Exp(-t / tau2)
    Picture1.PSet (t + t0, v + V0), RGB(0, 0, 255)
Next
End Sub

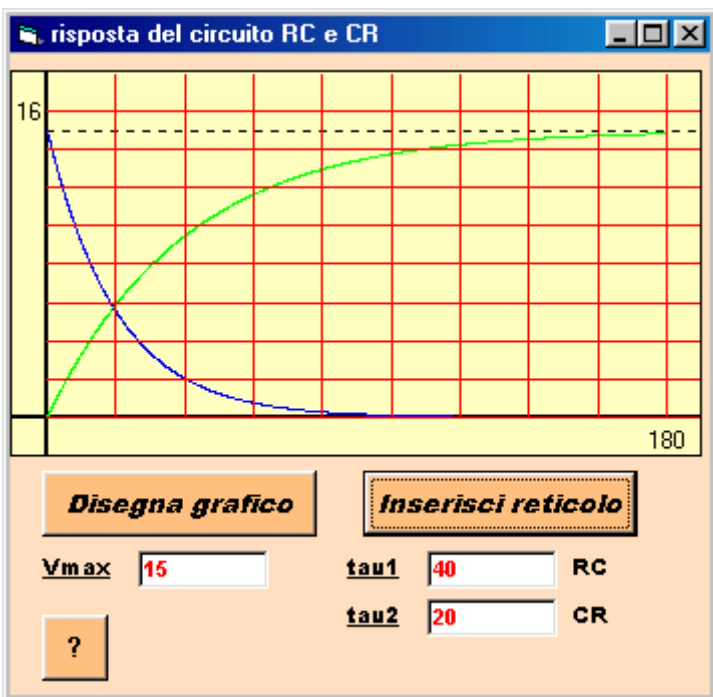
-----

Private Sub Command2_Click()
'DISEGNA IL RETICOLO
Picture1.Scale (0, 200)-(200, 0)
Picture1.DrawStyle = 0
For I = 20 To 200 Step 20
    Picture1.Line (10 + I, 20)-(10 + I, 200), RGB(1000, 0, 0)
    Picture1.Line (10, 200 - I)-(200, 200 - I), RGB(1000, 0, 0)
Next
Picture1.CurrentX = 1
Picture1.CurrentY = 186
Picture1.Print "16"
Picture1.CurrentX = 185
Picture1.CurrentY = 15
Picture1.Print "180"
End Sub

-----

Private Sub Form_Load()
'LEGGE VALORI COSTANTI DI TEMPO E Vmax
Text1.Text = 15
Text2.Text = 40
Text3.Text = 30
End Sub

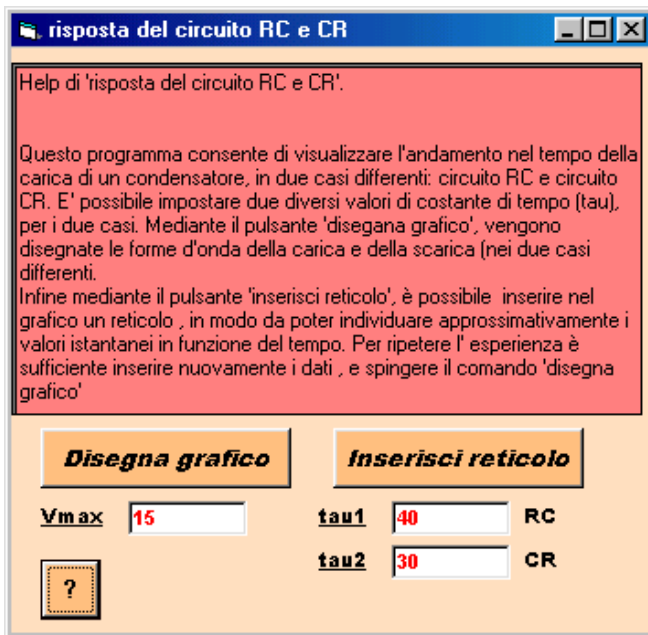
```



Lanciando in **Run** il programma, è possibile vedere come cambiando i valori delle costanti di tempo, cambiano istantaneamente le pendenze delle curve. Di fianco è riportata una schermata del programma nella quale sono visualizzate due curve (quella di carica e di scarica) ed il reticolo di riferimento.

Nella Picture Box sono visualizzate le due curve insieme al reticolo di riferimento. Si può vedere come la tensione di carica tenda asintoticamente al valore della tensione di alimentazione del circuito (15V). La tensione di scarica tende invece a 0V. È possibile vedere tutti i command button e le text box.

In particolare, si può vedere il pulsante '?' dell'Help. Se si 'clicca' con il mouse sul pulsante dell'Help, si ottiene la seguente schermata.



Se si impostano i valori delle costanti di tempo e della tensione e si clicca sul pulsante disegna grafico, automaticamente la label contenente l'Help diventa 'invisibile' e la PictureBox (contenente il grafico), diventa 'visibile'.

Infine per la simulazione con il Visual Basic, è stato creato anche un file eseguibile del programma realizzato.

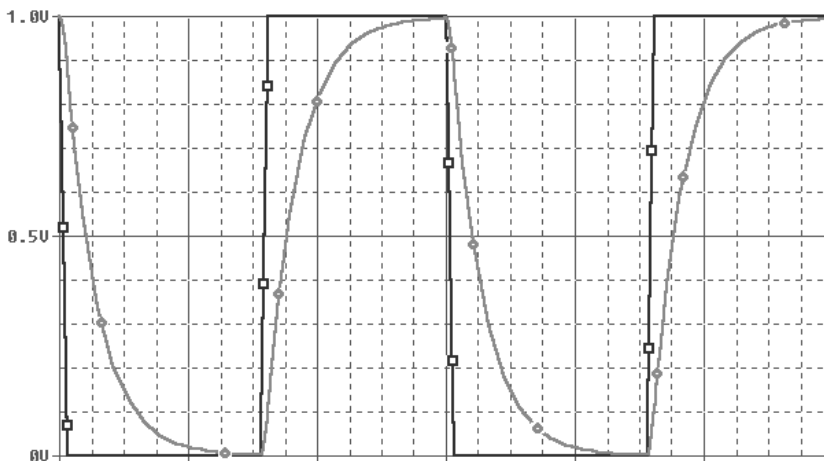
Questo è stato possibile agendo in questo modo:

Si apre il Menu File e si seleziona la voce crea eseguibile.exe.

In questa maniera il software di visual basic provvede a fornire direttamente il file eseguibile del programma realizzato.

Misurazione sperimentale.

Il circuito è stato analizzato anche sperimentalmente, mediante cioè il suo montaggio fisico. Poiché è impossibile visualizzare la curva di carica di un condensatore mediante l'oscilloscopio (in quanto avviene in tempi brevissimi), in ingresso al circuito è stato applicato un treno di onde rettangolari. In questa maniera, quando il segnale all'ingresso si trovava al livello alto, avveniva la carica del condensatore, mentre quando il segnale scendeva al livello basso, avveniva la scarica del condensatore. Il periodo del segnale applicato all'ingresso non è stato casuale, in quanto esso doveva essere uguale o superiore a 5τ (in modo da permettere sia la carica che la scarica del condensatore).



Si mostra la risposta all'onda quadra visualizzata sull'oscilloscopio.

Per determinare la costante di tempo τ , si è considerato che la tensione ai capi del condensatore raggiunge il valore nominale della tensione dopo circa 5τ . Di conseguenza per misurare τ , è bastato dividere per 5 il tempo misurato sull'oscilloscopio. Il tempo di

salita (rising time) è stato misurato moltiplicando per 2.2 il valore di τ (in quanto $t_r = 2.2 \tau$).