

Μικροηλεκτρονική – Εργαστήριο

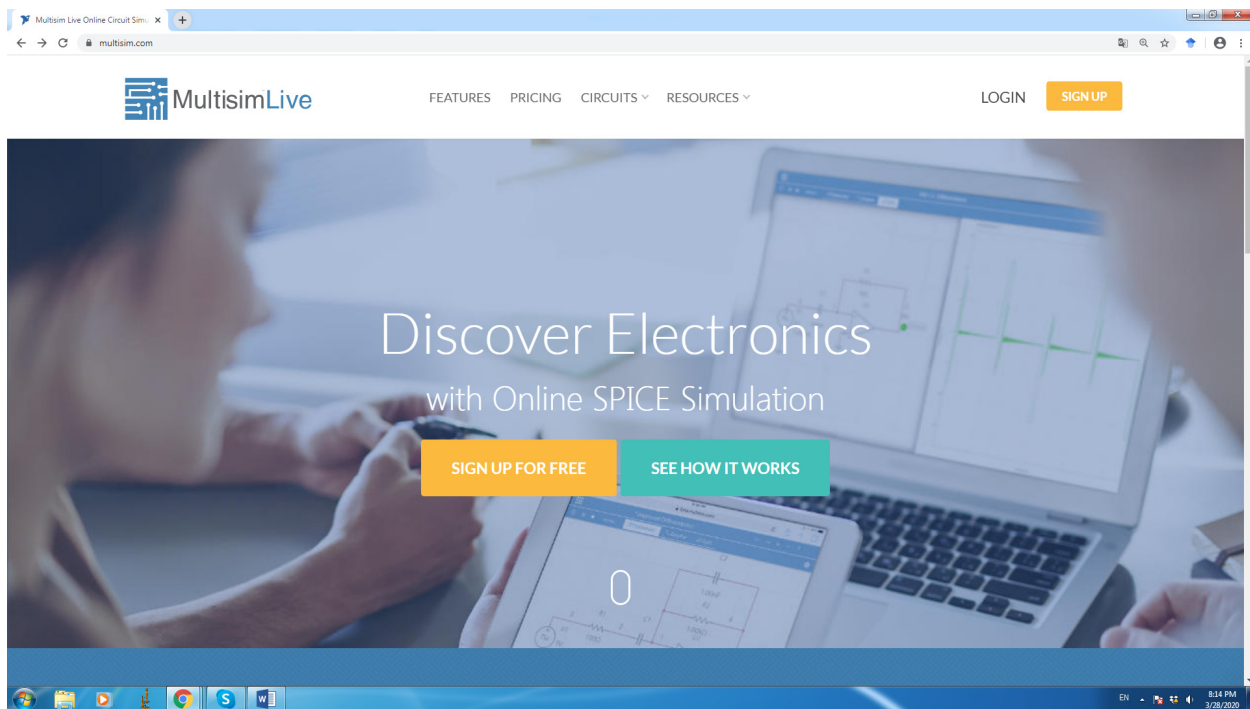
Multisim Live (Σύντομος Οδηγός Χρήσης)

Επιμέλεια: Δρ. Ζαχαρίας Καμαριανάκης, zkamar@hmu.gr

Βήμα 1^ο (Εγγραφή στο Multisim Live):

Το Multisim Live (<https://www.multisim.com/>) είναι μια ειδική έκδοση υλοποιημένη για web browsers (Google Chrome, Mozilla Firefox, Windows Internet Explorer, κλπ) του γνωστού προγράμματος Multisim της εταιρείας National Instruments (www.ni.com). Το Multisim είναι ένα software προσομοίωσης (SPICE) και σχεδιασμού αναλογικών, ψηφιακών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και κυκλωμάτων ισχύος.

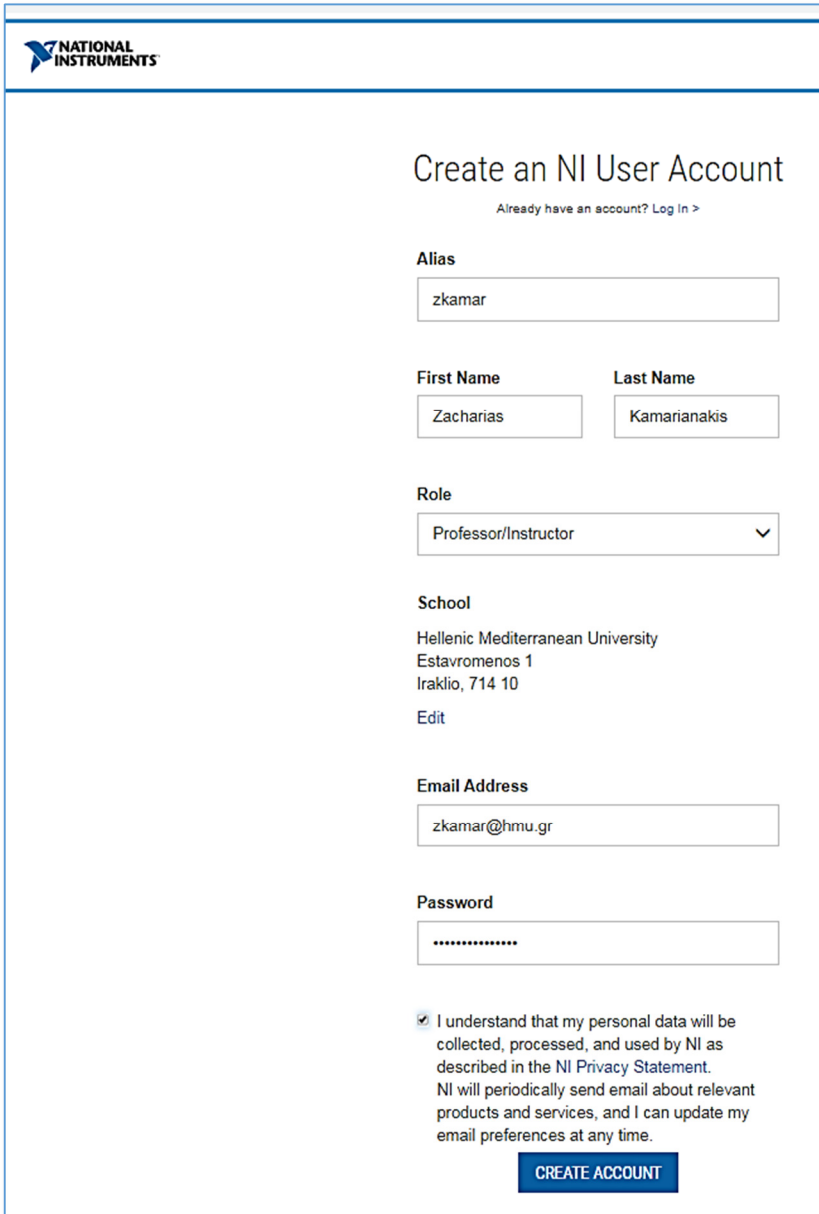
Η έκδοση που θα χρησιμοποιήσουμε για τις ανάγκες του Εργαστηρίου Μικροηλεκτρονικής είναι η Free έκδοση, στην οποία μπορείτε να έχετε πρόσβαση μέσω ενός Web-browser από κινητό, tablet, laptop, desktop PC κλπ.



Για να μπορούμε να χρησιμοποιούμε το πρόγραμμα, θα πρέπει να είμαστε εγγεγραμμένοι χρήστες, δηλαδή θα πρέπει να έχουμε δημιουργήσει ένα λογαριασμό (**NI User Account**).

Επιλέγουμε λοιπόν την πρώτη φορά που θα χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα το κουμπί **Sign UP** για να κάνουμε register στην φόρμα που απεικονίζεται στην παρακάτω φωτογραφία, ως παράδειγμα. Θα πρέπει να συμπληρωθούν όλα τα πεδία, με τα στοιχεία σας. Τα στοιχεία αυτά μπορείτε να τα επεξεργαστείτε (edit your profile) και αργότερα, αν χρειαστεί να αλλάξετε κάποιο.

Από τη στιγμή που έχει δημιουργηθεί λογαριασμός, όλες τις επόμενες φορές η πρόσβαση στο πρόγραμμα θα γίνεται από το κουμπί **LOGIN**, με το User name και το password που έχετε ορίσει.



NATIONAL INSTRUMENTS

Create an NI User Account

[Already have an account? Log In >](#)

Alias
zkamar

First Name Zacharias **Last Name** Kamarianakis

Role
Professor/Instructor

School
Hellenic Mediterranean University
Estavromenos 1
Iraklio, 714 10
[Edit](#)

Email Address
zkamar@hmu.gr

Password
.....

I understand that my personal data will be collected, processed, and used by NI as described in the NI Privacy Statement. NI will periodically send email about relevant products and services, and I can update my email preferences at any time.

CREATE ACCOUNT

Μόλις συμπληρωθούν όλα τα πεδία στη φόρμα με τα στοιχεία σας, πατάμε το κουμπί **Create Account**, όπου στη συνέχεια θα σας αποσταλεί στο email που έχετε δηλώσει, ένα Link

επβεβαίωσης ώστε να ολοκληρωθεί η εγγραφή σας (account registration) στην πλατφόρμα (**Προσοχή**: το Link θα πρέπει να το ενεργοποιήσετε εντός 24 ωρών, διαφορετικά λήγει και πρέπει να επαναληφθεί η διαδικασία από την αρχή).

Μόλις ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία, μπορείτε να μεταβείτε στο λογαριασμό σας όπου μπορείτε να δείτε το profile σας και να αλλάξετε ότι στοιχεία θέλετε (κουμπί **Edit Your Profile**).

The screenshot shows the user profile page on MultisimLive. The user's name is 'zkamar', Zacharias Kamarianakis, Professor/Instructor. The profile statistics are: Circuits: 21, Favorites: 0, Groups: 0. There is an 'EDIT YOUR PROFILE' button. Below the profile, there is a section for 'Latest Circuits' showing three circuit diagrams with their respective star, share, and view counts.

Profile Field	Value
Circuits	21
Favorites	0
Groups	0

Latest Circuits:

- Circuit 1: 0 stars, 0 shares, 21 views
- Circuit 2: 0 stars, 0 shares, 26 views
- Circuit 3: 1 star, 1 share, 25 views

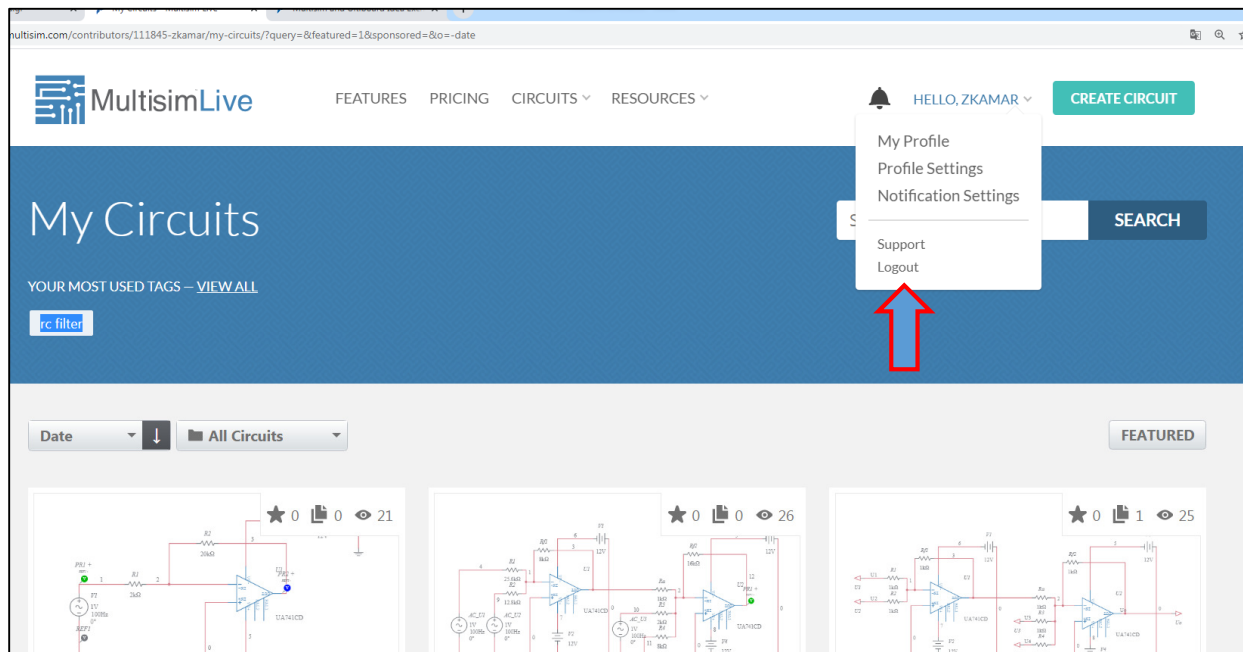
Εν συντομία, το πεδίο **Features** παρουσιάζει τα κυριότερα χαρακτηριστικά της «Live» έκδοσης του προγράμματος.

Το πεδίο **Pricing** περιέχει μια σύγκριση στις δυνατότητες της έκδοσης Free Subscription σε σχέση με τη Premium Access. Για τις ανάγκες του εργαστηρίου θα χρησιμοποιήσουμε τη Free έκδοση, η οποία και μας υπερκαλύπτει!

Επιλέγοντας το πεδίο **Circuits** έχετε πρόσβαση στα κυκλώματα που έχετε δημιουργήσει και που θα παρουσιαστεί παρακάτω αναλυτικότερα.

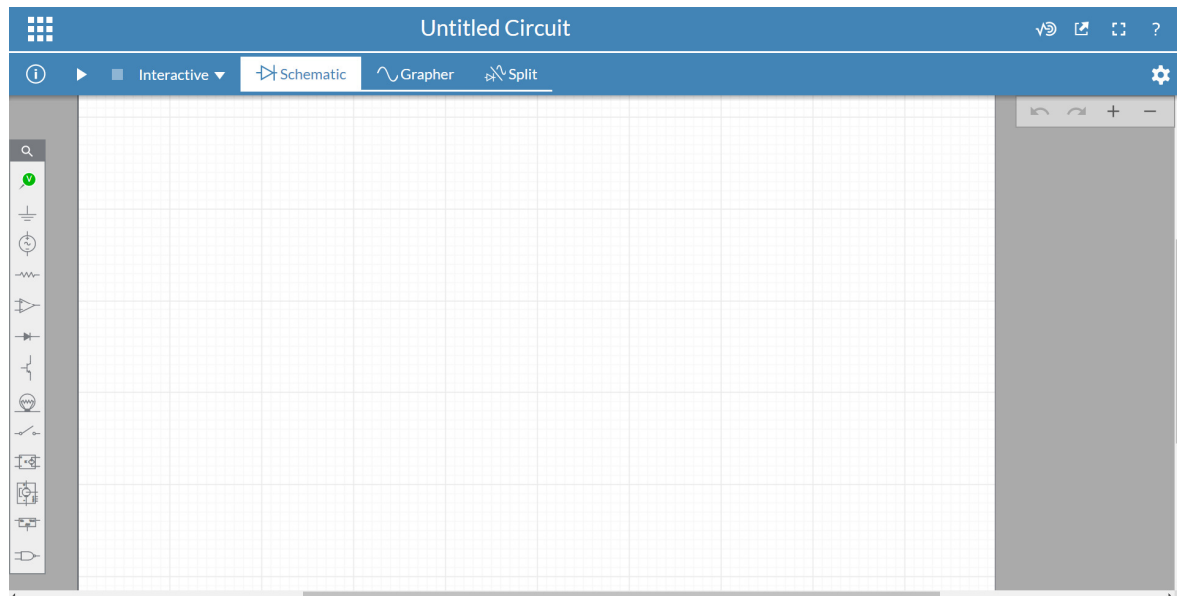
Το πεδίο **Resources** περιέχει μεταξύ άλλων αναλυτικό Help με περιγραφή των λειτουργιών και των υλικών σχεδιασμού και προσομοίωσης των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων που υποστηρίζονται, **Get Started** με απλά κυκλώματα για τους αρχάριους χρήστες, **Forum** επικοινωνίας και ανταλλαγής ιδεών με άλλους χρήστες του προγράμματος στο διαδίκτυο, σύντομες ερωτήσεις/απαντήσεις **FAQ** για το πρόγραμμα κλπ.

Για την έξοδο από το πρόγραμμα, θα πρέπει να επιλέγετε κάθε φορά **Logout** από το drop-down menu που υπάρχει στο όνομα χρήστη (alias) και δίπλα από το κουμπί Create Circuit.



Βήμα 2^ο (Υλοποίηση ενός απλού κυκλώματος):

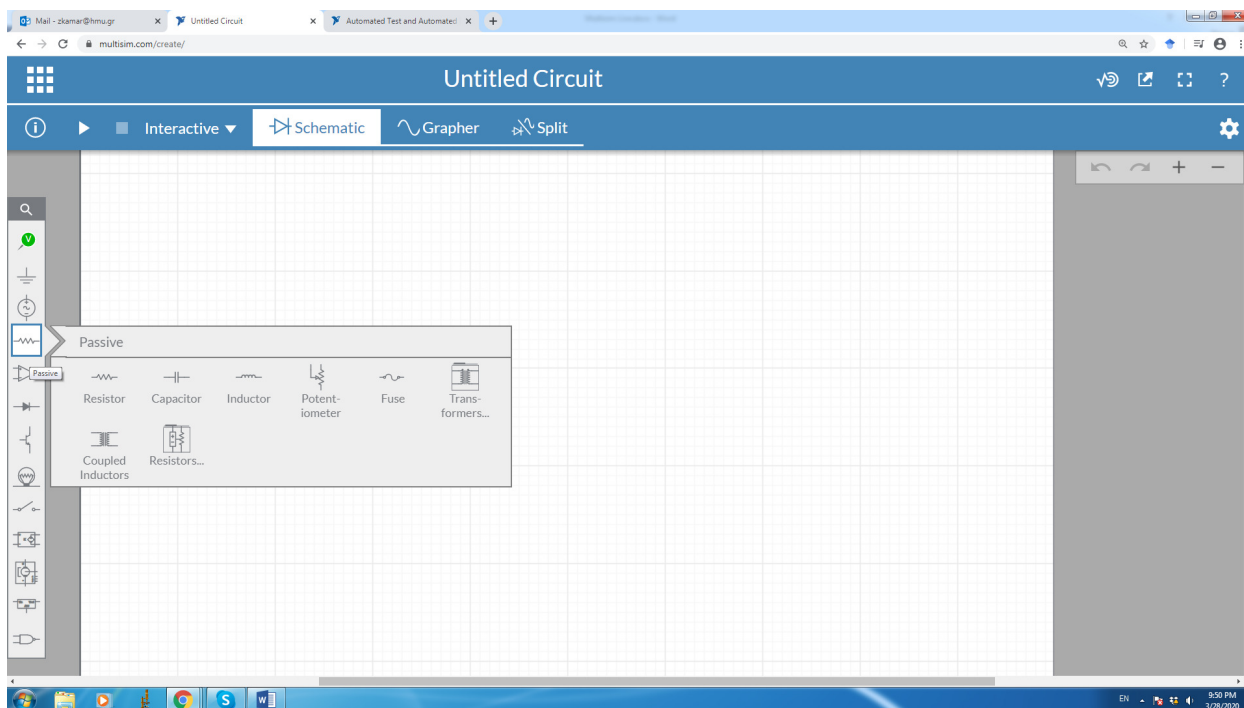
Από τη στιγμή που έχουμε γίνει εγγεγραμμένοι χρήστες και βρισκόμαστε στο αρχικό menu του προγράμματος, για να δημιουργήσουμε κάθε φορά ένα καινούργιο κύκλωμα, επιλέγουμε το κουμπί **Create Circuit** (πάνω δεξιά με πράσινο χρώμα). Μας ανοίγει ένα κενό Schematic πάνελ ώστε να μπορούμε να σχεδιάσουμε το κύκλωμά μας.







Στο αριστερό μέρος της οθόνης βρίσκονται τα υλικά τα οποία μπορούμε να επιλέγουμε (drag & drop) για να δημιουργούμε απλά κυκλώματα, πατώντας σε κάθε μία από τις κατηγορίες που εμφανίζονται.

Το κύκλωμα που θα σχεδιάσουμε ως μια πρώτη επίδειξη του προγράμματος είναι ένα φίλτρο RC, οπότε θα χρειαστούμε μια αντίσταση (Resistor) και ένα πυκνωτή (Capacitor).

Επιλέγουμε το σύμβολο της αντίστασης  και μας ανοίγει το παρακάτω μενού με επιλογές διαφόρων υλικών.

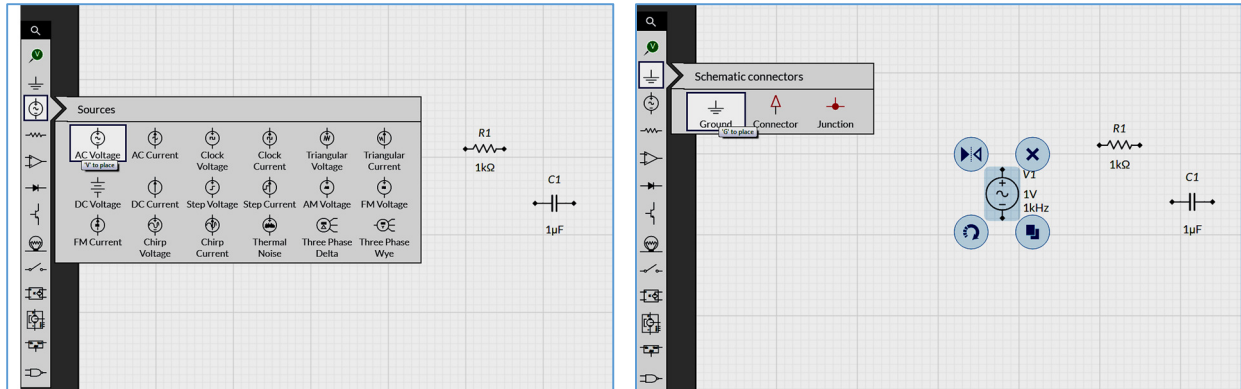


Με το αριστερό κλικ στο ποντίκι κάνουμε drag & drop ένα-ένα τα υλικά που μας ενδιαφέρουν και τα φέρνουμε στο κενό workspace.

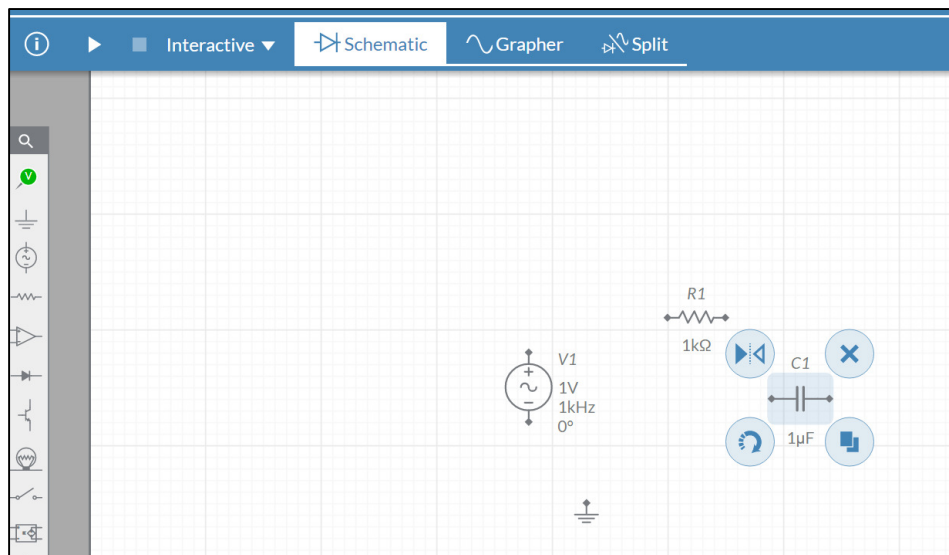
Θα χρειαστούμε μία αντίσταση , ένα πυκνωτή , μία πηγή εναλλασσόμενης τάσης (AC voltage)  και μία γείωση (ground) .





Την αντίσταση και τον πυκνωτή τα επιλέγουμε αρχικά από το μενού **Passive**, ενώ την AC πηγή από το παραπάνω μενού **Sources** και τέλος τη γείωση από το μενού **Schematic connectors**, όπως φαίνεται στις 2 παρακάτω εικόνες. Σε κάθε μία επολογή υλικού κάνουμε drag & drop σε κάποιο

σημείο στο workspace. Ανά πάσα στιγμή μπορούμε τα υλικά να τα μεταφέρουμε σε άλλη θέση απλά επιλέγοντάς τα και μεταφέροντας τα με το ποντίκι.

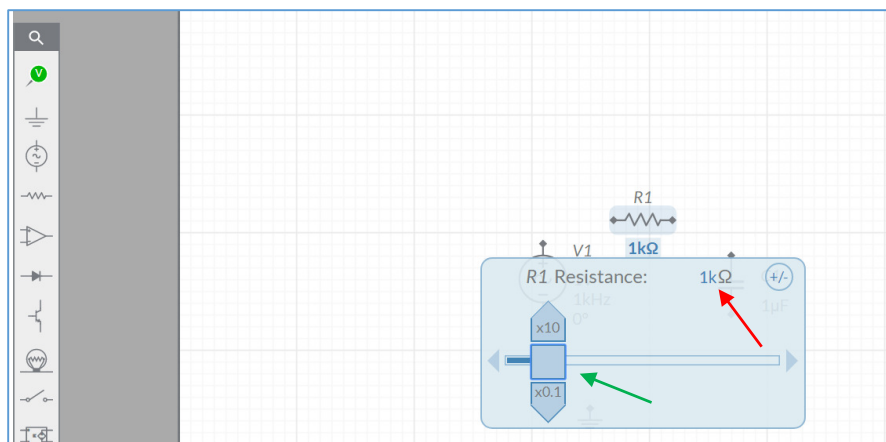


Εάν χρειαστεί να περιστρέψουμε (rotate) ένα υλικό για του αλλάξουμε διάταξη στο στο κύκλωμά μας, επιλέγουμε με αριστερό κλικ πάνω στο υλικό και εμφανίζονται διάφορες επιλογές, όπως παρακάτω που έχουμε επιλέξει π.χ. τον πυκνωτή:




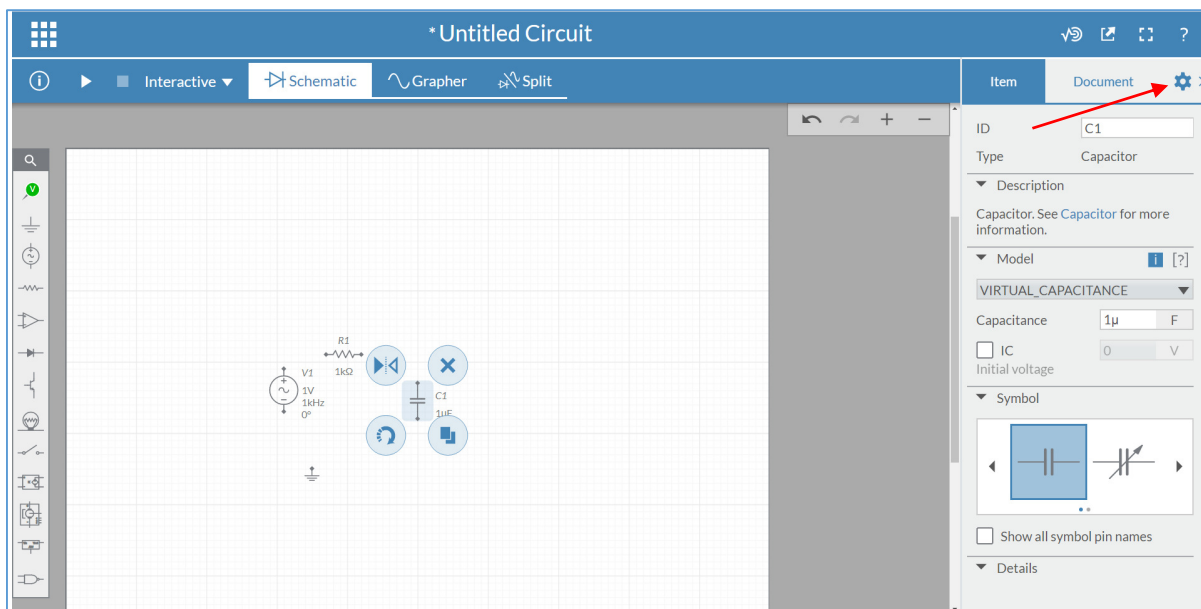
Αναλυτικότερα το σύμβολο  αφορά την περιστροφή του υλικού π.χ. 90° (rotate), με το σύμβολο  μπορούμε να κάνουμε αντιμετάθεση (flip/mirror) 180° το υλικό, με το  κάνουμε διαγραφή (delete) και με το  αντιγραφή (copy) του υλικού, π.χ. για να εισάγουμε πολλούς πυκνωτές στη συγκεκριμένη περίπτωση στο κύκλωμά μας κλπ. Αν θέλουμε να μεταβάλουμε την τιμή του υλικού (π.χ. την τιμή της αντίστασης σε Ω ή την τιμή της χωρητικότητας του πυκνωτή σε F, ή και ακόμα τα χαρακτηριστικά της πηγής τροφοδοσίας) κλικάρουμε πάνω στο υλικό ακριβώς εκεί που εμφανίζεται η τιμή. Μας ανοίγει ένα παράθυρο

στο οποίο μπορούμε να γράψουμε ακριβώς την επιθυμητή τιμή (κόκκινο βέλος) ή εναλλακτικά να την ορίσουμε με το slider που εμφανίζεται (πράσινο βέλος), όπως φαίνεται παρακάτω για την αντίσταση. Μπορούμε να αλλάξουμε επίσης τον πολλαπλασιαστή (πρόθεμα) στις μονάδες γράφοντας με το πληκτρολόγιο π.χ. **k** για το kilo = 10^3 , ή **μ** για το micro = 10^{-6} , ή **n** για το nano = 10^{-9} κλπ.

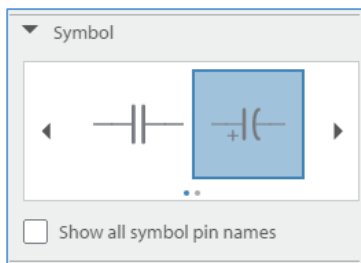


Η τιμή αυτή μπορεί να μεταβληθεί οποιαδήποτε στιγμή επιθυμούμε. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί σε αυτό το σημείο, ότι κάποια υλικά έχουν παραπάνω από μία επιλογές που μπορεί να μεταβάλλει ο χρήστης. Για παράδειγμα στην εναλασσόμενη πηγή τάσης (AC Voltage source) μπορούμε να μεταβάλλουμε (edit) την τιμή της τάσης (V), την τιμή της συχνότητας (Hz), πατώντας με αριστερό κλικ κάθε φορά δίπλα στο υλικό, στο αντίστοιχο πεδίο που επιθυμούμε να αλλάξουμε.

Εναλλακτικά με τον προηγούμενο τρόπο, μπορούμε να αλλάξουμε τις τιμές και παραμέτρους σε οποιοδήποτε υλικό/στοιχείο του κυκλώματος μας, έχοντας το αρχικά επιλέξει με αριστερό κλικ και στη συνέχεια πατώντας το κουμπί με το σύμβολο  το οποίο μας ανοίγει μια καρτέλα με την αναλυτική περιγραφή του υλικού (configuration pane). Στην παρακάτω εικόνα έχουμε επιλέξει π.χ. τον πυκνωτή και στη συνέχεια το προαναφερόμενο σύμβολο.




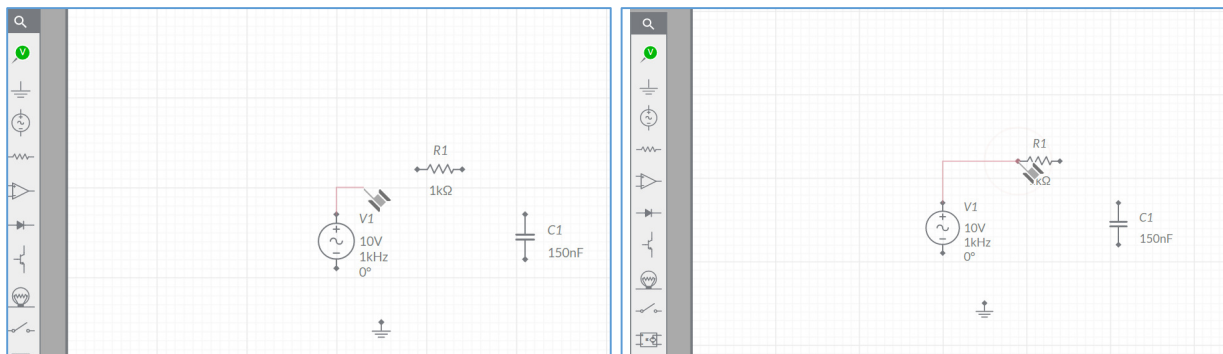
Όπως παρατηρούμε από το μενού του υλικού, απεικονίζονται διάφορα στοιχεία τα οποία μπορούμε να μεταβάλλουμε, π.χ. το όνομά του στο κύκλωμα (ID), σύντομη περιγραφή, το σύμβολο του πυκνωτή (π.χ. αν χρειαζόμαστε ηλεκτρολυτικό πυκνωτή θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε το σύμβολο με την πολικότητα, όπως στην παρακάτω εικόνα), η τιμή της χωρητικότητας σε F (capacitance) , η δυνατότητα να εμφανίζονται ή όχι οι αριθμοί των ακροδεκτών του υλικού στο κύκλωμα (Show all symbol pin names) κλπ.



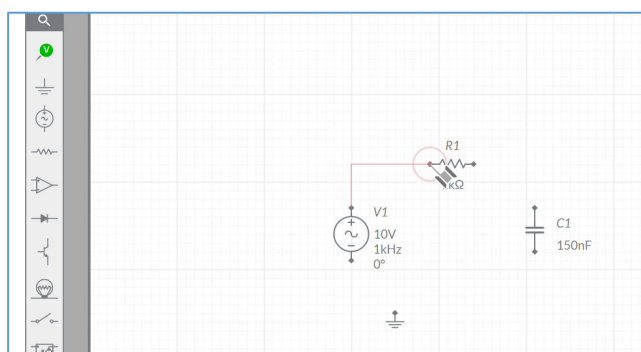
Αφού έχουμε τοποθετήσει τα υλικά μας στο κύκλωμα και τους έχουμε ορίσει τις επιθυμητές τιμές και χαρακτηριστικά (αλλαγές στις τιμές και στα χαρακτηριστικά γίνονται ανά πάσα στιγμή), θα πρέπει να τα συνδέσουμε με καλώδια ώστε να σχηματιστεί ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα.

Για να γίνει αυτό θα πρέπει να φέρουμε το δείκτη του ποντικιού πάνω σε ένα από τα δύο άκρα ενός υλικού και να κάνουμε αριστερό κλικ πάνω από το άκρο (pin), όπου στη συνέχεια


εμφανίζεται το σύμβολο  το οποίο προσομοιώνει ένα καλώδιο τυλιγμένο σε καρούλι. Μεταφέροντας το ποντίκι μπορούμε να κάνουμε σύνδεση με κάποιο άλλο υλικό, κάνοντας επίσης αριστερό κλικ στο επιθυμητό σημείο προς σύνδεση. Στις επόμενες εικόνες έχουμε ξεκινήσει από το ένα άκρο της πηγής AC και θα πάμε π.χ προς την αντίσταση.

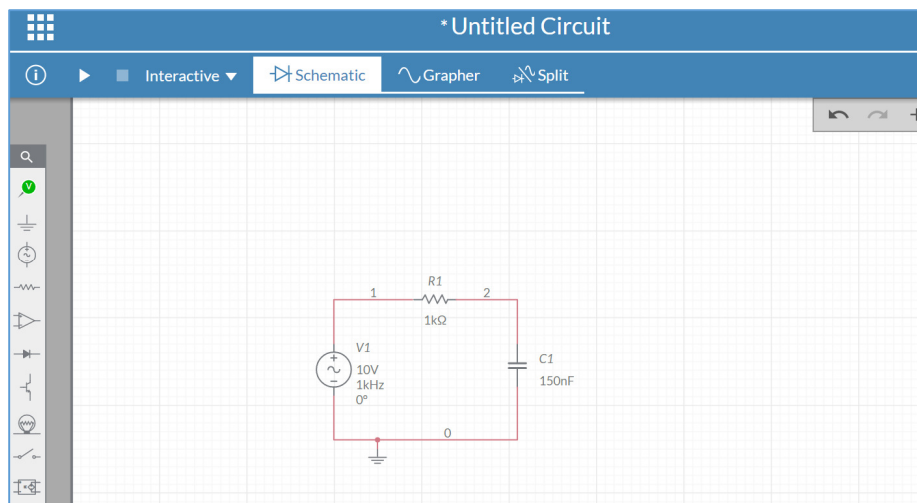


Αν φέρουμε τώρα απλά το ποντίκι πάνω από το ένα άκρο π.χ. της αντίστασης θα παρατηρήσουμε ότι το πρόγραμμα «μας προτείνει» να συνδέσουμε το καλώδιο με το άκρο της αντίστασης, αναβοσβήνοντας ένα κύκλο στο σημείο σύνδεσης. Πατώντας αριστερό κλικ ολοκληρώνεται η συγκεκριμένη σύνδεση, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

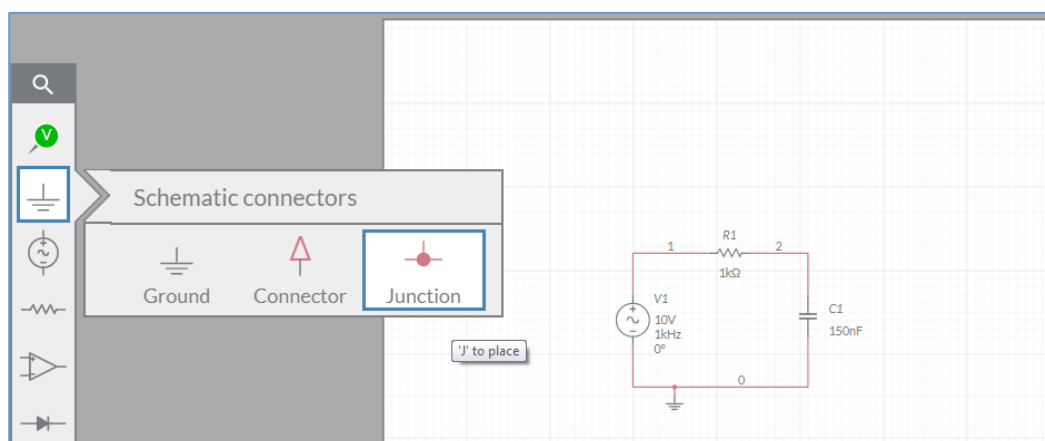


Με αυτό τον τρόπο πηγαίνουμε από υλικό σε υλικό για να ολοκληρώσουμε το κύκλωμά μας, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα. Μπορούμε να διαγράψουμε οποιοδήποτε καλώδιο

στο κύκλωμα αν το επιλέξουμε και στη συνέχεια πατήσουμε σύμβολο  που εμφανίζεται, ή ισοδύναμα το πλήκτρο delete από το πληκτρολόγιο. Όπως παρατηρούμε, πάνω από τα καλώδια τοποθετούνται αυτόματα κάποιιοι αριθμοί με αύξουσα σειρά, οι οποίοι απλά δείχνουν τον αριθμό του κάθε καλωδίου στο κύκλωμα. Το πρώτο μας κύκλωμα (φίλτρο RC σε αυτό το σημείο έχει ολοκληρωθεί (στο **Βήμα 3** θα δείξουμε στοιχεία που αφορούν περαιτέρω την προσομοίωση και τις μετρήσεις που μπορούμε να πραγματοποιήσουμε)).




Χρήσιμο πολλές φορές κατά τις συνδέσεις στα κυκλώματα, είναι και το drag & drop σύμβολο της ένωσης (**Junction**) το οποίο βρίσκεται στο μενού Schematic connectors και απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.

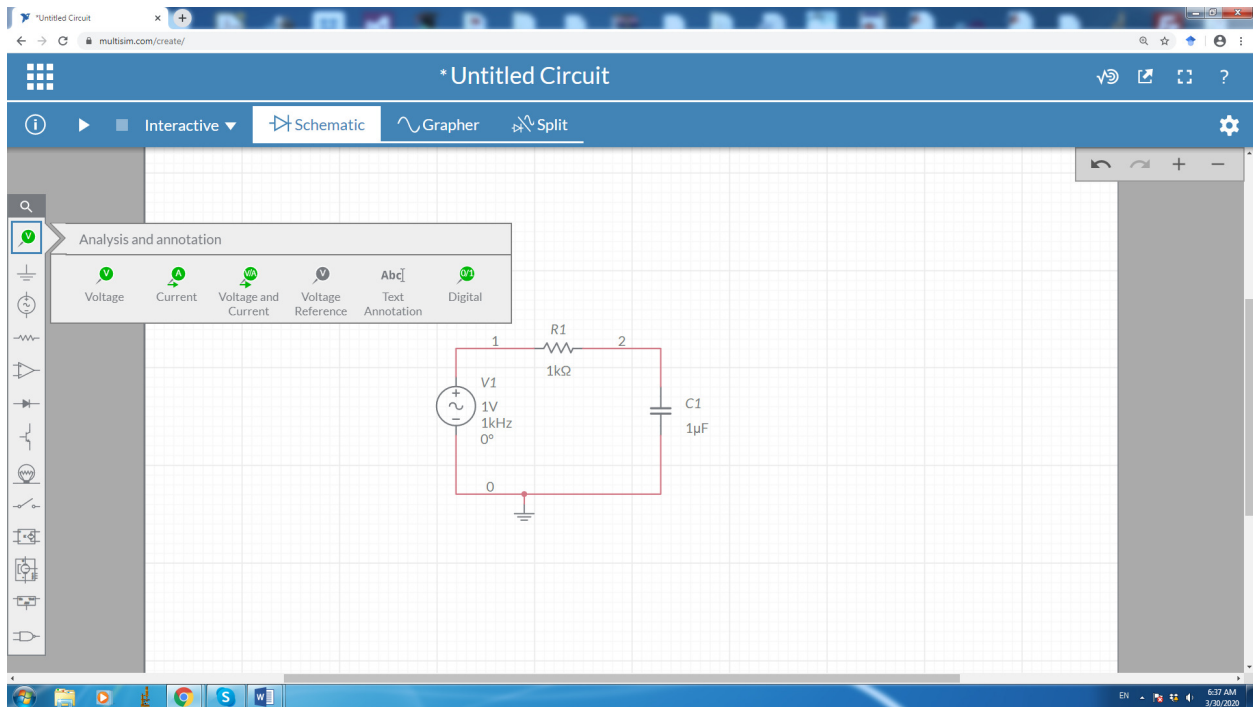


Μπορούμε να φέρουμε την ένωση (junction) σε ένα σημείο ενός καλώδιου (π.χ. στη μέση του καλωδίου) και από εκεί να δρομολογήσουμε ένα τρίτο καλώδιο προς κάποιο άλλο σημείο του κυκλώματος.

Βήμα 3^ο (Μετρήσεις και Προσομοίωση):

Για να κάνουμε προσομοίωση και να μετρήσουμε την τάση και το ρεύμα στο προηγούμενο κύκλωμα θα πρέπει να έχουμε τοποθετήσει Probes, στα σημεία που μας ενδιαφέρουν.

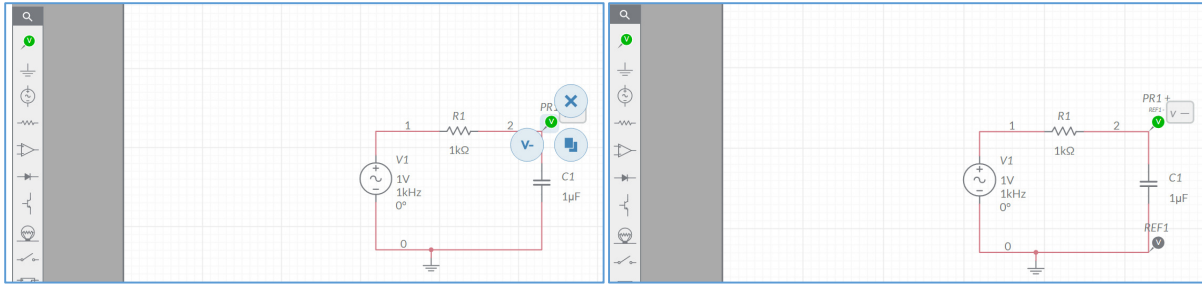
Πατάμε στο μενού με το σύμβολο  και έχουμε τις παρακάτω επιλογές, όπως φαίνονται και στην εικόνα. Απεικονίζονται διάφορα probes π.χ. για να μετρήσουμε τάση (voltage), ρεύμα (Current), τάση και ρεύμα, Probe τάσης αναφοράς (Voltage reference) κλπ.



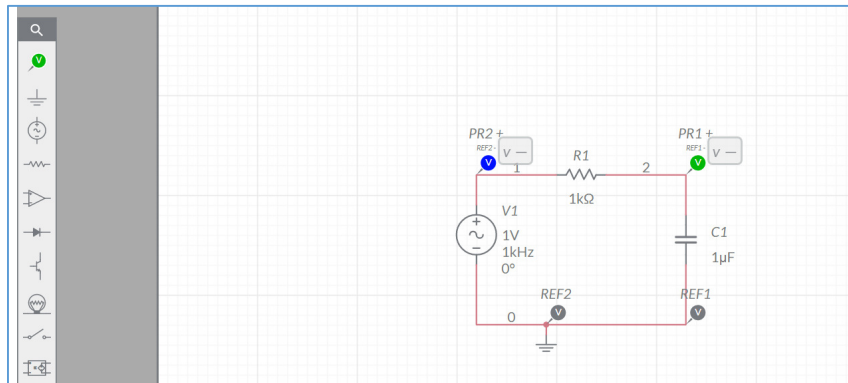
Για να μετρήσουμε την τάση στην έξοδο του κυκλώματος (π.χ. στα άκρα του πυκνωτή), επιλέγουμε το voltage probe και το τοποθετούμε (drag & drop), όπως φαίνεται παρακάτω. Η μέτρηση της τάσης (διαφορά δυναμικού) θα γίνει ως προς τη γείωση, της οποίας το δυναμικό είναι πάντα μηδέν.


Καλό είναι στα κυκλώματά μας όταν μετράμε τάση να χρησιμοποιούμε και ένα reference probe για να είμαστε σίγουροι ότι μετράμε την σωστή τάση (παράλληλη συνδεσμολογία) στο υλικό που μας ενδιαφέρει. Για να προσθέσουμε ένα reference probe μπορούμε να πατήσουμε το σύμβολο **V**- που εμφανίζεται ή αντίστοιχα να επιλέξουμε το Voltage reference από το μενού με τα Probes. Για λόγους επίδειξης στο παρακάτω κύκλωμα έχουμε τοποθετήσει ένα reference probe στο άλλο άκρο του πυκνωτή, για να μετρήσουμε τη τάση του (διαφορά δυναμικού), όπως θα κάναμε και με ένα πολύμετρο στο εργαστήριο με το κόκκινο ακροδέκτη (καλώδιο) του πολυμέτρου στο ένα άκρο του πυκνωτή και το μαύρο ακροδέκτη (καλώδιο) άλλο στο άλλο άκρο του (παράλληλη συνδεσμολογία), ή ισοδύναμα στη γείωση, στο συγκεκριμένο κύκλωμα.

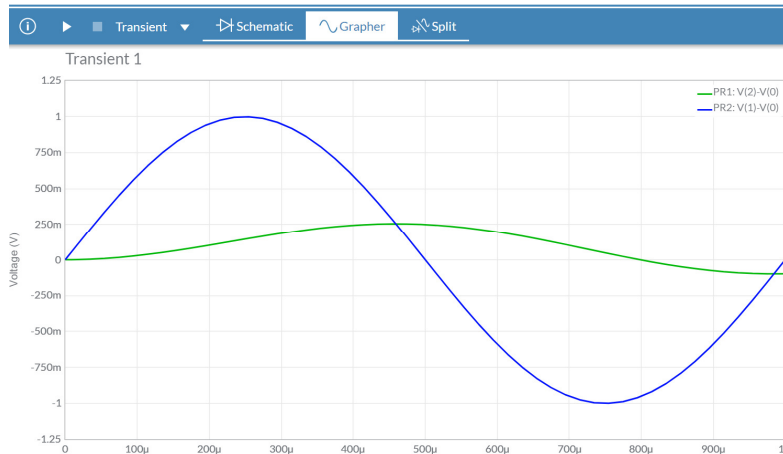
Προφανώς το reference probe (*REF1*) μπορούμε να το τοποθετήσουμε κατευθείαν στη γείωση. Σε ένα κύκλωμα θα μετράμε αρκετές τάσεις (π.χ. στα άκρα της αντίστασης, την τάση εισόδου, στα άκρα ενός πυκνωτή κλπ) και ανάλογα με τον αριθμό των Voltage probes μπορεί να υπάρχουν και τα αντίστοιχα reference probes για την κάθε μια μέτρηση (*REF2, REF2, REF3,..*) τα οποία και μπορεί να καταλήγουν στο ίδιο ακριβώς σημείο (π.χ. τη γείωση).

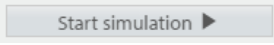


Στο προηγούμενο κύκλωμα, συνεχίζουμε τοποθετώντας ένα voltage probe στην είσοδο, για να μετρήσουμε την τάση εισόδου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (σημείωση: τα REF1 και REF2 είναι ουσιαστικά στο ίδιο σημείο δηλαδή στη γείωση).








Για να δούμε τώρα τα αποτελέσματα των μετρήσεων θα πρέπει να κάνουμε προσομοίωση. Επιλέγουμε το σύμβολο  και από εκεί στο μενού Simulation Setting επιλέγουμε **Transient** (μπορούμε αντίστοιχα να ορίσουμε τους χρόνους Start time και End Time, ή να αφήσουμε τις προεπιλεγμένες τιμές).




Πατάμε το κουμπί Start Simulation  και βλέπουμε στο Grapher τα αποτελέσματα, όπως στην παρακάτω εικόνα, όπως θα τα βλέπαμε με ένα παλμογραφο στο

εργαστήριο. Εναλλακτικά με τον προηγούμενο τρόπο μπορούμε να επιλέξουμε τον τύπο της προσομοίωσης από το μενού δίπλα από το tab Schematic και να πατήσουμε το σύμβολο της έναρξης ▶ (play), όμως με τον προηγούμενο τρόπο έχουμε πολύ περισσότερες επιλογές στις ρυθμίσεις.

Για να επιστρέψουμε στο κύκλωμά μας μπορούμε να επιλέξουμε το Tab Schematic από το μενού   . Με την επιλογή **Split** έχουμε και το Workspace του Schematic ανοικτό και το Grapher ταυτόχρονα, σε 2 παράθυρα.

Ελέγχουμε τα αποτελέσματα μας π.χ. για λάθη στο κύκλωμα (Errors & Warnings), πατώντας το σύμβολο  το οποίο βρίσκεται σαν υπομενού στο σύμβολο .


Ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τις μετρήσεις είναι τα cursors, όπως και στον εργαστηριακό παλμογράφο. Με τα Cursors μπορούμε να μετρήσουμε το Χρόνο (π.χ την περίοδο T ενός σήματος) ή τη διαφορά ΔT , στον άξονα X (X-axis). Αντίστοιχα μπορούμε στον άξονα Y να μετρήσουμε το πλάτος της τάσης V_{pk} (δηλαδή τη μέγιστη τιμή της) ή αντίστοιχα την τάση από κορυφή σε κορυφή, της κυματομορφής V_{pk-pk} . Τα cursors βρίσκονται και αυτά στο μενού configuration pane, στο οποίο έχουμε πρόσβαση πατώντας το σύμβολο , όπως και για την προσομοίωση. Από το μενού μπορούμε να επιλέξουμε τον τύπο του cursor (π.χ. X-axis για το χρόνο). Τα χρώματα των cursors αντιστοιχούν στα χρώματα των voltage probes που έχουμε τοποθετήσει στο κύκλωμα.

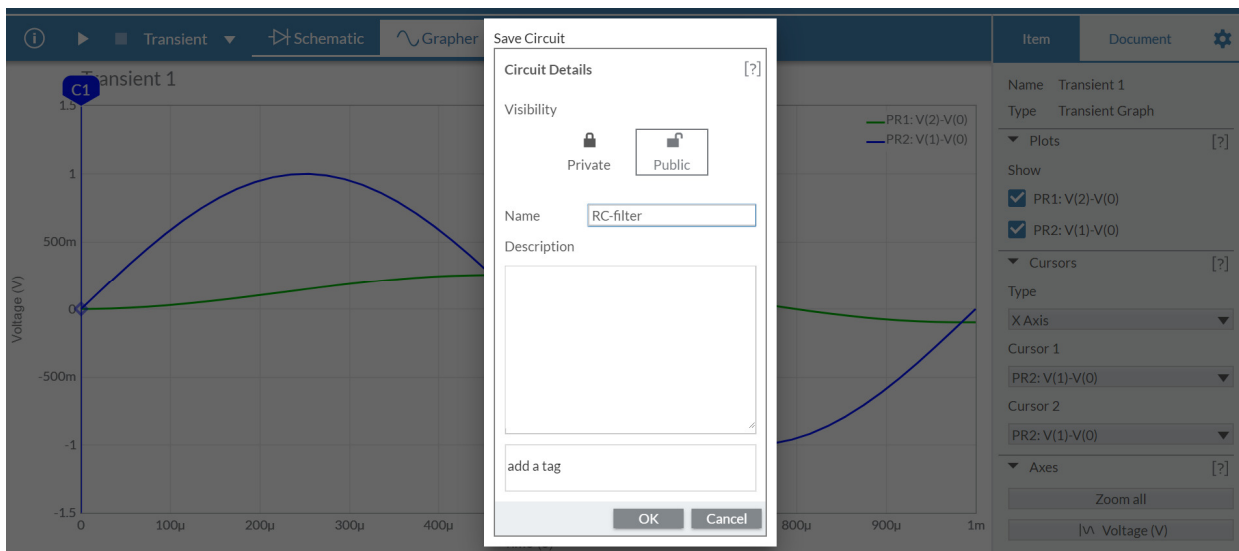


Στην οριζόντια λωρίδα κάτω από τις γραφικές παραστάσεις του Grapher μπορούμε να δούμε τις τιμές για το κάθε cursor, τη διαφορά των τιμών κλπ. Μπορούμε να μεταφέρουμε με το ποντίκι



το cursor σε όποιο σημείο στην κυματομορφή θέλουμε. Επίσης μπορούμε να αποκρύψουμε από τις γραφικές παραστάσεις μας το ένα ή και τα 2 cursors επιλέγοντας None.

Βήμα 4^ο (Αποθήκευση κυκλώματος και γραφικών παραστάσεων):

Για να αποθηκεύσουμε το κύκλωμά μας πατάμε το σύμβολο  από όπου ανοίγει ένα μενού File, με πολλές επιλογές. Πατάμε Save ή Save As και ανοίγει ένα παράθυρο όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Save Circuit). Ορίζουμε ένα όνομα για το κύκλωμα στο πεδίο Name, και μπορούμε να συμπληρώσουμε αν θέλουμε και μια σύντομη περιγραφή του κυκλώματος στο κουτί Description και πατάμε OK.



Το κύκλωμα θα αποθηκευτεί με το όνομα αυτό στο profile μας και πιο συγκεκριμένα στο φάκελο **My Circuits**. Το κύκλωμα αυτό όπως και τα επόμενα που θα φτιάξετε θα έχουν visibility Public, by default καθώς έχουμε επιλέξει τη Free έκδοση του προγράμματος. Αυτό δεν μας ενοχλεί σε κάτι καθώς και οι περισσότεροι χρήστες του Multisim Live στο διαδίκτυο έχουν τα κυκλώματά τους Public, πράγμα το οποίο μεταξύ άλλων ενισχύει την ανταλλαγή ιδεών.

Από το μενού File (σύμβολο ) μπορείτε να αποθηκεύσετε τις κυματομορφές του Grapher όπως και το κύκλωμα στο Schematic, ώστε να τα χρησιμοποιήσετε στις αναφορές σας. Οι συνήθεις επιλογές είναι με την επιλογή **Export** (σύμβολο ) και μετά επιλέγετε **Schematic Image** ή **Grapher Image** αντίστοιχα. Τα αρχεία αποθηκεύονται σε format .png τα οποία και μπορείτε περαιτέρω να χρησιμοποιήσετε στις αναφορές σας .π.χ σε ένα αρχείο Word.

Επιπλέον περιγραφή για τα διάφορα κουμπιά του προγράμματος μπορείτε να βρείτε και στο help: <https://www.multisim.com/help/schematic/buttons/> όπως και γενικά για τις δυνατότητες προγράμματος στο <https://www.multisim.com/help/>