

1) Elektrik Devrelerinin Ltspice ile Simülasyonu

1.1) Giriş

Bu bölümde, LTspice'da elektrik devrelerinin nasıl analiz edileceğini öğreneceksiniz. İncelenen devrelerin arkasındaki teori herhangi bir standart devre teorisi ders kitabında bulunabilir. Verilen devreler için bazı hesaplamaları yapmak ve bunları LTspice sonuçları ile karşılaştırmak gereklidir.

1.2) LTspice Programının Yüklenmesi

LTspice'ı yüklemek için Google'da "ltspice download" araması yapın (Şekil 1.1) ve ilk sonucu açın (Şekil 1.2).



Şekil 1.1 : LTspice indirme sayfasının aranması



Şekil 1.2: LTspice Web Sayfası

İndirme bağlantısını görene kadar ekranı aşağı kaydırın (Şekil 1.3). İşletim sisteminize göre uygun sürümü indirin. Dosyayı indirdikten sonra kurun.

Download LTspice

Download our LTspice simulation software for the following operating systems:

[Download for Windows 7, 8 and 10](#) Updated on Jun 3 2021 *

[Download for Mac 10.9+](#) Updated on Jun 3 2021 *

[Download for Windows XP \(End of Support\)](#)

*date displayed reflects the most recent upload date

LTspice Demo Circuits

Explore ready to run LTspice demonstration circuits with our Demo Circuits Collection. [View More](#)

Documentation

Additional support for LTspice can be found within our documentation, including keyboard shortcuts and a visual guide.

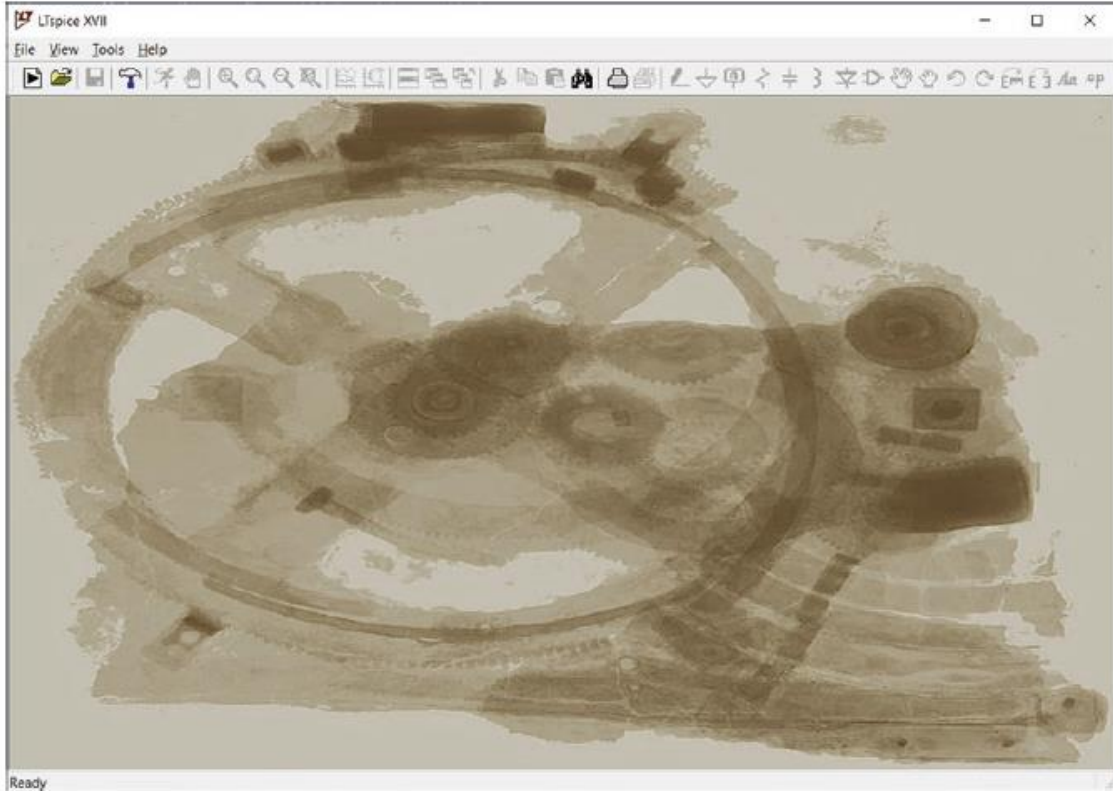
[LTspice Information Flyer & Shortcuts \(PDF\)](#)

[Mac OS X Shortcuts \(PDF\)](#)

[Get Up and Running with LTspice](#)

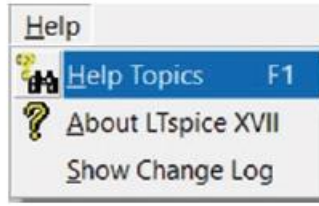
Şekil 1.3: İndirme Linki

LTspice ortamı Şekil 1.4'te gösterilmektedir.

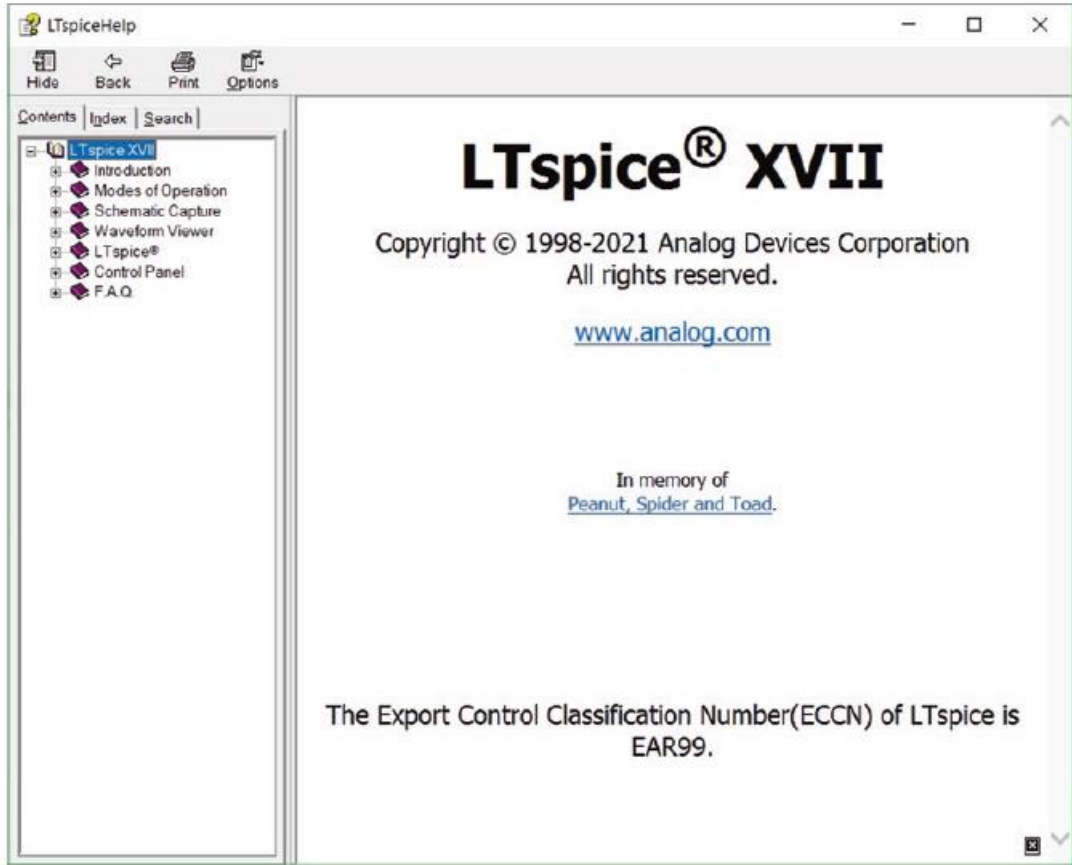


Şekil 1.4: LTspice Ortamı

Help> Help Topics tıklarsanız (Şekil 1.5), LTspice yardımı ekranda görünür (Şekil 1.6).

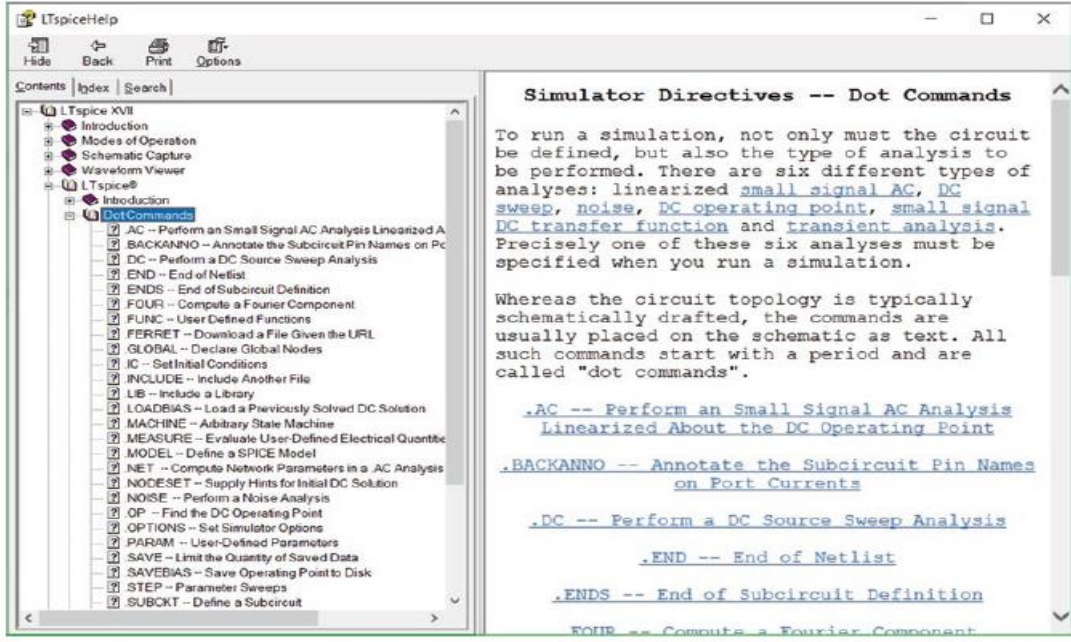


Şekil 1.5: Yardım Menüsü



Şekil 1.6: LTspice Yardım Penceresi

Yardım bölümündeki Dot Commands alanı LTspice komutlarını öğrenmek için iyi bir referanstır (Şekil 1.7).

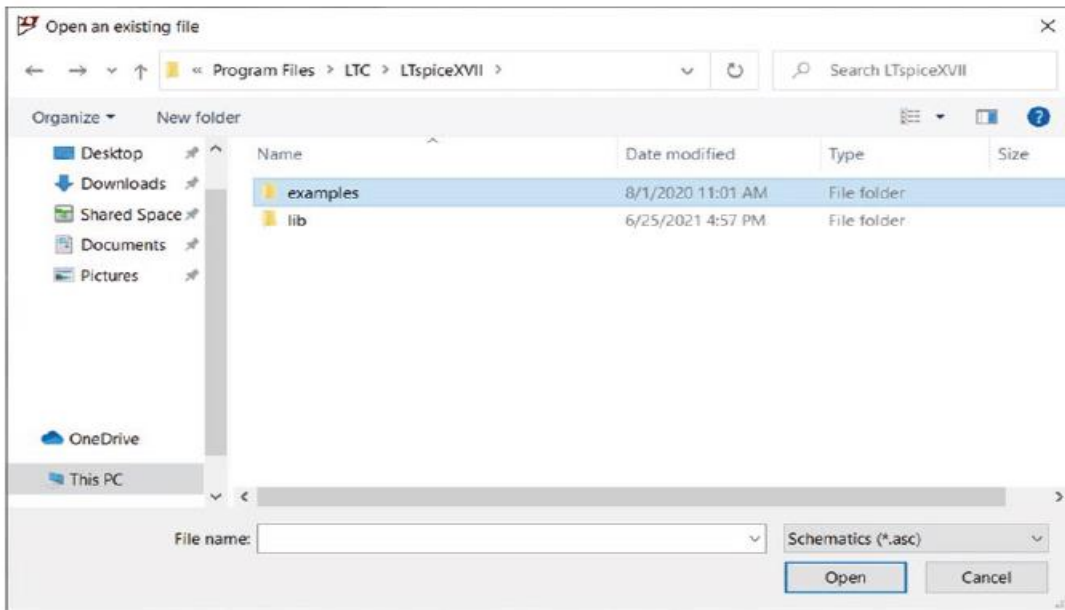


Şekil 1.7: LTspice Yardım Menüsinin Dot Commands bölümü

LTspice birçok simülasyon içeren bir "examples" klasörüne sahiptir. "Examples" klasörünü açmak için, aç simgesine tıklayın (Şekil 1.8) ve ardından LTspice'ı yüklediğiniz yola gidin (Şekil 1.9).

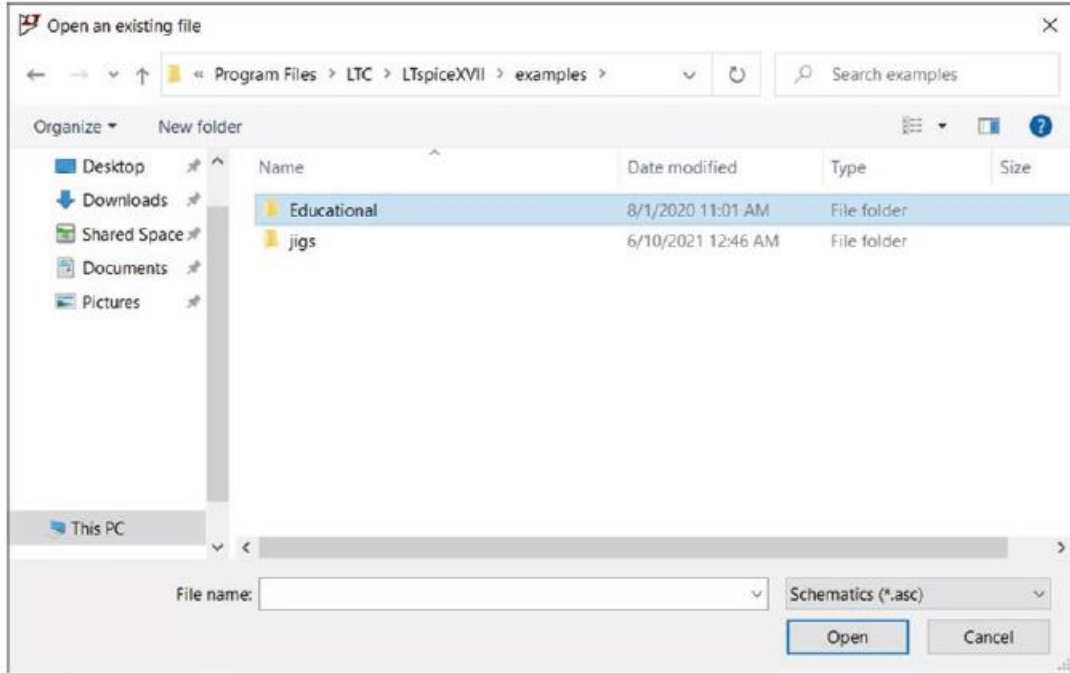


Şekil 1.8: Aç Simgesi



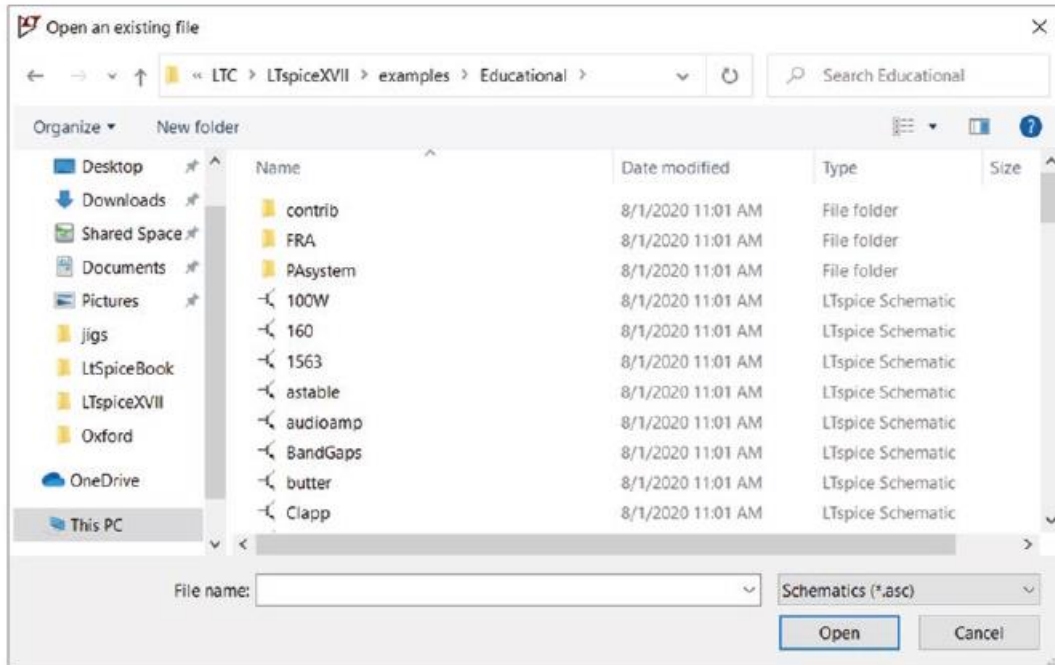
Şekil 1.9: Örnekler "Examples" Dosyası

"Examples" klasörünü açın (Şekil 1.10).



Şekil 1.10: Educational Dosyası

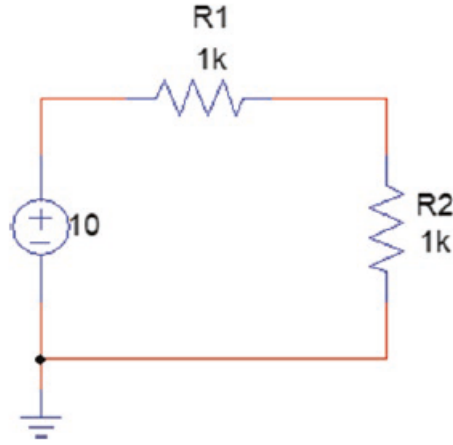
"Educational" klasörünü açın (Şekil 1.11). Artık kullanıma hazır örnek simülasyon dosyalarına erişebilirsiniz.



Şekil 1.11: Mevcut örnek simülasyon dosyaları

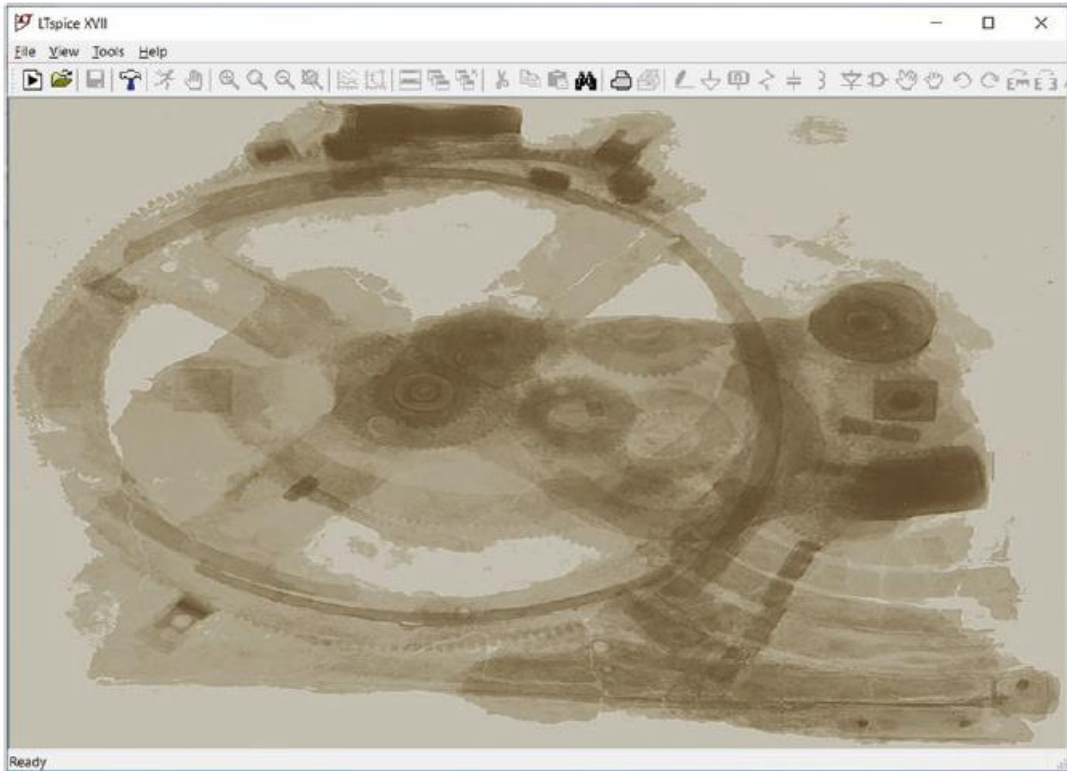
1.3) Örnek 1: Basit Dirençli Gerilim Bölücü

Bu örnekte, aşağıdaki basit gerilim bölücü devrenin (Şekil 1.12) davranışını [0, 100 ms] zaman aralığı için simüle etmek istiyoruz.



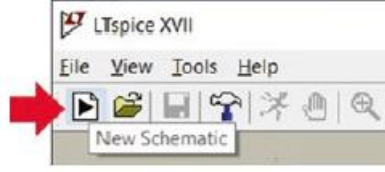
Şekil 1.12: Basit Gerilim Bölücü Devre

LTspice'ı çalıştırın (Şekil 1.13).

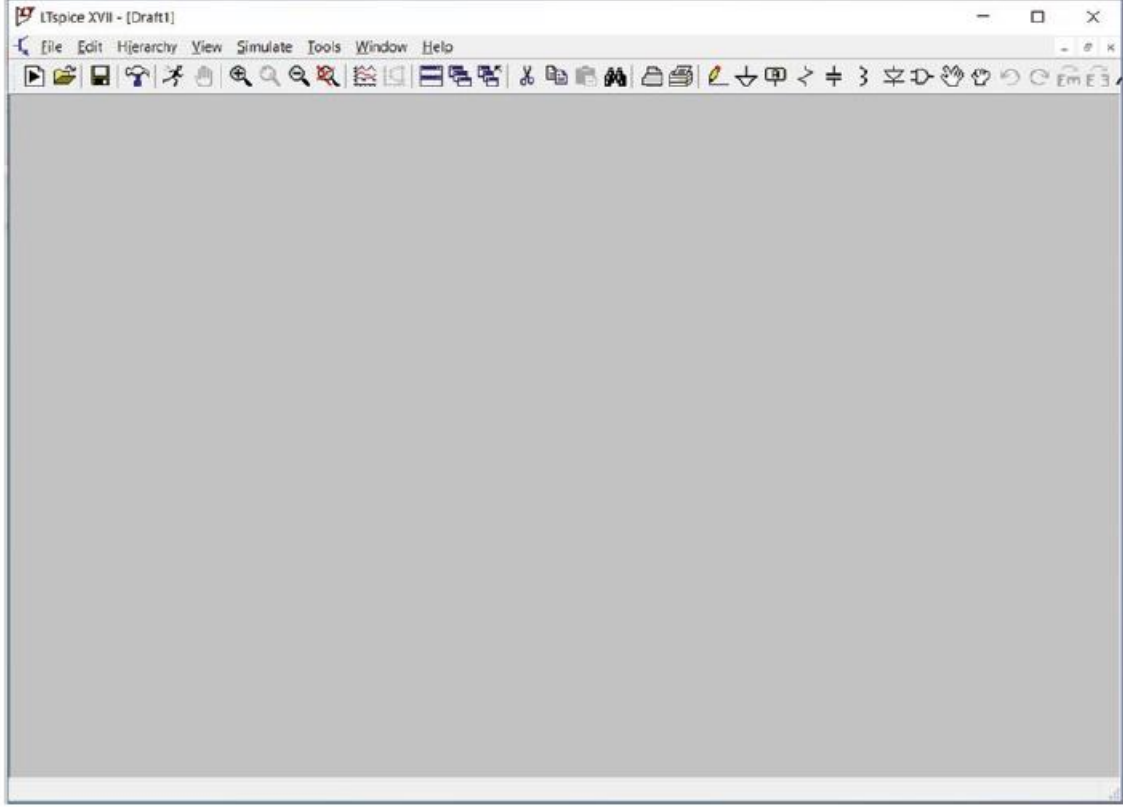


Şekil 1.13: LTspice Ortamı

“New Schematic” simgesine tıklayın (Şekil 1.14). Bu sizin için yeni bir şema açar (Şekil 1.15).



Şekil 1.14: “New Schematic” İkonu

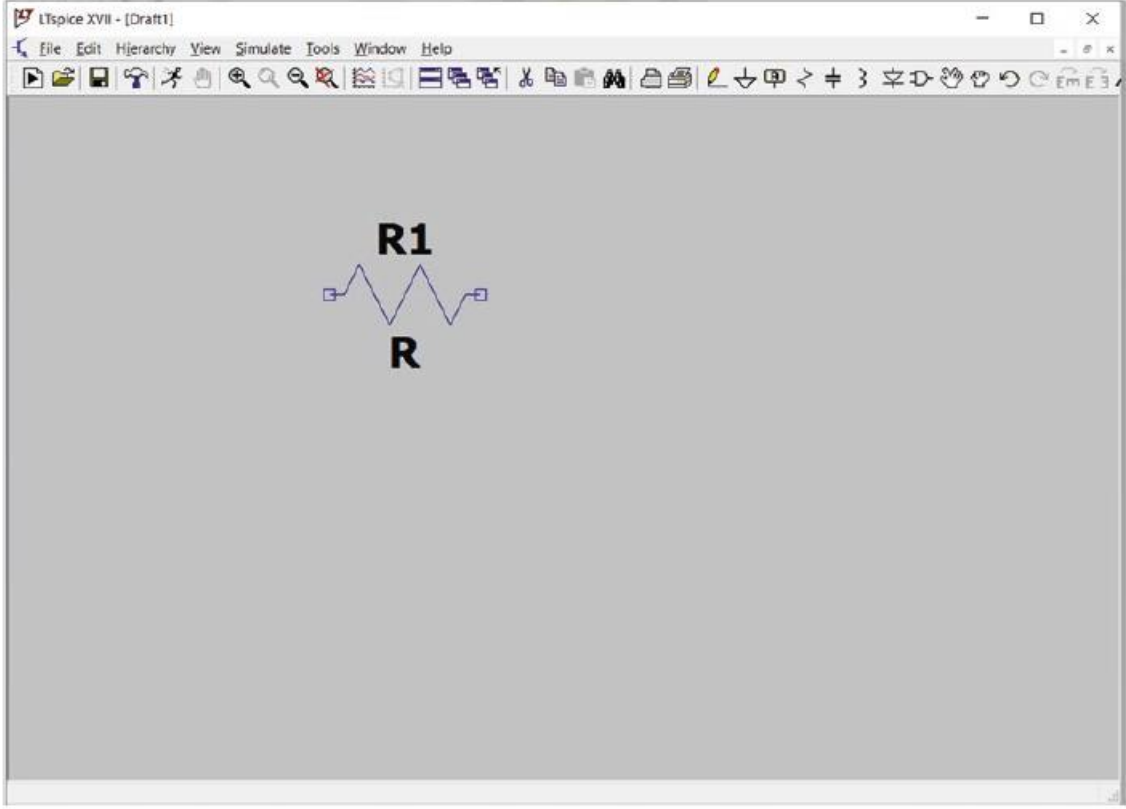


Şekil 1.15: Yeni şematik dosya açılır

Direnç simgesine tıklayın (Şekil 1.16). Direnç simgesine tıkladıktan sonra fare işaretçisi bir dirence dönüşür. Ctrl+R tuşlarına basarsanız direnç döndürülür. Ctrl+R tuşlarına bir kez basın ve ardından şemaya tıklayarak bir direnç ekleyin (Şekil 1.17).

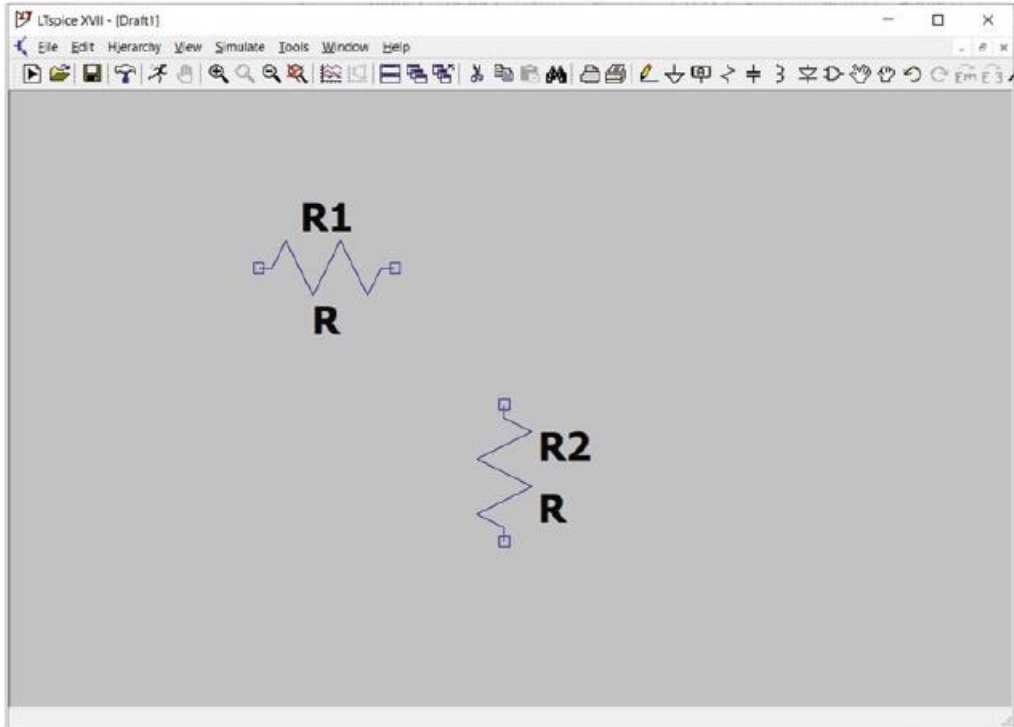


Şekil 1.16: Direnç simgesi



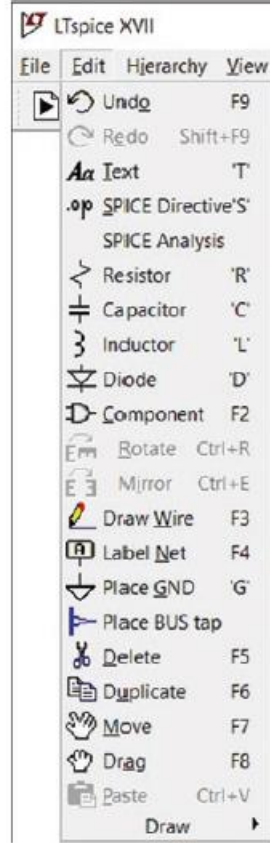
Şekil 1.17: Şemaya bir direncin eklenmesi

Şemaya bir direnç daha ekleyin (Şekil 1.18) ve ardından klavyenizin Esc tuşuna basın.



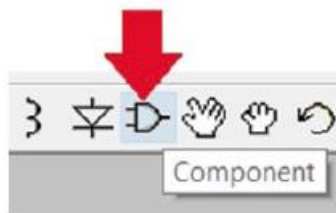
Şekil 1.18: Şemaya ikinci direncin eklenmesi

Direnç simgesine tıklamak (Şekil 1.16), şemaya direnç eklemenin tek yolu değildir. Klavyenizin R tuşuna da basabilirsiniz. LTspice'in kısayol tuşları Şekil 1.19'da gösterilmektedir. Bu kısayolları ezberlemek iyi bir fikirdir çünkü bunlar şematik çizimi daha kolay ve hızlı yapmanıza yardımcı olur.



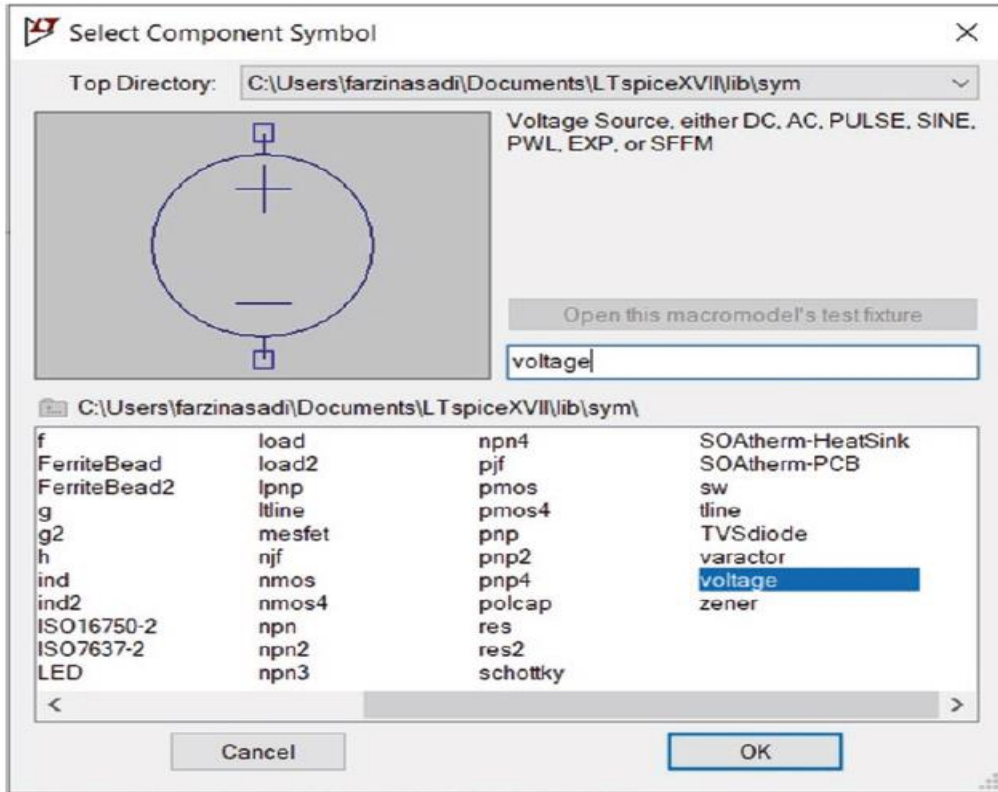
Şekil 1.19: Düzenleme menüsü

“Component” simgesine tıklayın (Şekil 1.20).

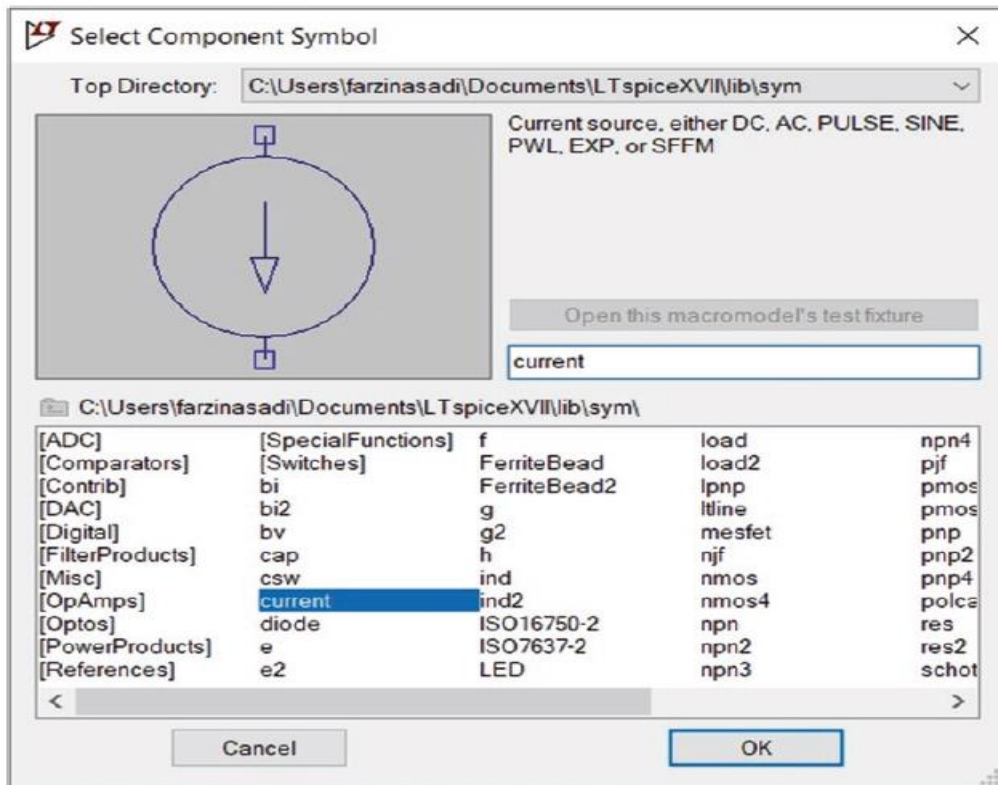


Şekil 1.20: “Component” simgesi

Component simgesine tıkladıktan sonra Select Component Symbol penceresi (Şek. 1.21) görüntülenir. Gerilim kaynağı bloğunu bulmak için bileşen arama kutusuna "voltage" yazın. Geçerli kaynak bloğu “current” aranarak da bulunabilir (Şekil 1.22).

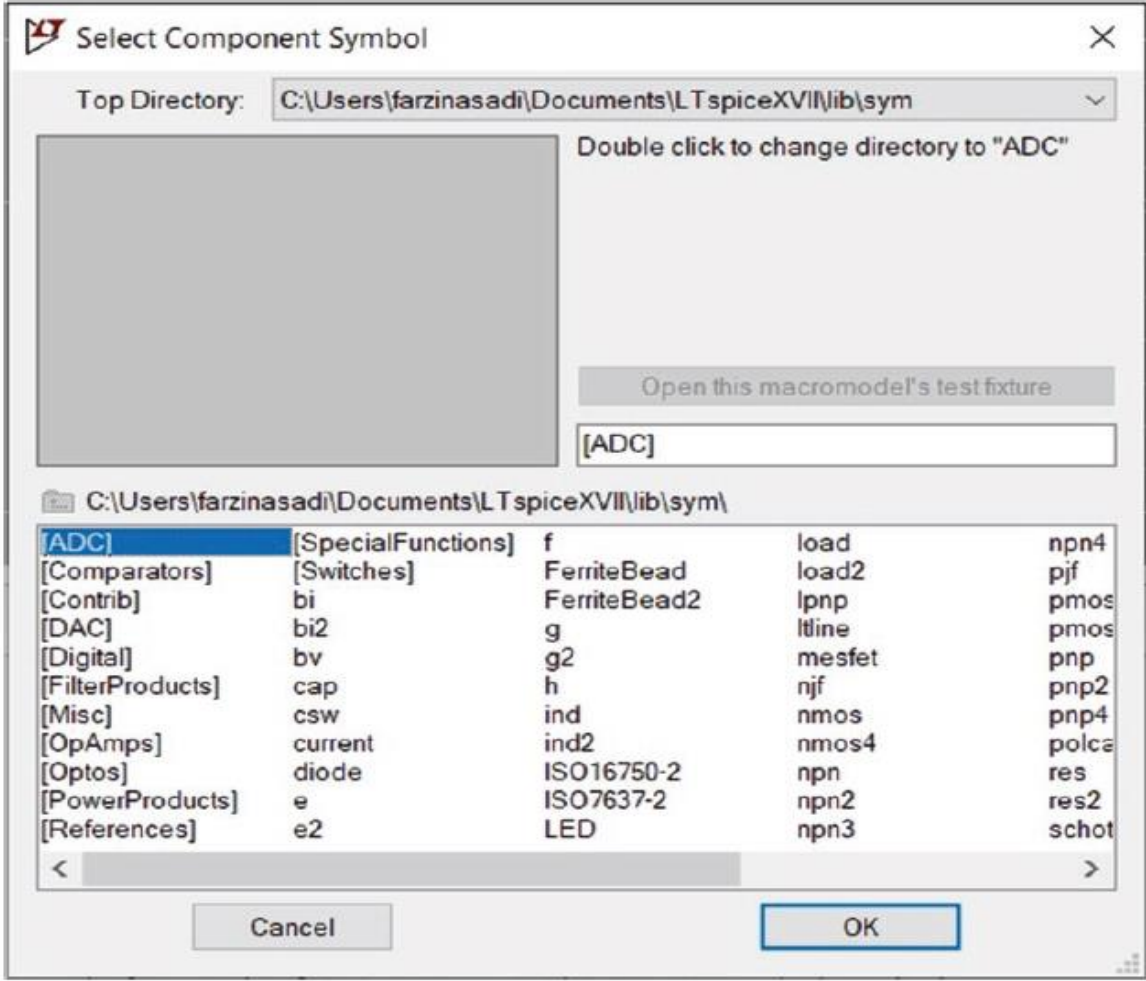


Şekil 1.21: Voltage source bloğu

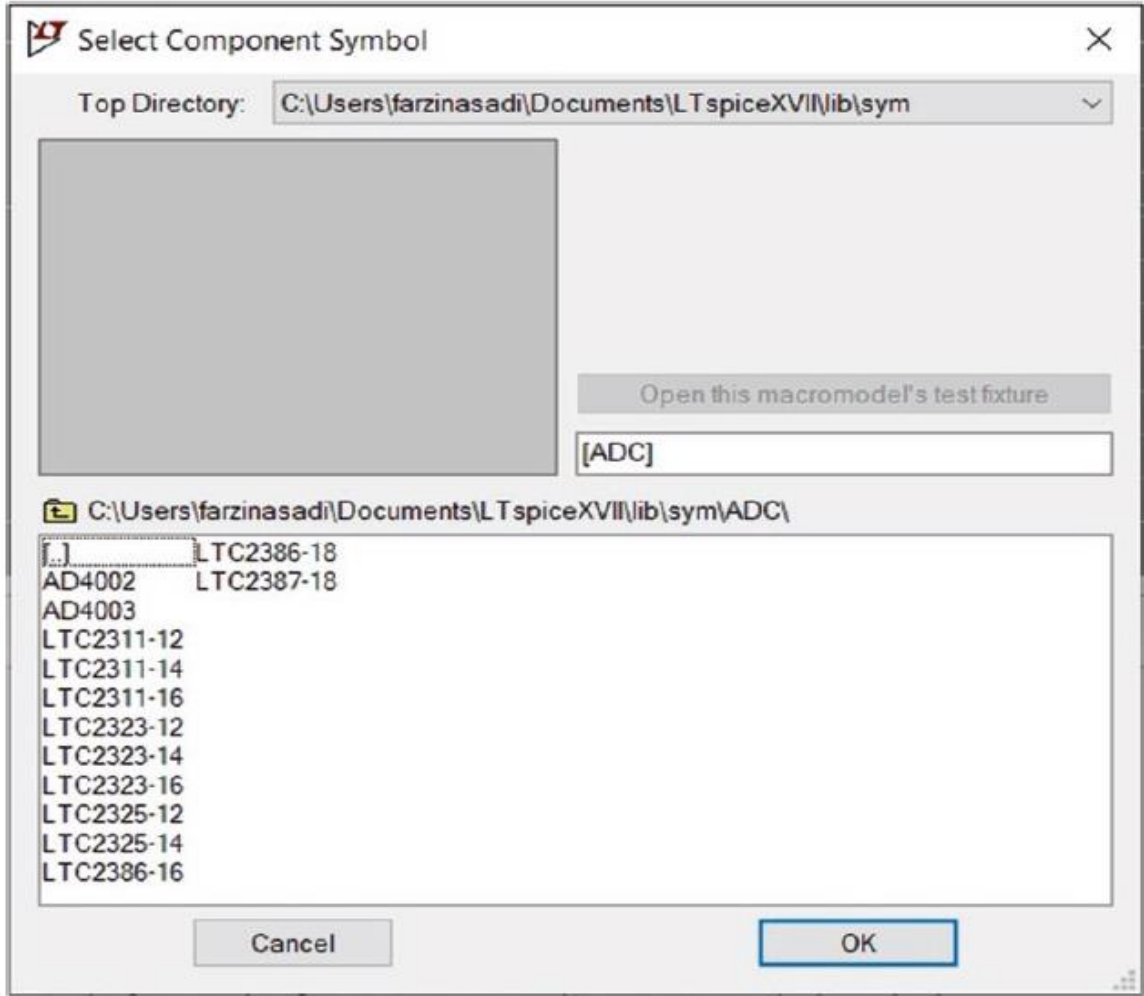


Şekil 1.22: Current source bloğu

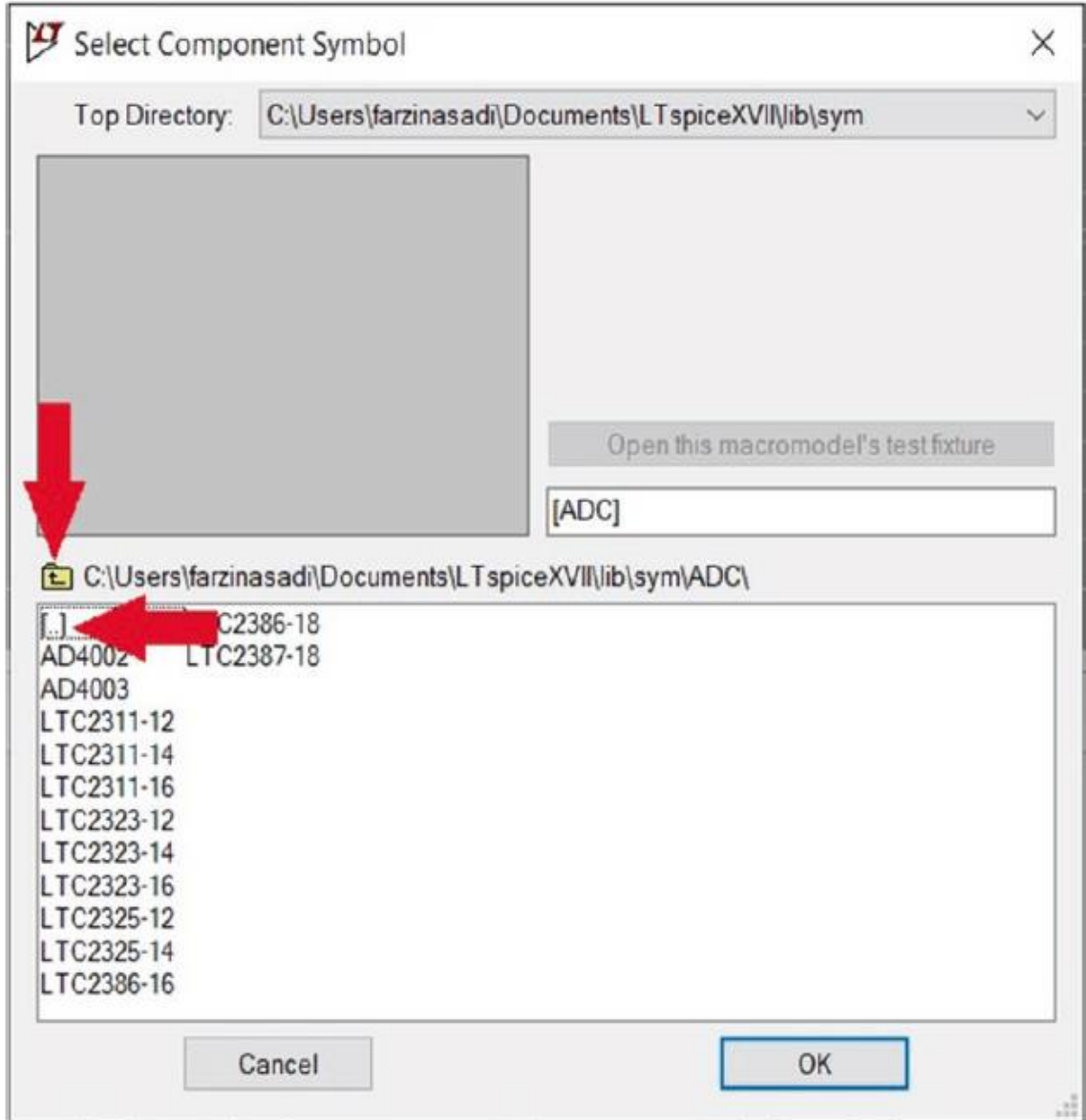
[ADC]'ye çift tıklarsanız (Şek. 1.23), içindeki bileşenler ekranda görünür (Şek. 1.24). İlk sayfaya dönmek için .. veya Up One Level simgesini (Şek. 1.25) kullanabilirsiniz (Şek. 1.26).



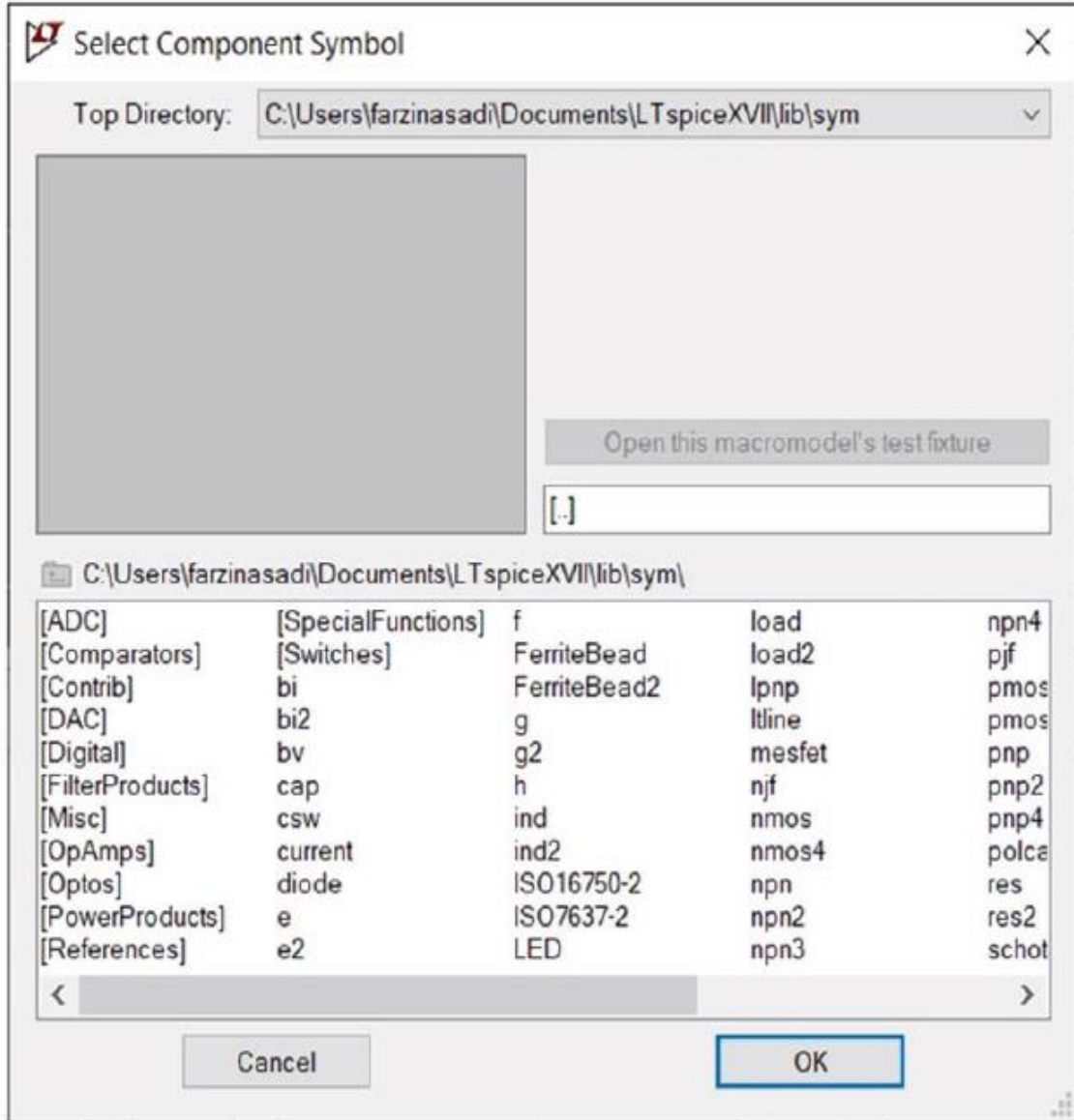
Şekil 1.23: ADC bölümü



Şekil 1.24: ADC bölümünün içindeki bileşenler

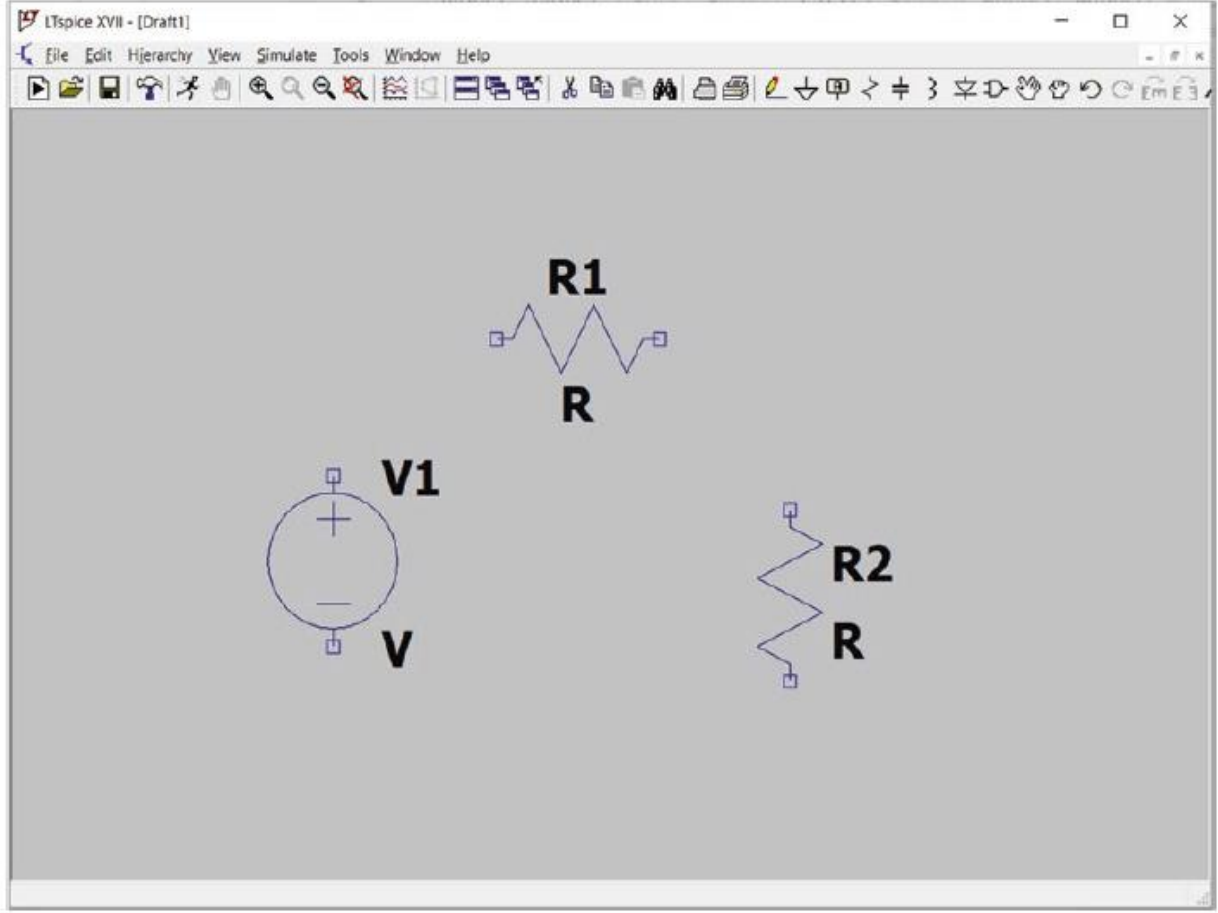


Şekil 1.25: İlk sayfaya dönüş



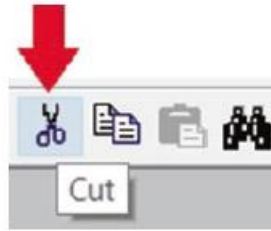
Şekil 1.26 Bileşen Sembolü Seçme Penceresi

Şemaya bir voltaj kaynağı bloğu ekleyin (Şekil 1.27).



Şekil 1.27: Şemaya bir voltaj kaynağının eklenmesi

Scissor (Makas) simgesinin yardımıyla bir bileşeni silebilirsiniz (Şekil 1.28). Makas simgesine tıklayın (veya F5 tuşuna basın) ve ardından kaldırılması gereken bileşene tıklayın.



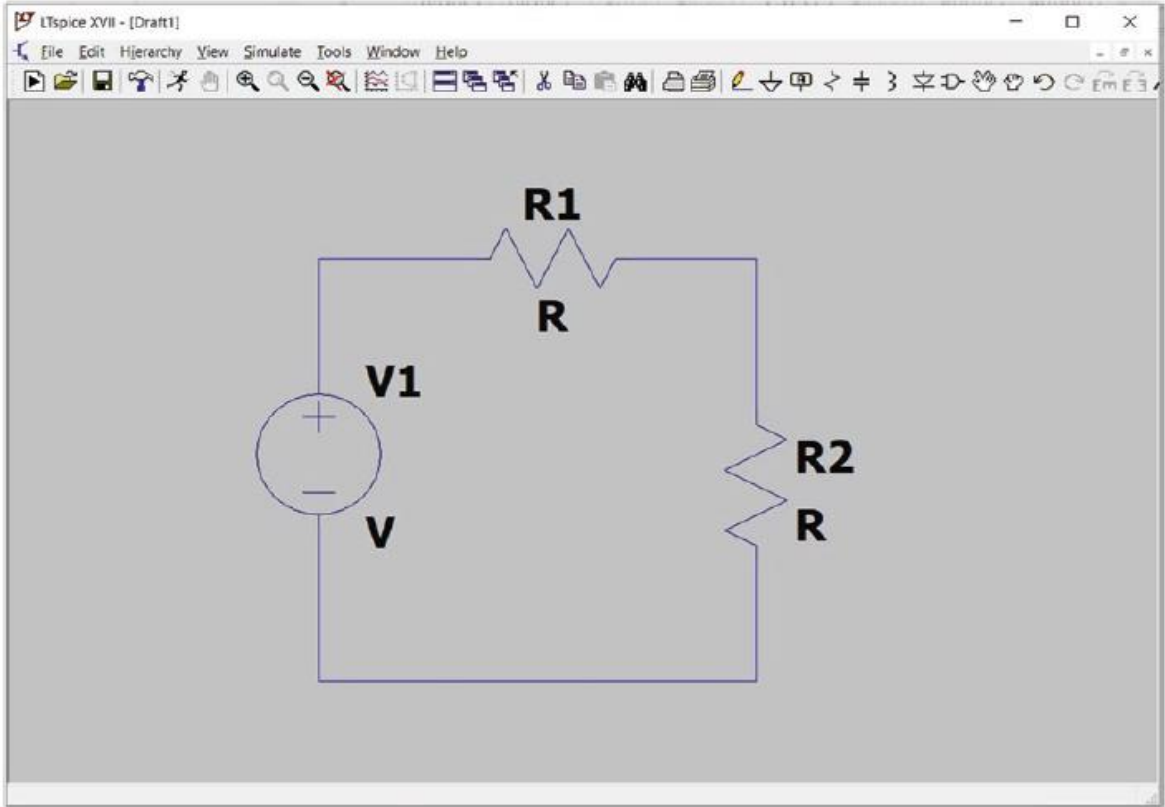
Şekil 1.28: Cut simgesi

“Copy” simgesinin yardımıyla bir bileşeni çoğaltabilirsiniz (Şekil 1.29). Kopyala simgesine tıklayın (veya F6 tuşuna basın) ve ardından kopyasını oluşturmak istediğiniz bileşene tıklayın. Bileşene tıkladıktan sonra, o bileşenin bir kopyası fare işaretçisine eklenir. Şematik üzerine tıklarsanız kopyalanan bileşen şematiğe eklenecektir.



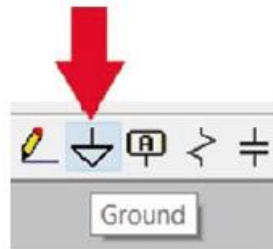
Şekil 1.29: Copy simgesi

Bileşenleri birbirine bağlamak için Wire simgesini (Şek. 1.30) kullanın (Şek. 1.31).

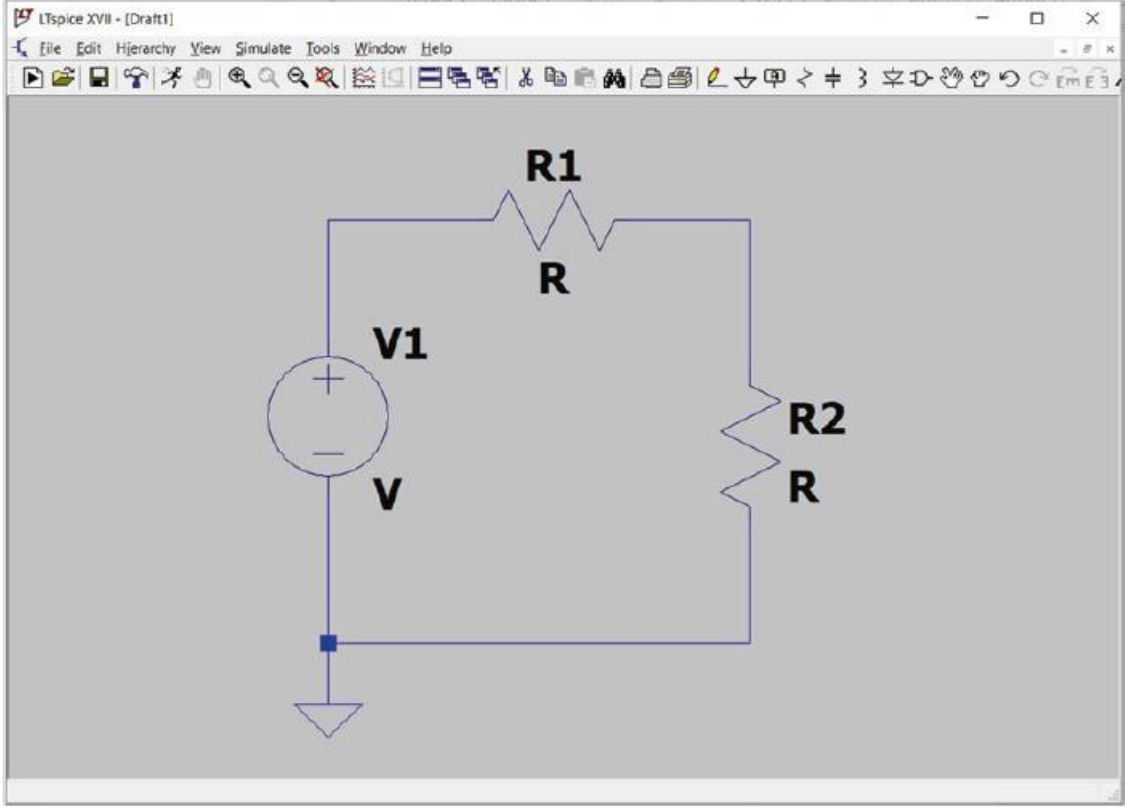


Şekil 1.31: Bileşenleri birbirine bağlama

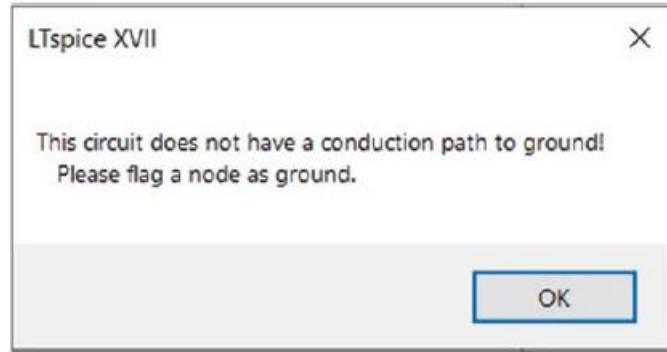
Devrenize toprak eklemek için “ground” simgesini (Şekil 1.32) kullanın (Şekil 1.33). Şemayı topraklama olmadan çalıştırmayı denerseniz, Şekil 1.34'te gösterilen hata mesajı görünür.



Şekil 1.32: “Ground” simgesi

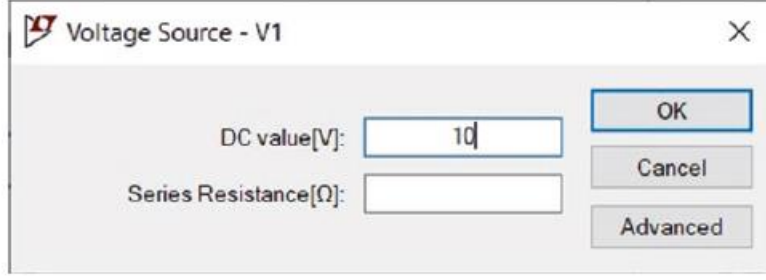


Şekil 1.33: Şemaya toprak eklenmesi

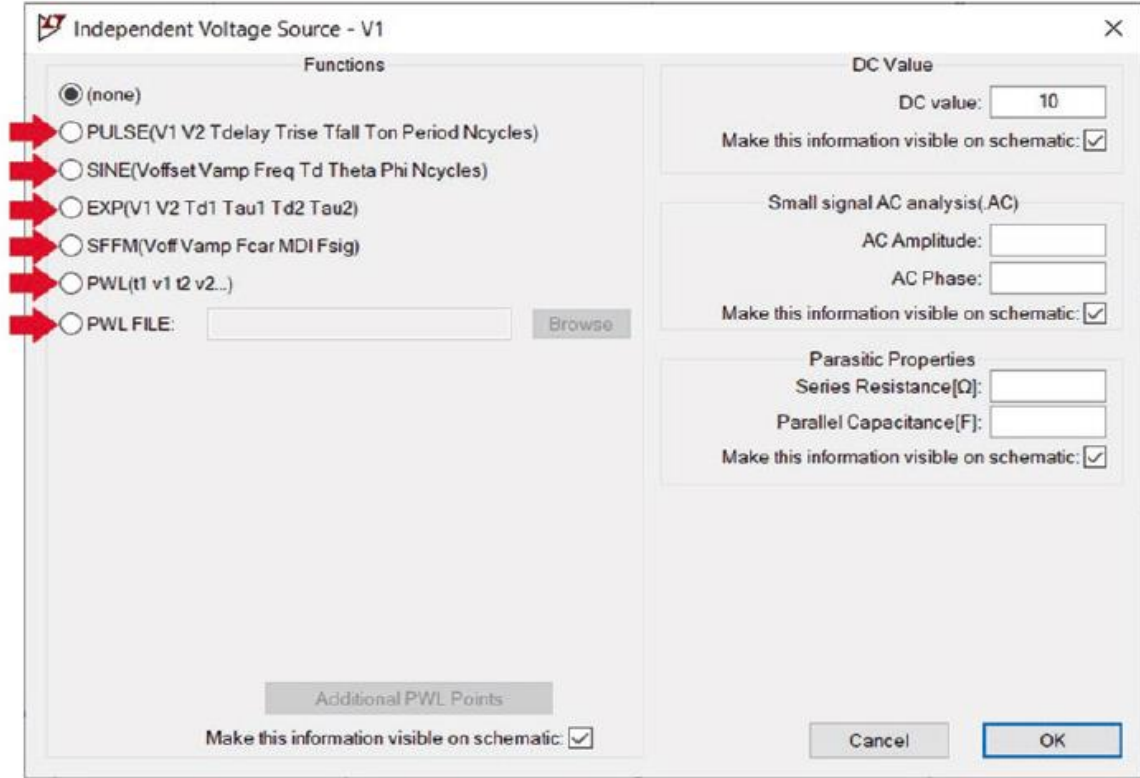


Şekil 1.34: Topraksız devre için hata mesajı

V1 gerilim kaynağına sağ tıklayıp DC değeri[V] kutusuna 10 girin (Şekil 1.35) ve OK butonuna tıklayın. Şekil 1.35'teki Advanced düğmesine tıklarsanız, Şekil 1.36'da gösterilen pencere açılır ve daha karmaşık dalga biçimleri oluşturmanıza olanak tanır. Bu örnekte basit bir DC voltaj kaynağına ihtiyacımız var, dolayısıyla Şekil 1.36'daki ayarları değiştirmeye gerek yok.

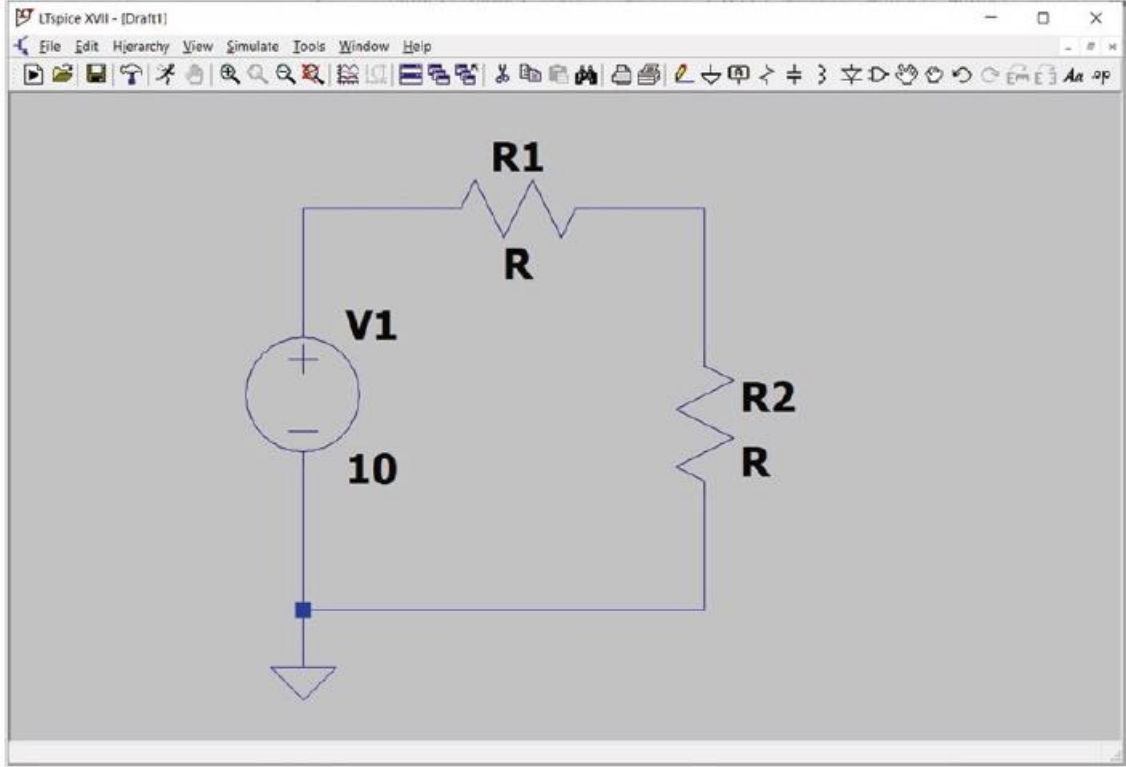


Şekil 1.35: Gerilim kaynağı ayarları



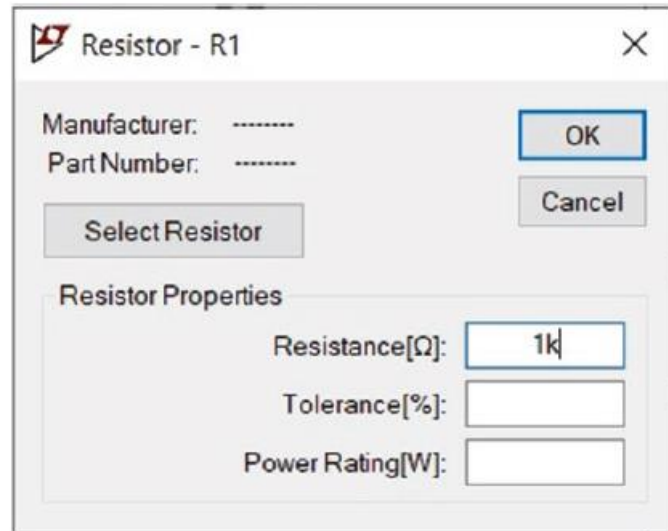
Şekil 1.36: Gerilim kaynağı ayarları

Şekil 1.36'daki Tamam düğmesine tıkladıktan sonra şematik, Şekil 1.37'de gösterilene dönüşür. Arkasında DC gerilim kaynağının değeri gösterilmektedir.

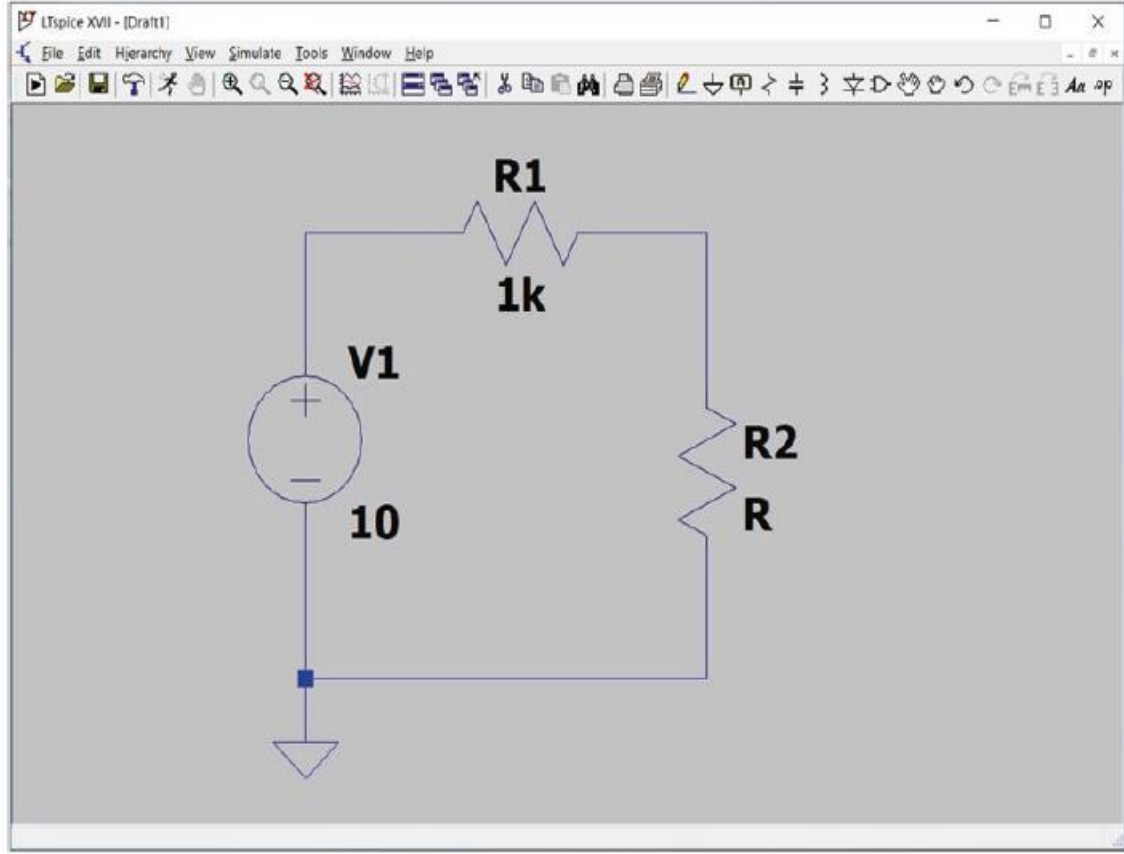


Şekil 1.37: Gerilim kaynağının değeri şematikte gösterilmektedir

R1 direncine sağ tıklayın ve Resistance [Ω] kutusuna 1k girin (Şekil 1.38). Daha sonra Tamam düğmesine tıklayın. Tamam düğmesine tıkladıktan sonra şematik Şekil 1.39'da gösterilene dönüşür. Direnç R1'in değeri arkasında gösterilir. LTspice'de kullanılabilecek örneklerin listesi Tablo 1.1'de gösterilmektedir.



Şekil 1.38 R1 direncinin değerinin girilmesi

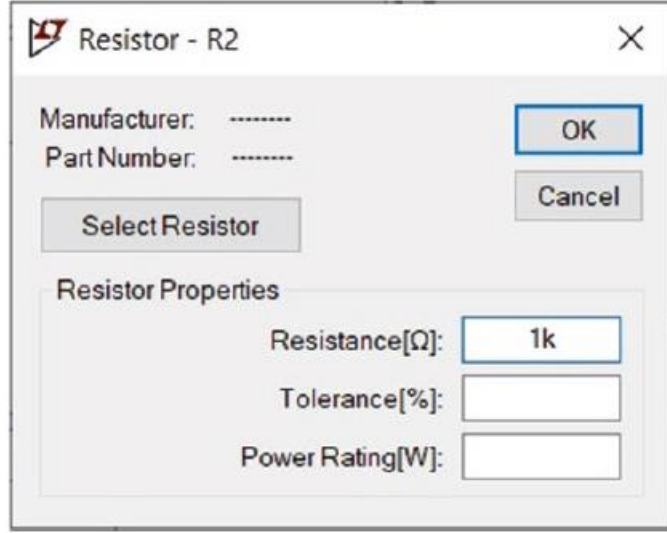


Şekil 1.39 R1 direncinin değeri şematikte gösterilmektedir

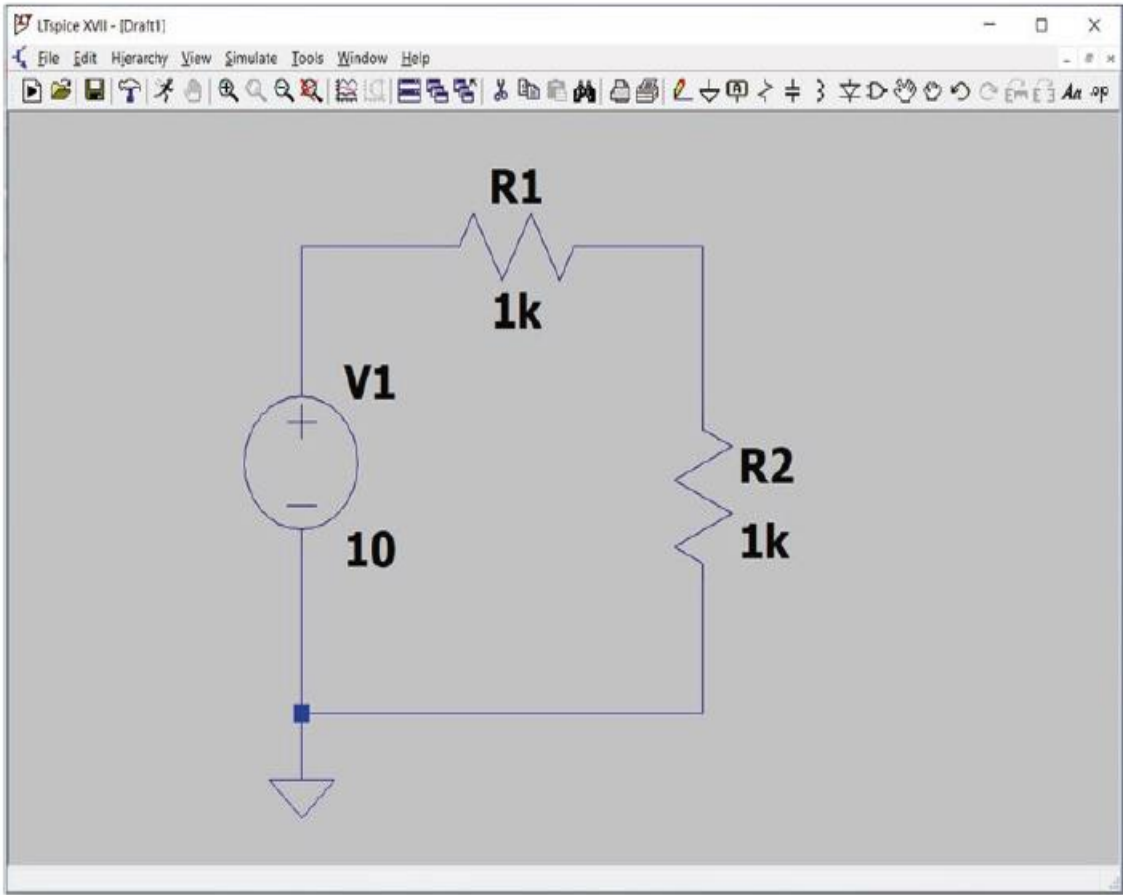
Tablo 1.1: LTspice'de kullanılabilir örnekler

Unit (prefix)	Unit	Multiple
T	Tera	10^{12}
G	Giga	10^9
Meg	Mega	10^6
k	Kilo	10^3
m	Milli	10^{-3}
u	Micro	10^{-6}
n	Nano	10^{-9}
p	Pico	10^{-12}
f	Femto	10^{-15}

R2 direncine sağ tıklayın ve Resistance [Ω] kutusuna 1k değerini girin (Şekil 1.40). Daha sonra Tamam düğmesine tıklayın. Tamam düğmesine tıkladıktan sonra şematik Şekil 1.41'de gösterilene dönüşür. Direnç R2'nin değeri arkasında gösterilir.

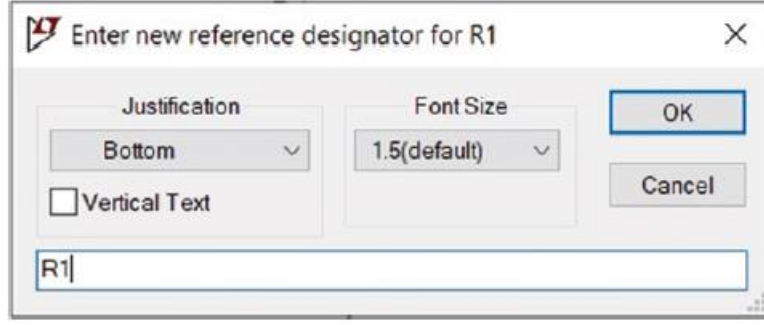


Şekil 1.40 R2 direncinin değerinin girilmesi



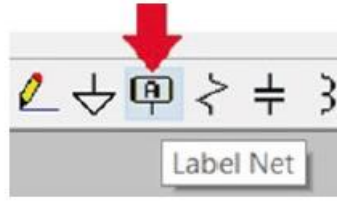
Şekil 1.41: R2 direncinin değeri şematikte gösterilmektedir

Bileşen etiketlerini üzerlerine sağ tıklayıp yeni adı girerek değiştirebilirsiniz. Örneğin, Şekil 1.41'deki "R1" etiketine sağ tıklarsanız, Şekil 1.42'de gösterilen pencere açılır ve dirence yeni bir isim girmenizi sağlar.

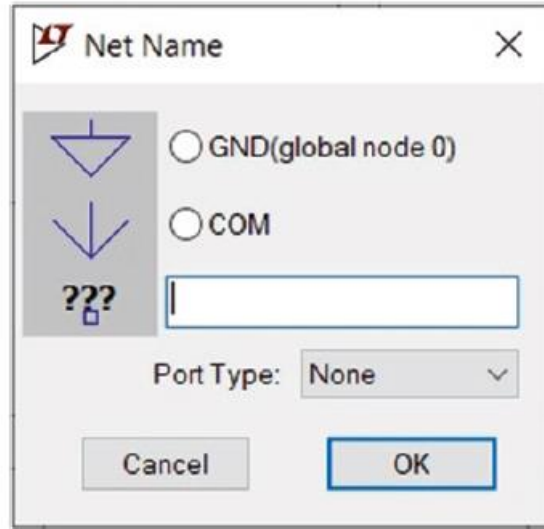


Şekil 1.42: Yeni bir adın girilmesi

Devre düğümlerine istediğiniz adları vermek için Label Net simgesini (Şekil 1.43) kullanabilirsiniz. Label Net simgesine tıkladıktan sonra Şekil 1.44'te gösterilen pencere açılır ve istediğiniz adı girmenize izin verir.

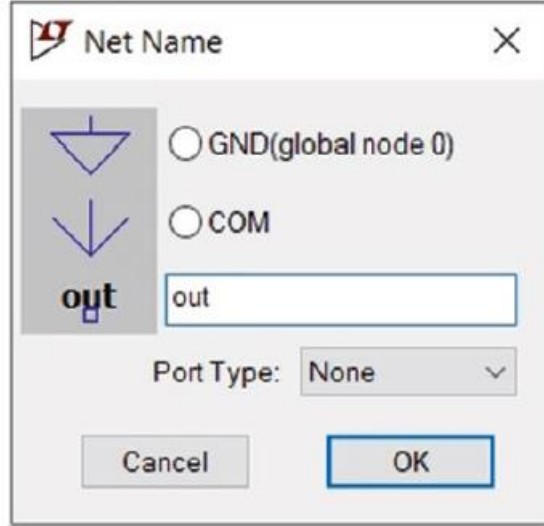


Şekil 1.43: Label Net simgesi

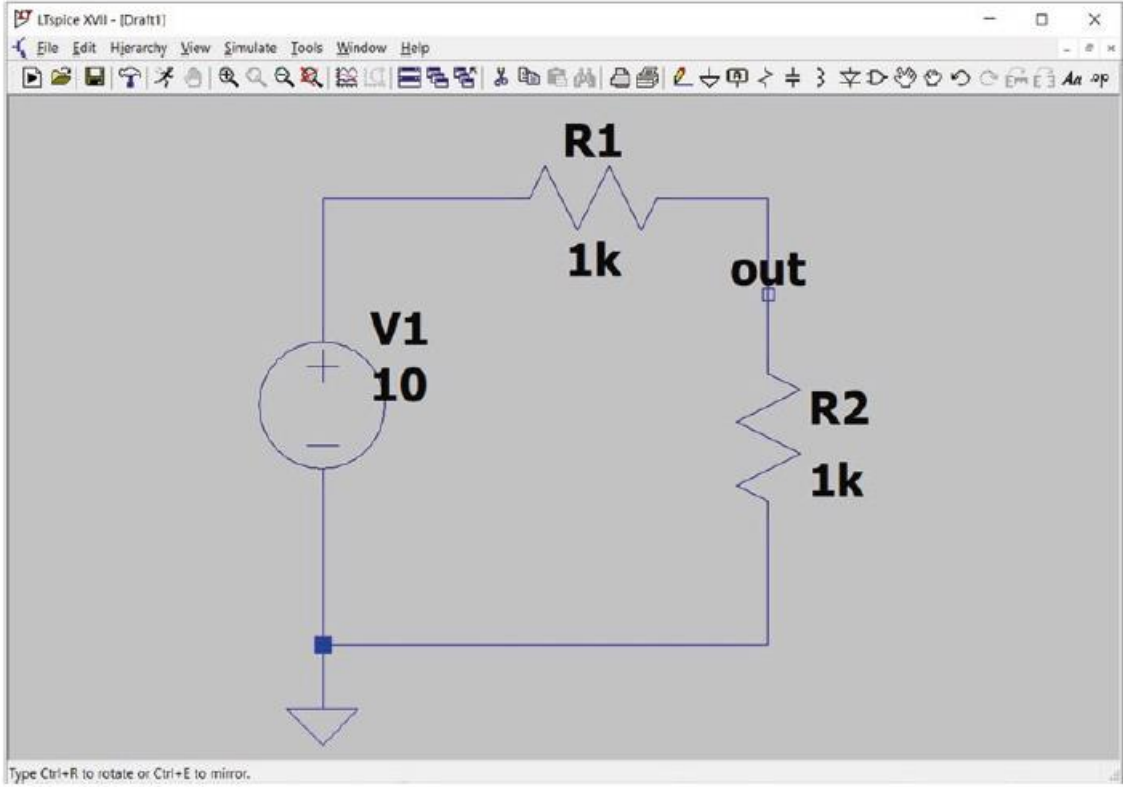


Şekil 1.44: “Net Name” Ağ Adı penceresi

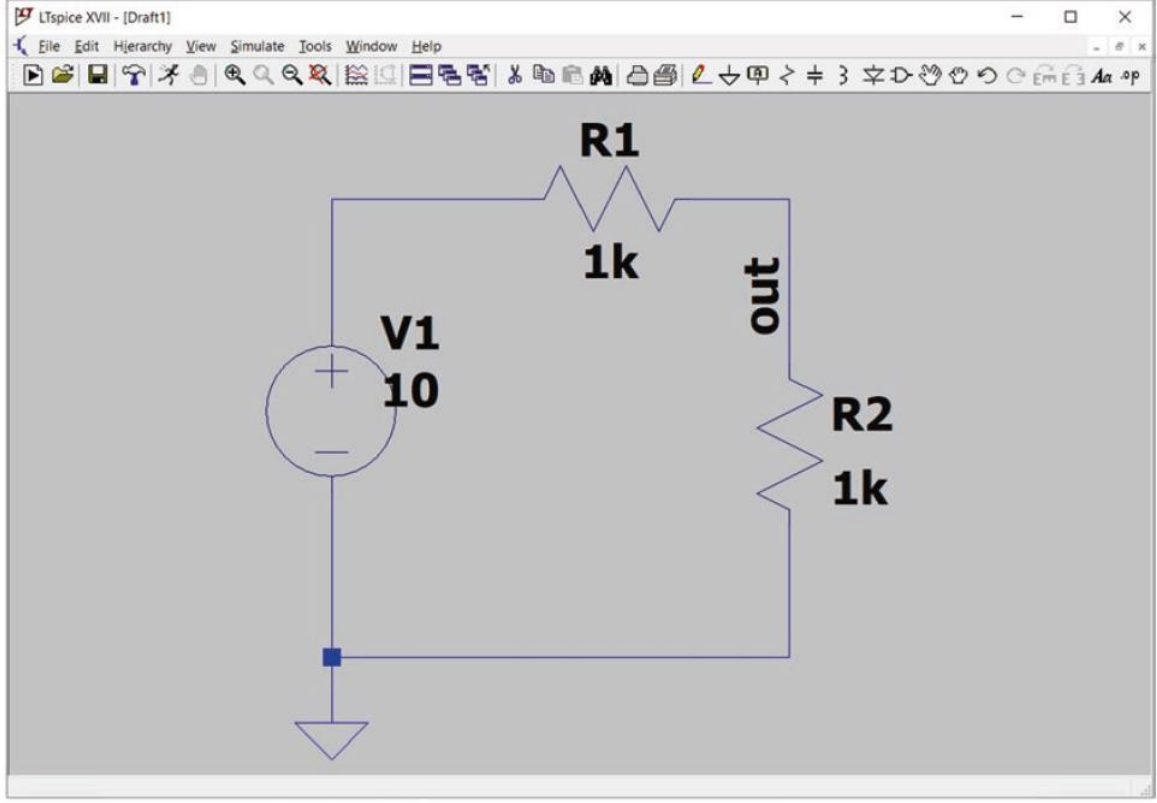
R2 direncinin üst terminaline bağlanan düğüme “out” adını verelim. Bunun için Label Net ikonuna tıklayın ve Net Name penceresine “out” yazın ve OK butonuna tıklayın (Şekil 1.45). Tamam butonuna tıkladıktan sonra girilen ad (çıkış) fare işaretçisine eklenir ve altında küçük bir kare bulunur. Kareyi direnç R2'nin üst terminaline yerleştirin (Şekil 1.46) ve tıklayın. Tıkladıktan sonra R2'nin üst terminali “out” olarak yeniden adlandırılır (Şekil 1.47).



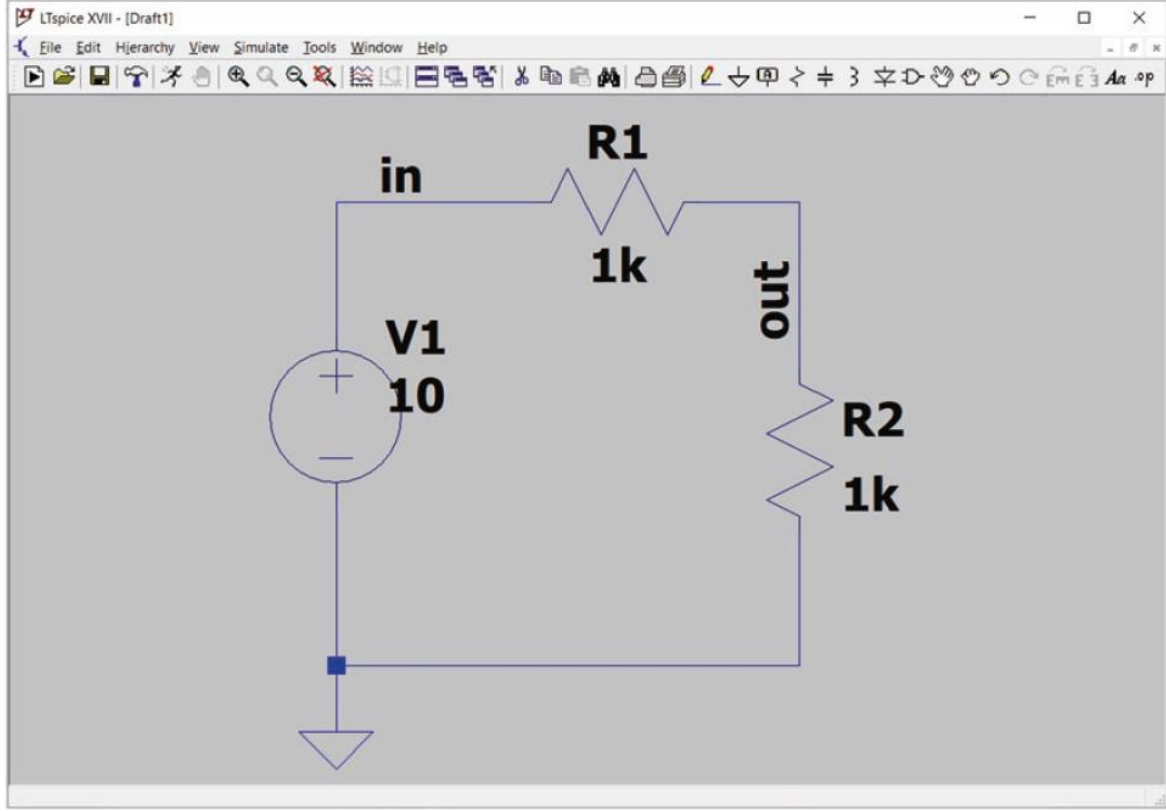
Şekil 1.45 Net Name penceresine “out” girilir



Şekil 1.46: R2'nin üst terminaline “out” adının atanması (=R1'in sağ terminali)



Şekil 1.47: R2'nin üst terminali (=R1'in sağ terminali) out olarak yeniden adlandırılmıştır
Gerilim kaynağının pozitif terminaline bağlı düğümü “in” olarak yeniden adlandırın (Şekil 1.48).



Şekil 1.48: Giriş düğümünü “in” olarak yeniden adlandırma

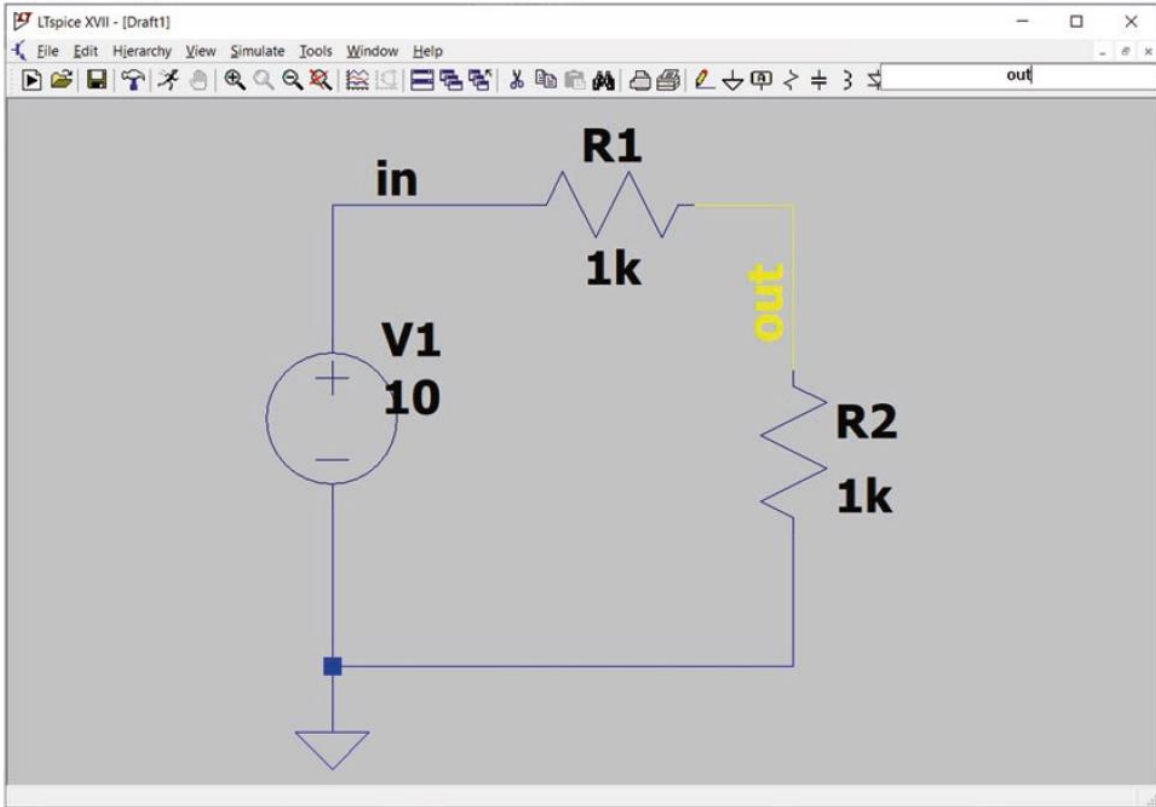
Bir bileşeni aramak için “Search” simgesini kullanabilirsiniz. Bu, birçok bileşene sahip büyük şematiklerde çok kullanışlıdır. Ara simgesine tıkladıktan sonra (Şekil 1.49), araç çubuğunun sağına bir metin kutusu eklenir ve arama terimini buraya girebilirsiniz (Şekil 1.50). Örneğin, Şekil 1.51 ve 1.52 düğüm “out” ve direnç R2 aranır.



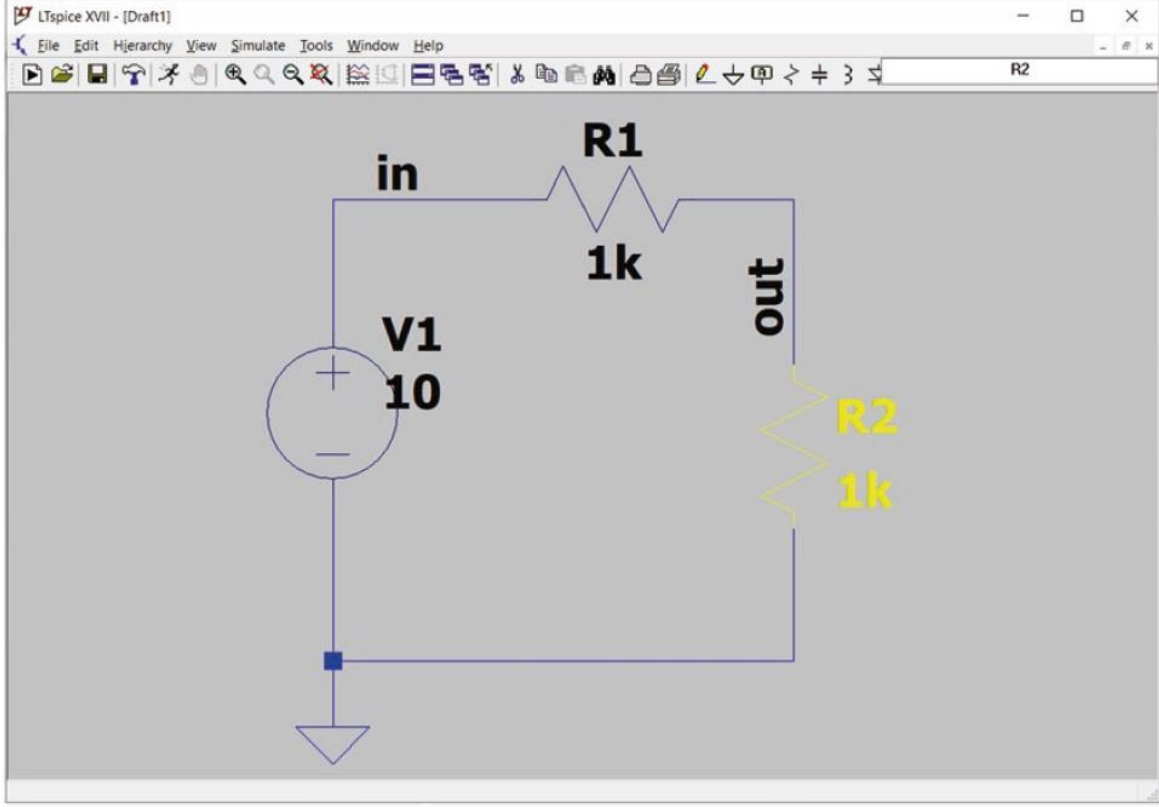
Şekil 1.49: Search (Arama) simgesi



Şekil 1.50: Görünen arama kutusu

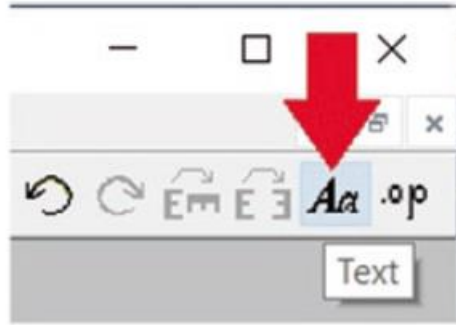


Şekil 1.51 “out” düğümü vurgulanıyor

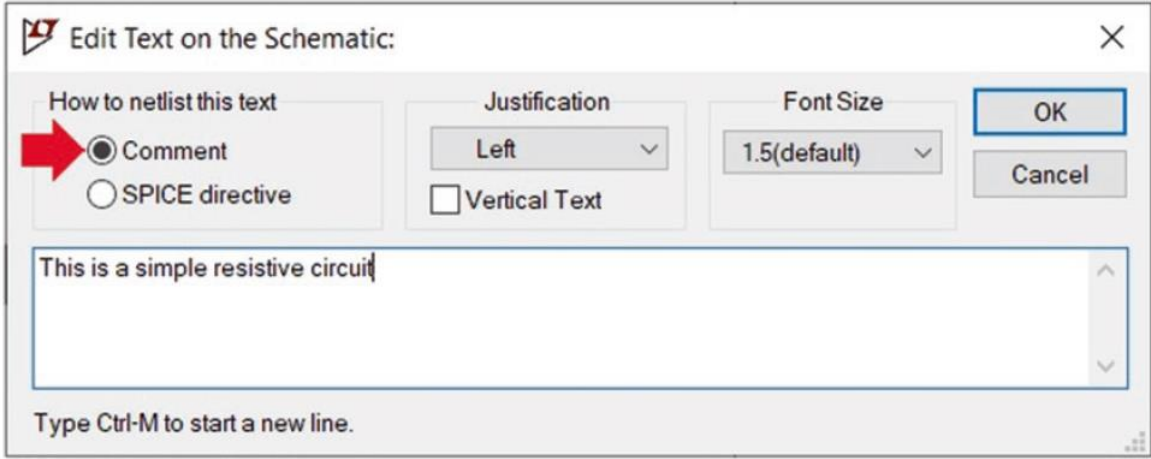


Şekil 1.52: Direnç R2 vurgulanıyor

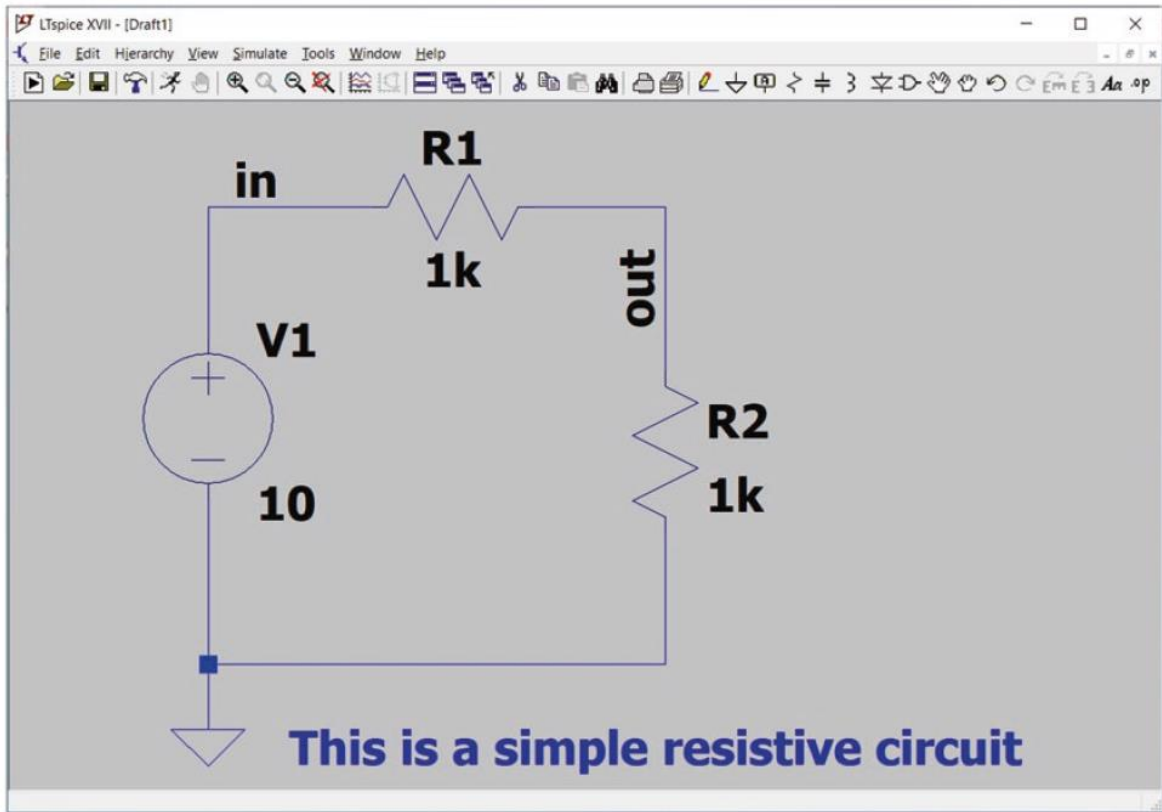
Text simgesine tıklayarak şematik metin ekleyebilirsiniz (Şek. 1.53). Text simgesine tıkladıktan sonra Şekil 1.54'te gösterilen pencere açılır ve istediğiniz metni girmenize izin verir. İsteddiğiniz metni girdikten sonra OK düğmesine tıklayın ve ardından metni eklemek için şematik üzerine tıklayın (Şekil 1.55).



Şekil 1.53: Text (Metin) simgesi

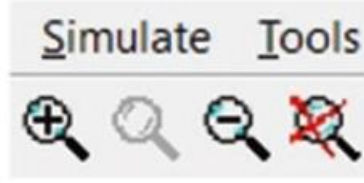


Şekil 1.54: “Comment” Yorum butonu



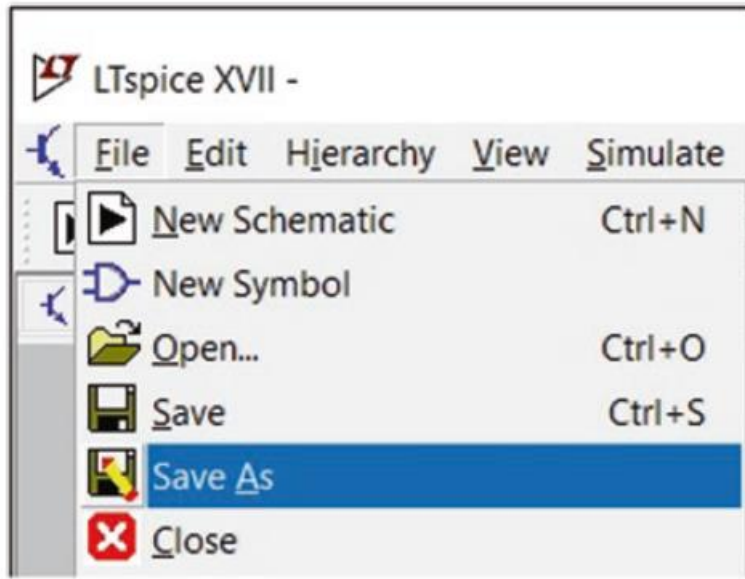
Şekil 1.55 Şemaya bir yorumun eklenmesi

Fare kaydırma butonu veya Şekil 1.56'da gösterilen simgeler yardımıyla yakınlaştırma/uzaklaştırma yapabilirsiniz. Klavyenizin boşluk tuşuna basarsanız çizilen şemayı gösterecek en iyi ayarlar seçilir.

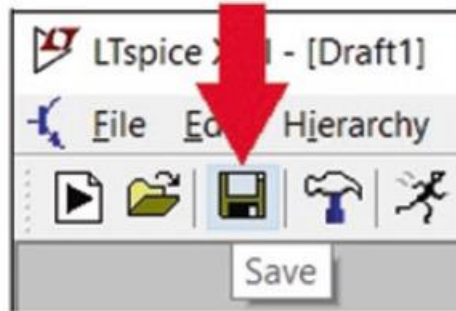


Şekil 1.56: “Zoom” Yakınlaştırma simgeleri

LTspice'de yeni bir şema açtığınızda, buna varsayılan Draft adı (n bir sayıyı gösterir) atanır. Dosyayı istediğiniz isimle kaydetmek istiyorsanız Dosya> Farklı Kaydet seçeneğini kullanmanız gerekir (Şekil 1.57). Kaydettikten sonra istediğiniz isimde dosya olarak, şematik dosyaya uyguladığımız değişiklikleri kaydetmek için Kaydet simgesine (Şekil 1.58) tıklayabilirsiniz.

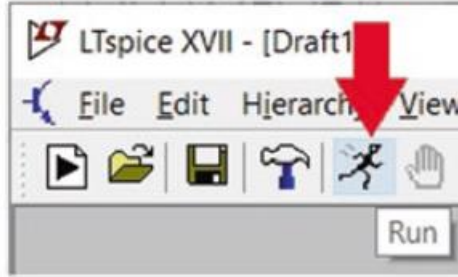


Şekil 1.57: “File> Save as” Dosya> Farklı Kaydet

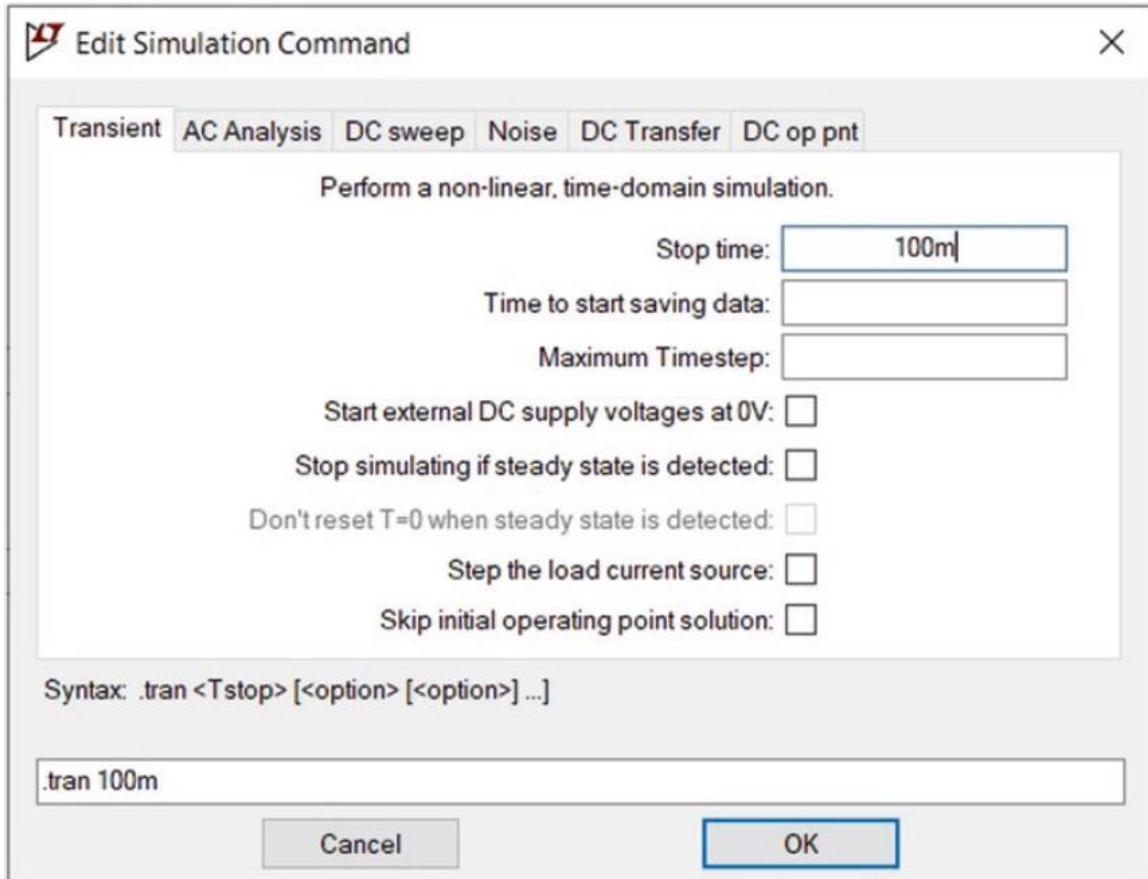


Şekil 1.58: “Save” Kaydet simgesi

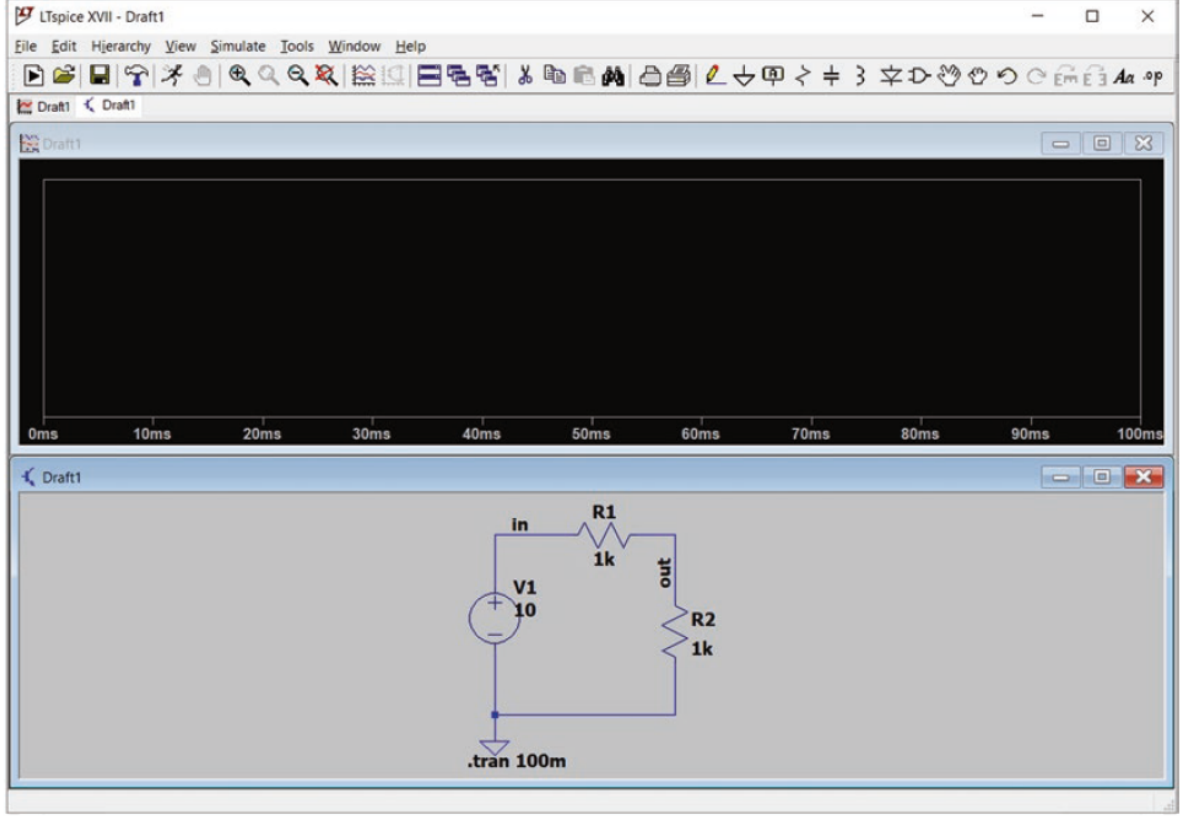
“Run” Çalıştır simgesi (Şekil 1.59) simülasyon türünü belirlemek ve simülasyonu çalıştırmak için kullanılabilir. Bu örnekte devrenin davranışını [0, 100 ms] zaman aralığında incelemek istiyoruz. Bunu yapmak için “Run” simgesine tıklayın, ardından “Stop time” Durdurma süresi kutusuna 100m girin (Şekil 1.60) ve “OK” Tamam düğmesine tıklayın. OK butonu tıklandıktan sonra şematik üzerine “.trans 100m” yazısı eklenecek ve LTspice ortamına siyah bir pencere eklenecektir (Şekil 1.61). Seçilen devre dalga formları bu siyah pencerede gösterilecektir. “.trans 100m” satırı LTspice'e devre gerilimlerini ve akımlarını [0, 100 ms] aralığı için hesaplamasını sağlar.



Şekil 1.59: Run simgesi

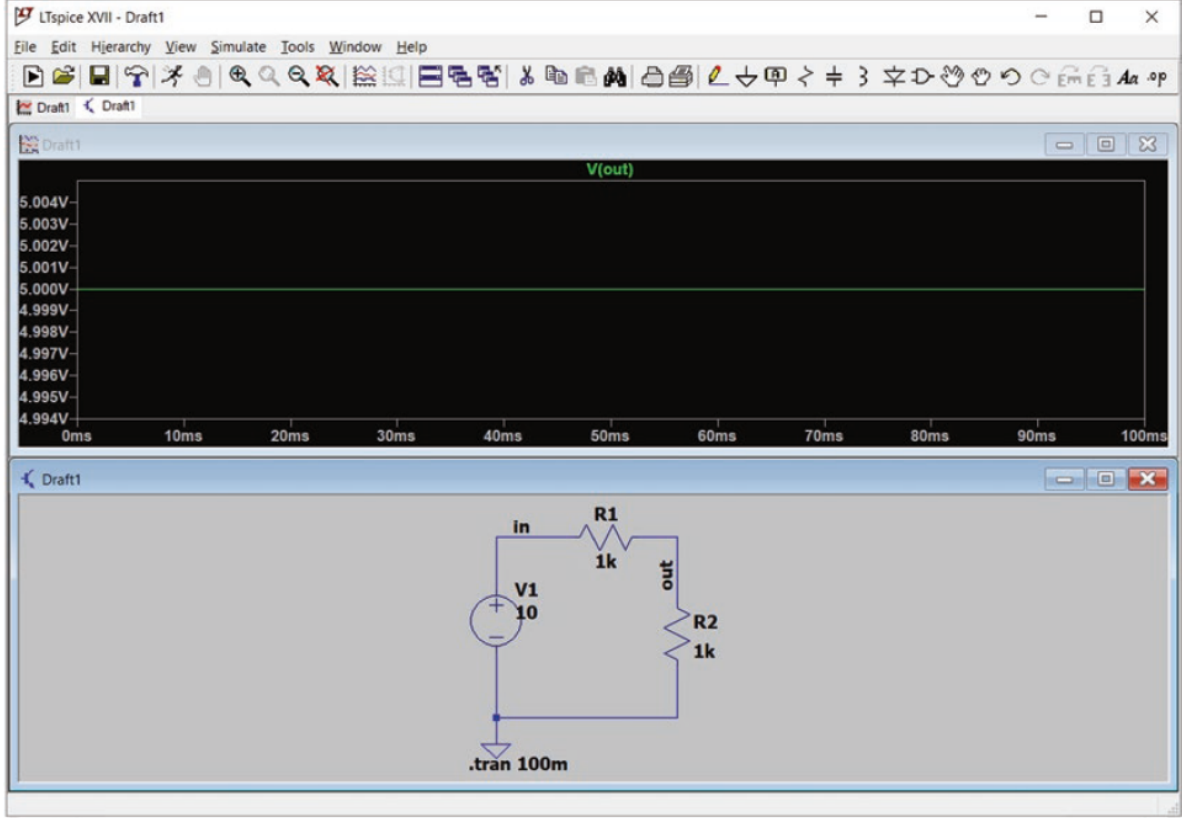


Şekil 1.60 “Edit Simulation Command” Simülasyon Komutunu Düzenle penceresi



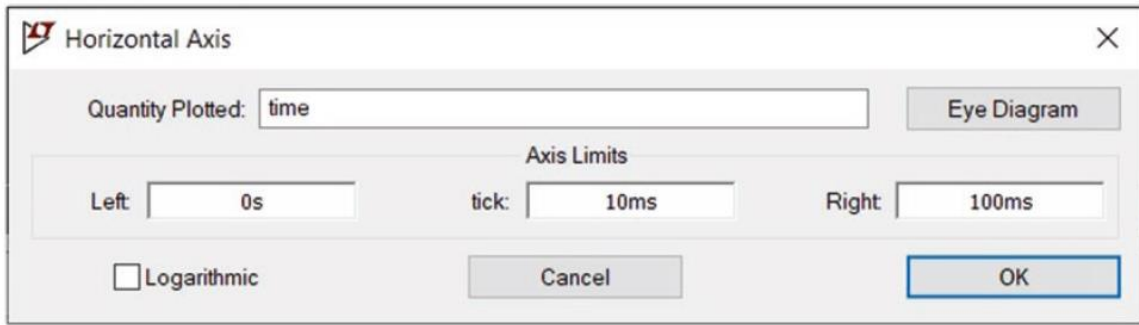
Şekil 1.61: “Trasnsient” simülasyon yapıldı

Fare imlecini "out" düğümünün üzerine getirin ve tıklayın. Düğüme tıkladıktan sonra voltajı (toprağa göre) gösterilir (Şekil 1.62). Şekil 1.62'ye göre, "out" düğümünün voltajı 5 V'tur ve bu doğru değerdir.

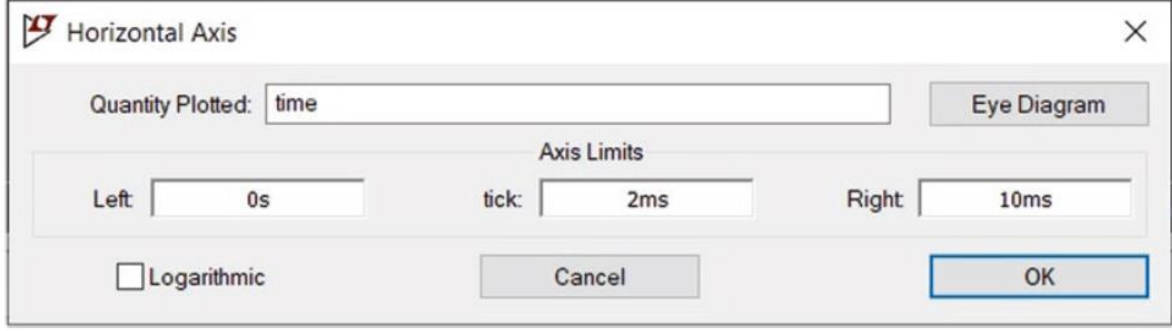


Şekil 1.62: "Out" düğümünün voltajı

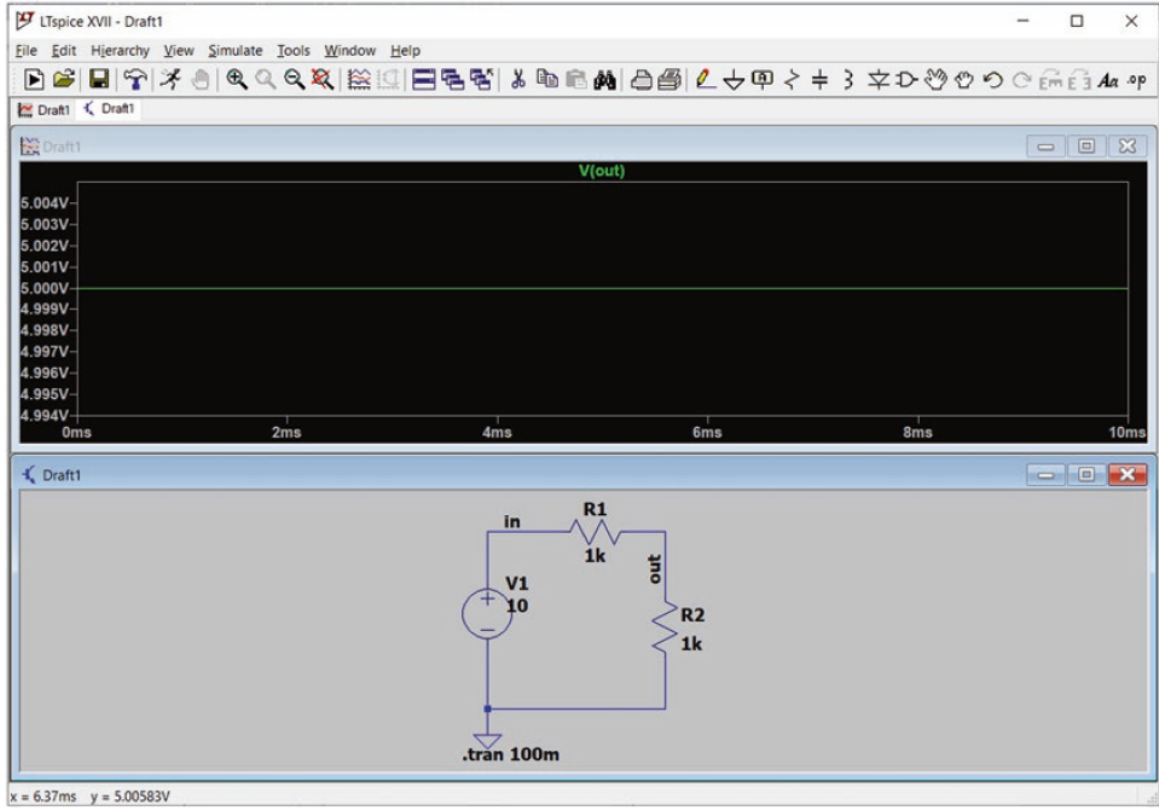
Zaman eksenine sağ tıklarsanız Şekil 1.63'te gösterilen pencere açılır. Bu pencerede gösterilmesini istediğiniz aralığı girebilirsiniz. Örneğin [0, 10 ms] aralığını görmek istiyorsanız Sol ve Sağ kutulara sırasıyla 0 ve 10m girmeniz gerekmektedir (Şekil 1.64). OK butonuna tıkladıktan sonra [0,10 ms] zaman aralığı gösterilir (Şekil 1.65). Dikey eksenine sağ tıklarsanız Dikey Eksen penceresi (Şekil 1.66) görünür ve istediğiniz aralığa girmenizi sağlar. Üst kutucuğuna istenilen aralığın üst sınırı, Alt kutucuğuna ise istenilen aralığın alt sınırı girilmelidir.



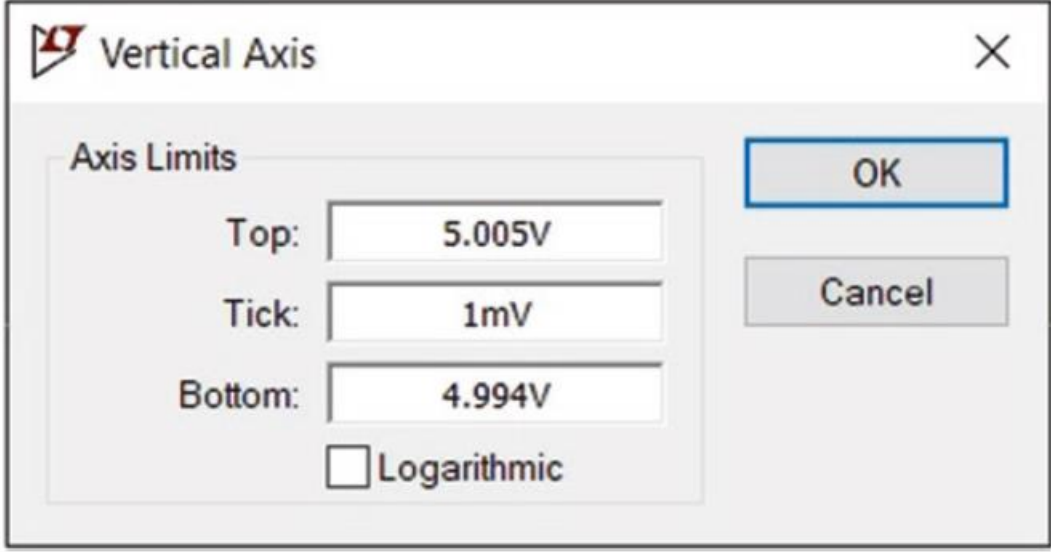
Şekil 1.63: Yatay Eksen "Horizontal Axis" penceresi



Şekil 1.64 Yatay Eksen “Horizontal Axis” penceresine yeni değerlerin girilmesi

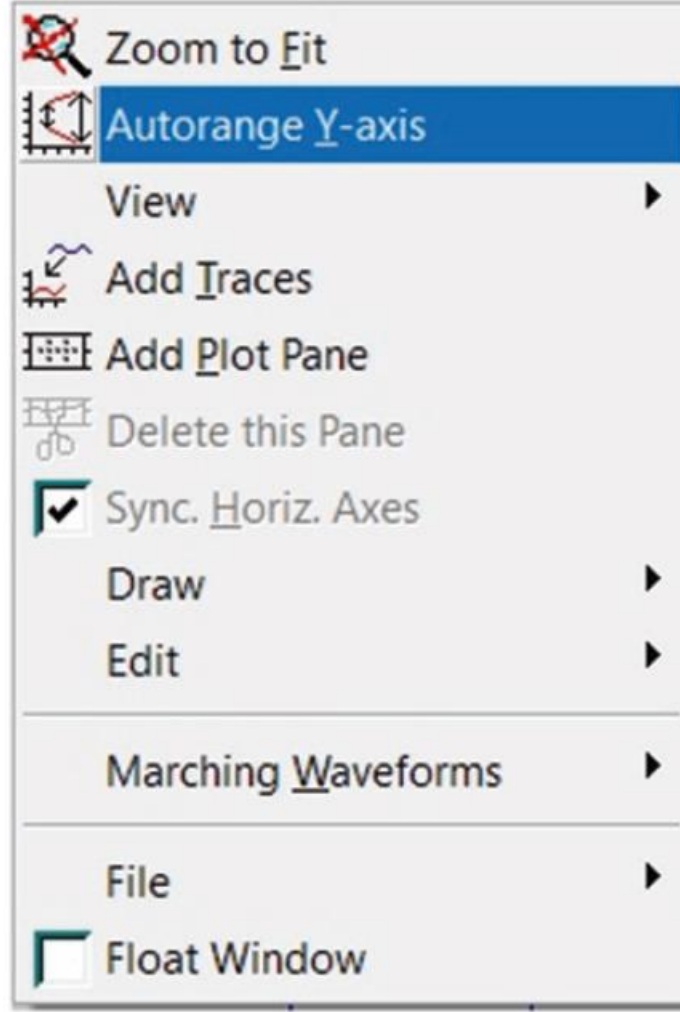


Şekil 1.65: Çıkış penceresinde [0, 10 ms] zaman aralığı gösteriliyor

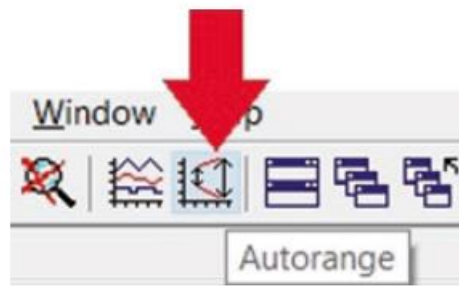


Şekil 1.66: Dikey Eksen "Vertical Axis" penceresi

LTspice dikey eksen için en iyi aralığı otomatik olarak seçebilir. Bunu yapmak için grafiğe sağ tıklayın ve Y eksenini Otomatik Ayarla "Autorange Y-axis" seçeneğine tıklayın (Şekil 1.67). Otomatik Aralık "Autorange icon" simgesine de tıklayabilirsiniz (Şek. 1.68).

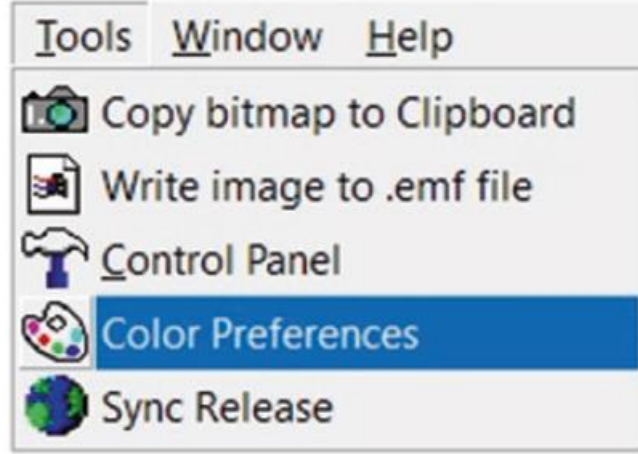


Şekil 1.67: Y eksenini otomatik ayarlama “Autorange Y-axis”

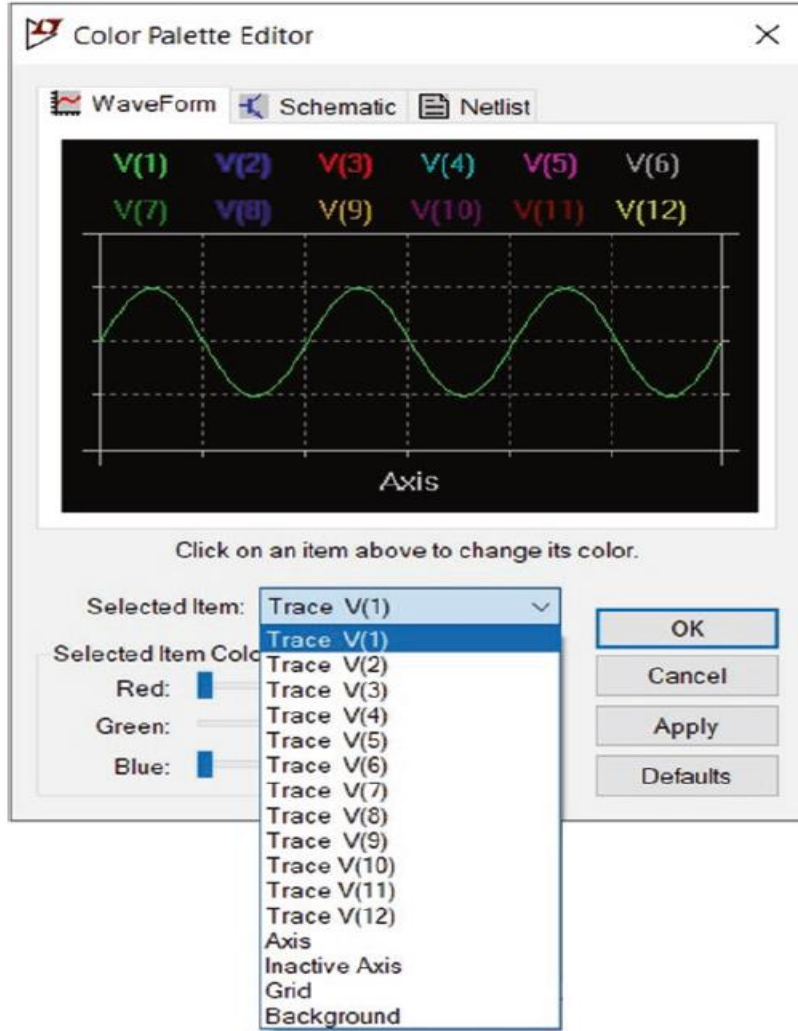


Şekil 1.68: Otomatik aralık “Autorange icon” simgesi

Grafikler (izler) “graphs (traces)”, eksen, arka plan vb. için istediğiniz rengi seçebilirsiniz. Bunu yapmak için Araçlar> Renk Tercihleri'ne “Tools> Color Preferences“ (Şekil 1.69) tıklayın. Araçlar> Renk Tercihleri'ne tıkladıktan sonra Şekil 1.70'de gösterilen pencere açılır ve her öğe için istediğiniz rengi seçmenize izin verir.

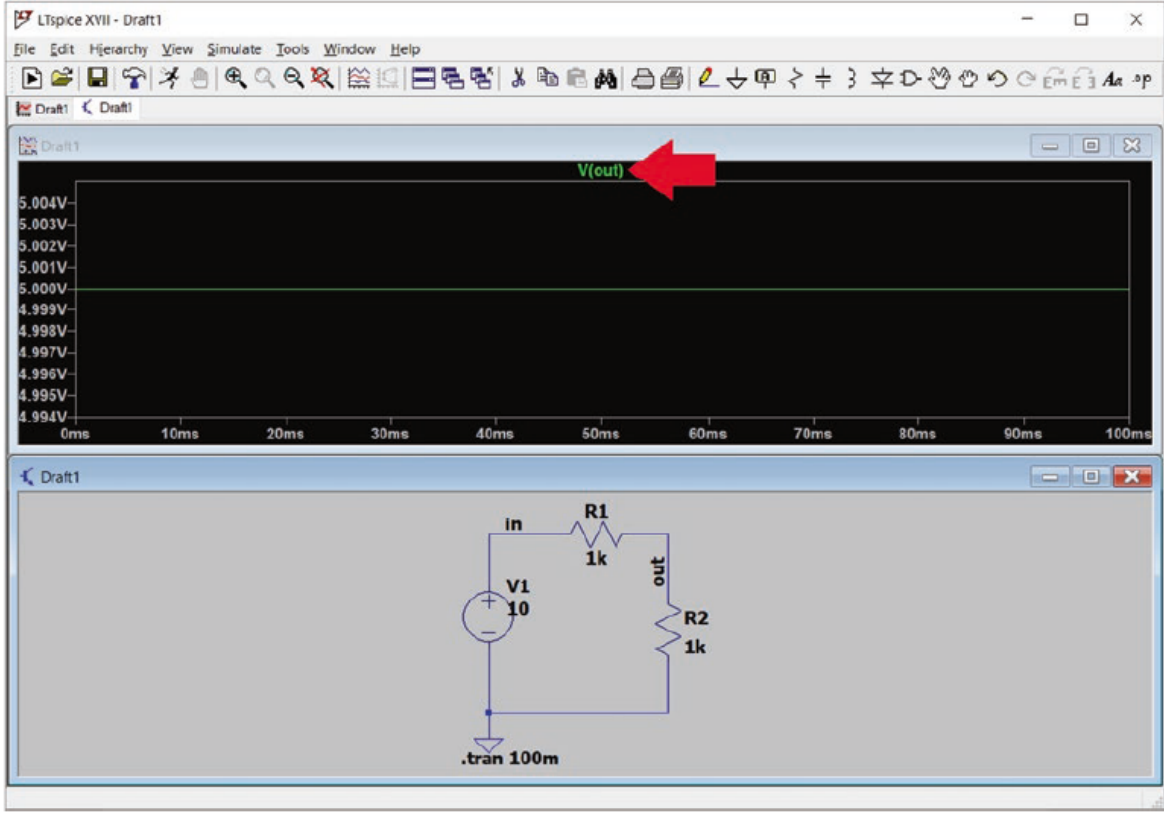


Şekil 1.69 Araçlar> Renk Tercihleri “Tools> Color Preferences”

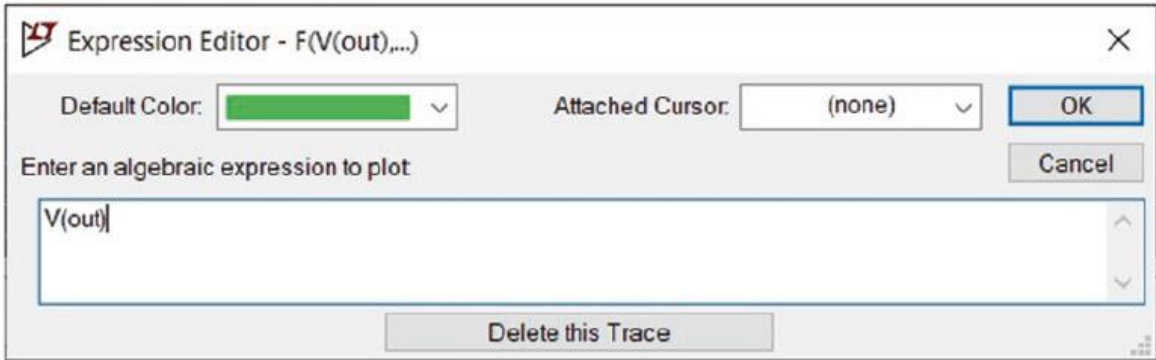


Şekil 1.70 Renk Paleti Düzenleyicisi “Color Palette Editor”

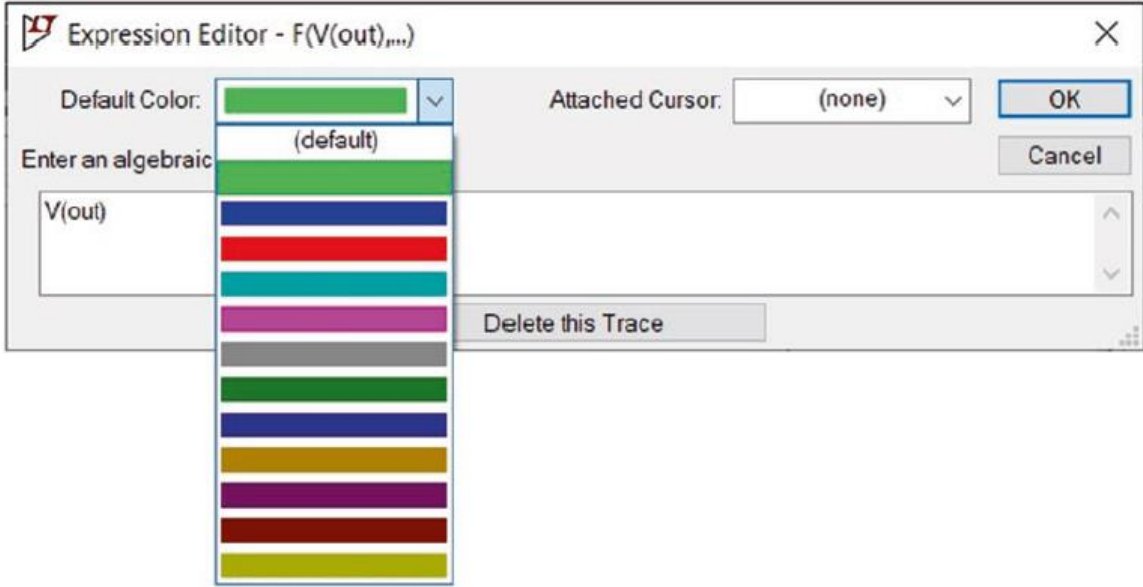
V(out)'a sağ tıklarsanız (Şekil 1.71), Şekil 1.72'de gösterilen pencere görünür. Bu İzlemeyi Sil butonuna “Delete this Trace button” tıklarsanız grafik ekrandan kaldırılır. Varsayılan Renk “Default Color” açılır listesinin yardımıyla grafiğin rengini değiştirebilirsiniz (Şekil 1.73).



Şekil 1.71 V(out)'a sağ tıklandığında Şekil 1.72'de gösterilen pencere açılır

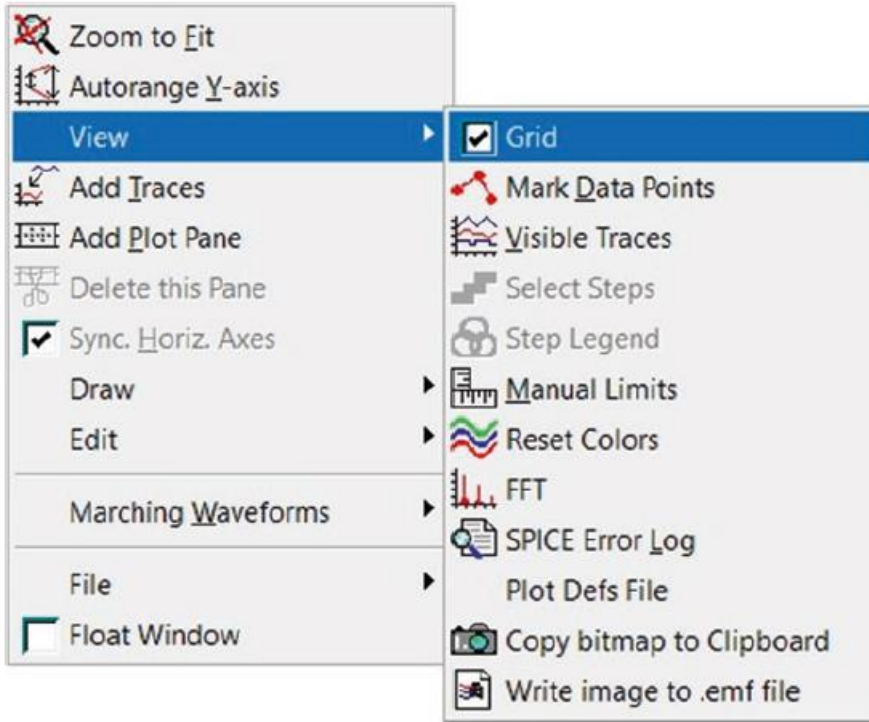


Şekil 1.72 İfade Düzenleyici “Expression Editor” penceresi

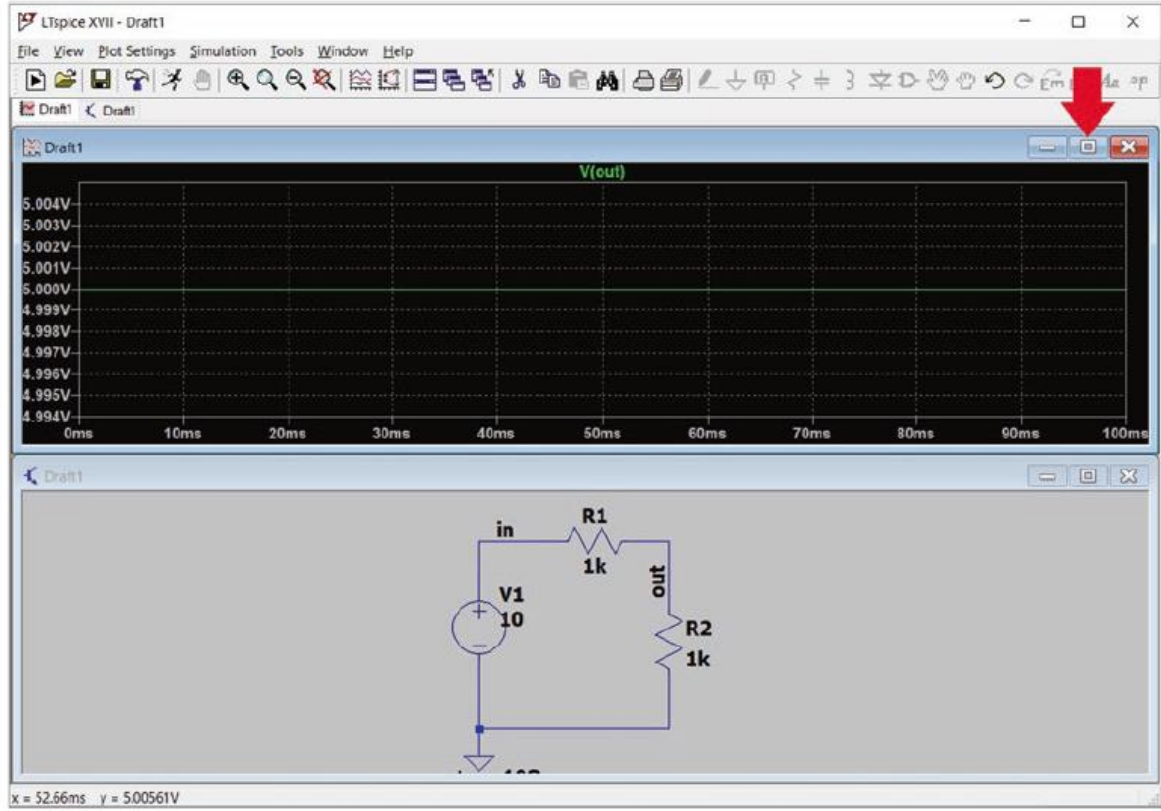


Şekil 1.73: Mevcut renkler

Grafiğe ızgara eklemek için grafiğe sağ tıklayıp Iızgara kutusunu “Grid box“ (Şek. 1.74) işaretleyebilirsiniz (Şek. 1.75).

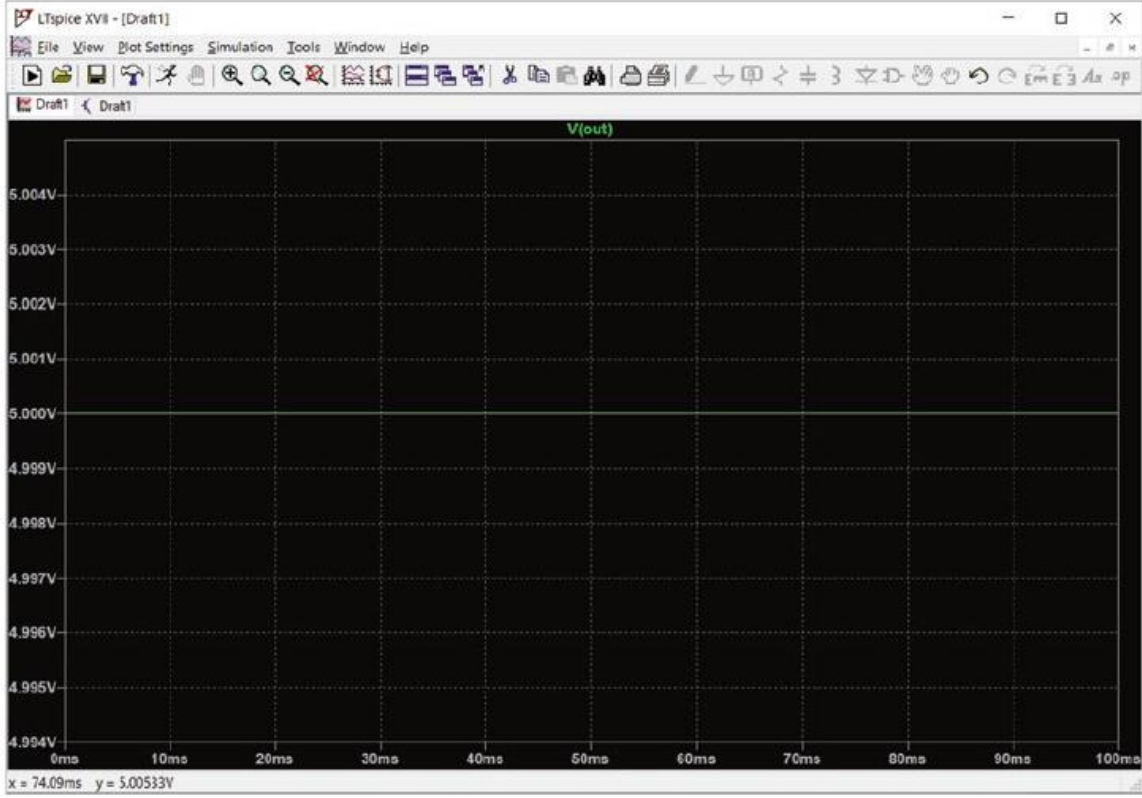


Şekil 1.74 Iızgara kontrol edilir



Şekil 1.75 Izgaranın çıktı grafiğine eklenmesi

Büyütme düğmesine “maximize button” tıklarsanız (Şekil 1.75), grafiğin daha büyük bir resmini görebilirsiniz (Şekil 1.76). Şekil 1.75'e dönmek için Aşağı Geri Yükle butonuna “Restore Down button “ (Şekil 1.77) tıklayabilirsiniz.

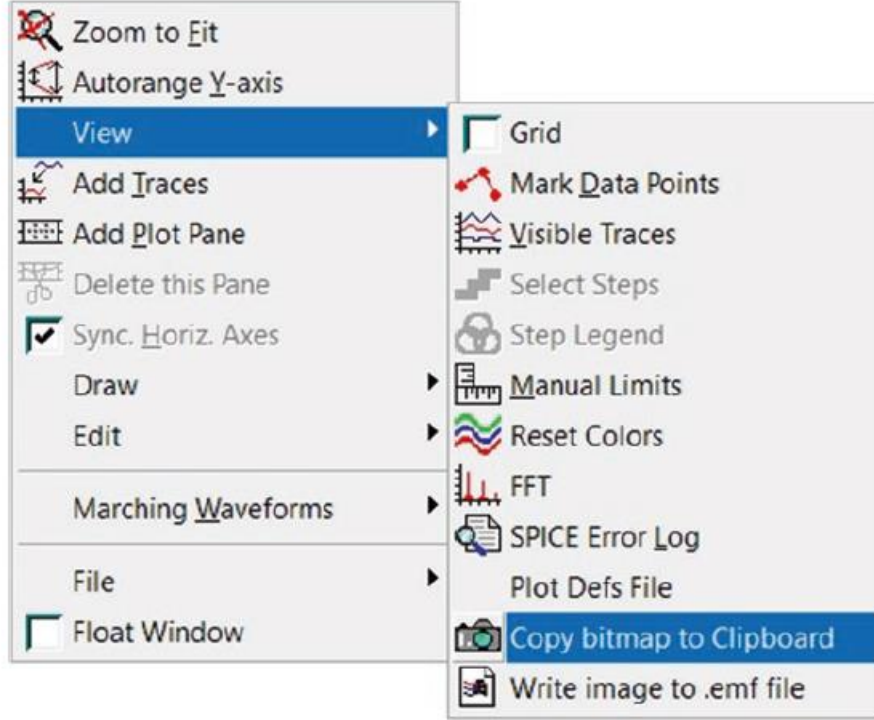


Şekil 1.76 Çıkış grafiği maksimuma çıkarılmıştır



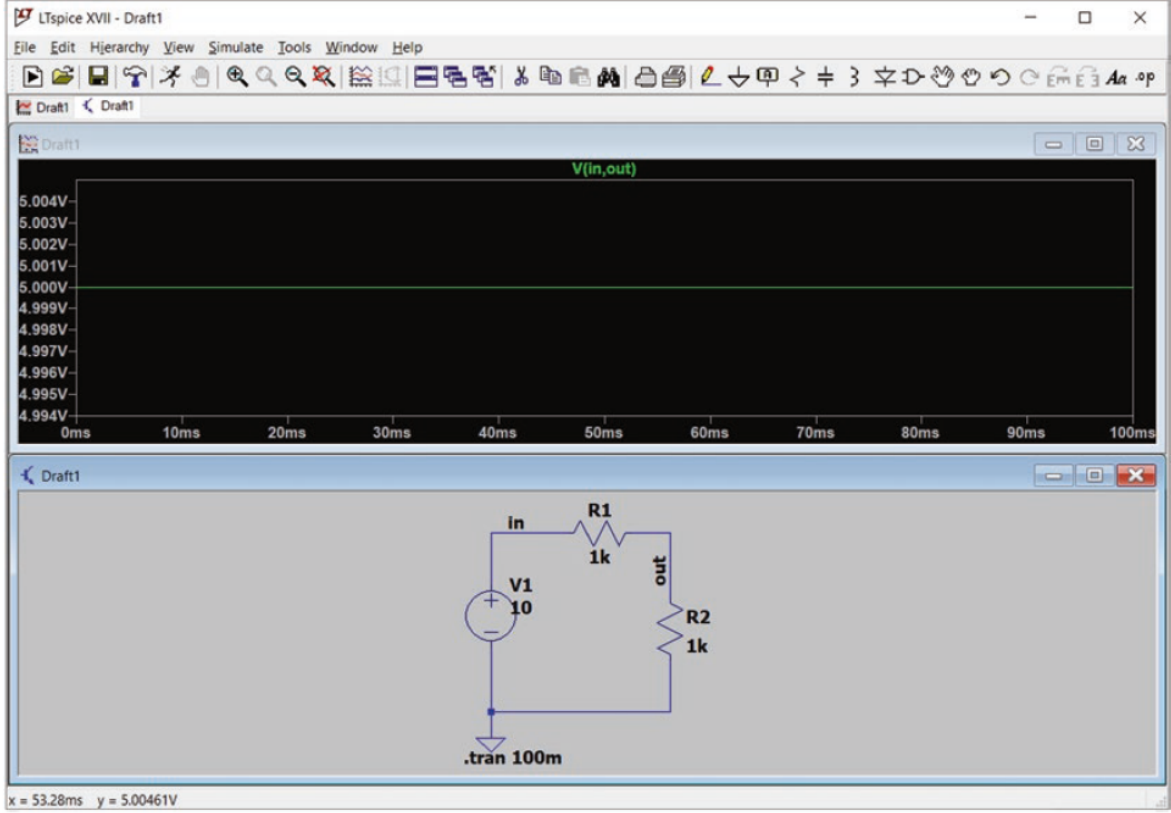
Şekil 1.77 Geri yükleme "Restore down button"

Çizilen grafiği panoya kopyalayıp başka bir yazılıma yapıştırabilirsiniz. Bunu yapmak için grafiğe sağ tıklayın ve Bitmap'i Panoya Kopyala "Copy bitmap to Clipboard" seçeneğine tıklayın (Şekil 1.78). Bu özellik, bir rapor/sunum hazırlamak istediğinizde ve devre dalga formlarını göstermek istediğinizde çok kullanışlıdır.



Şekil 1.78 Bitmap'i Panoya kopyalama

R1 direncinin voltajını ölçelim (“giriş” ve “çıkış” düğümü arasındaki voltaj farkı, yani $V_{in} - V_{out}$). Bunu yapmak için, fare imlecini "in" düğümün üzerine getirin ve farenin sol düğmesini basılı tutun; bu, "in" düğüm üzerinde kırmızı bir prob gösterir. Farenin sol düğmesini bırakmayın ve kırmızı probu "out" düğümüne doğru sürükleyin. Hedef düğüme ulaştığınızda (“node “out””), probun rengi siyah olur. Şimdi farenin sol tuşunu bırakın. Farenin sol tuşunu bıraktıktan sonra, “giriş” düğümü ile “çıkış” düğümü arasındaki voltaj farkı ekranda belirir (Şekil 1.79).



Şekil 1.79: "Giriş" ve "çıkış" düğümü arasındaki voltaj farkı

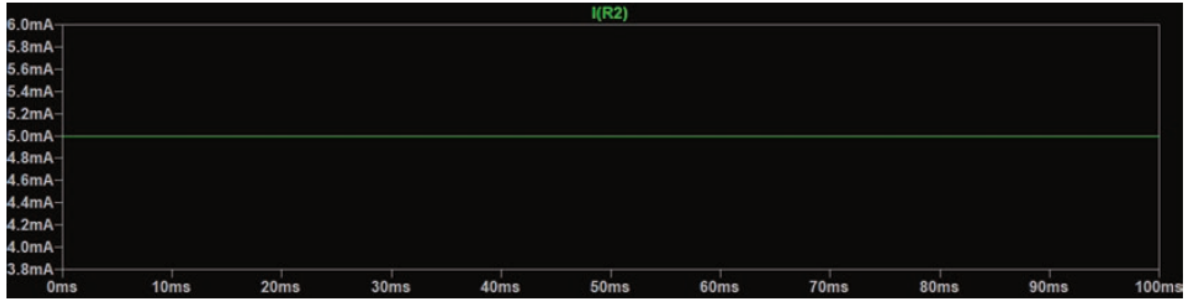
Gerilim kaynağı V1, direnç R1 ve R2'nin akımını ölçelim. Bir elemanın akımını, fare imlecini üzerine getirip tıklayarak ölçebilirsiniz. Gerilim kaynağı V1, direnç R1 ve R2'nin akımı Şekil 2'de gösterilmektedir. Sırasıyla 1,80, 1,81 ve 1,82. Kaynak V1 ve direnç R1'in akımının negatif ve direnç R2'nin akımının pozitif olduğunu unutmayın. Fare imlecini bir elemanın üzerine getirip tıkladığınızda, LTspice bileşenin pozitif terminaline giren akımı ölçer. Pozitif terminale giren akımın pozitif olduğu varsayılır. Gerilim kaynağının pozitif terminali + etiketli terminaldir. Bir diyotun pozitif terminali anot terminalidir. Dirençlerin, indüktörlerin ve kapasitörlerin pozitif terminalinin özel bir sembolü yoktur. Ancak pozitif terminali belirlemenize yardımcı olacak bazı kurallar vardır. Şemaya herhangi bir dönüş olmadan bir direnç (veya indüktör veya kapasitör) eklerseniz, pozitif terminal üstteki terminaldir (Şekil 1.83). Bileşeni yerleştirmeden önce Ctrl+R tuşlarına bir kez basarsanız pozitif terminal sağdaki terminaldir. Ctrl+R'den sonra Ctrl+E'ye basarsanız pozitif terminal sola gelir (Şekil 1.83).



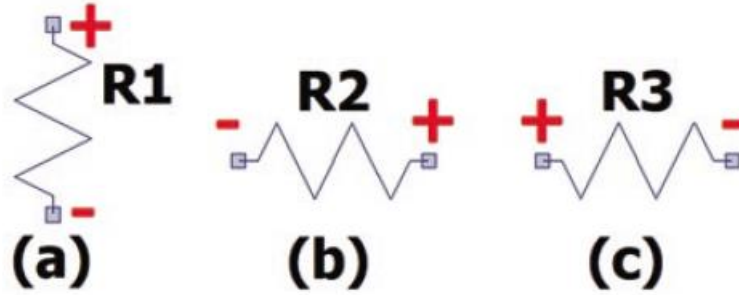
Şekil 1.80: Gerilim kaynağından çekilen akım



Şekil 1.81 R1 direncinden geçen akım

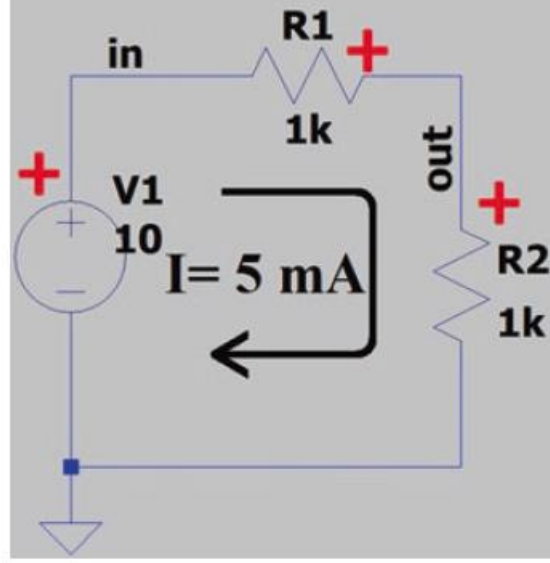


Şekil 1.82 R2 direncinden geçen akım



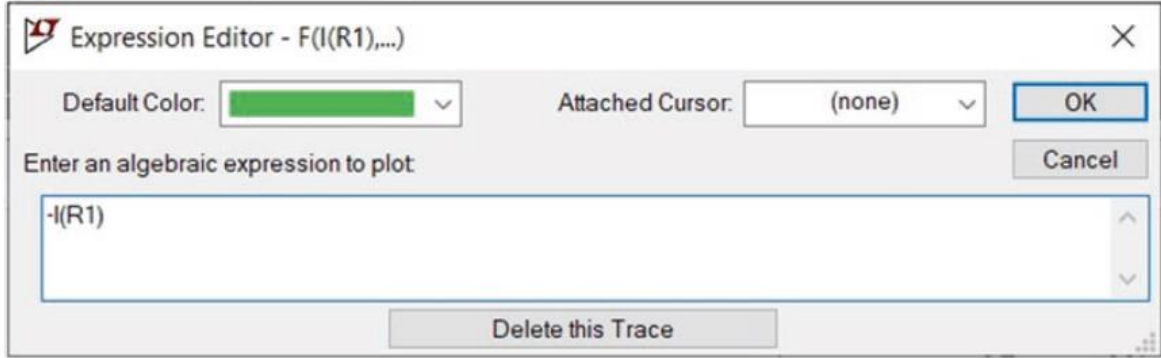
Şekil 1.83 (a) + ve - terminallerinin varsayılan konumu (b) Ctrl+R'ye bir kez basılmıştır (c) Ctrl+R'ye bir kez basılmıştır ve ardından Ctrl+E'ye basılmıştır.

Devre bileşenlerinin pozitif terminalleri Şekil 1.84'te gösterilmektedir. Direnç R1, Ctrl+R tuşlarına basılarak döndürülür, böylece pozitif terminal sağdaki terminal olur. Devre akımı V1 ve R1'in pozitif terminalinden çıktığı için bu bileşenlerin akımı negatiftir. Devre akımı R2 direncinin pozitif terminaline girer, dolayısıyla R2 direncinin akımı pozitif olur.

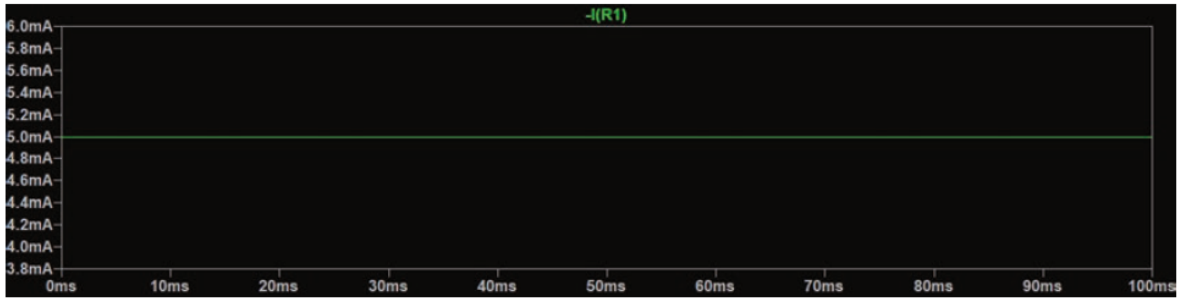


Şekil 1.84 Bileşenlerin pozitif terminalleri

Şekil 1.81'de I(R1)'e tıklarsanız ve I(R1)'i $-I(R1)$ olarak değiştirirseniz (Şekil 1.85), grafik pozitif olur (Şekil 1.86).

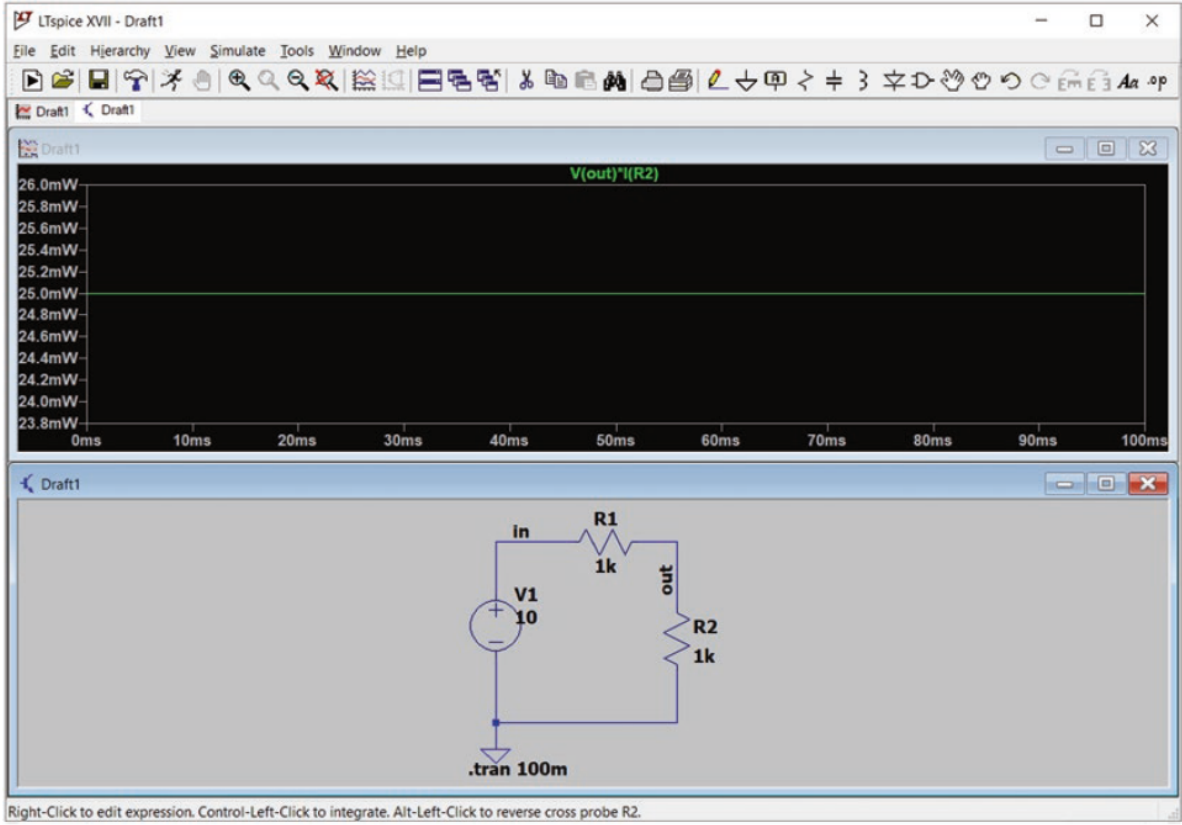


Şekil 1.85 $-I(R1)$ metin kutusuna girilir

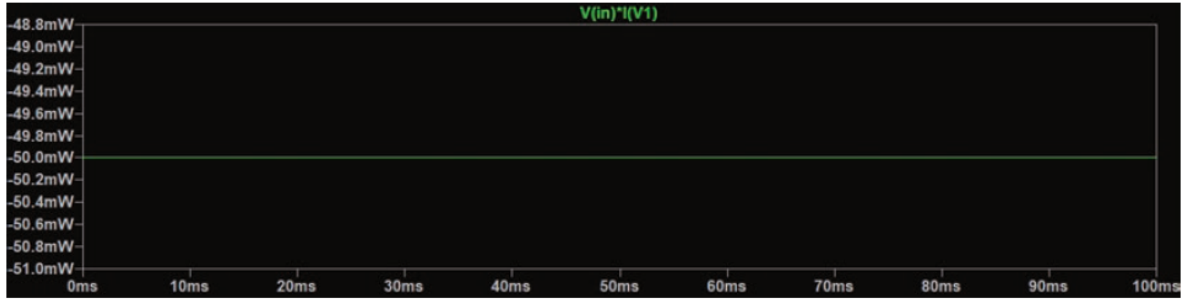


Şekil 1.86 $-I(R1)$ grafiği

Alt tuşunu basılı tutarak bileşenin üzerine tıklayarak bileşenin gücünü görebilirsiniz. Örneğin, R2 direncinin gücü Şekil 1.87'de gösterilmektedir. Direnç güç tükettiği için güç pozitifdir. Alt tuşunu basılı tutarsanız ve V1 voltaj kaynağına tıklarsanız Şekil 1.88'de gösterilen grafiği göreceksiniz. Şekil 1.88'de gösterilen grafik, güç kaynağı devreye güç sağladığı için negatiftir.

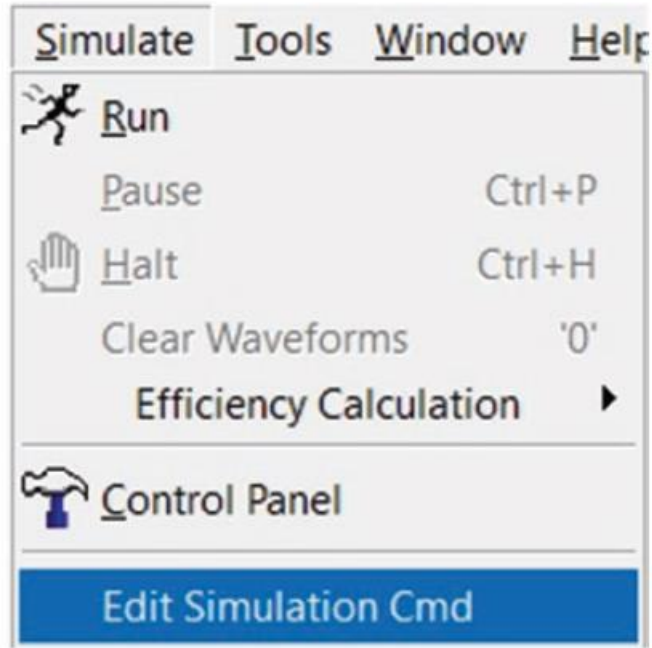


Şekil 1.87 $V(\text{out}) \cdot I(\text{R}2)$ grafiği

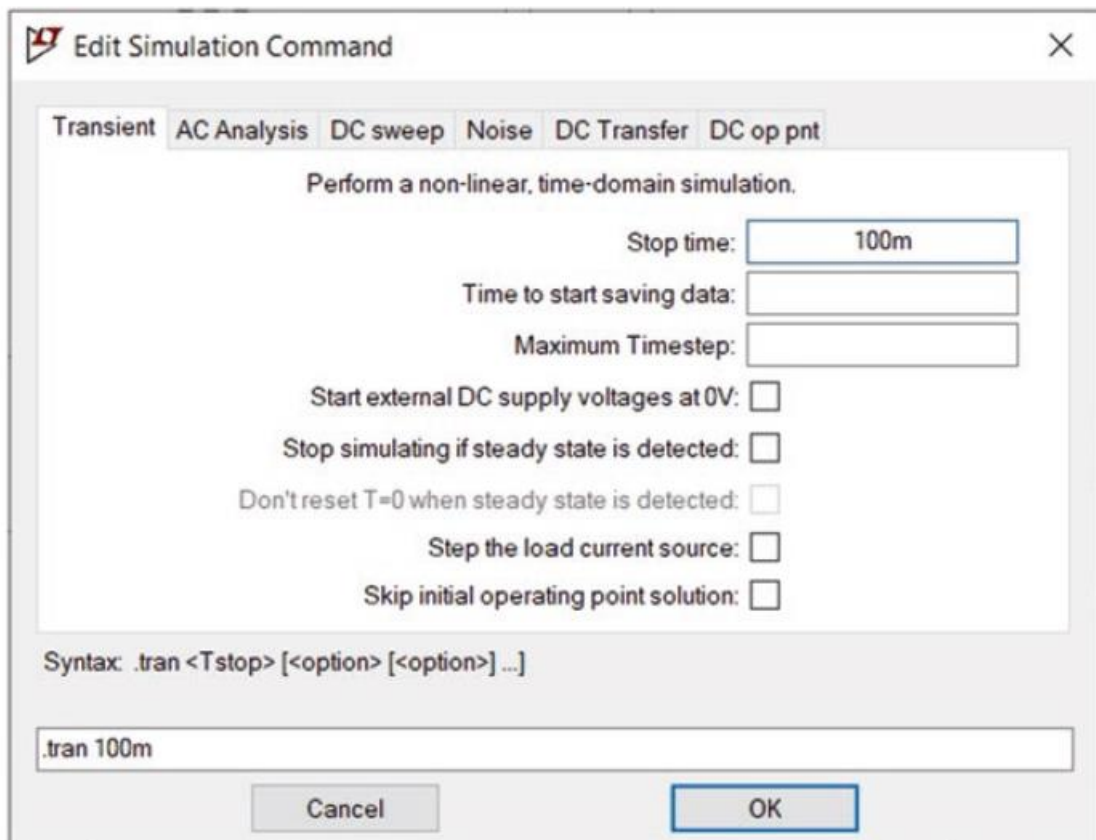


Şekil 1.88 $V(\text{in}) \cdot I(\text{V}1)$ grafiği

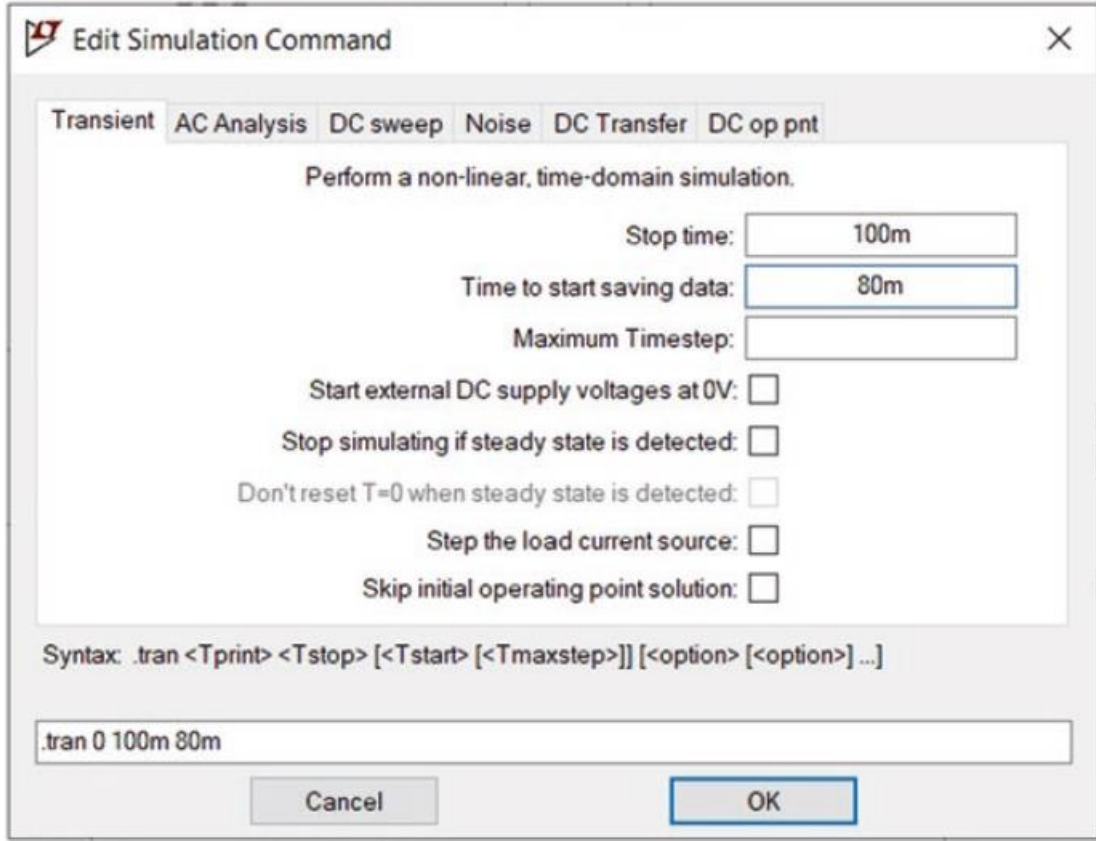
Simülasyon parametrelerini Simulate> Edit Simulation Cmd tıklatarak düzenleyebilirsiniz (Şekil 1.89). Edit Simulation Cmd tıklattıktan sonra, Şekil 1.90'da gösterilen pencere açılır ve istenen değişiklikleri simülasyon parametrelerine uygulamanıza izin verir. "Time to start saving data" kutusuna 80m girin (Şekil 1.91) ve "OK" butonuna tıklayın. "OK" butonuna tıkladıktan sonra şematik Şekil 1.92'de gösterilene dönüşür. Simülasyonu çalıştırırsanız Şekil 1.93'te gösterilen sonuç görünür. Şekil 1.93'te gösterilen grafiğin 0 ve 20 ms noktaları, devrenin sırasıyla $t = 80 \text{ ms}$ ve $t = 100 \text{ ms}$ 'deki davranışını göstermektedir. Devrenin $[0, 80 \text{ ms}]$ aralığı için davranışı bu grafikte gösterilmemiştir.



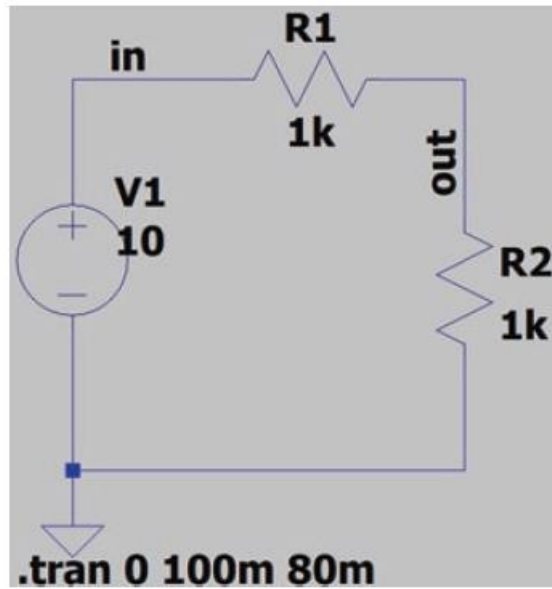
Şekil 1.89 “Simulate> Edit Simulation Cmd”



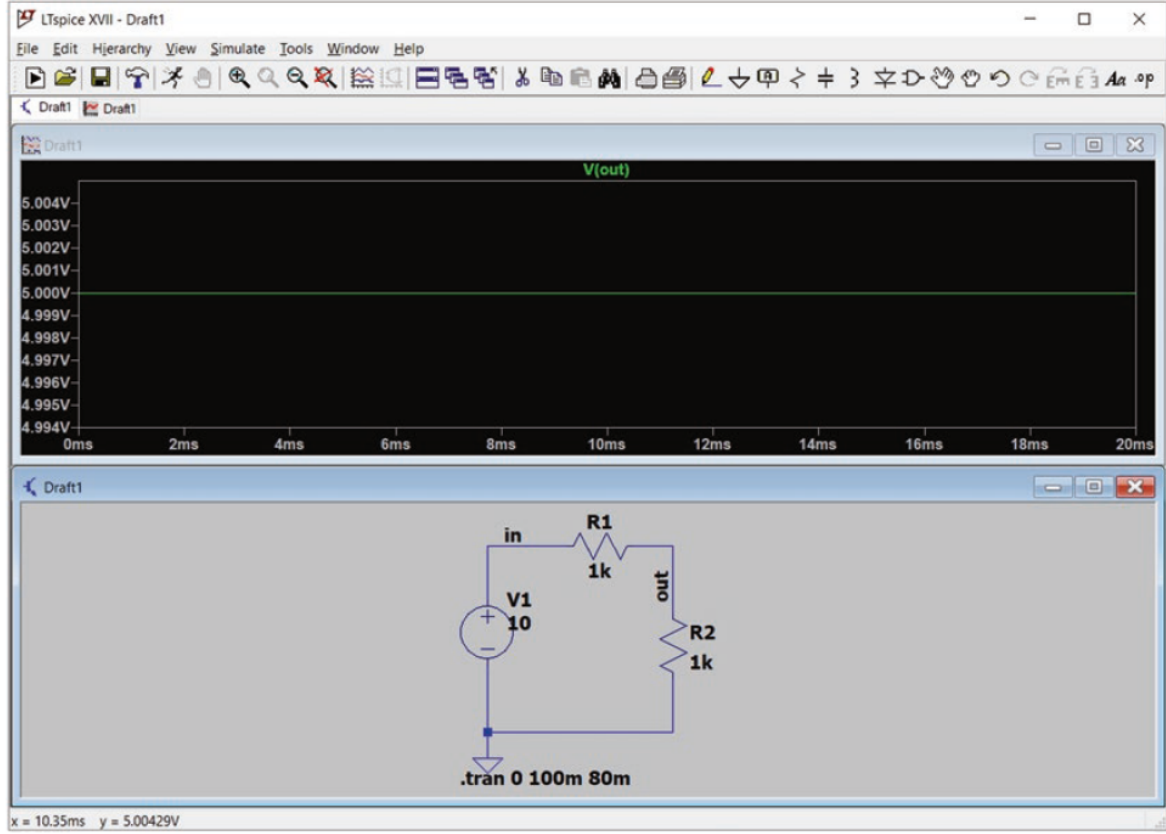
Şekil 1.90 Edit Simulation Command penceresi



Şekil 1.91 İstenilen simülasyon ayarlarını “Edit Simulation Command” penceresine girme



Şekil 1.92 Simülasyon komutu şematik olarak eklenmiştir



Şekil 1.93 [80 ms, 100 ms] aralığı için simülasyon sonucu