

EEM 208 ELEKTRİK DEVRE LABORATUARI-II

DENEY KİTAPÇIĞI

Hazırlayanlar:

T. Özge ÖZDİNÇ ONUR, Rifat HACIOĞLU

**BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

ZONGULDAK, 2024

ÖNSÖZ

Hazırlanan bu uygulama notları Elektrik-Elektronik Mühendisliği ikinci sınıf öğrencilerinin Devre Analizi-2 dersi konularına paralel olarak yapılacak çalışmalarını içermektedir. Ders içeriğindeki konular:

- Temel AC/RC Devrelerde Frekans, Genlik ve Faz Spektrumu
- Temel AC RC ve RL Devreleri
- Seri AC RLC Devreleri
- Paralel RLC Devreleri
- AC Devrelerde Güç
- Trafo Uygulaması
- 3-Fazlı Y-Y Bağlı Balans Devreler
- 3- Fazlı Δ - Δ Bağlı Balans Devreler
- Pasif Filtreler

Hazırlanan 9 adet deney ile yukarıda sıralanan konular ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilecektir. Bu amaçla PSpice programı kullanılacaktır.

Öğrencilerin her bir deney için rapor hazırlama kurallarına göre rapor hazırlamaları gerekmektedir. Bu amaçla hazırlanan raporlarda:

- Bir kapak sayfası bulunacak; dersin adı, uygulama numarası ile birlikte raporu hazırlayan grubun numarası ve hazırlayanların imzaları bulunacaktır.
- Raporun bir amacı olacak ve yapılan çalışma açıkça belirtilecektir.
- Deneyde gerçekleştirilen devre PSpice programı ile simüle edilerek, elde edilen sonuçlar verilecektir.
- Sonuç bölümünde elde edilen sonuçlar yorumlanacaktır.

B A Ş A R I L A R ...

GENEL KURALLAR

- Mazeretsiz olarak deneye devam şartını yerine getirmeyenlere DZ notu verilecektir.
- Deneyler gruplar şeklinde yapılacaktır.
- Deneyler süresi içinde bitirilmek zorundadır. Bu nedenle öğrencinin deney içeriğini dikkate alarak zaman yönetimi yapması gerekir.
- Deney ön hazırlıkları ilgili deneyin başında yapılması istenen kısımdır. O hafta yapılacak olan deneyin ön çalışması deneye gelmeden önce her grup üyesi tarafından ayrı olarak hazırlanmalıdır. Deney ön hazırlığı, deneylerde yer alan "ÖN ÇALIŞMA" kısmında istenilenleri içermelidir. Deneylere ön çalışma hazırlamadan gelen ya da deneyde kullanılacak malzemeleri getirmeyen öğrenciler deneyi yapamayacaklardır.
- Deney raporlarını her grup sadece kendi tecrübelerini kullanarak yazmalıdır. Başka bir grubun deney sonuçlarını veya başka kaynaklardan alınmış çıktıları getirmemelidir. Bu durumda, deney rapor notu sıfır verilecektir.
- Rapor zımbalanmalıdır, ayrı bir dosya kullanılmamalıdır.
- Raporda kurulan devreler ve kullanılan elemanlar detaylı bir şekilde verilmelidir. Tüm ölçüm ve çizimlerde kullanılan birimler mutlaka yazılmalıdır.
- Raporlarda bilimsel olarak anlamlı düzgün bir dil kullanılmalıdır.
- Hazırlanan deney raporu, belirtilen tarihte laboratuvar dersinin başında teslim edilebilecektir. Ders saatinden ya da belirtilen tarihten ve saatten sonra getirilen raporlar teslim alınmayacaktır.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

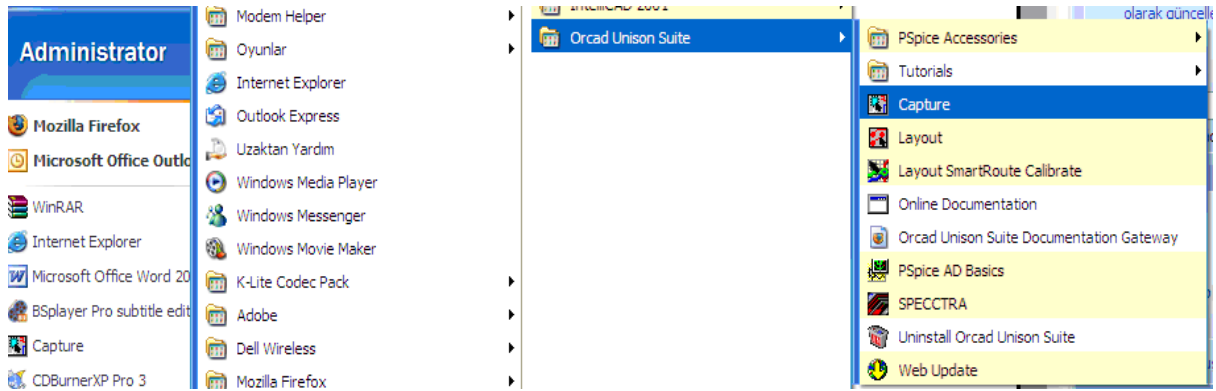
ÖNSÖZ	2
GENEL KURALLAR.....	3
İÇİNDEKİLER	4
PSPICE Nedir?.....	5
SCHEMATIC ÇİZME	6
SİMÜLASYON VE GRAFİK AYARLARI	12
PSPICE A/D ANALİZ ÇEŞİTLERİ ve OPSİYONLARI	15
1. DC Sweep Analizleri:	15
2. AC Sweep/Gürültü Analizleri:.....	20
3. Time Domain (Transient) & Fourier Dönüşüm Analizleri:	22
4. Bias Point (Çalışma Noktası) Analizleri:.....	24
5. Monte Carlo Analizi	24
6. Kötü-Durum Analizi	25
ÖRNEKLER	26
• RC Devresi.....	26
• Tam Dalga Doğrultucu	31
• Parametrik Devre Elemanı Kullanımı.....	33
• Endüktif Alçak Geçiren Filtrenin Bode Çizgesi	35
• OPAMP Kullanımı.....	37
RL, RC VE RLC DEVRELERİNDE GEÇİCİ REJİMLERİN İNCELENMESİ	39
LABORATUAR DENEYLERİ.....	51
I. DENEY: Temel AC /RC Devrelerde Frekans, Genlik ve Faz Ölçümü.....	52
II. DENEY: Temel AC RC ve RL Devreleri	53
III. DENEY: Seri AC RLC Devreleri	55
IV. DENEY: Paralel RLC Devreleri.....	57
V. DENEY: AC Devrelerde Güç	59
VI. DENEY: Trafo Uygulaması	60
VII. DENEY: 3-Fazlı Y-Y Bağlı Balans Devreler	61
VIII. DENEY: 3-Fazlı Δ - Δ Bağlı Balans Devreler	63
IX. DENEY: Pasif Filtreler.....	64

PSPICE Nedir?

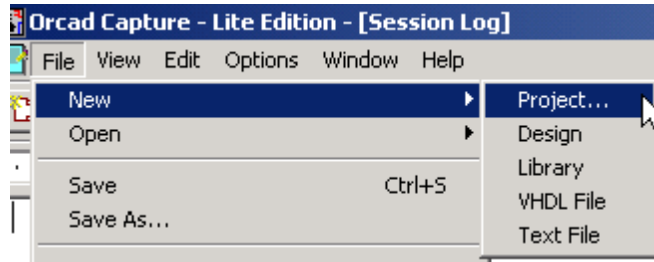
SPICE (*S*imulation *P*rogram for *I*ntegrated *C*ircuits *E*mphasis) elektronik devreleri bilgisayar ortamında simüle etmek için yazılmış bir programdır. PSPICE ise Cadence/Orcad firmasının Windows tabanında çalışan, bilgisayar destekli tasarım ve simülasyon programıdır.

PSPICE'in Başlatılması

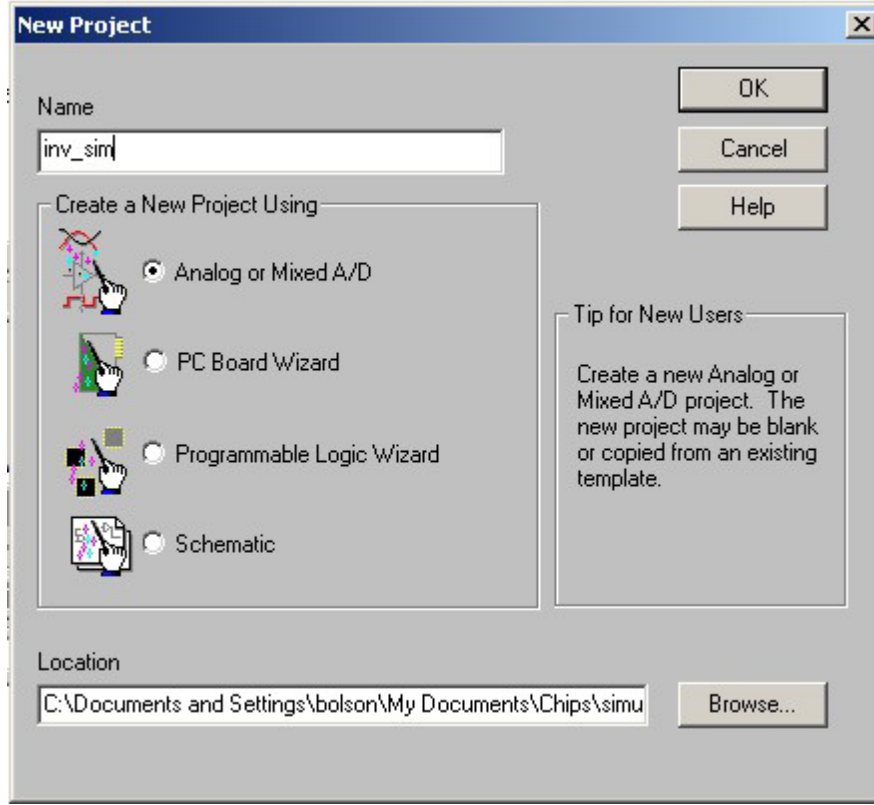
- Programlar>Orcad>Capture'ı seçiniz.



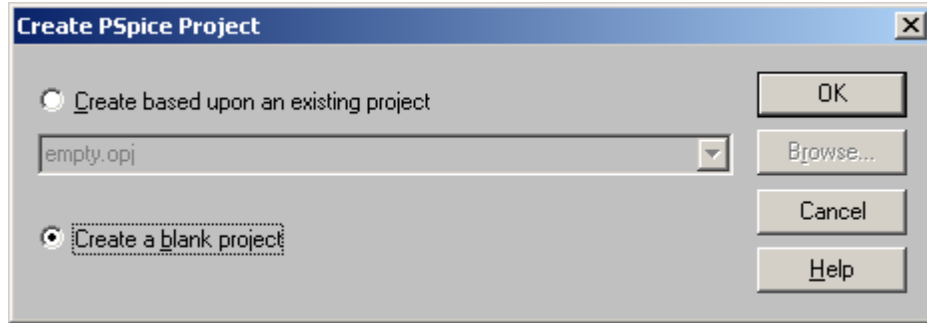
- File>New>Project'i seçiniz.



- Gelen pencereden “Analog or Mixed A/D” seçeneğini seçiniz ve projenize bir isim veriniz. İsim verirken Türkçe karakter **kullanmamanız** önerilir. İsim verdikten sonra çalışmalarınızın kaydedileceği yeri seçmek için “Browse” butonuna tıklayın ve uygun bir klasör seçin.



- Karşınıza gelen pencereden “Create a blank project” seçeneğini işaretleyin daha sonra OK butonuna tıklayın.

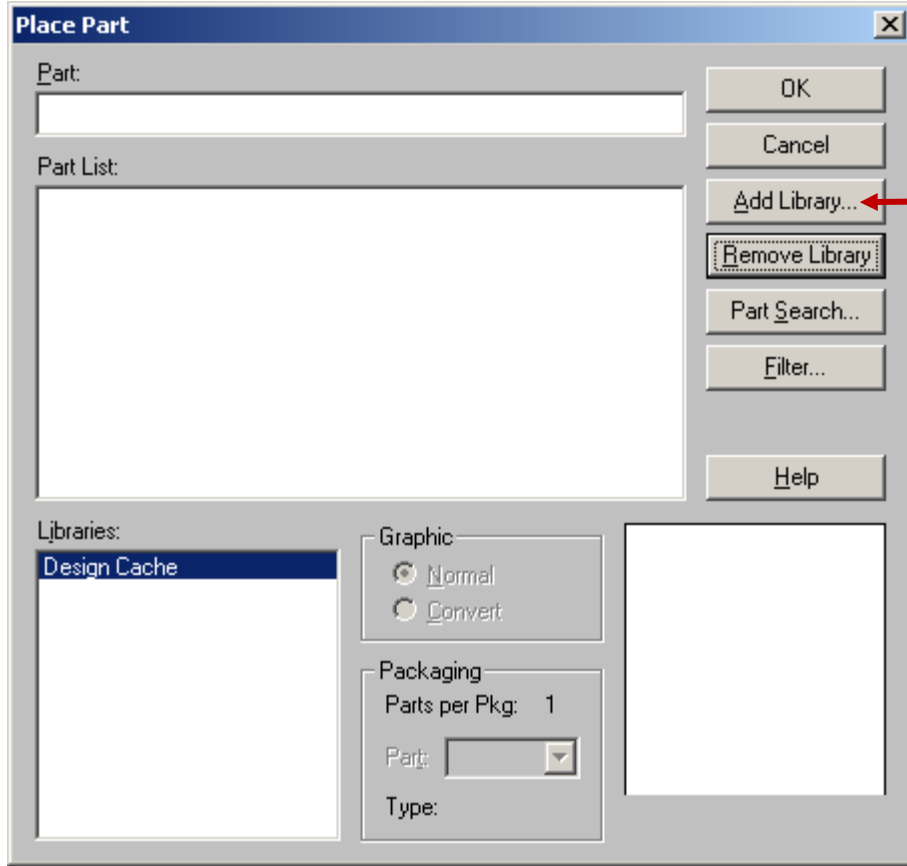


SCHEMATIC ÇİZME

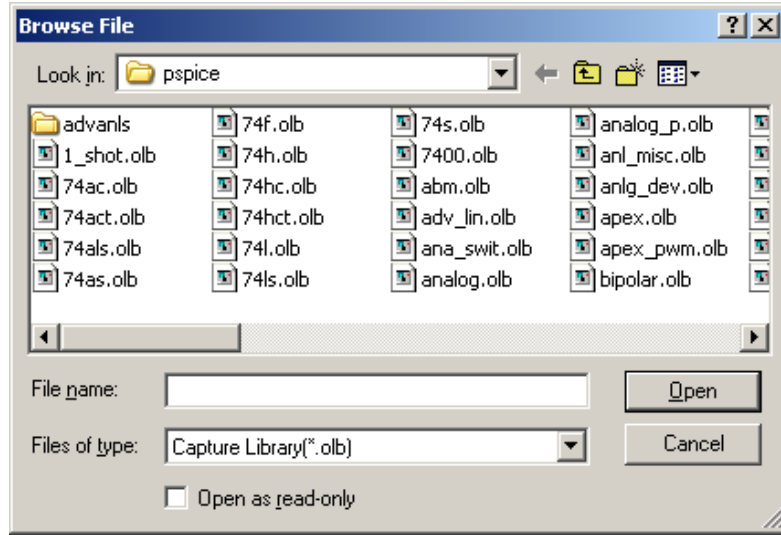
- Toolbar'ları etkinleştirmek için tasarım ekranında herhangi bir yere tıklayınız.
- Klavyeden “I” ve “O” tuşları ile tasarım ekranına yakınlaşıp uzaklaşabilirsiniz.
- Kısayol olarak klavyeden “P” ye basınız veya soldaki toolbardan şekildeki ikonu seçiniz.



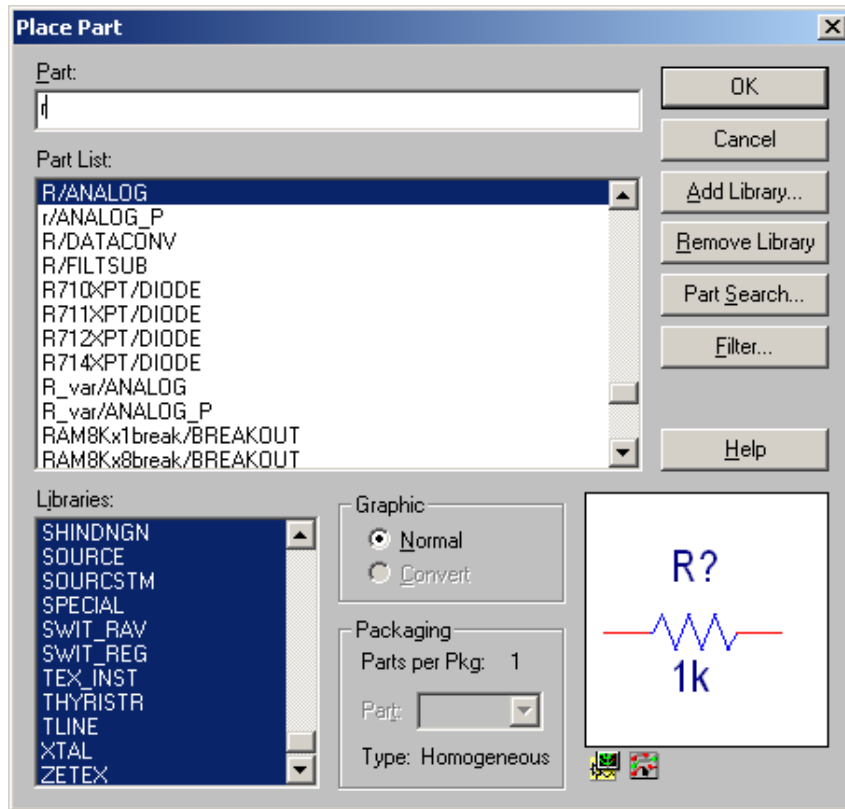
- Gelen pencereden “Add Library” butonuna tıklayınız.



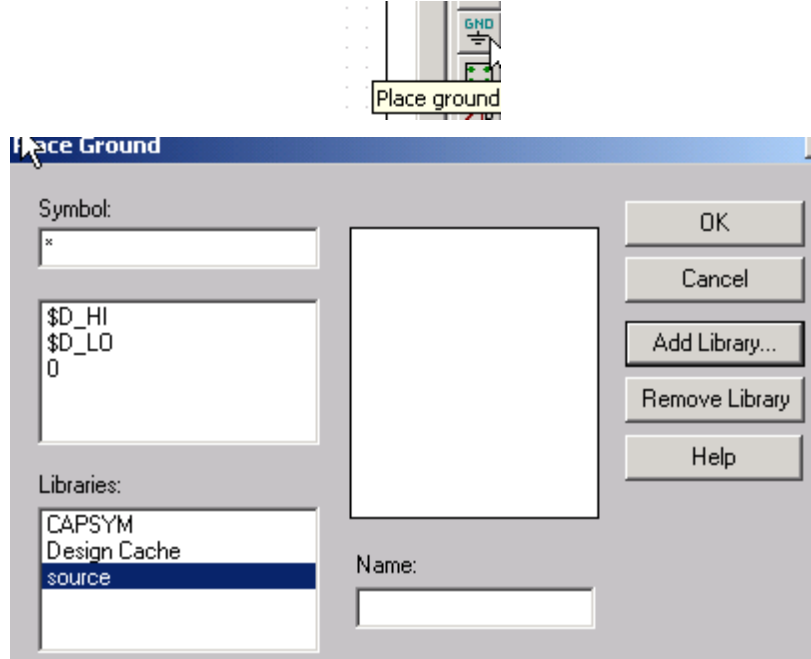
- Buradan programın kurulu olduğu Pspice klasöründen istediğiniz kütüphaneleri seçiniz, birden çok elemanı seçmek için ctrl'ye basılı tutarak seçim yapınız. (temel elemanlar için örn. Direnç, Kapasitör Analog.olb dosyasını, kaynaklar içinse source.olb dosyasını seçiniz.)



- İstedığımız parçayı eklemek için parçayı seçip OK butonuna tıklamak yeterlidir. Birden çok kütüphanenin parçalarını aynı anda aratmak istiyorsak “Libraries” listesinden control tuşuna basılı tutarak birden çok kütüphaneyi seçip aramak istediğimiz parça ismini “part” kısmına yazarak aratabiliriz. Bu durumda “Part List” bölümünde çıkacak isimler “Parça ismi/Kütüphane ismi” şeklinde olacaktır. Bu durumun ekrandaki görüntüsü aşağıdaki şekildedir.

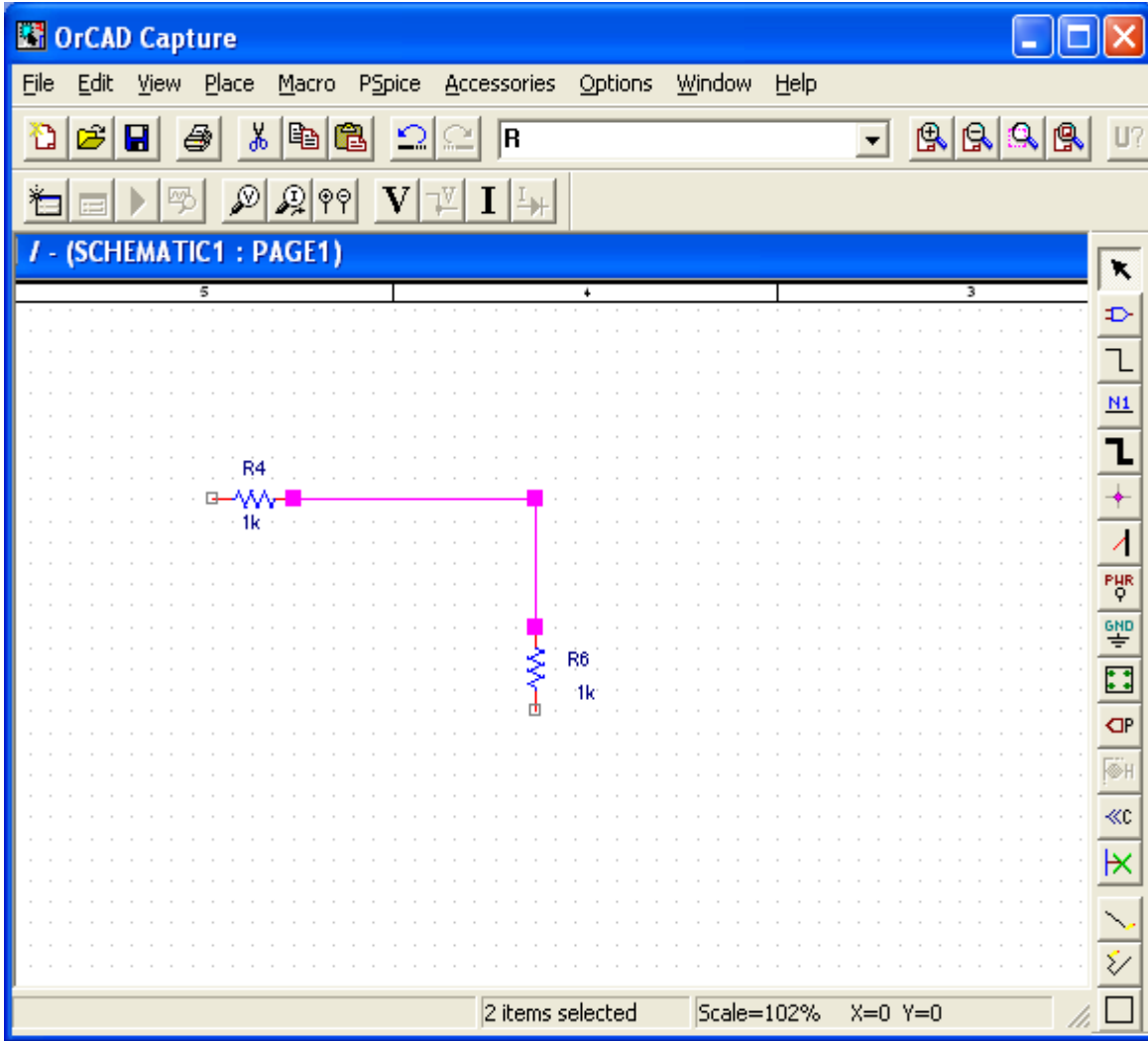


- Akım ve gerilim kaynakları gibi kaynak elemanlarını eklemek için de parça eklemeye benzer şekilde kısayol “G” tuşunu ve soldaki “toolbar” dan “ground” ikonunu seçmek yeterlidir. Gelecek pencereden “Add Library” butonu ile “CAPSYM” ve “Source” kütüphanelerini eklemek yeterlidir.

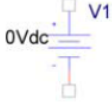
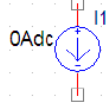





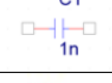
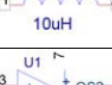
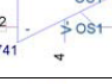


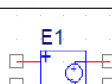
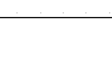


ÖNEMLİ: Pspice’da ground parçasının ismi her zaman “0” olmalıdır.

- Parçaları ekledikten sonra klavyeden “w” kısa yolu veya sağ taraftaki “toolbar”dan kablo ikonu ile parçalar birleştirilebilir. Kablolar “Net Alias” ile isimlendirilebilir.

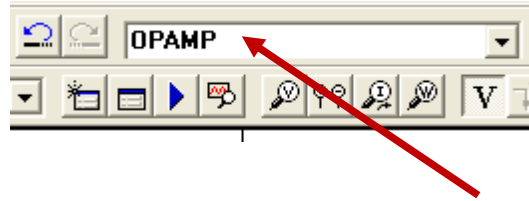


SIK KULLANILACAK PARÇALAR

PARÇA	PARÇA ADI/Kütüphane	SEMBOL
DC (sabit)Gerilim Kaynağı	VDC / Source	
DC (sabit) Akım Kaynağı	IDC /Source	
AC Gerilim Kaynağı	VAC / SOURCE	
Sinüs Dalga Kaynağı	VSIN / SOURCE	
Üçgen Dalga Kaynağı Kare Dalga Kaynağı	VPULSE / SOURCE	
Toprak (referans gerilim)	0 / SOURCE	
Direnç	R / ANALOG	
Kapazitör	C / ANALOG	
İndüktör	L / ANALOG	
741 OpAmp	uA741 / EVAL	
Diyot	D1N4148 / EVAL	
Zener Diyot	D1N5232 / EVAL	
nnp Bipolar Jonksyonlu Transistör	Q2N3904 / BIPOLAR	
E Gerilim-kontrollü gerilim kaynağı	E/ANALOG	

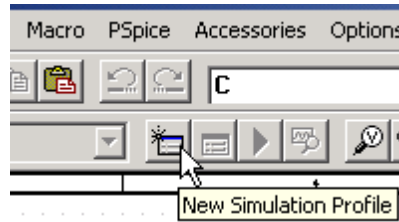
F Akım-kontrollü akım kaynağı	F/ANALOG	
G Gerilim-kontrollü akım kaynağı	G/ANALOG	
H Akım-kontrollü gerilim kaynağı	H/ANALOG	

- Listedeki parça isimleri ve tüm parça isimleri, eğer kütüphaneleri eklendiyse, aşağıdaki kutuya yazılıp enter'a basarak kolayca elde edilebilir.

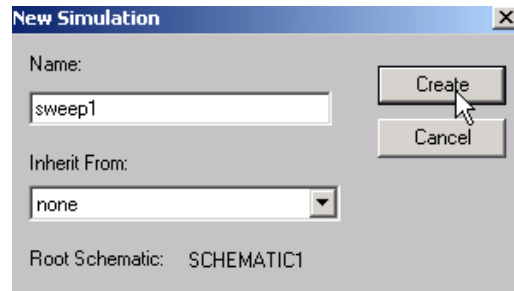


SİMÜLASYON VE GRAFİK AYARLARI

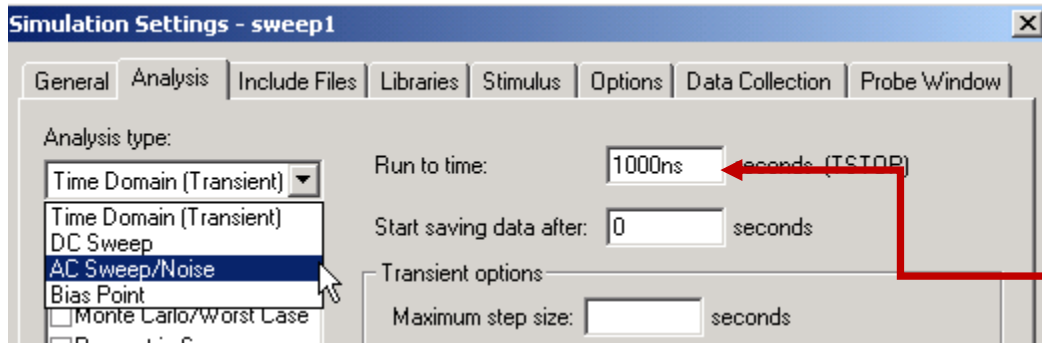
- İstenilen devre kurulduktan sonra simülasyon ayarlarını yapmak gerekmektedir. Bunun için aşağıdaki şekilde gösterilen simülasyon butonuna tıklamak gereklidir.



- "New Simulation" penceresinden simülasyona herhangi bir isim verebilirsiniz. Türkçe karakter **kullanmamanız** tercih edilir.

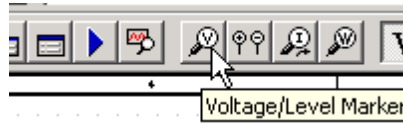


- “Analysis” sekmesindeki “Analysis Type” listesinden uygun analiz tipi seçilir.

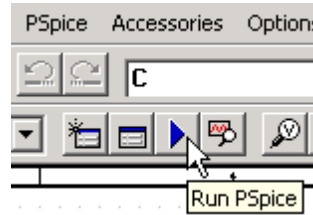


Simülasyonun kaç saniye süreceği bu alana girilmelidir.

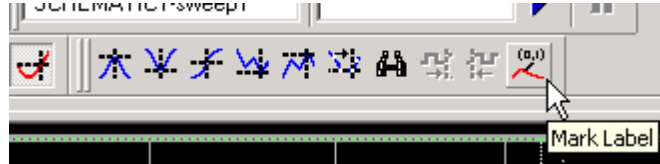
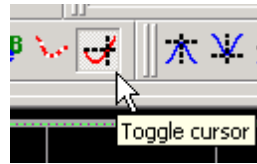
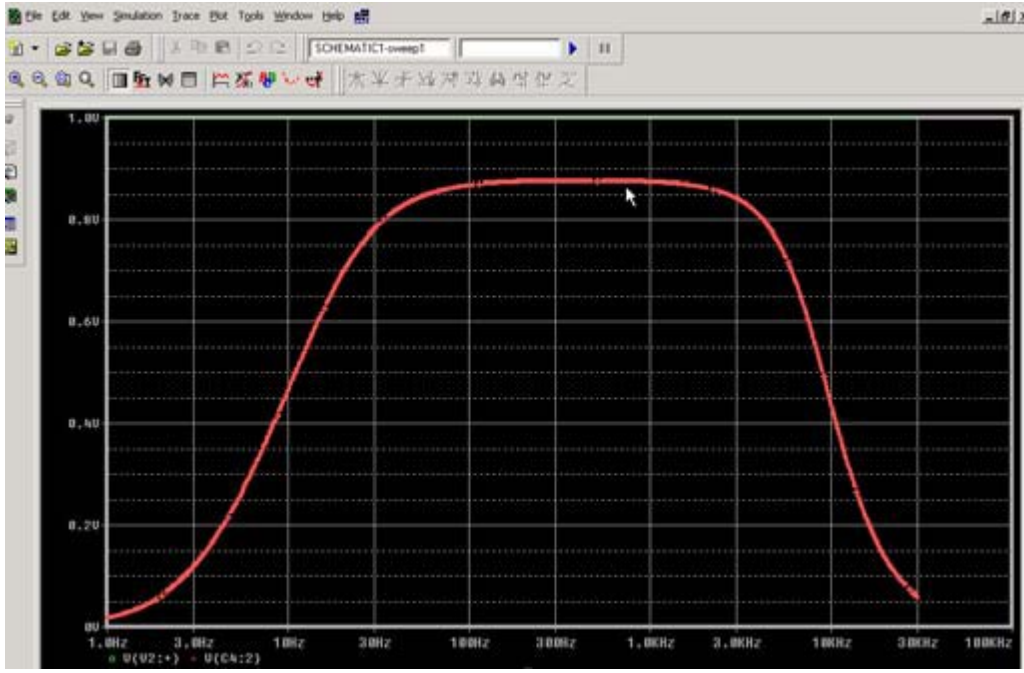
- Gözlenmek istenen düğümler “Voltage/Level Marker” ile işaretlenir.



- Run Spice’a tıklanarak simülasyon başlatılır.



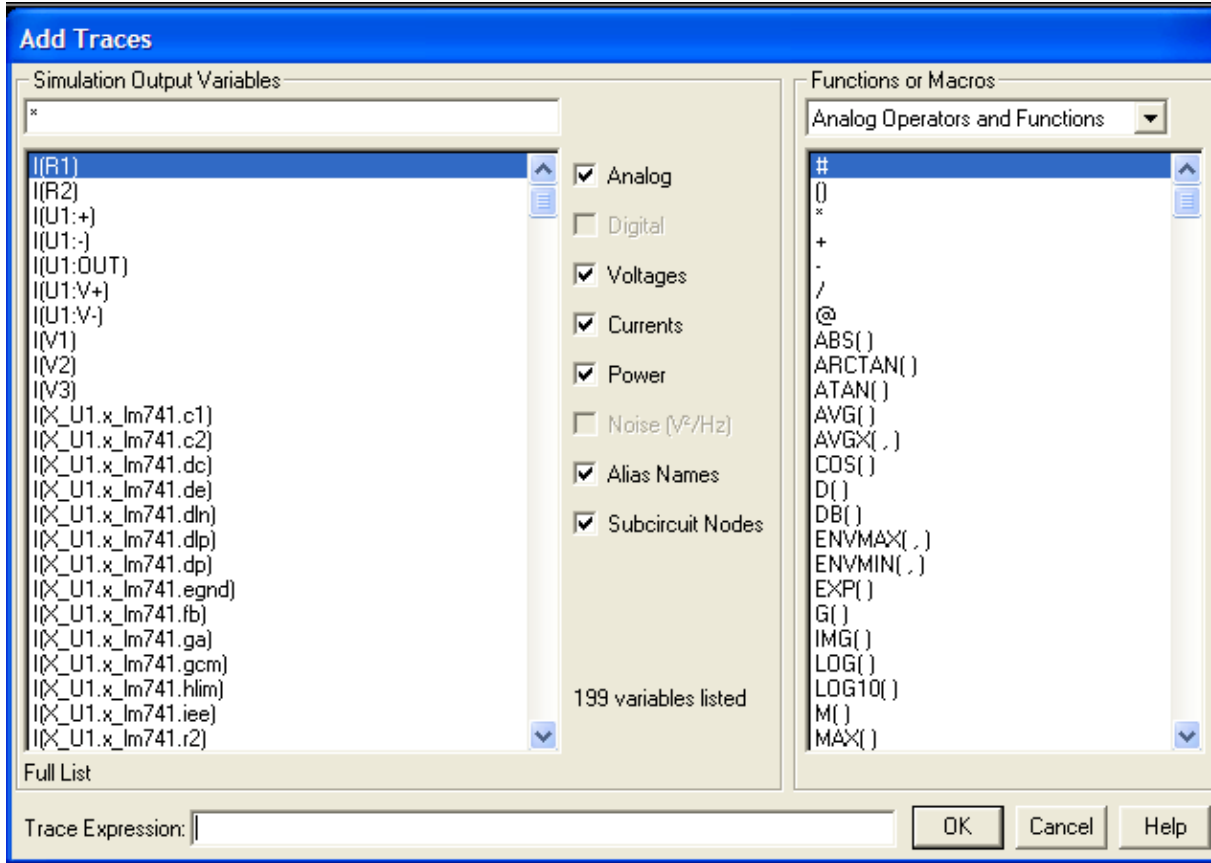
- Grafikte istenen noktaları işaretlemek için “toggle cursor” ile nokta bulunur “marker” ile işaretlenir.



- Ayrıca “Add Trace” butonu ile simülasyonda var olan tüm değişkenlerle matema tikel işlemler yapılabilir ve bu işlemlerin sonuçları grafiğe aktarılabilir.



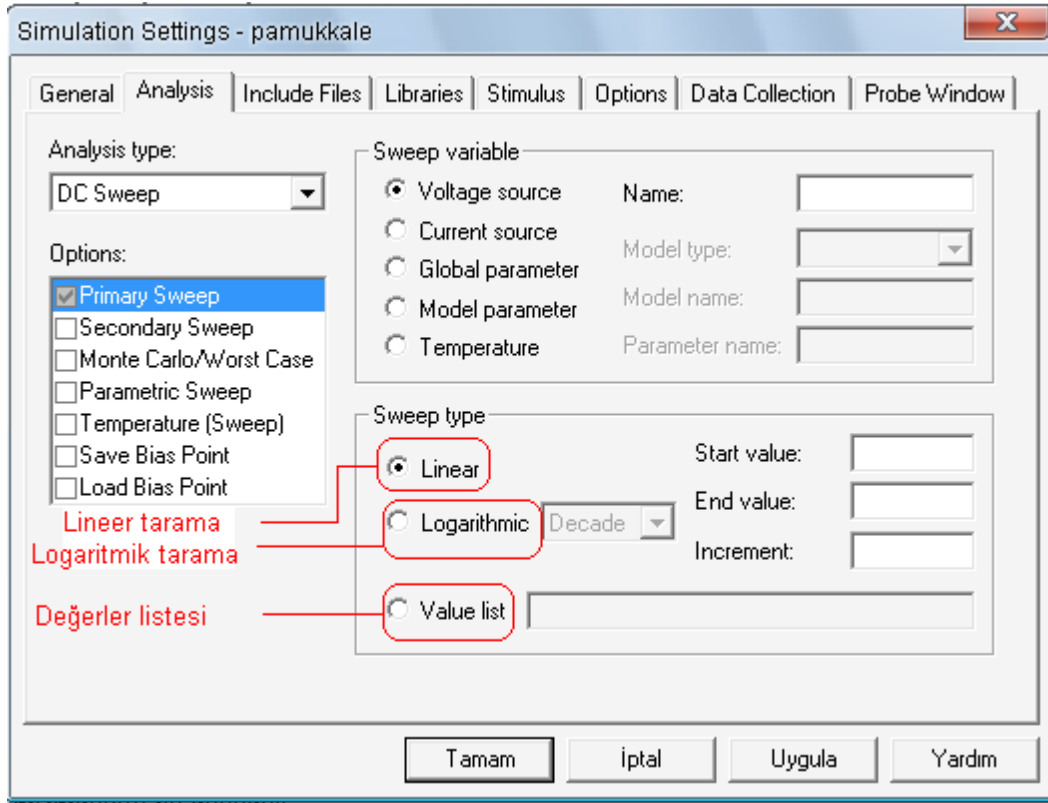
- “Add Trace” butonuna tıkladıktan sonra çıkan pencerede, soldaki liste değişkenler sağdaki liste ise kullanılacak matematiksel fonksiyonlardır. Örneğin R1 direnci nin üzerinden geçen akım değeri ile R2 değerinin üzerinden geçen akım değerini n toplamı grafik üzerinde isteniyorsa “Trace expression” alanına “ $I(R1) + I(R2)$ ” yazılıp OK’e tıklanması yeterlidir.



PSPICE A/D ANALİZ ÇEŞİTLERİ ve OPSİYONLARI

1. DC Sweep Analizleri:

Devrede akım ve gerilim değerleri sabit tutulup, simülasyon yapılabilir. Ayrıca belli iki değer arasındaki düzgün akım/gerilim değişimlerde devreleri simüle edilebilir. **DC** analizinde başlangıç değerinden son değere kadar girilen adım aralıklarıyla tarama yapılır. Her bir giriş gerilim değeri için devre analiz edilip sonuçlar kaydedilmektedir. Devrenin **DC** transfer karakteristiği çıkartılır. Tarama lineer, logaritmik veya belli değerler çerçevesinde olabilir. Ayrıca **DC** analizinin opsiyonları olarak, İkincil **DC Sweep** Analizi, **Monte Carlo**/En Kötü Durum Analizleri, **Parametrik** Analiz, **Sıcaklık** Analizi ve **Bias Point** Analizi yapılabilir.

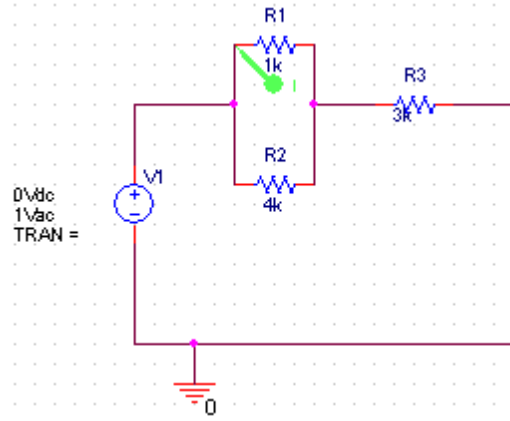



Lineer taramada verilen başlangıç değeri ve bitiş değeri arasında istenilen artış miktarı kadar aralıklarla lineer tarama yapılır. Logaritmik tarama oktav ve dekat cinsinden verilen değerler arasında istenilen artış miktarı kadar aralıklarla logaritmik tarama yapılabilir. Sadece **DC** taramasında gerilim için **VDC**, birden çok kaynaklı **DC** taraması içeriyorsa **VSRC** kullanılır. Benzer şekilde sadece **DC** taramasında akım için **IDC**, birden çok kaynaklı **DC** taraması içeriyorsa **ISRC** kullanılır.

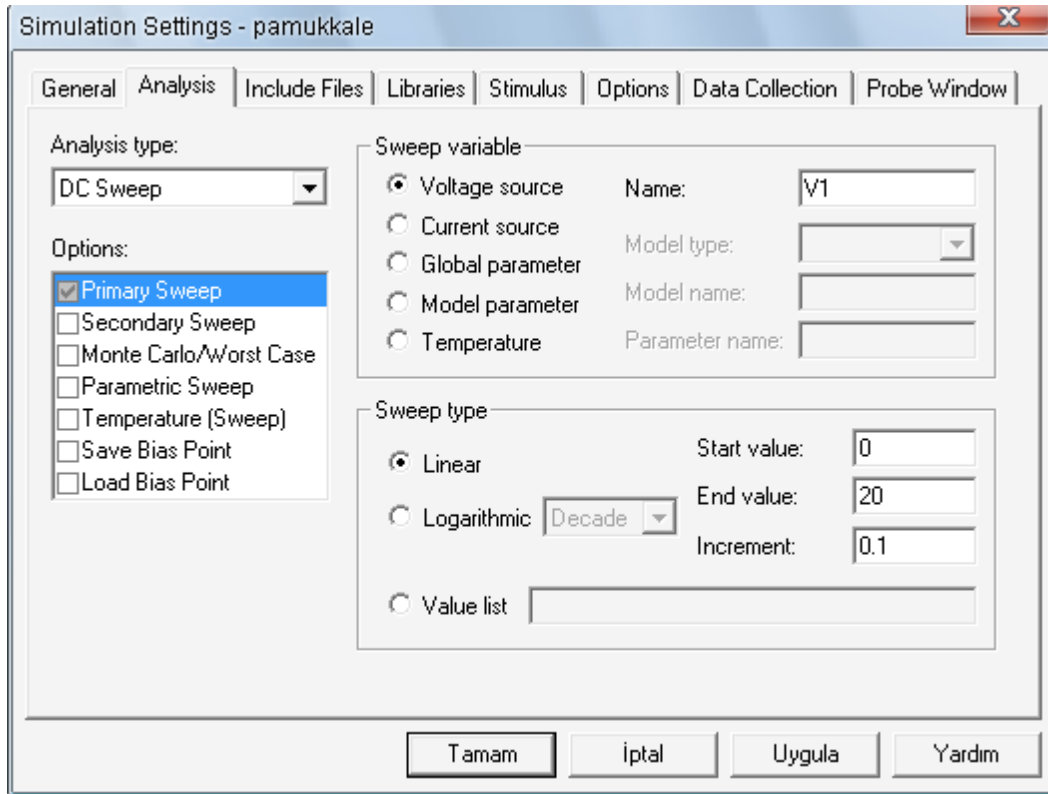
1.1. Tek Kaynaklı Tarama (Primary Sweep):


Tek kaynaklı taramayı bir örnek ile gösterelim:

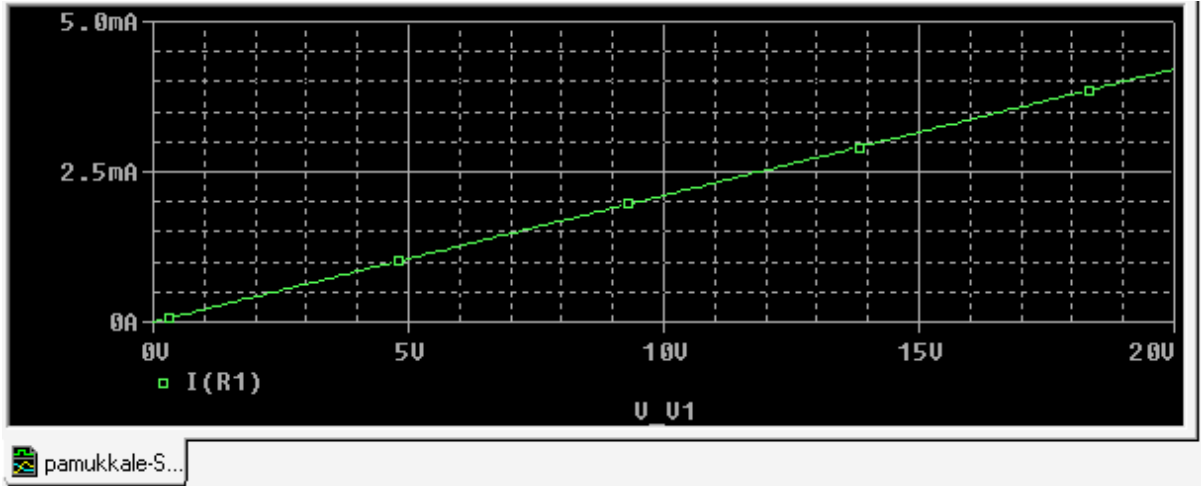
V1 kaynağını 0–20 V arasında 0,1 V değer aralıklarıyla taratalım ve **R1** deki değişimi gözlemleyelim:



- Devreyi kurduktan sonra **Edit Simulation Settings**  tuşuna basıp simülasyon ayarlarının yapılacağı pencere açılır ve pencerede analiz tiplerinden **DC Sweep** seçeneği seçilir.
- Daha sonra **Sweep Variable** den **Voltage Source** seçilerek kaynak ismi **Name** kısmına yazılır.
- **Sweep Type** kısmından **Linear** seçilip *başlangıç*, *son*, *artış* değerleri girilir. Tamam seçilerek buradan çıkılır.

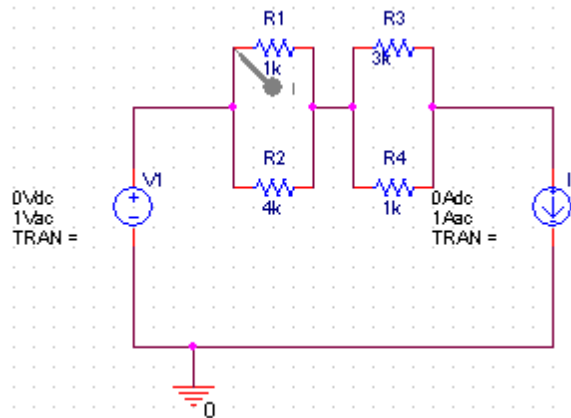


- **Run Pspice**  tuşuna basılarak devre simüle edilir. **R1**'deki akım değişimi grafikte görülebilir. Tarama edilecek kaynak gerilim kaynağı yerine akım kaynağı olsaydı kullanılması gereken kaynak **Isrc**'dir. **Add Trace** ile istenilen grafikler eklenebilir.




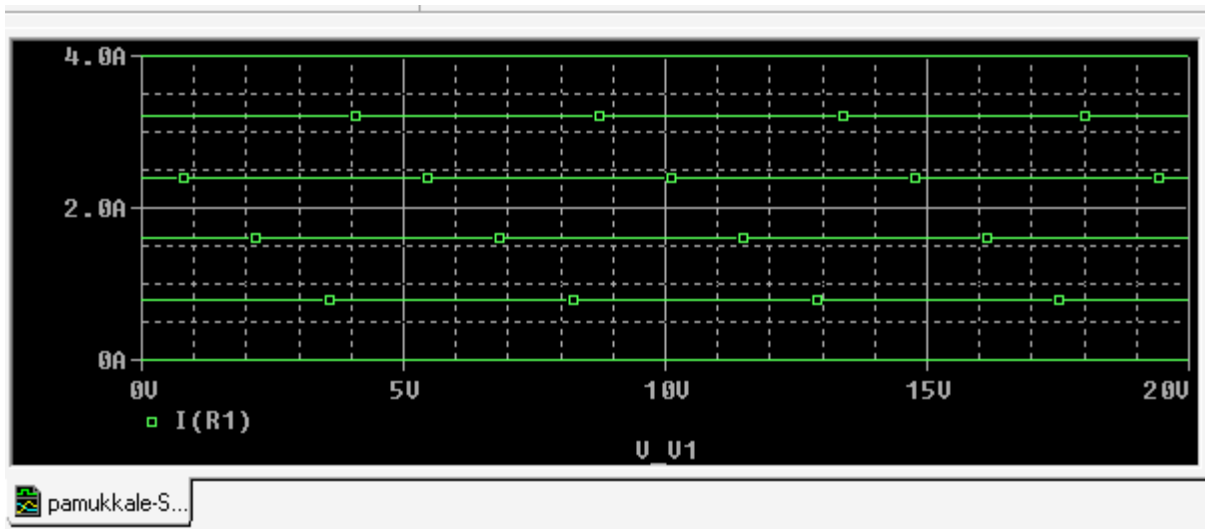
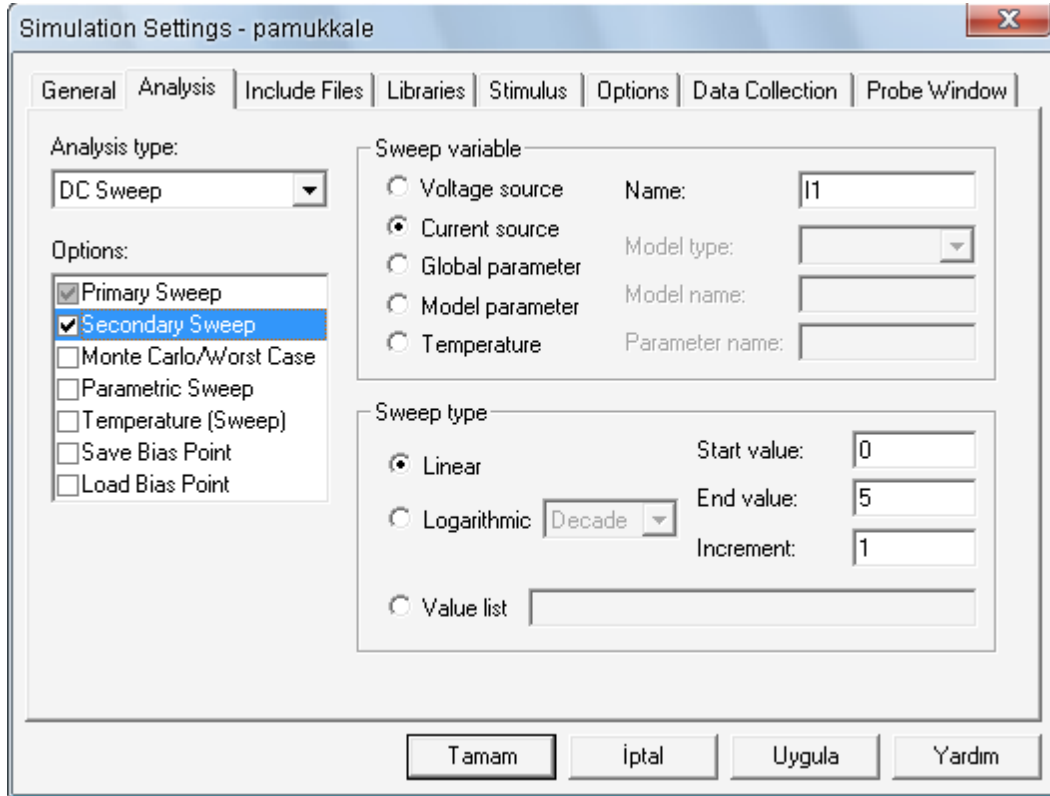
1.2. Birden çok Kaynaklı Tarama (Secondary Sweep):

Birden çok kaynaklı taramayı bir örnek ile gösterelim. Bir akım kaynağı ile bir gerilim kaynağının değerlerini birlikte tarayalım. **V1** kaynağını 0–20 V arasında 0,1V değer aralıklarıyla tararken, **I1** kaynağını 0-5A arası 1A lik adımlarla taratınız. **R1**'deki akımın değişimini gözlemleyiniz.



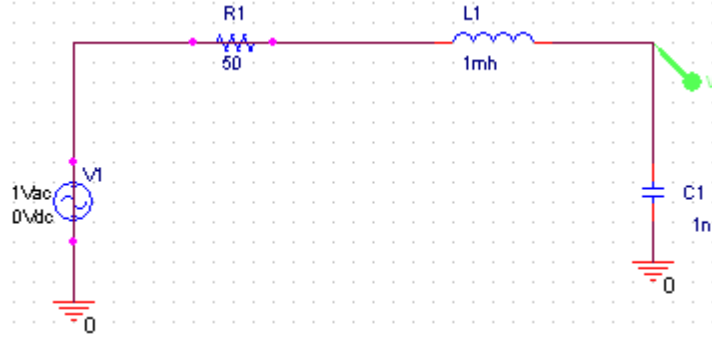
- Devreyi kurduktan sonra tek kaynaklı tarama için yaptığımız basamakları tekrarlayıp bunlara ek olarak **Simulation Settings** penceresinde **Secondary Sweep** seçeneğini seçerek **Secondary Sweep** ayarlarını yapınız.


- **Secondary Sweep** seçeneğini tıkladığımızda açılacak yeni pencerede **Sweep Variable** den **Current Source** seçilir. Bundan sonra kaynak ismi **Name** kısmına yazılır. **Sweep Type** kısmından **Linear** seçilip *başlangıç, son ve artış* değerleri girilir.
- **Tamam** seçilerek buradan çıkılır. **Run Pspice**  tuşuna basılarak devre simüle edilir ve **R1**'deki akım değişimi grafikte görülebilir. **Add Trace** ile istenilen grafikler eklenebilir.

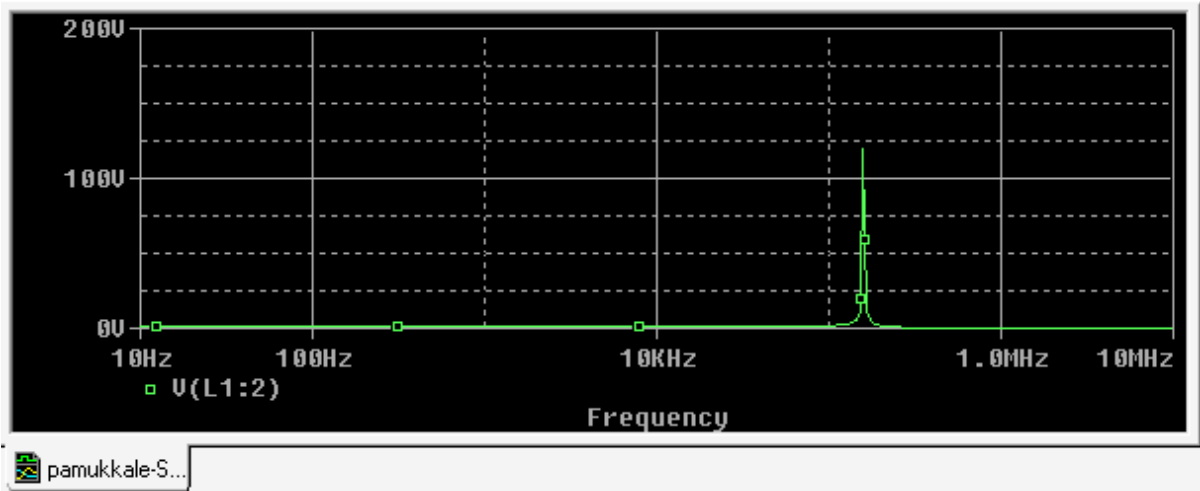
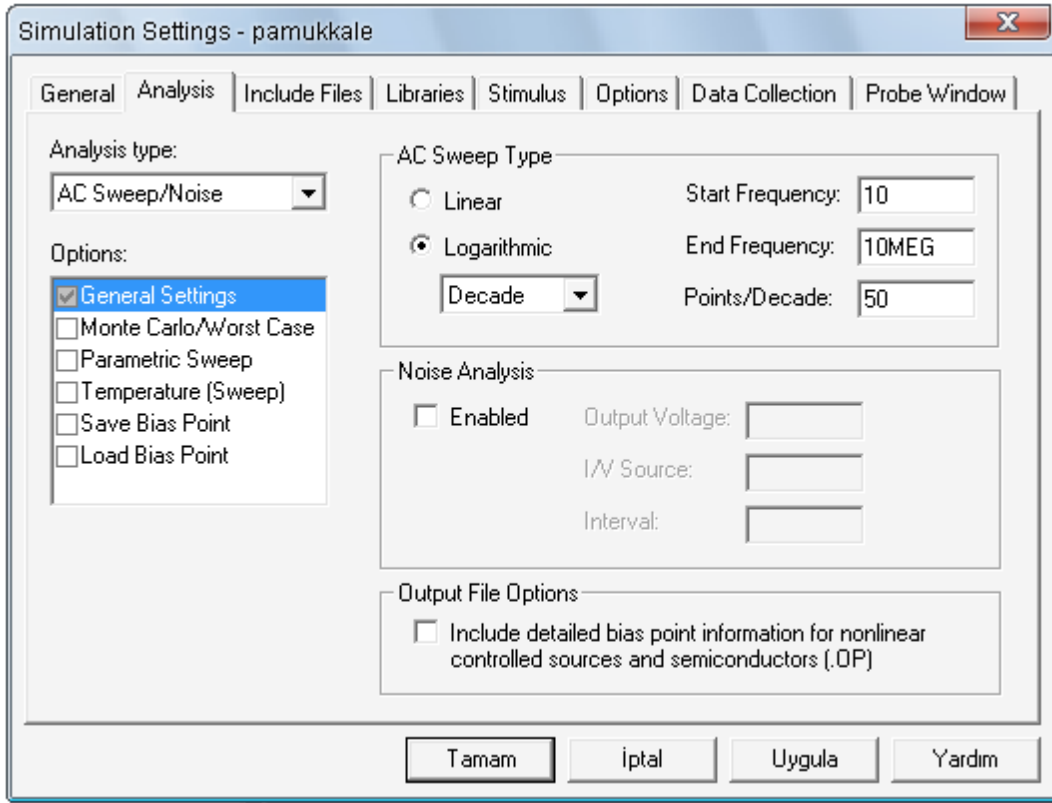


2. AC Sweep/Gürültü Analizleri:

Analiz, frekansın belirli bir aralıkta lineer (lin) arttırılmasıyla yapılabileceği gibi oktav'lık (oct) veya dekat'lık (dec) artımlarla da yürütülebilir. Lineer değişimlerde toplam nokta sayısı, oktav'lık veya dekat'lık değişimlerde ise bir oktav veya dekat boyunca alınacak nokta sayısı verilir. **AC** tarama ile devrenin frekans cevabı çıkartılabilir ya da empedansın frekansla değişimi incelenebilir. Ayrıca **AC** analizinin opsiyonları olarak Monte Carlo/En Kötü Durum Analizleri, Parametrik Analiz, Sıcaklık Analizi, Bias Point Analizi yapılabilir. Sadece **AC** taramasında gerilim için **VAC**, birden çok kaynaklı **AC** taraması içeriyorsa **VSRC** kullanılır. Benzer şekilde sadece **AC** taramasında akım için **IAC**, birden çok kaynaklı **AC** taraması içeriyorsa **ISRC** kullanılır. **AC** analizini bir **RLC** devresi üzerinde inceleyelim:



- Devreyi kurduktan **AC** tarama için **Simulation Settings** penceresinde **AC Sweep** seçeneği seçilerek **AC Sweep** ayarları yapılır. Tamam seçilerek buradan çıkılır. **Run Pspice**  tuşuna basılarak devre simüle edilir.



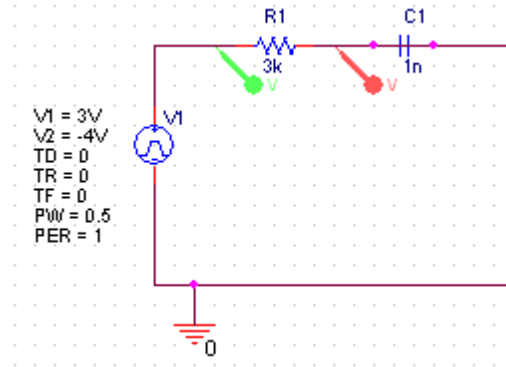
- Devrede yerleştirilen **Voltage Marker**'a göre kondansatör üzerine düşen voltaj değerinin frekansa göre değişimi grafikte görülür. Burada frekans değeri 10Hz ile 10MHz arasında değiştiği belirtilmiştir.
- **Noise (Gürültü)** analizi için **Noise Analysis** kısmında **Enabled** seçeneğini seçiniz. **Output Voltage** seçeneğine toplam sesi ölçmek istediğiniz çıkış geriliminizi yazınız.

- **I/V Source** seçeneğine ölçeceğiniz ses için giriş değeri olacak serbest bir giriş gerilimi veya akımı yazınız. **Interval** seçeneğine de frekans aralığını yazınız.

3. Time Domain (Transient) & Fourier Dönüşüm Analizleri:

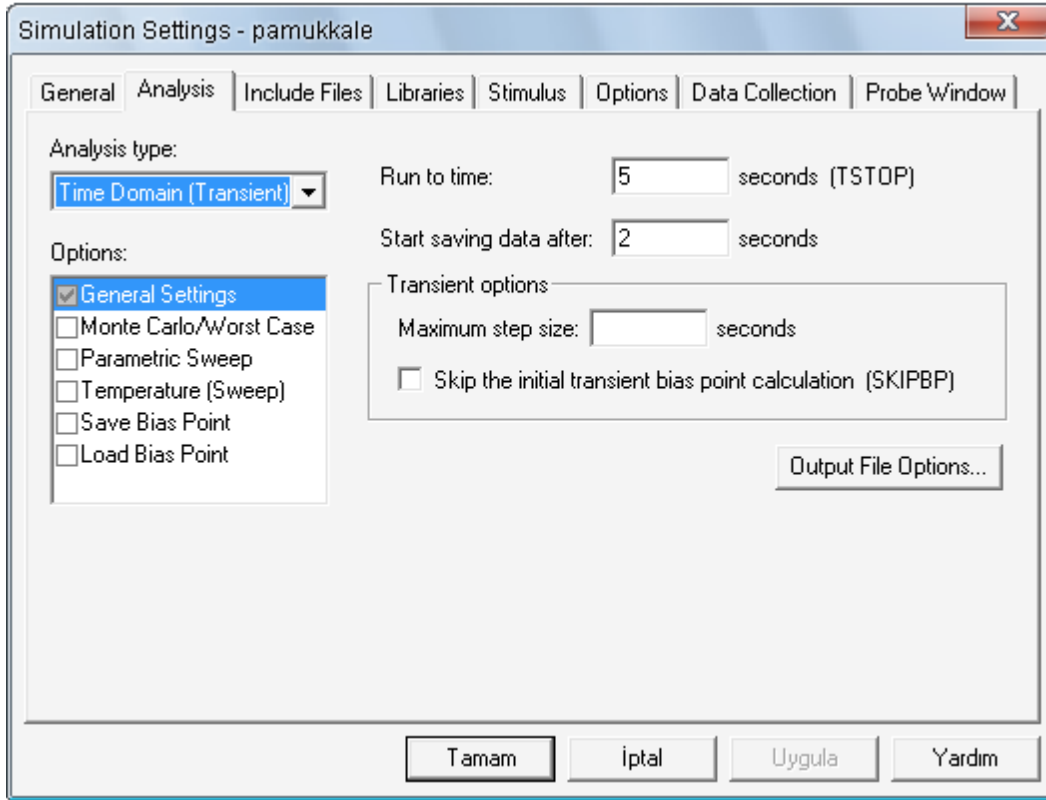
Devremizdeki değişkenlerin zamana göre değişimini görmek için bu simülasyon modu kullanılır. Simülasyon sonucunda değişkenlerin değerleri zamanın bir fonksiyonu olarak elde edilmiş olur. Zaman bölgesi analizi her zaman $t=0$ dan başlar ve kullanıcının verdiği adımlarla **Tstop** değerine yapılır. Zaman bölgesi analizi ile devrelerin sinüzoidal ya da darbe gibi giriş sinyallerine karşılık verdiği çıkışlar incelenebilir (örn. doğrultucu, kırpıcı, kuvvetlendirici vb.). **Time Domain (Transient)** analizinin opsiyonları olarak Monte Carlo/En Kötü Durum Analizleri, Parametrik Analiz, Sıcaklık Analizi, Bias Point Analizi yapılabilir.

Time Domain analizinde; **gerilim için:** VSRC, VEXP, VPULSE, VPWL, VPWL_RE_FOREVER, VPWL_F_RE_FOREVER, VPWL_N_TIMES, VPWL_F_N_TIMES, VSFFM, VSIN kaynakları, **akım için:** ISRC, IEXP, IPULSE, IPWL, IPWL_RE_FOREVER, IPWL_F_RE_FOREVER, IPWL_N_TIMES, IPWL_F_N_TIMES, ISFFM, ISIN kaynakları kullanılabilir.

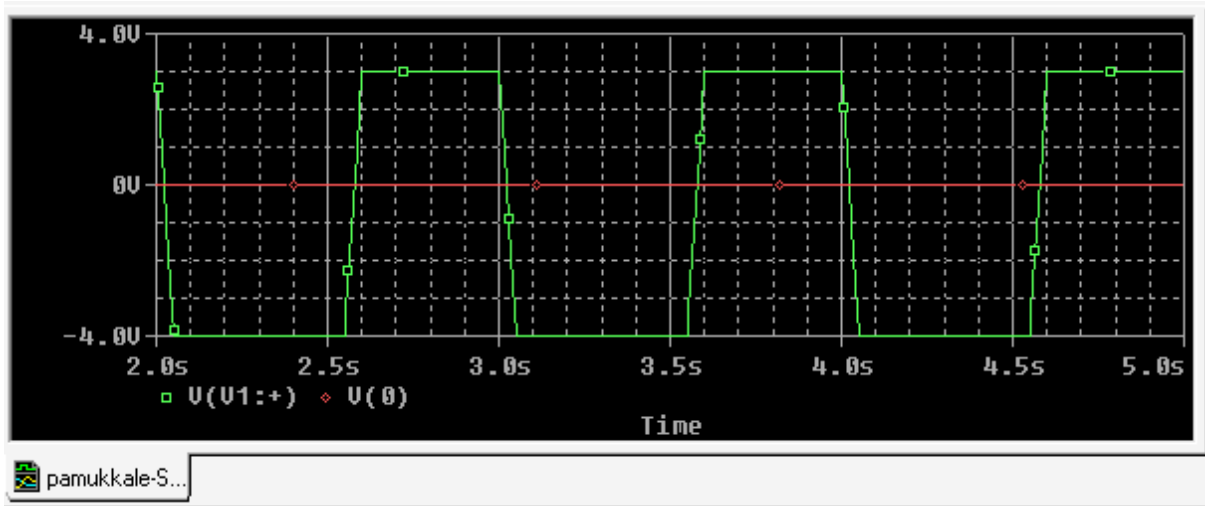


Time Domain analizini bir **RC** devresi üzerinde inceleyelim.

- Devreyi kurduktan sonra **Simulation Settings** de **Analysis type** i **Time Domain** olarak seçilir.
- Daha sonra simülasyonun ne kadar süreceğini belirlemek için **Run to Time**'a saniye cinsinden süre yazılır. Verilerin simülasyon başladıktan ne kadar süre sonra alınmaya başlayacağı da **Start saving data after** kutusundan belirlenir.



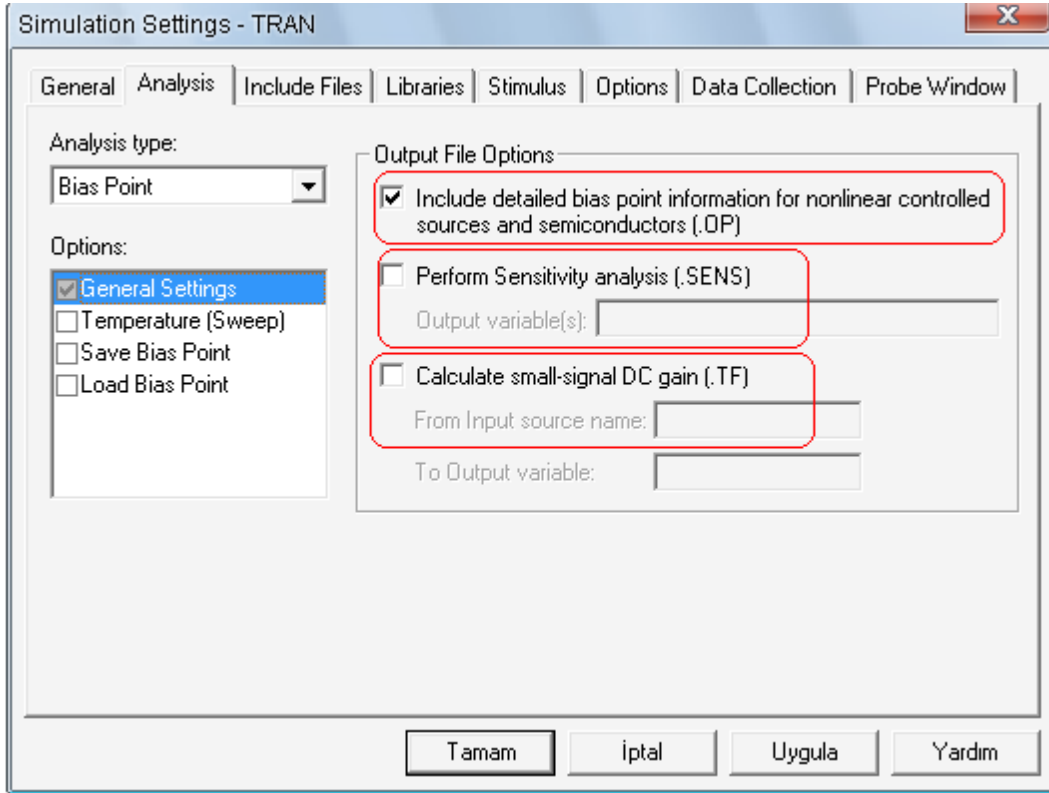
- Tamam seçilerek buradan çıkılır. **Run Pspice**  tuşuna basılarak devre simüle edilir.



Transient Options kısmında **Maximum Step Size** a maksimum izin verilebilir zaman basamak büyüklüğü (Maximum step size) yazılabilir. Ayrıca **Time Domain (Transient)** Analiz tipinde **Output Files** ikonu ile açılan pencerede **Fourier analizi** seçeneği bulunmaktadır. **Fourier Analizi**, **Transient** analizindeki **DC** ve **Fourier** bileşenlerini hesaplamaktadır.

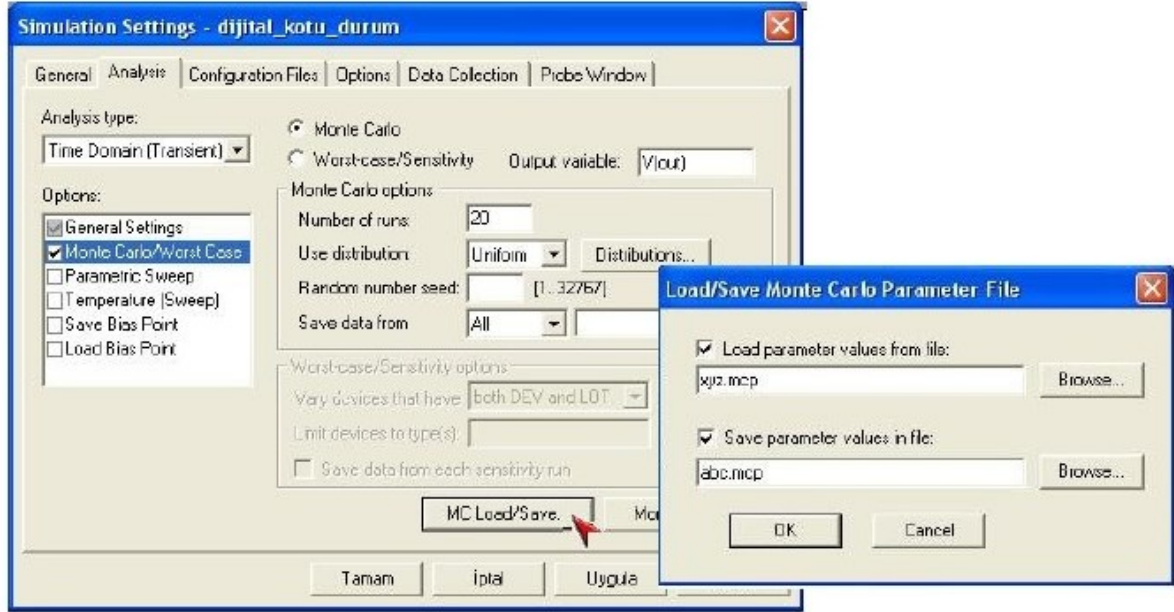
4. Bias Point (Çalışma Noktası) Analizleri:

Bias noktası analizi simülasyon çıkış dosyaları için detaylı Bias noktası bilgilerini kaydeder. Ayrıca Bias Point Analizinin opsiyonu olarak sıcaklık analizi yapılabilir. Çıkış dosyaları için rapor edilen bilgiler şöyledir: **Output Files** Kısmında da sırayla görebileceğiniz gibi; bütün analog nokta voltajlarını listeler, bütün dijital nokta voltajlarını listeler, bütün voltaj kaynakları arasındaki akımları ve onların toplam gücünü gösterir. Duyarlılık analizi yapar. Bütün elemanlar için küçük sinyal parametrelerini listeler.



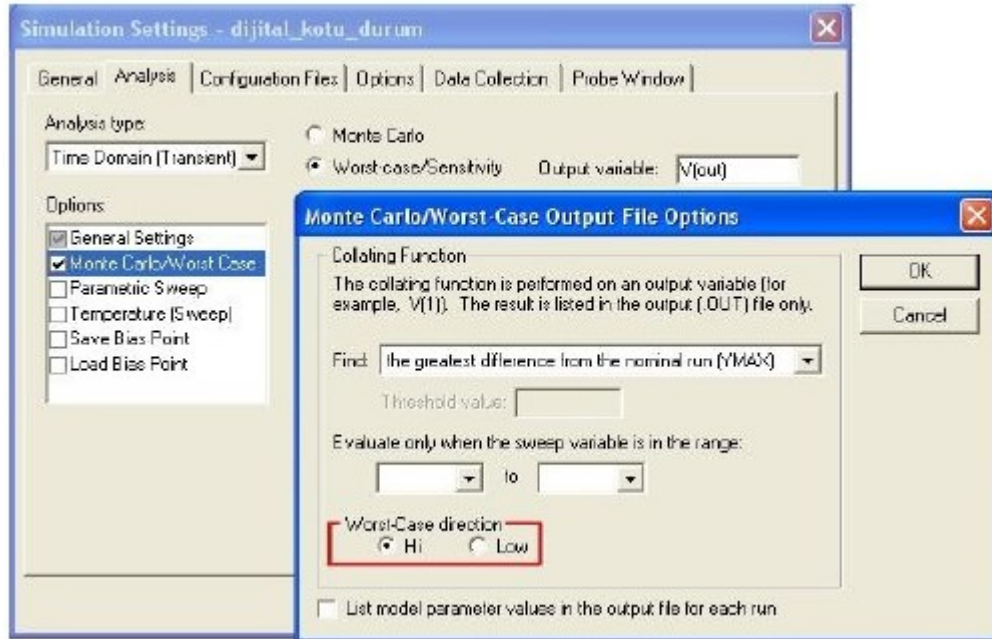
5. Monte Carlo Analizi

Belirli bir tolerans aralığında tanımlı elemanların değerlerini rasgele değiştirerek devrenin tepkisini hesaplar. Belirtilen sayıda çalıştırılan bu analiz; ilk çalıştırmada elemanların nominal değerlerini kullanırken, sonrakilerde değişen değerleri kullanır.



6. Kötü-Durum Analizi

Elemanların (tolerans aralığı göz önünde tutularak) maksimum ya da minimum değerleri ile nominale en yakın değerleri doğrultusunda oluşan en kötü sonucu hesaplar. Devre tanımına ek olarak; parametre toleransları ve "en kötü" tanımının ne olduğu belirtilmelidir. Tolerans bilgileri PSpice modelinde .MODEL tanımında belirtilirken, "en kötü" tanımı 'Simulation Settings' penceresinde tanımlanır.

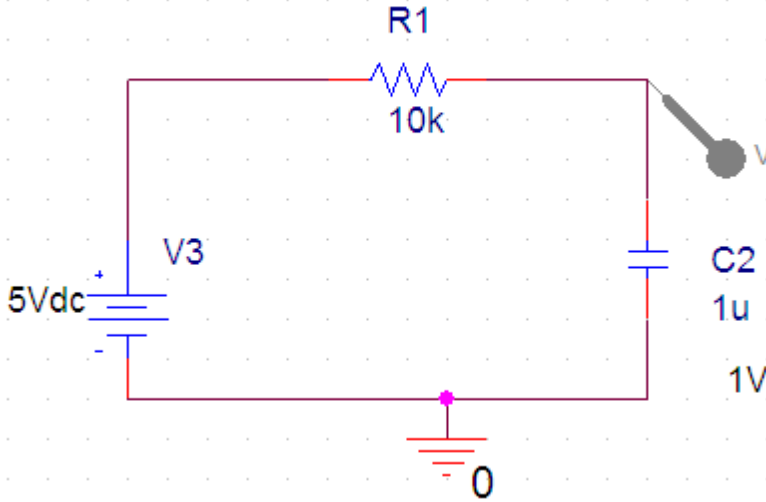


ÖRNEKLER

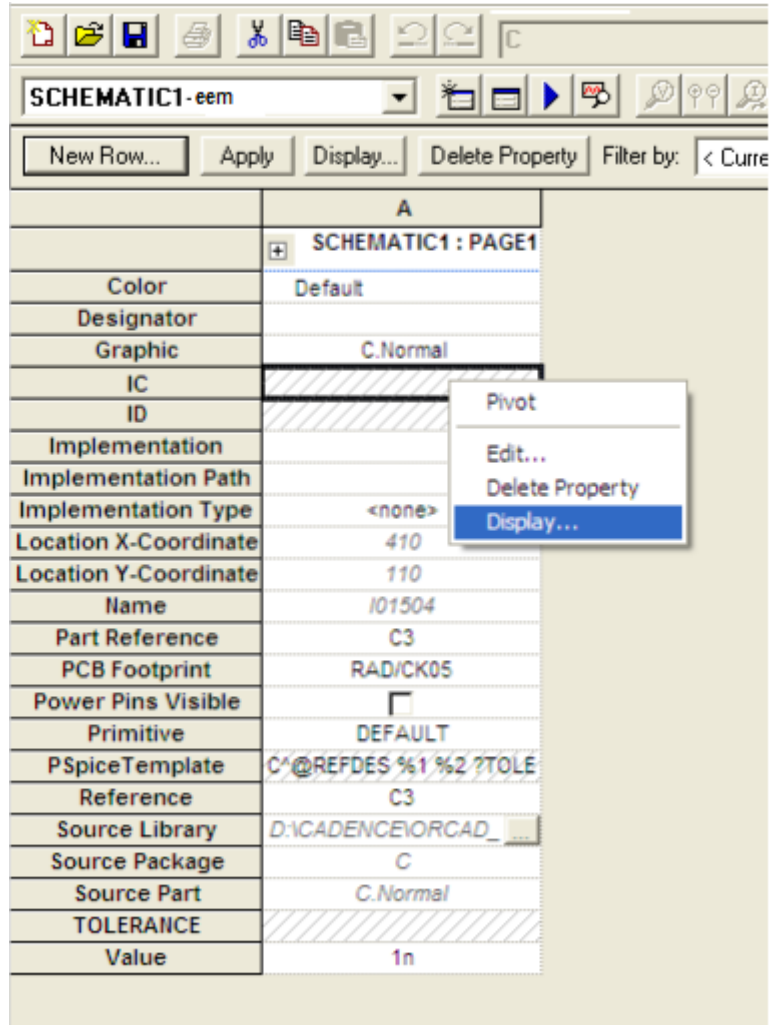
RC Devresi

Bu örnekte temel bir RC devresi gerçekleştirilecektir.

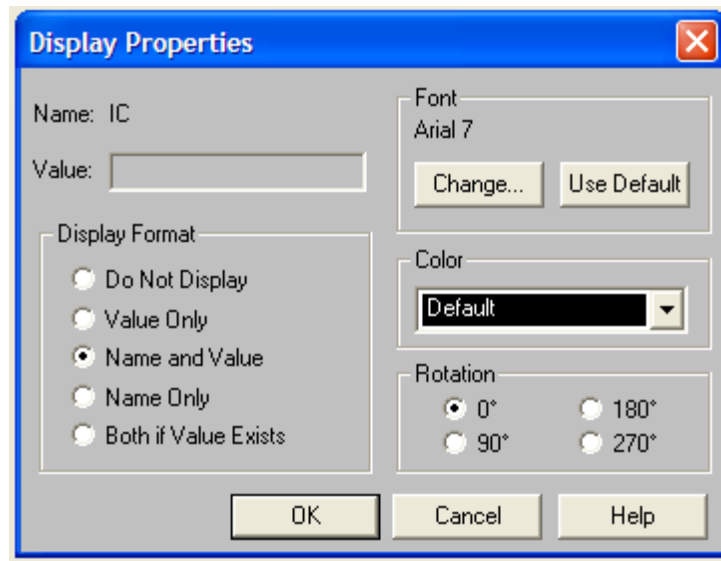
- Aşağıdaki şekildeki devreyi daha önce anlatılan bilgileri göz önünde bulundurarak kurunuz.



- Burada kapasitörün $t=0$ anında bir başlangıç değeri vardır. 1 Volt olarak verilen bu değeri girmek için kapasitörün üzerine iki kere tıklayın böylece “Property Editor” açılmış olur.
- “Property Editor” ile başlangıç değeri atamak için “IC” değerini bulunuz ve karşıındaki boş yere sağ tıklayarak “Display” seçeneğine tıklayın.

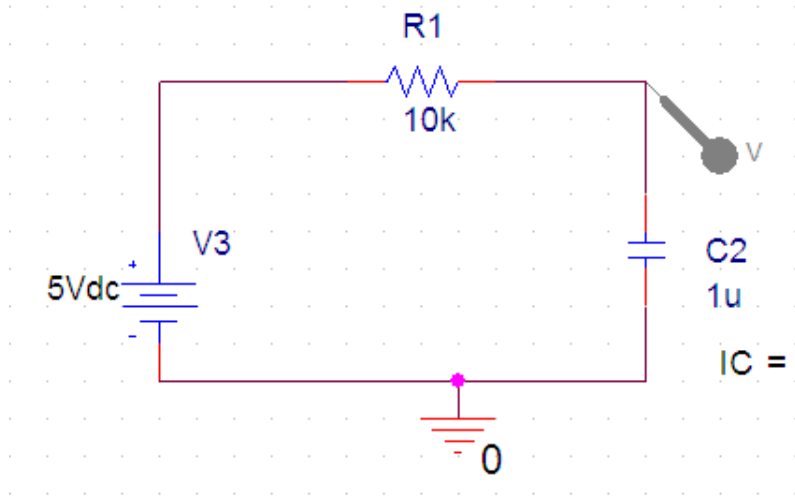


- Gelen pencereden “Name and Value” seçeneğini işaretledikten sonra OK butonu ile onaylayın.

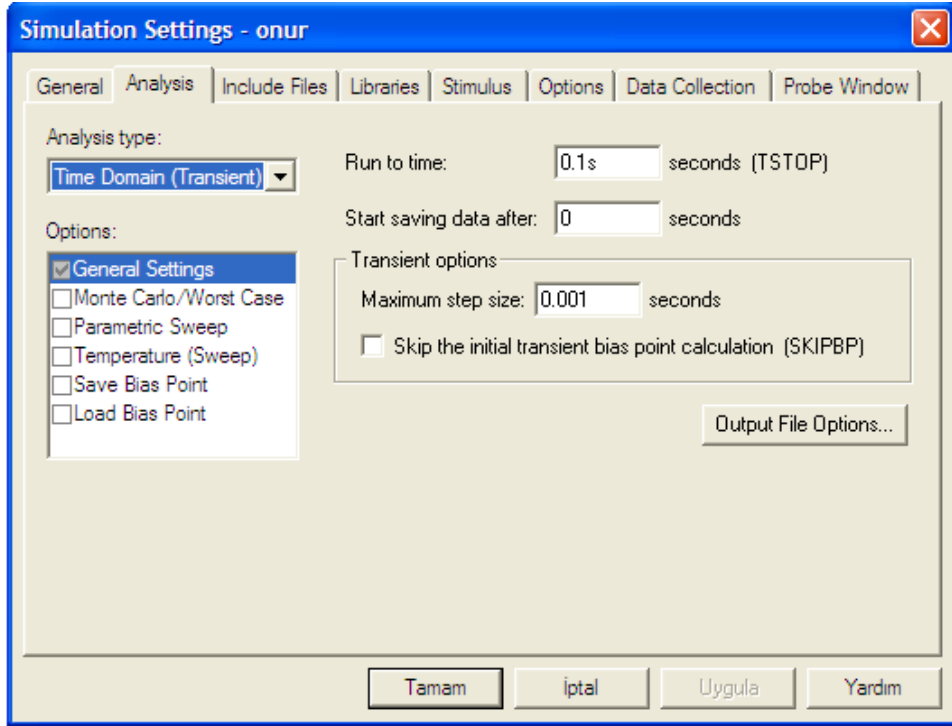


- Bu işlemi yaptıktan sonra devreniz aşağıdaki şekildeki gibi gözükcektir. "IC" ye iki kere tıklayarak istenen 1V değerini girebilirsiniz.

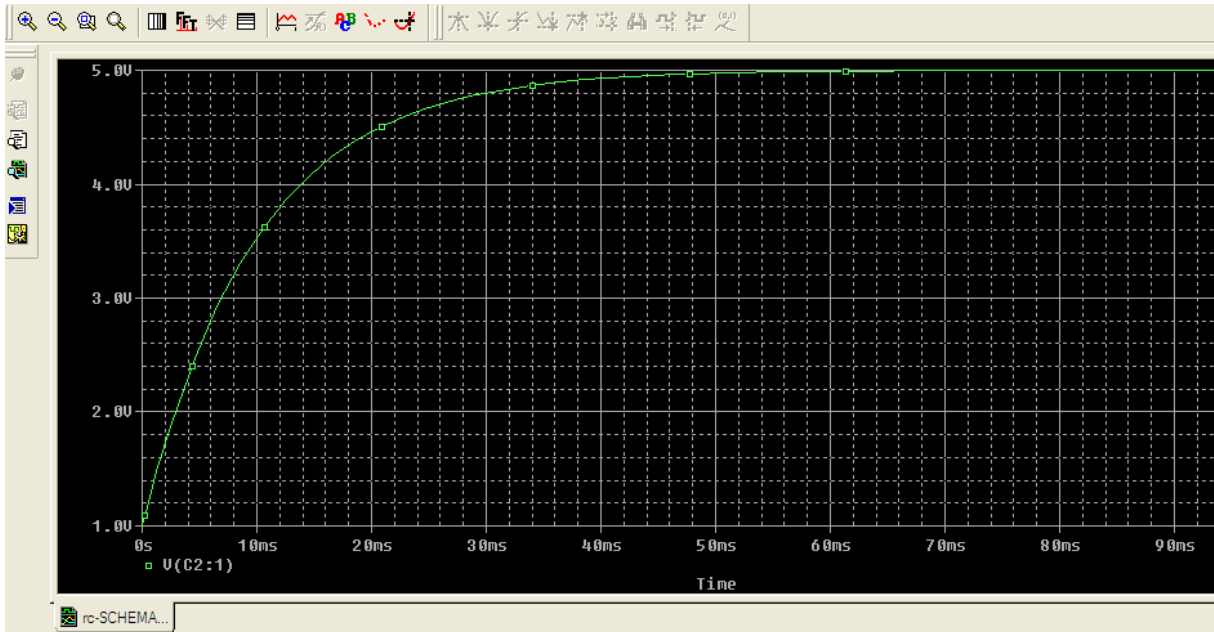
İPUCU: Kapasitörün IC parametresi etkinleştirilerek başlangıç değeri verildikten sonra kapasitörün yönü önemli hale gelmiştir bu sebepten dolayı, aynı kapasitörü devrenin bir başka yerinde daha kopyalayıp yapıştır yöntemi ile kullanmak isterseniz (bu örnekte başka bir kapasitöre ihtiyacımız yok) yönüne dikkat etmeniz gerekmektedir. Aksi takdirde, 1V olan başlangıç değeri ters yöne yerleştirilse ikinci kapasitör için -1V olarak çalışabilir.



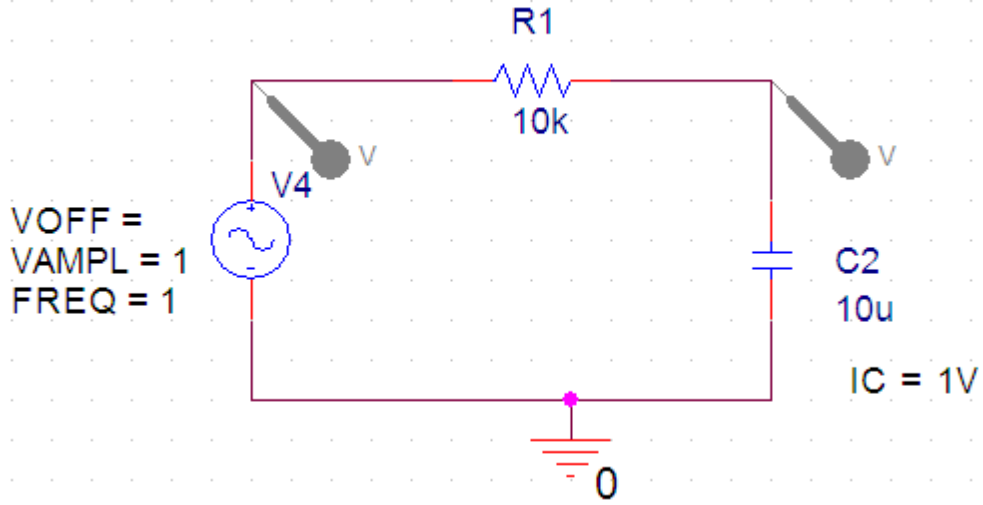
- Simülasyon ayarları aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi olmalıdır.



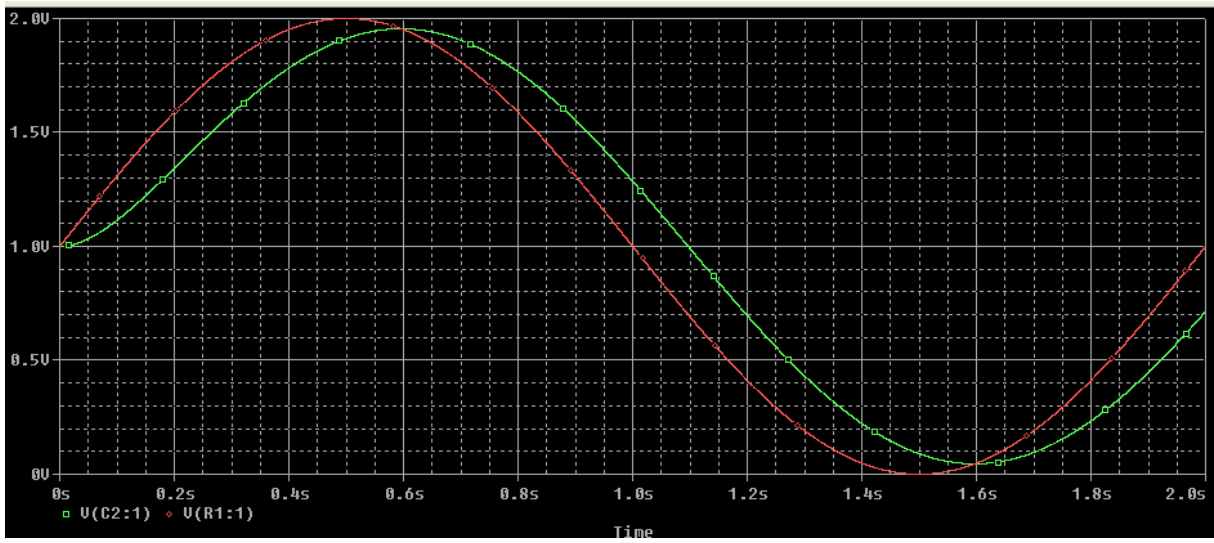
- Simülasyon yapıldığında aşağıdaki grafik elde edilir.



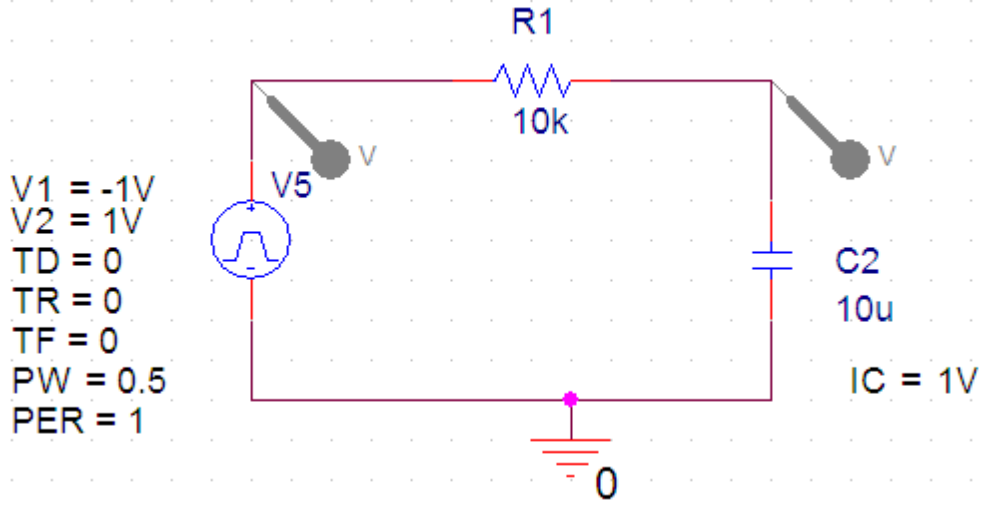
- Aynı devre üzerinde “Vdc” kaynağını ile “Vsin” değiştiriniz ve kapasitörün değerini “10u” yapınız. Giriş kaynağını gözlemlemek için kaynağa da bir tane “Voltage Marker” yerleştiriniz. Vsin kaynağının değerleri şekildeki gibi olacaktır.



- Simülasyon ayarlarından “Run time” 2 saniye olarak ayarlandığında aşağıdaki grafik elde edilir. Burada geriden gelen V(C2:1) değeri kapasitörün gerilimi V(R1:1) giriş kaynağının gerilimidir.



- Son olarak “Vsin” kaynağı yerine “Vpulse” kaynağı kullanarak RC devresinin kare dalgalardaki davranışını gözleyeceğiz. “Vpulse” kaynağını ekledikten sonra ayarları aşağıdaki şekilde olmalıdır.

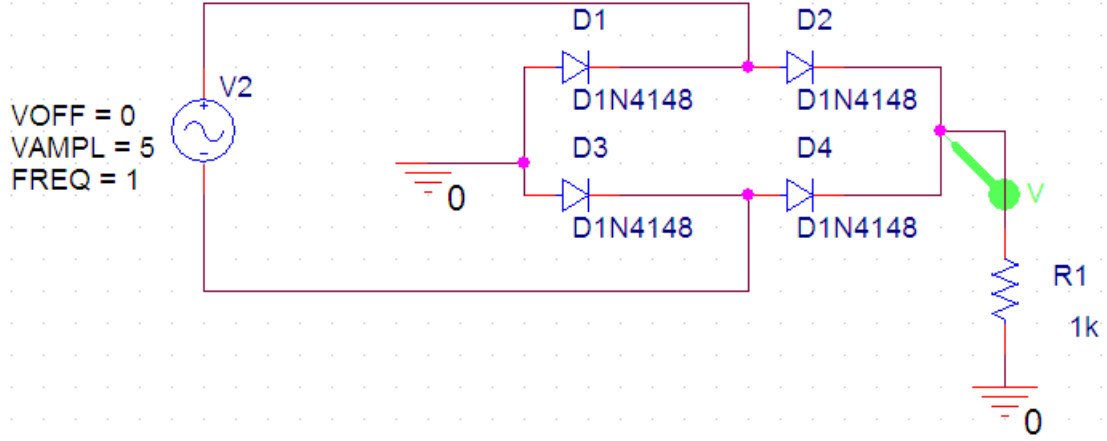


- Aynı ayarlarla simülasyon yapıldığında aşağıdaki grafik elde edilir.



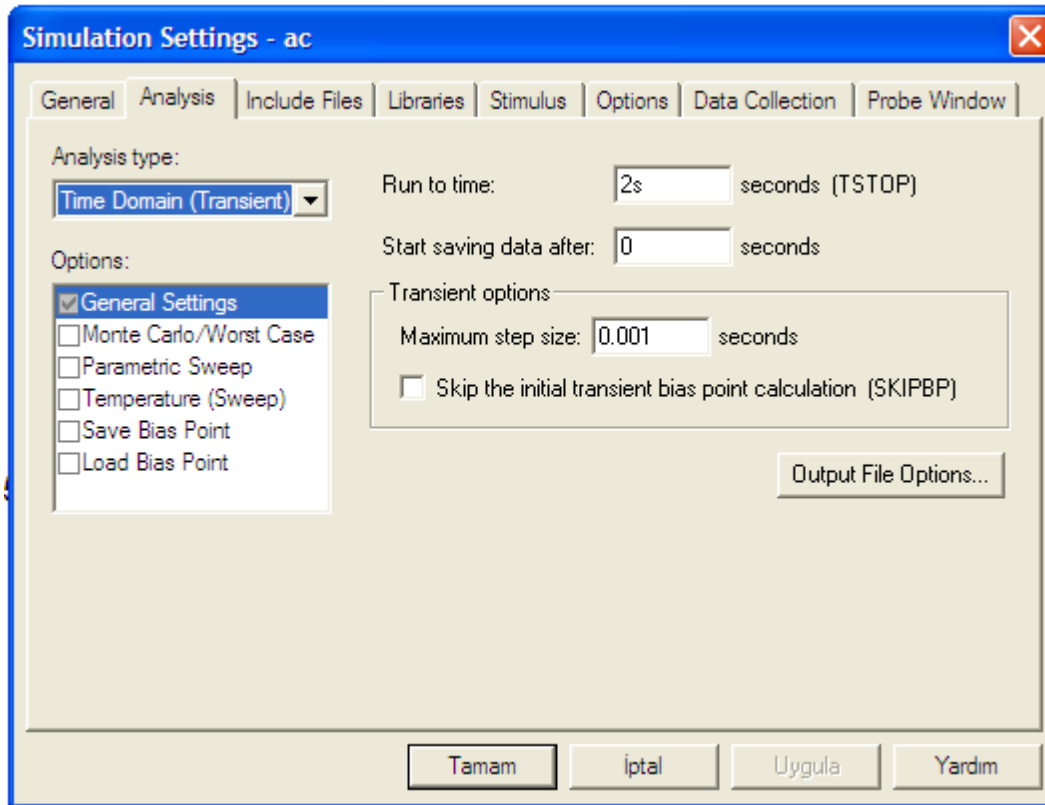
Tam Dalga Doğrultucu

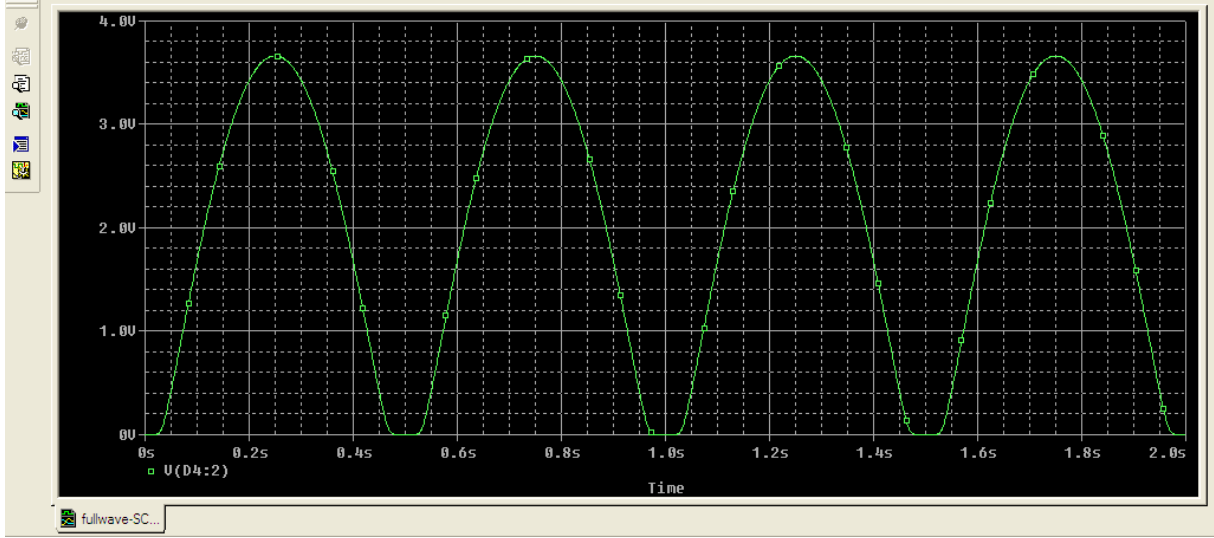
Aşağıdaki şekildeki devreyi kurunuz. Eğer tam sürüm PSPICE kullanıyorsanız diyotlar DIODE kütüphanesinden eklenebilir.



Simülasyon ayarları

İPUCU: Grafikleriniz düzgün çıkmıyorsa “maximum step size” değerini yeterince hassas almıyorsanız demektir. Eğer buna rağmen alakasız bir grafik elde ediyorsanız simülasyon süresini çok uzun veya çok kısa alıyor olabilirsiniz.



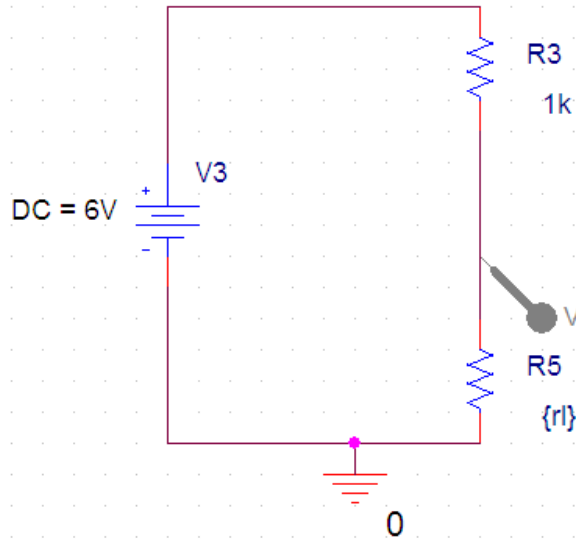


Parametrik Devre Elemanı Kullanımı

Bu örnekte direnç değeri istediğimiz değerler arasında değişecektir. Direnç değeri değiştiğinden bu bir potansiyometre simülasyonudur.

PARAMETERS:

$r1 = 1k$



1. Öncelikle değerini parametrik olarak değiştirmek istediğimiz devre elemanının değerini {r1} yapın, önemli olan ismi kıvrıkcık parantezlerin içine yazmaktır,

herhangi bir isim kullanılabilir. (“value” yerine name’i değiştirmedeğinize emin olun)

2. Parça ekleme menüsünden (kısayol P) PARAM/SPECIAL’I izim ekranına ekleyin . (SPECIAL kütüphanesi eklenmemişe , “add library “ butonunu kullanarak ekleyebilirsiniz.)
3. PARAM parçasına iki kere tıklayarak özellikler penceresini açınız.Burada “New Column” butonu ile name’e karşılık gelen yere “RL” değer kısmına ise 1k yazınız (Buradaki 1k değeri başka simülasyonlar için kullanılmaktadır, direnci değiştirmek için değerler arasında herhangi bir değer girebilirsiniz.)
4. Rl kolonunu bir kere tıklayarak seçin ardından sağ tıklayarak “display” menüsünü açın.”Name and Value” seçeneğini seçin.
5. şimdi simülasyon ayarlarını yapılacaktır.

Ayarlar

Analysis type : DC Sweep

Options : Primary Sweep (Parametric Sweep değil!)

Sweep variable : Global parameter

Parameter name: RL (kıvrık parantezler içindeki isim)

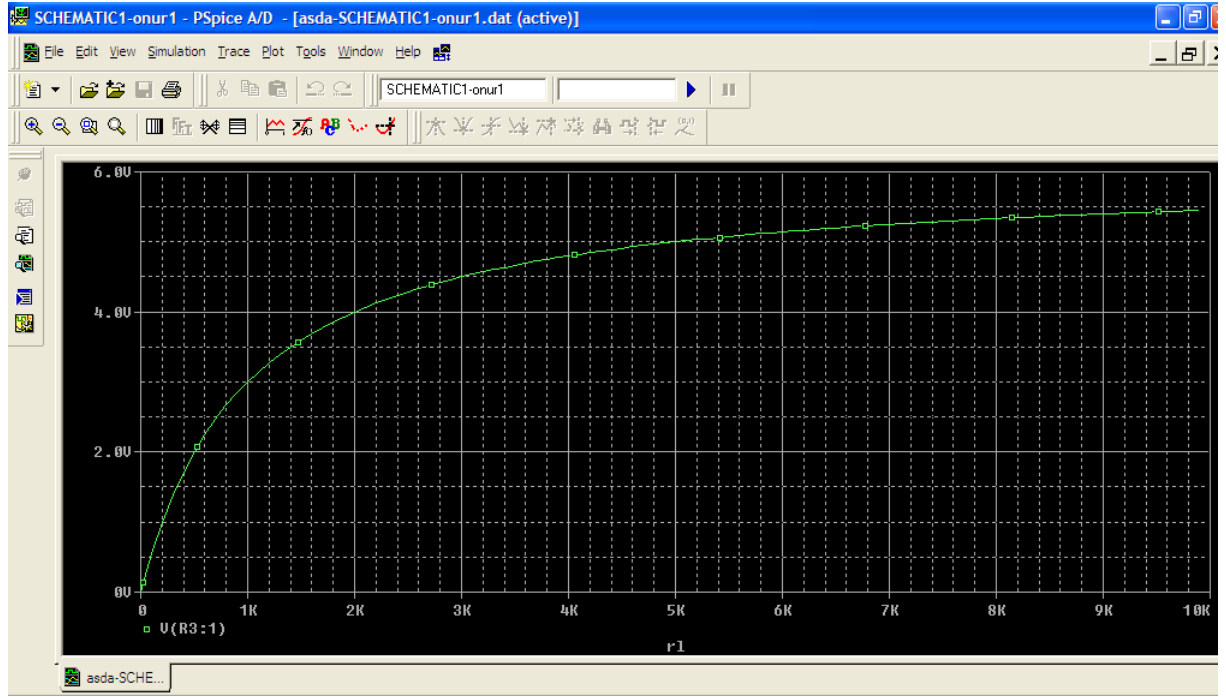
Sweep Type : Linear

Start, End, and Increment değerlerini giriniz bu değerler parametrik değişkenin alacağı değer aralığı ve değerin kaçar kaçar artacağını belirler.

Sırasıyla 0,1,10k,100 kullanılmıştır.

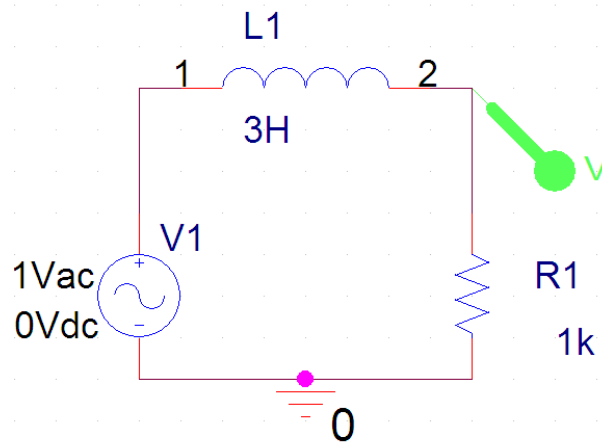
İPUCU: Direnç değerinin 0’dan başlayamayacağına dikkat edin.

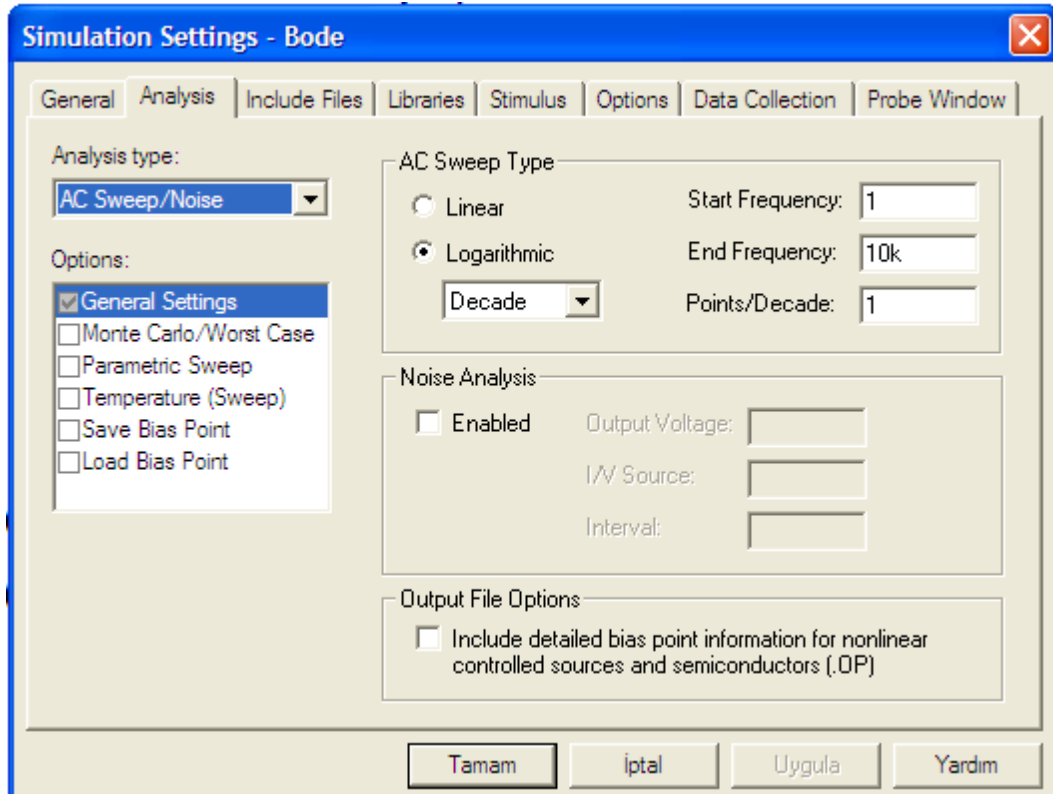
6. Son olarak istediğiniz yere “probe” koyarak değişen değerli gözleyebilirsiniz.



Endüktif Alçak Geçiren Filtrenin Bode Çizgesi

Alçak geçiren filtre ideal olarak kesim frekansının altındaki sinyali ileten, kesim frekansının üzerindeki sinyalleri iletmeyen filtredir. Bode çizgesi de kazancın frekansa karşı çizimidir. Bu çizmeyi PSPICE ortamında elde etmek için “AC Sweep” simülasyonu kullanılacaktır. Öncelikle aşağıdaki devreyi kurunuz.

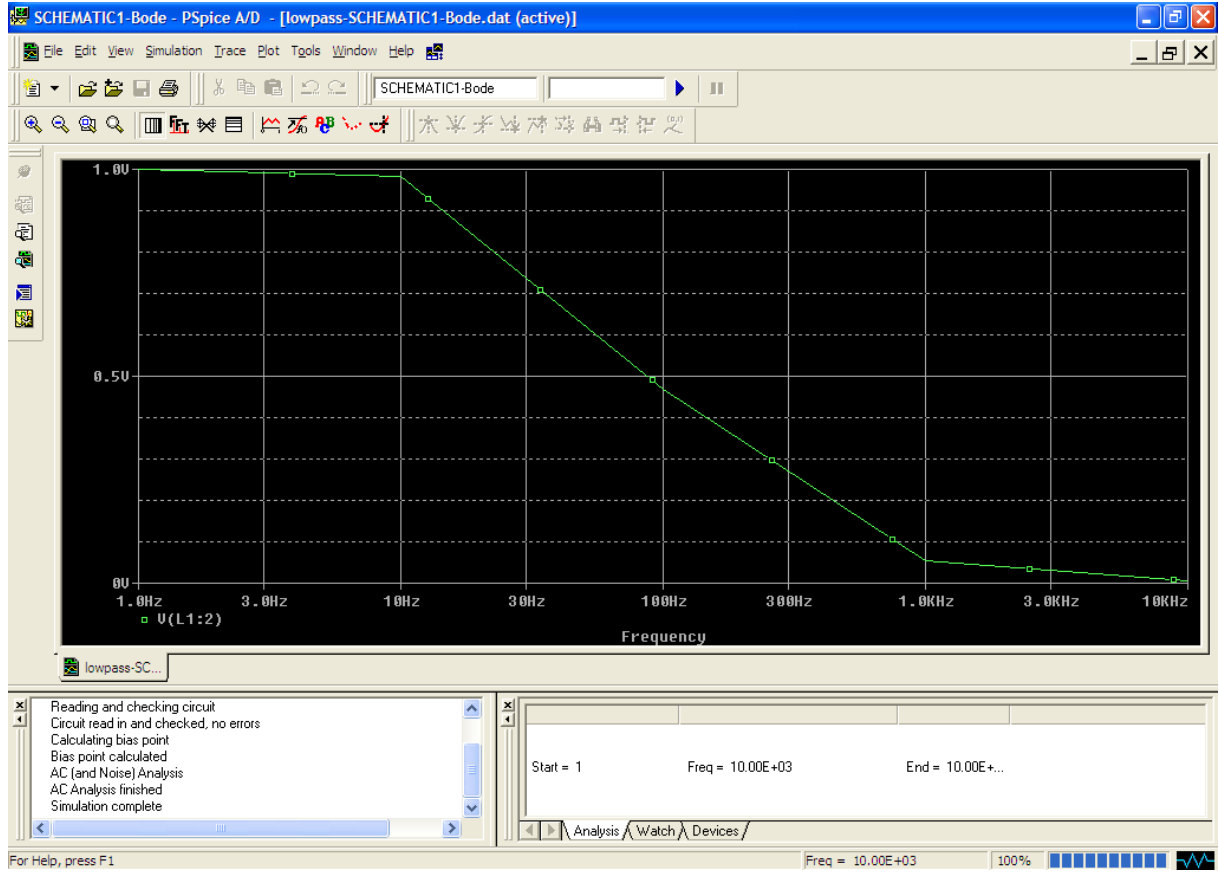




Ac Sweep analizinde bode çizgesi elde etmek için logaritmik seçeneği seçildikten sonra taranacak frekans değerleri girilmelidir

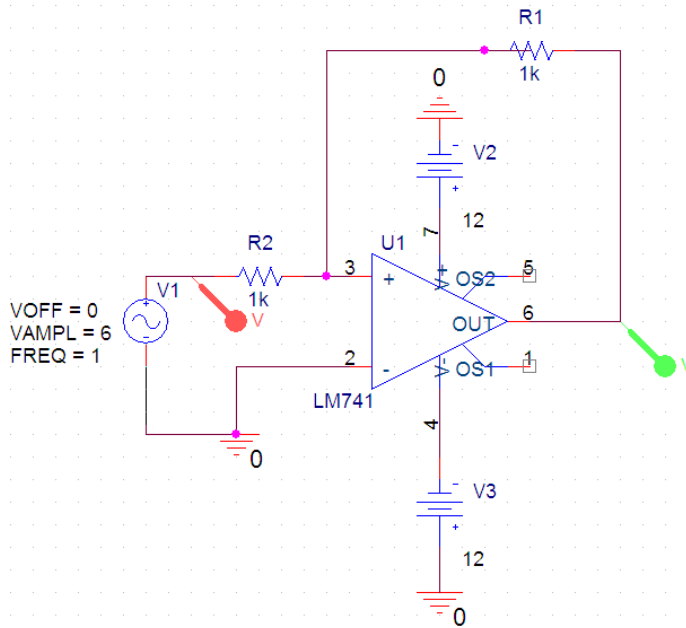
İPUCU: “Start Frequency” değerinin 0 olamayacağına dikkat edin!

Elde edilen grafik aşağıdaki gibidir.



OPAMP Kullanımı

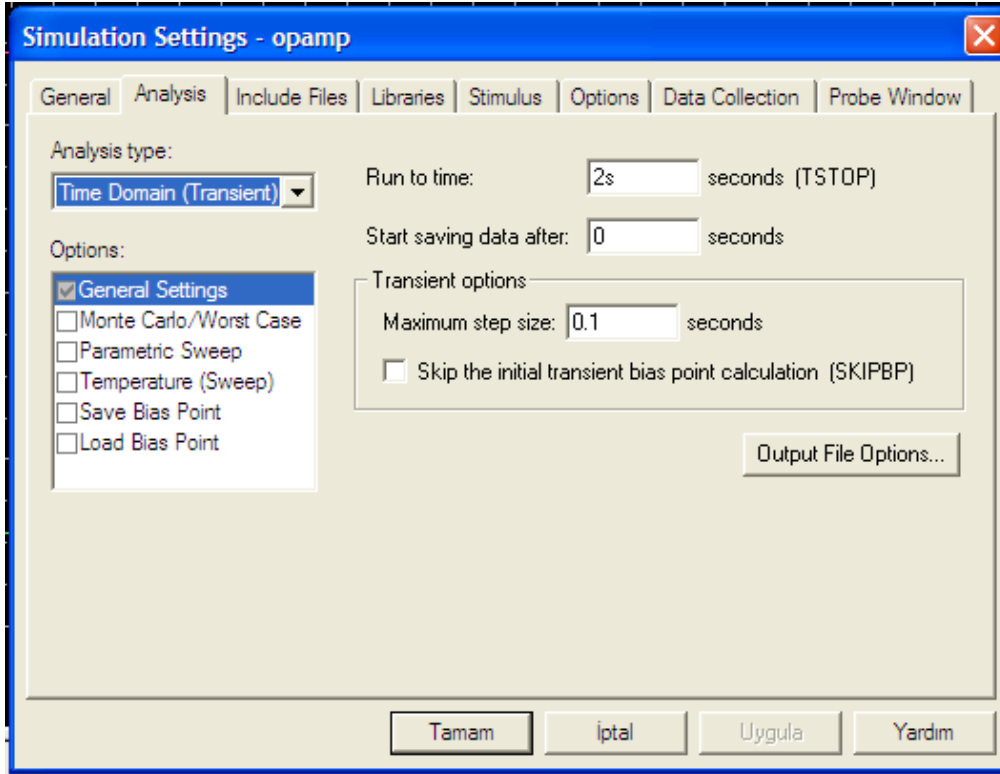
Bu örnekte kazancı 1 olan bir evirici (tersleyici) OPAMP sistemi gerçekleştirilecektir. Yani girişte verilen sinyal -1 ile çarpılmış şekilde çıkacaktır. Aşağıdaki devreyi kurunuz. Tam sürüm PSPICE kullananlar için LM741 parçası OPAMP kütüphanesinde bulunmaktadır.



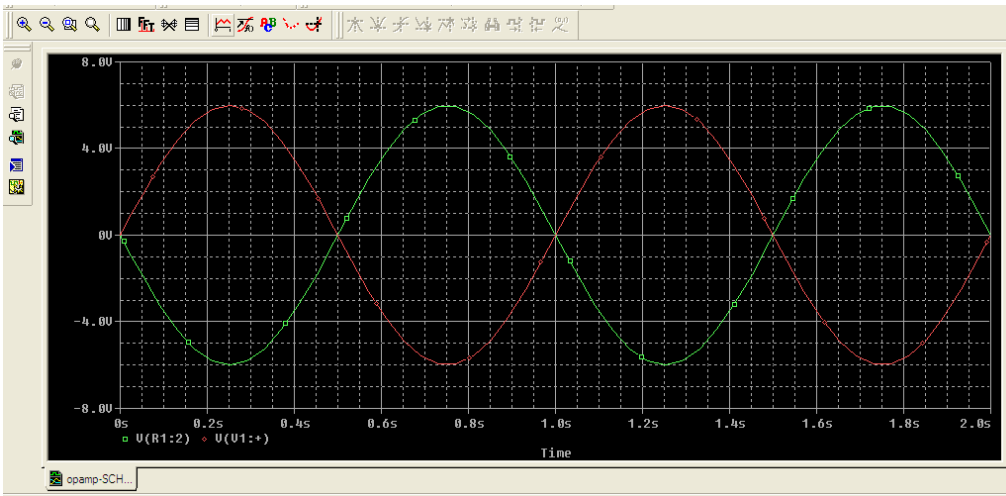
İPUCU: Burada LM741 OPAMP'ının 7 ve 4 numaralı girişlerine besleme gerilimleri verilmiştir. 4 numaralı girişteki 12v kaynağının negatif olduğuna dikkat ediniz. Ayrıca giriş ve çıkışı aynı anda görmek amacıyla iki tane "voltage probe" kullanılmıştır.

Simülasyon ayarları

Diğer örneklerle benzer şekilde "Transient Analysis" kullanılacaktır.



Elde edilen grafikte V(V1) giriş sinyali, V(R1) çıkış sinyalidir.



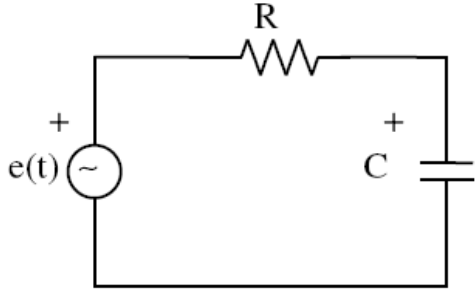
RL, RC VE RLC DEVRELERİNDE GEÇİCİ REJİMLERİN İNCELENMESİ

Bir elektrik devresinin zaman domeyninde incelenmesi için, önce o devrenin ya entegre diferansiyel denklemlerinin, ya da durum denklemlerinin yazılması gerekir. Bu denklemlerin çözülmesiyle devrenin zaman domeynindeki incelenmesi tamamlanır. Bilindiği gibi, diferansiyel denklemlerin çözülmesiyle ortaya çıkan çözümü iki parçaya ayırmak mümkündür: Çözümün birinci parçasını devredeki ilk koşullar, ikinci parçasını da devredeki kaynaklar belirler. Çözümün bu parçalarına, sırasıyla Öz ve Zorlanmış Çözüm adları verilir. Asimptotik kararlı, diğer bir deyişle $t \rightarrow \infty$ için durum geçiş matrisi $f(t)$ 'nin sifıra uzandığı bir devrede, $t \rightarrow \infty$ giderken öz çözüm sifıra, zorlanmış çözüm de özel çözüme ulaşır. Daha açık bir deyişle, asimptotik kararlı bir devrede, devrenin incelenmesine başlanılmasından belirli bir zaman sonra, tam çözüm büyük bir yaklaşıklıkla özel çözüme eşit olur. Asimptotik kararlı bir devre için tam çözümün, geçici çözüm ve kalıcı (sürekli) çözüm olarak iki parçadan oluştuğu düşünülebilir. Asimptotik kararlı bir devre için diferansiyel denklem sisteminin homojen çözümüne geçici, özel çözümüne de kalıcı çözüm denilmektedir. Geçici çözüm, başlangıçta çok büyük olsa bile, devre çalışmaya başladıktan belirli bir zaman sonra küçülür, sifıra yaklaşır. Kalıcı çözüm, devrede kaynaklar olduğu sürece devam edecek çözümdür. Etkisi çok kısa sürmesine karşın geçici çözüm bir devrede elemanların seçilmesi bakımından önemlidir. Örneğin, elektrik enerjisi dağıtım sisteminde (şebekede) sistem çalışırken birdenbire meydana gelen arızadan (kısa devre gibi) dolayı, arızanın olduğu andan itibaren ortaya çıkan geçici çözümün şebekedeki hatların, cihazların, ölçü transformatörlerinin ve anahtarların seçimi bakımından bilinmesi gerekir. Eskiden şebekedeki anahtarların “açma zamanlarının” büyük olmasından dolayı, arıza halinde ortaya çıkan geçici çözümle açma zamanından kısa sürdüğü için ilgilenilmezdi. Bugün açma zamanları küçük olduğu için geçici çözümle ilgilenilmesi, şebekedeki elemanların seçilmesinde göz önüne alınması gerekmektedir. Devrelerin zaman domeyninde incelenmesi, birçok cihazın çalışma ilkelerinin ve işlevlerinin anlaşılması bakımından çok önemlidir.

Bu aşamada basit birer RC , RL ve RLC devreleri ele alınarak, bunların basamak, darbe ve kare dalga kaynaklarıyla uyarılması halinde çözümlerinin ne olduğu incelenecektir.

RC Devresi:

Şekil 1'deki RC devresini ele alalım. Bu devrenin durum denklemleri,



Şekil 1

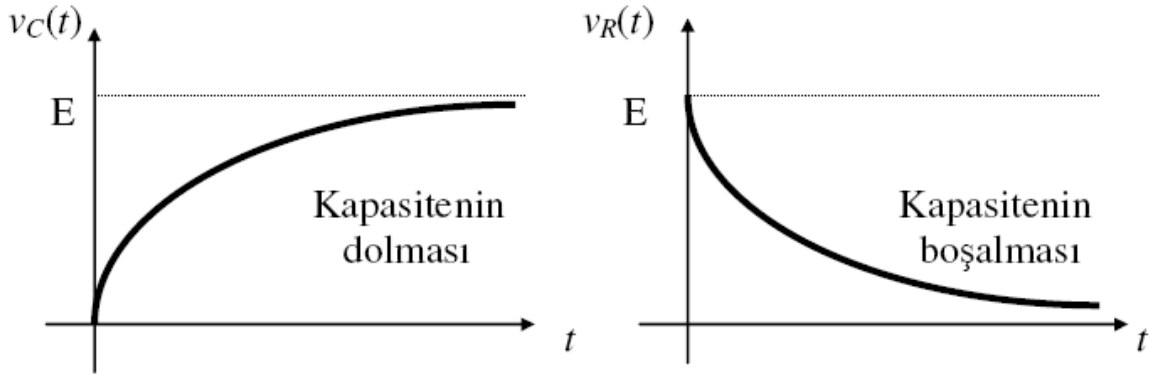
$$\frac{dv_c}{dt} = -\frac{1}{RC}v_c + \frac{1}{RC}e(t) \quad (1)$$

biçimindedir.

(1) denkleminde $e(t)=Eu(t)$ biçiminde basamak fonksiyonu ise, denklemin çözümü;

$$v_C(t) = e^{-t/RC} v_C(0) + E(1 - e^{-t/RC}) \quad (2)$$

olmaktadır. $v_C(0) = 0$ olması halinde, C ve R 'nin uçlarındaki gerilimlerin değişim biçimleri Şekil 2'de gösterildiği gibidir.

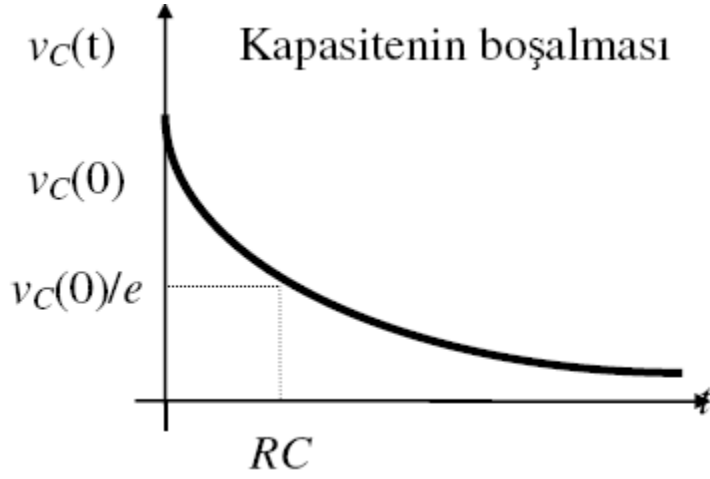


Şekil 2.

Şekil 1'deki devrede, $e(t)$ kaynağı çıkartılıp yeri kısa devre edilirse ((1) denkleminde $e(t) = 0$ alınırsa) (1) denkleminin çözümü,

$$v_C(t) = e^{-t/RC} v_C(0) \quad (3)$$

biçimindedir. Bu gerilimin zamanla değişim biçimi Şekil 3'te gösterilmiştir. (2) ve (3) denkleminde görülen RC devrenin zaman sabiti olup; R , ohm, C ise farad olarak konulduğunda birimi saniyedir.

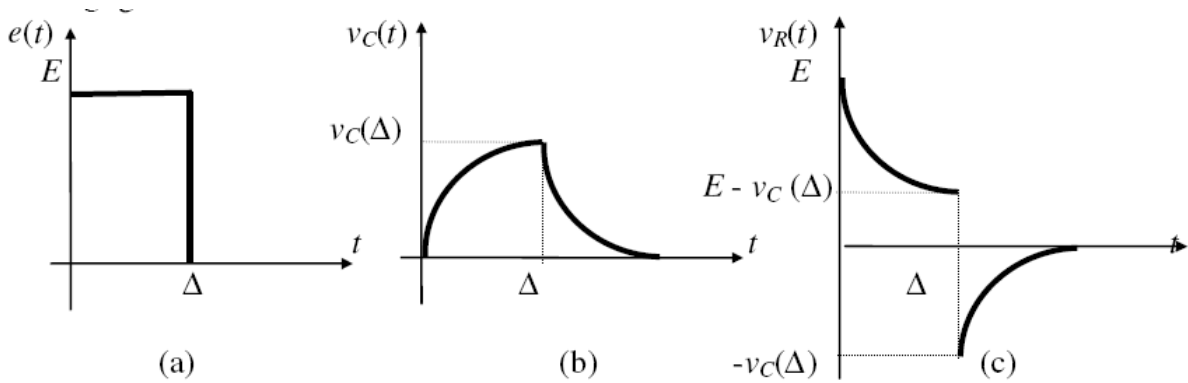


Şekil 3.

Şekil 1'deki devrede $e(t)$ kaynağı, Şekil 4a'da gösterildiği gibi bir darbe kaynağı ise, ($e(t) = E[u(t) - u(t-D)]$), $v_C(0) = 0$ olmak üzere, kapasitenin gerilimi;

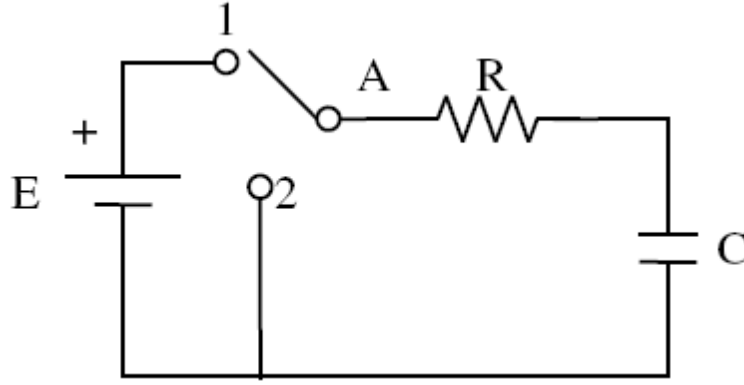
$$v_C(t) = E(1 - e^{-t/RC})u(t) - E(1 - e^{-(t-\Delta)/RC})u(t - \Delta) \quad (4)$$

olarak ifade edilir. C kapasitesinin ve R direncinin gerilimi Şekil 4b ve Şekil 4c'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.

$e(t)$ kaynağının Şekil 4a'daki gibi darbe kaynağı olması halinde, Şekil 1'deki devreyi Şekil 5'teki gibi düşünmek mümkündür.



Şekil 5.

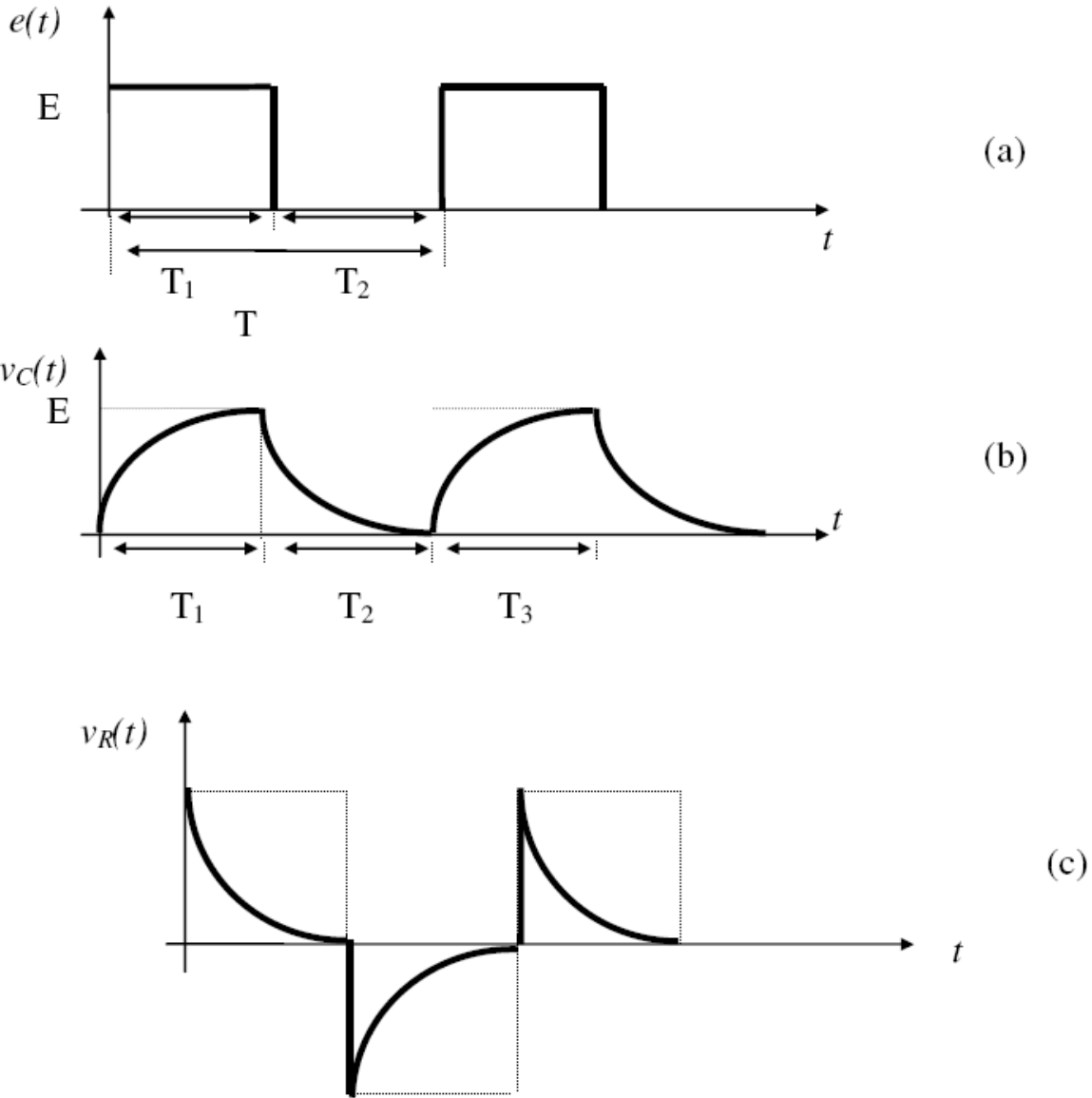
Bu durumda, Şekil 5'teki A anahtarının D zaman kadar 1 konumunda tutulduğu, sonra 2 konumuna alındığını belirtmek gerekir. A anahtarı 1 konumundayken, $0 \leq t < \Delta$ aralığında, C kapasitesinin uçlarındaki gerilim ifadesi olarak Şekil 4b'deki eğrinin sıfırdan Δ 'ya kadar olan aralıktaki kısmı geçerlidir. $t = \Delta$ olduğunda, kapasitenin gerilimi de $v_C \Delta = v_C(\Delta)$ olur. $t = \Delta$ olduğunda, A anahtarı da 2 konumuna alındığından kapasite boşalmaya başlayacaktır. $t \geq \Delta$ için, Şekil 3'te verilen eğri kullanılabilir; ancak bu eğriyi Δ kadar ötelemek ve $v_C(0)$ yerine de $v_C(\Delta)$ almak gerekir. Şekil 3 üzerinde yapılan bu işlem, (3) denkleminde t yerine $(t - \Delta)$ ve $v_C(0)$ yerine de $v_C(\Delta)$ yazmaya denktir. Bu açıklamalar aşağıdaki matematiksel bağıntıyla özetlenebilir;

$$v_C(t) = \begin{cases} E(1 - e^{-t/RC}) & ; 0 \leq t < \Delta \\ v_C(\Delta) e^{-(t-\Delta)/RC} & ; t \geq \Delta \end{cases} \quad (5)$$

(5) denkleminde, $v_C(0) = E(1 - e^{-(t-\Delta)/RC})$ olmaktadır. E, R, C ve t, Δ sayısal olarak verilince, $v_C(0)$ de sayısal olarak hesaplanabilir. Aynı şekilde $v_R(t)$ aşağıdaki gibi bulunabilir;

$$v_R(t) = \begin{cases} E e^{-t/RC} & ; 0 \leq t < \Delta \\ v_R(t) = () \\ v_C(\Delta) e^{-(t-\Delta)/RC} & ; t \geq \Delta \end{cases}$$

Sekil 1'deki devredeki $e(t)$ kaynağının Sekil 6'daki gibi bir dikdörtgen dalga kaynağı olduğunu düşünelim. C kapasitesinin uçlarındaki gerilimin değişimini incelemeye baslarken $R.C$ zaman sabitini, dikdörtgen dalganın periyoduyla karşılaştırmak gerekir.

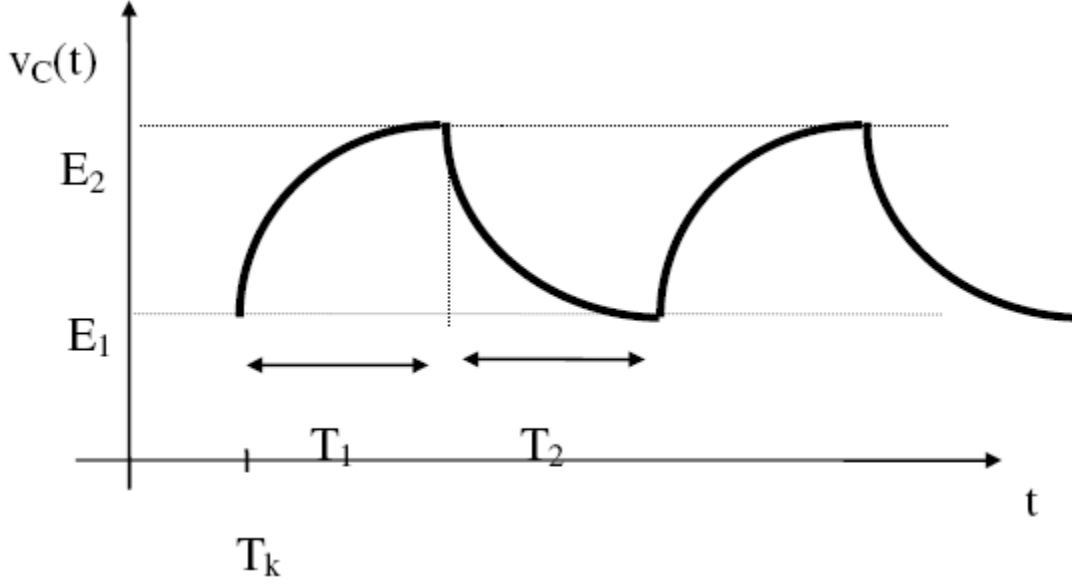


Şekil 6.

a) $R.C \ll T$ ise, kapasite birinci darbe ile T_1 süresince dolar ve T_2 zaman aralığında ikinci darbe gelene kadar boşalır. Zaman sabiti küçük olduğu için, T_2 kadarlık zamanda kapasitenin uçlarındaki gerilimin sıfıra ulaştığını kabul edebiliriz. İkinci darbe ve daha sonraki darbelerde olay aynı biçimde tekrarlanır; kapasitenin gerilimi periyodik olarak Sekil 6b'deki gibi değişir.

Bu gerilim, periyodik olduğu belirtilerek ve Δ yerine de T_1 konularak, (5) denklemiyle ifade edilebilir. R direncinin uçlarındaki gerilimin değişimi ise, Şekil 6c'deki gibidir.

b) RC zaman sabiti, periyotla karşılaştırılabilir büyüklükte ise, $v_C(t)$ 'nin değişimi Şekil 7'de gösterildiği gibi olacaktır. İlk darbe ile kapasite dolacak, darbe aralığında (T_2 süresince) kapasite tamamen boşalmadan ikinci darbe gelecek, tekrar kapasite dolacaktır. Bu durum başlangıçtaki darbeler için bu şekilde devam edecektir. Belirli darbe sayısından sonra kapasitenin uçlarındaki gerilimin değişimi periyodik hale gelecektir.



Şekil 7.

Olayın periyodik olmaya başladığı an T_k başlangıç olarak alınabilir. Burada problem, $v_C(t)$ 'nin periyodik hale gelinceye kadar, darbelerle uçlarında E_1 gerilimi bulunan ilk koşul kapasitesinin bir darbe ile darbe süresince (T_1) dolması ve darbe aralığında (T_2) boşalması olayıdır. O halde, olayı açıklamak için (2) ve (3) bağıntılarından yararlanılabilir;

$$v_C(t) = \begin{cases} e^{-t/RC} E_1 + E(1 - e^{-t/RC}) & ; 0 \leq t < T_1 \\ E_2 e^{-(t-T_1)/RC} & ; t \geq T_2 \end{cases} \quad (6)$$

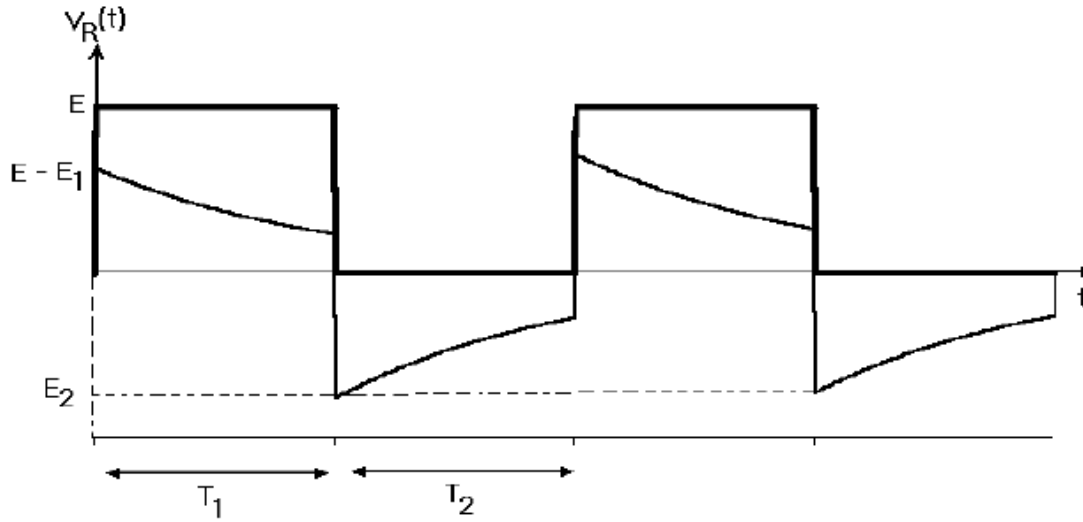
$t = T_1$ anında $v_C(T_1) = E_2$ ve $t = T_1 + T_2$ anında $v_C(T) = E_1$ olduğu düşünülürse, (6) denkleminde;

$$\left. \begin{aligned} E_2 &= E_1 e^{-T_1/RC} + E(1 - e^{-T_1/RC}) \\ E_1 &= E_2 e^{-T_2/RC} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

elde edilir. Bunlardan da;

$$E_2 = E \frac{1 - e^{-T_1/RC}}{1 - e^{-T/RC}} \quad E_1 = E \frac{e^{-T_2/RC} - e^{-T/RC}}{1 - e^{-T/RC}} \quad (8)$$

bulunur. Dikdörtgen dalganın darbe süresi T_1 , periyodu T , genliği E , devredeki R ve C 'nin sayısal değerleri verilirse (8)'deki bağıntılar yardımıyla E_1 ve E_2 sayısal olarak hesaplanır ve $v_C(t)$ 'nin zamanla değişim ifadesini veren (6) denklemleri de sayısal olarak bulunabilir. $v_C(t)$ belli olunca, $v_R(t)$ de şekil 8'deki gibi bulunabilir.



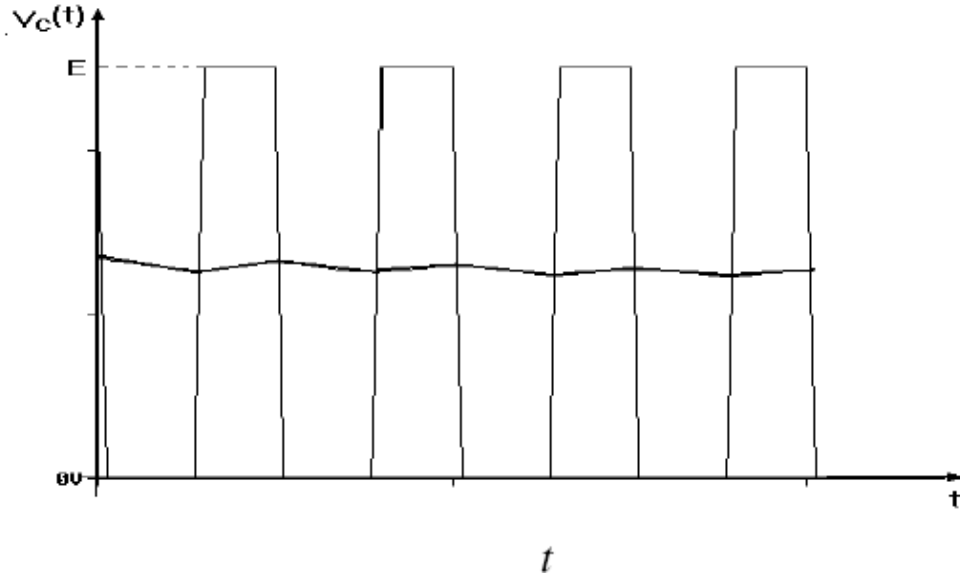
Şekil 8.

e) $RC \gg T$ ise, (6) ve (8) denklemleri yine geçerlidir. Ancak, bu denklemlerdeki üstel fonksiyonların hesabında bir yaklaşıklık mümkün olur. Daha açıkçası, $RC \gg T$ ise,

$$e^{-t/RC} \cong 1 - t/RC \quad 0 \leq t < T_1$$

$$e^{-(t-T_1)/RC} \cong 1 - (t - T_1)/RC \quad T_1 \leq t < T_2$$

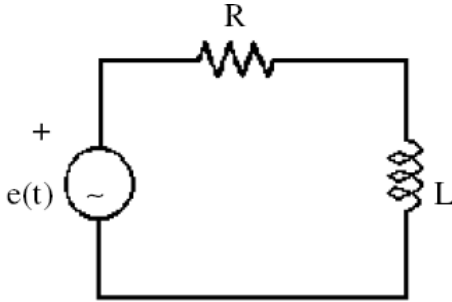
yazılabilir. Dolayısıyla, $v_C(t)$ 'nin değişimi Şekil 9'da gösterildiği gibi doğrusal olacaktır.



Şekil 9.

RL Devresi :

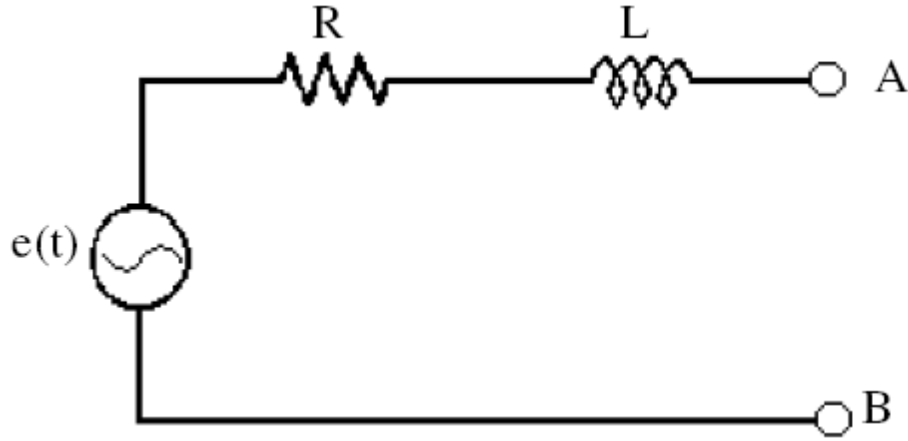
Şekil 10'daki RL devresini gözönüne alalım.



$$\frac{di_L}{dt} = -(R/L)i_L(t) + \frac{1}{L}e(t) \quad (9)$$

Şekil 10.

(9) denkleminin yapısı, (1) denklemi ile aynıdır. RC devresi için yapılan bütün incelemelerdeki yol uyarınca, RL devresi de incelemeler yapılabilir. Şekil 11'de gösterilen devre, bir enerji dağıtım sistemini basitçe modellemekte kullanılabilir. R, generatörden tüketiciye kadar yoldaki direnci (generatörün iç direnci, hat direnci vb.), L'de yoldaki endüktansı (generatörün iç endüktansı, hat endüktansı gibi) göstermektedir. Şekil 10'daki devrede A ve B uçları kısa edilip, generatör kısa devre edilmiş sisteme bağlandığında devredeki akımın zamanla değişimini inceleyelim. A ve B uçları kısa edilmiş Şekil 11'deki devrenin durum denklemleri, (9) denkleminde verildiği gibi olacaktır. Burada, $e(t)$ 'nin frekansı 50Hz olan bir kaynak olduğunu belirtelim.



Şekil 11.

$$e(t) = \sqrt{2}E \sin(\omega t) \quad (10)$$

Bu durumda, (9) denkleminin özel çözümünün;

$$i_L(t) = \frac{\sqrt{2}E}{Z} \sin(\omega t - \psi) \quad (11)$$

biçiminde olduğu gösterilebilir. Bu bağıntı da;

$$\left. \begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \\ \psi &= \arctg\left(\frac{\omega L}{R}\right) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

olmaktadır. (9) denkleminin homojen kısmının çözümü,

$$i_L(t) = I_h e^{-(R/L)t} \quad (13)$$

olmaktadır. Tam çözüm ise;

$$i_L(t) = I_h e^{-(R/L)t} + \frac{\sqrt{2}E}{Z} \sin(\omega t - \psi) \quad (14)$$

olacaktır. Kısa devre olmadan önce endüktanstan bir akım geçmediği için, $i_L(0) = 0$ 'dır. Bu ilk koşul da (14) denkleminde yerine konursa,

$$I_h(t) = \frac{\sqrt{2}E}{Z} \sin \psi \quad (15)$$

elde edilir. O halde (14) denklemi;

$$i_L(t) = \left(\frac{\sqrt{2}E}{Z} \sin \psi \right) e^{-(R/L)t} + \frac{\sqrt{2}E}{Z} \sin(\omega t - \psi) \quad (16)$$

biçiminde yazılabilir. (16) denkleminde birinci terim, geçici çözüm; ikinci terim ise kalıcı çözümü göstermektedir. (L/R) 'nin beş katı kadar bir zaman sonra geçici çözümün etkisi ihmal edilebilir. Kısa devrenin olduğu andan itibaren belirtilen zaman geçtikten sonra, devreden efektif değeri (E/Z) 'ye esit olan kalıcı kısa devre akımı geçer. (16) denklemiyle belirtilen $i_L(t)$, $\omega t = \pi/2 + \psi$ için en büyük değerine ulaşır. Akımın bu değeri, kısa devre darbe akımı;

$$I_s = \frac{\sqrt{2}E}{Z} \left(1 + \frac{\omega L}{Z} e^{-\frac{R}{\omega L} \left(\frac{\pi}{2} + \psi \right)} \right) \quad (17a)$$

ya da,

$$I_s = \sqrt{2} I_k'' x \quad (17b)$$

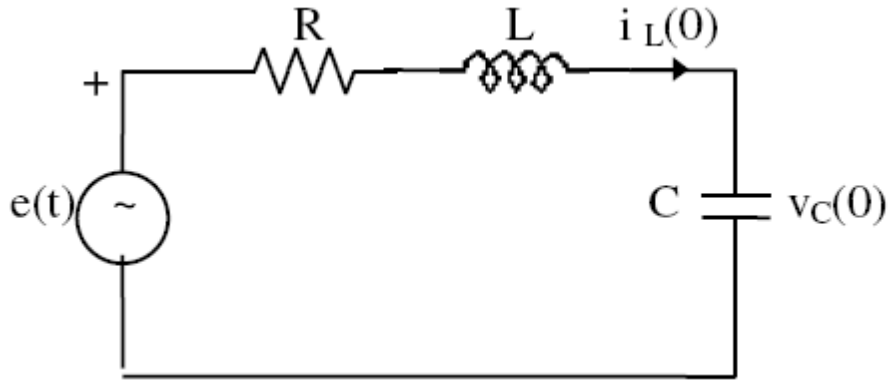
ile ifade edilir. Burada I_k'' , kalıcı kısa devre akımının değeri olup, E/Z 'ye esittir.

$$x = 1 + \left(1 / \sqrt{\left(\frac{R}{\omega L} \right)^2 + 1} \right) e^{-\left(\frac{R}{\omega L} \left(\frac{\pi}{2} + \psi \right) \right)} \quad (18)$$

olmaktadır. (18) denkleminde görüldüğü gibi, x katsayısı, $R/(wL)$ değerine bağlı bir sabittir. $R=0$ ise, $x=2$ olmaktadır. Bu halde, geçici çözümden dolayı devreden geçen akım, kalıcı kısa devre akımının 2 katına kadar çıkmaktadır. Şebekedeki elemanları seçerken, kısa devrenin başlangıcında akımın büyük değerlere ulaştığını göz önüne almanın gerektiği görülmektedir. Burada, generatörün bir gerilim kaynağı ve ona seri bağlı bir iç direnç ve iç endüktansla modellenmiş olduğunu hatırlayalım. Jeneratörü modelleyen $e(t)$ gerilim kaynağı ve iç endüktansı (L 'nin bir kısmı) kısa devre olayının başlamasından sonuna kadar aynı kalmaz.

RLC Devresi:

Şekil 12'deki RLC devresini göz önüne alalım.



Şekil 12

Bu devrenin durum denklemleri,

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} v_C(t) \\ i_L(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & (1/C) \\ (-1/L) & (-R/L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_C(t) \\ i_L(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ (1/L) \end{bmatrix} e(t) \quad (19)$$

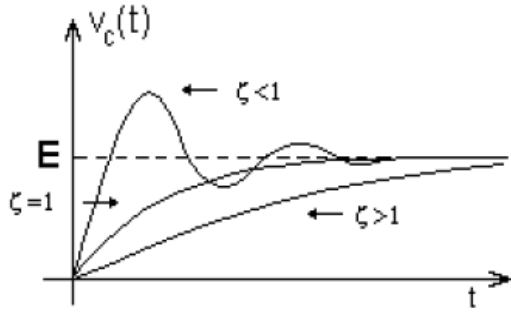
biçiminde elde edilir. Bu denklem sisteminin karakteristik denklemi,

$$p^2 + 2\zeta \omega_o p + \omega_o^2 = 0 \quad (20)$$

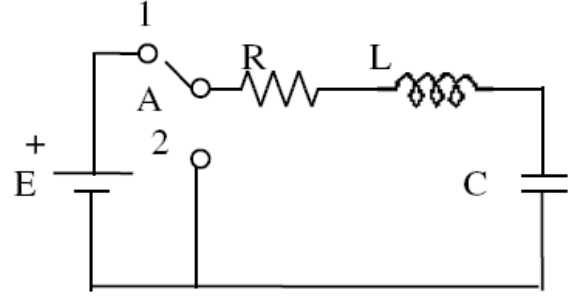
olmaktadır. Burada ,

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad , \quad \zeta = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} \quad (21)$$

$v_C(0) = 0$, $i_L(0) = 0$ alınarak, her üç halde $v_C(t)$ 'nin zamanla değişimi Şekil 13'te kabaca çizilmiştir.

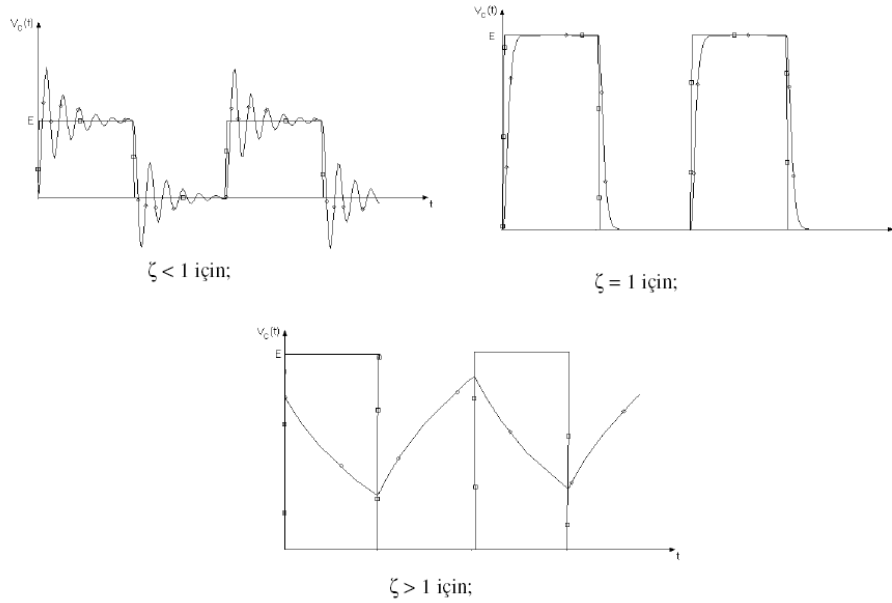


Şekil 13



Şekil 14

Şekil 13'te görüldüğü gibi, her üç halde de kapasitenin uçlarındaki gerilim E 'ye doğru gitmektedir. Şekil 12'deki devrede $e(t)$ 'nin $E(u(t)-u(t-D))$ biçiminde bir darbe kaynağı olduğunu düşünelim. Bu durumda devreyi Şekil 14'teki gibi yorumlamak incelemeye kolaylık getirebilir. A anahtarı D kadar bir süre (1) konumunda bırakıldıktan sonra, (2) konumuna alınıyor. $v_C(0)$, $i_L(0)$ ilk koşullarının var olduğunu düşünelim. Anahtar (1) konumunda olduğu sürece, $0 \leq t < \Delta$ aralığında, z 'nin değerine bağlı olarak, ya (23), ya (24), ya da (25) denklemini kullanabiliriz. $t = \Delta$ anında, $i_L(\Delta)$ ve $v_C(\Delta)$ 'yi bu bağıntılar yardımıyla bulabiliriz. Anahtar (2) konumunda iken, devrede kaynak olmadığı için yalnızca öz çözüm vardır. $t > \Delta$ için, $v_C(t)$ ve $i_L(t)$ 'yi bulmak için z 'nin değerine göre (23), (24), (25) denklemlerinden biri kullanılabilir. $t > \Delta$ için, $v_C(t)$ ve $i_L(t)$ 'yi ifade etmek için, bu denklemlerde t yerine $(t - \Delta)$, $v_C(0)$ ve $i_L(0)$ yerine, $v_C(\Delta)$ ve $i_L(\Delta)$, E yerine de sıfır koymak yeterlidir. Δ 'nın yeterince büyük olduğunu düşünürsek, $v_C(t)$ 'nin ζ 'ye göre değişimi Şekil 15'teki şekiller gibi olacaktır.



Şekil 15.

LABORATUAR DENEYLERİ

DENEY-I : Temel AC /RC Devrelerde Frekans, Genlik ve Faz Ölçümü

DENEY-II : Temel AC RC ve RL Devreleri

DENEY-III : Seri AC RLC Devreleri

DENEY-IV : Paralel RLC Devreleri

DENEY-V : AC Devrelerde Güç

DENEY-VI : Trafo Uygulaması

DENEY-VII : 3-Fazlı Y-Y Bağlı Balans Devreler

DENEY-VIII: 3-Fazlı Δ - Δ Bağlı Balans Devreler

DENEY-IX : Pasif Filtreler

I. DENEY: Temel AC /RC Devrelerde Frekans, Genlik ve Faz Ölçümü

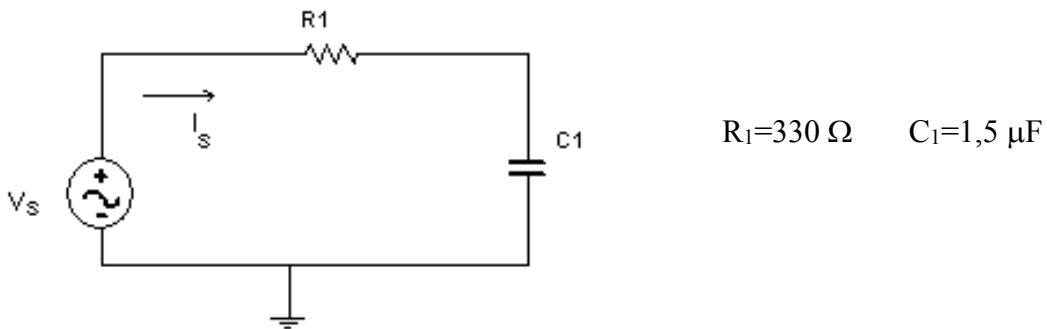
AMAÇ: Bu deneyin amacı seri AC RL ve RC devrelerde genlik ve faz incelenmesidir. Bu konu ile ilgili teori EEM 204 dersinde verilmiştir.

ÖN ÇALIŞMA: Aşağıda deney çalışması olarak verilen devre için istenen değerlere ait formüller çıkarılacak ve her bir değer hesaplanacaktır. Böylece yapılan hesaplama ile deneyde yapılan ölçümlerden elde edilen değerler karşılaştırılacak ve deney raporunun sonuna bu değerler arasında gözlenen farklılıkların sebepleri ile ilgili yorum yazılacaktır.

DENEY ÇALIŞMASI:

1. İşaret üreticiden (function generatör) $v_s(t)=10\cos(2000\pi t)$ işaretini üretip osiloskopta (Kanal 1) gösteriniz.
2. Şekildeki devreyi kurunuz: I_s , V_{C1} ve V_{R1} 'yi Kanal 2'de gösteriniz.
3. I_s , V_s , V_{C1} ve V_{R1} 'i kağıda çiziniz. Bunların frekans, periyot, genlik ve fazlarını osiloskoptan ölçüp, belirtiniz.
4. I_s , V_s , V_{C1} ve V_{R1} 'n RMS değerlerini multimetreyle ölçünüz.

DEVRE ŞEMASI :



SONUÇLAR ve YORUMLAR

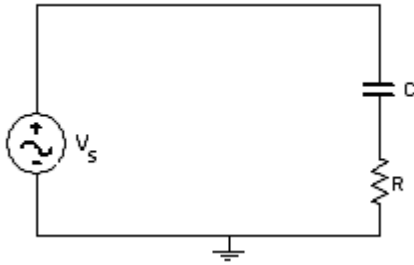
1. Deney bölümünde yaptığımız bütün işlemleri ve ölçümleri rapor ediniz. Yorumlarınızı ekleyiniz.
2. Devrenin teorik hesaplarını yaparak ölçümlerle karşılaştırınız.

II. DENEY: Temel AC RC ve RL Devreleri

AMAÇ: Bu uygulamada temel RC ve RL AC devre analizinin öğrenilmesi ve algılanması amaçlanmaktadır.

ÖN ÇALIŞMA:

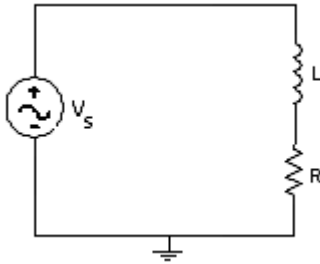
1. Şekil 1’de verilen temel AC-RC devresinin V_R ve V_C gerilimlerini fazör gösterimini kullanarak bulunuz. Bu devrede kullanılan elemanlar ve giriş AC gerilimin frekans değerleri tabloda verilmiştir. $V_S=10\cos(2\pi ft)$



f (frekans)	100 Hz, 1kHz, 5kHz
C	1 μ F
R ₁	1 k Ω , 10 k Ω

Şekil 1. RC Devresi

2. Şekil 2’de verilen temel AC RL devresinin V_R ve V_L gerilimlerini fazör gösterimini kullanarak bulunuz. Bu devrede kullanılan elemanlar ve giriş AC gerilimin frekans değerleri tabloda verilmiştir. $V_S=10\cos(2\pi ft)$



f (frekans)	100 Hz, 1kHz, 2kHz, 5kHz
L	100 mH
R	330 k Ω

Şekil 2. RL Devresi

DENEY ÇALIŞMASI :

1. Şekil 1’ de verilen devreyi board üzerine kurunuz. Giriş AC gerilimin frekans değerlerini (100 Hz, 1kHz, 2kHz, 5kHz) değiştirerek V_C, V_R gerilimlerini V_S gerilimi ile beraber osiloskop kullanarak gösteriniz. R ve C değerlerini değiştirerek ölçümlerin nasıl farklılık gösterdiğini bulunuz.

2. Şekil 2' de verilen devreyi board üzerine kurunuz. Giriş AC gerilimin frekans değerlerini (100 Hz,1kHz, 2kHz, 5kHz) değiştirerek V_L, V_R gerilimlerini V_S gerilimi ile beraber osiloskop kullanarak gösteriniz. Elde ettiğiniz grafikleri **milimetrik kağıda** çiziniz. R ve C değerlerini değiştirerek ölçümlerin nasıl farklılık gösterdiğini bulunuz.

SONUÇLAR ve YORUMLAR

Uygulamalarda elde ettiğiniz sonuçları göstererek karşılaştırınız ve yorumlayınız. Sonuçları anlaşılır biçimde ifade ediniz.

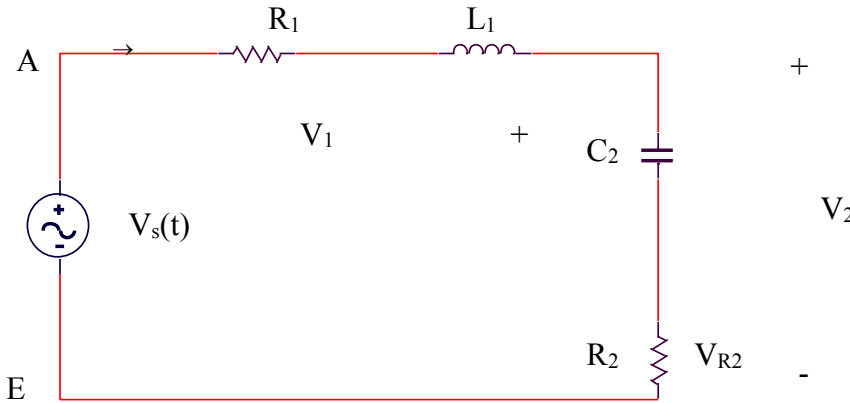
III. DENEY: Seri AC RLC Devreleri

AMAÇ: Bu deneyin amacı seri AC devrelerde voltaj bölücü kuralının uygulanmasıdır. Bu konu ile ilgili teori EEM 204 dersinde verilmiştir. Voltaj bölücü devre, öncelikle matematiksel daha sonrada deneysel olarak analiz edilecektir. En son olarak matematiksel ve deneysel sonuçlar karşılaştırılacaktır.

ÖN ÇALIŞMA:

Şekilde görülen devrede $V_s(t)=5\cos(1000\pi t)$ dir.

- 1) Tablodaki değerleri kullanarak V_1 , V_2 , V_{R2} gerilimleri için genlik ve faz açılarını hesaplayınız.
- 2) I_s akımı için genlik ve faz açısı değerlerini hesaplayınız.



Direnç	Değer
R_1	1 kohm
R_2	0.82 kohm
L_1	100 mH, 1mH
C_2	0.2 μ F

DENEY ÇALIŞMASI:

1. Şekildeki devreyi kurunuz ve V_s gerilimini osiloskopta elde ediniz.
2. V_2 ve V_{R2} 'nin genlik ve faz açılarını V_s (Kanal 1) ye göre ölçünüz. Not: Osiloskopun toprak ucunu E düğüm noktasına bağlayınız.
3. V_1 'in genlik ve faz açılarını V_s (Kanal 1) ye göre ölçünüz. Not: Osiloskopun toprak ucunu A düğüm noktasına bağlayınız.

SONUÇLAR ve YORUMLAR

1. Deney bölümünde yaptığınız bütün işlemleri ve ölçümleri rapor ediniz. Yorumlarınızı ekleyiniz.
2. Devrenin teorik hesaplarını yaparak ölçümlerle karşılaştırınız.

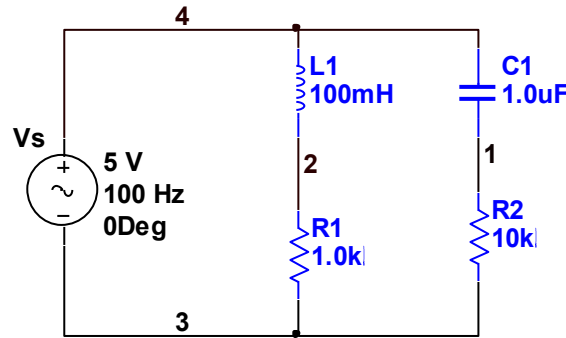
IV. DENEY: Paralel RLC Devreleri

AMAÇ: Bu deneyin amacı seri AC devrelerde voltaj bölücü kuralının uygulanmasıdır. Bu konu ile ilgili teori EEM 204 dersinde verilmiştir. Voltaj bölücü devre, öncelikle matematiksel daha sonrada deneysel olarak analiz edilecektir. En son olarak matematiksel ve deneysel sonuçlar karşılaştırılacaktır.

ÖN ÇALIŞMA:

Şekilde görülen devrede $V_s(t)=5\cos(1000\pi t)$ dir.

1. Tablodaki değerleri kullanarak V_1 , V_2 , V_{R2} gerilimleri için genlik ve faz açılarını hesaplayınız.
2. I_s akımı için genlik ve faz açısı değerlerini hesaplayınız.



Şekil 1

Direnç	Değer
R_1	1 kohm, 10kohm
R_2	10 kohm
L_1	1mH, 100mH
C_2	1 μ F, 10 μ F

DENEY ÇALIŞMASI :

1. Şekildeki devreyi kurunuz ve V_s gerilimini osiloskopta elde ediniz.
2. V_2 ve V_{R2} 'nin genlik ve faz açılarını V_s (Kanal 1)'ye göre ölçünüz.
3. V_1 'in genlik ve faz açılarını V_s (Kanal 1) ye göre ölçünüz.

SONUÇLAR ve YORUMLAR

1. Deney bölümünde yaptığınız bütün işlemleri ve ölçümleri rapor ediniz. Yorumlarınızı ekleyiniz.
2. Devrenin teorik hesaplarını yaparak ölçümlerle karşılaştırınız.

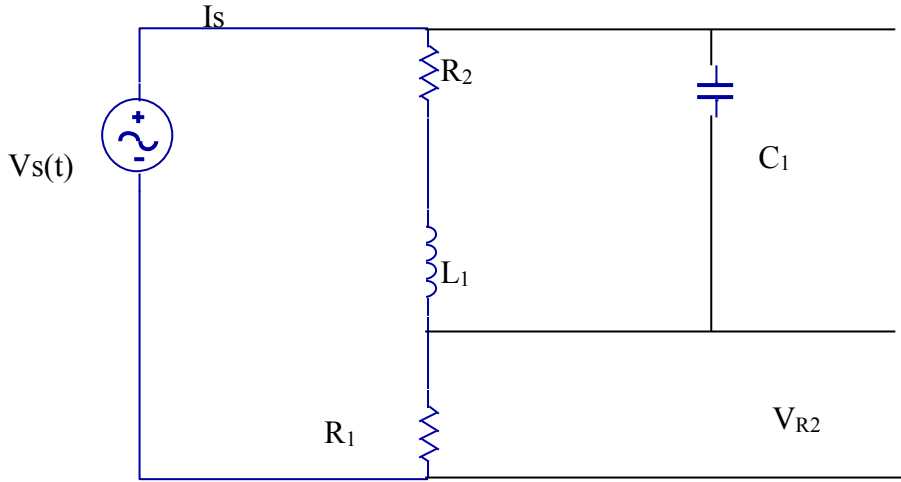
V. DENEY: AC Devrelerde Güç

AMAÇ: Bu deneyin amacı AC devrelerde güç analizini incelemektir.

DENEY ÇALIŞMASI :

1. Şekil 1'deki devreyi kapasitör hariç, Tablodaki değerleri kullanarak kurunuz. $V_s(t)=10\cos(2000\pi t)$ dir.
2. V_s voltajını ve I_s akımını hesaplayınız. V_{R1} ve V_s arasındaki faz farkını hesaplayınız.
3. C_1 kapasitörünü şekilde görüldüğü gibi bağlayarak B şıkkını tekrar edin.
4. Sonuçları yorumlayın.

R_1	100 ohm
R_2	1 kohm
L_1	100 mH
C_1	1 μ F



Şekil 1

SONUÇLAR ve YORUMLAR

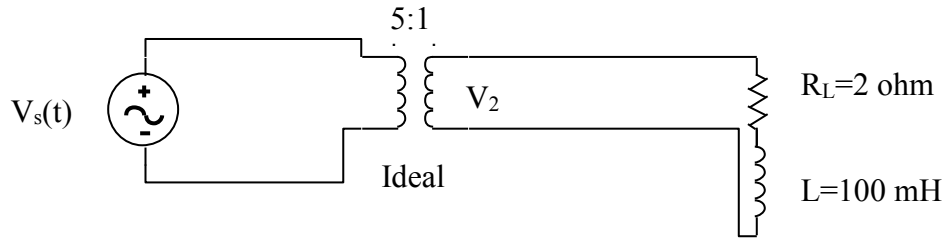
1. Deney bölümünde yaptığınız bütün işlemleri ve ölçümleri rapor ediniz. Yorumlarınızı ekleyiniz.
2. Devrenin teorik hesaplarını yaparak ölçümlerle karşılaştırınız.

VI. DENEY: Trafo Uygulaması

AMAÇ: Bu çalışmada temel trafo devresinde gerilim, akım ve güç analizleri teorik ve deneysel olarak yapılacaktır.

ÖN ÇALIŞMA:

1. Şekildeki devrede $V_s(t)=5\cos(2000\pi t)$ dir. V_2 ve I_2 bulunuz.
2. Kaynağın ürettiği ortama gücü ve reaktif gücü bulunuz.
3. Yük üzerinde harcanan ortama gücü ve reaktif gücü bulunuz.



DENEY ÇALIŞMASI :

1. Şekildeki devreyi kurunuz. V_2 , I_2 'nin genlik, faz ve frekansını ölçünüz.
2. Kaynağın ürettiği ortama gücü ve reaktif gücü ölçünüz
3. Yük üzerinde harcanan ortama gücü ve reaktif gücü ölçünüz.

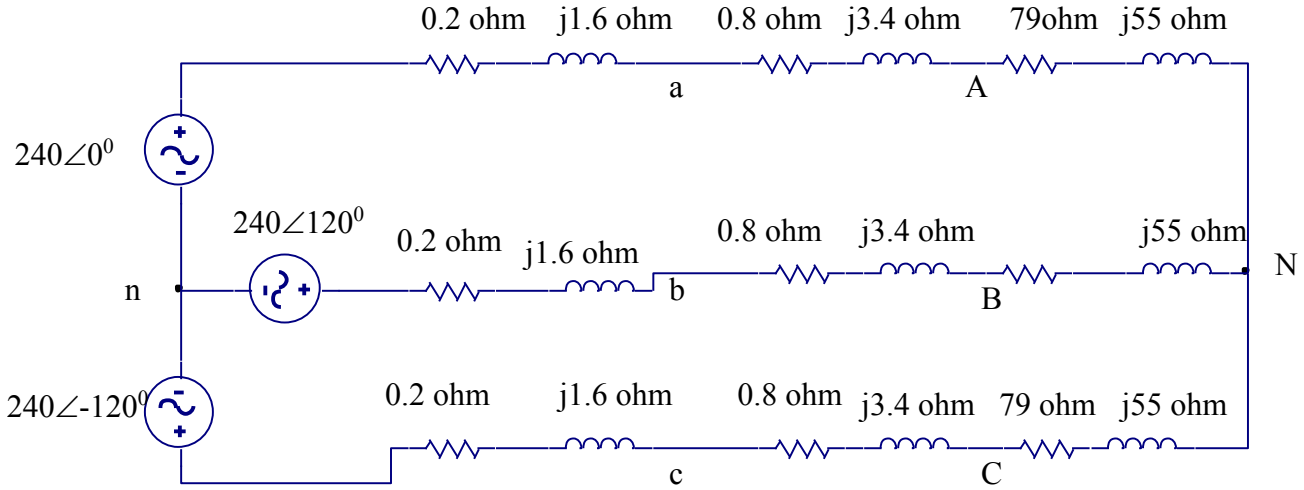
SONUÇLAR ve YORUMLAR

1. Deney bölümünde yaptığımız bütün işlemleri ve ölçümleri rapor ediniz. Yorumlarınızı ekleyiniz.
2. Devrenin teorik hesaplarını yaparak ölçümlerle karşılaştırınız.

VII. DENEY: 3-Fazlı Y-Y Bağlı Balans Devreler

AMAÇ: Bu deneyin amacı 3- Fazlı Y-Y bağlı devrelerde gerilim, akım ve güç analizini teorik ve deneysel olarak incelemektir.

ÖN ÇALIŞMA:



1. Şekildeki 3-fazlı devrede $f=2000$ Hz dir. Yük için hat ve faz gerilim ve akımlarını bulunuz (genlik ve faz olarak).
2. Her bir yükün çektiği ortalama gücü bulunuz. Yükün çektiği toplam ortalama gücü bulunuz.
3. 2-wattmetre yöntemi ile yükün çektiği toplam ortalama gücü bulunuz. 2'de bulduğunuz sonuç ile karşılaştırınız.
4. İletim hattında (tek faz) kaybolan ortalama gücün, kaynak tarafından üretilen güce (tek faz) oranını % olarak bulunuz.

DENEY ÇALIŞMASI:

1. Şekildeki 3-fazlı devrede $f=2000$ Hz dir. Yük için hat ve faz gerilim ve akımlarını ölçünüz (genlik ve faz olarak).
2. Her bir faz yükünün çektiği gücü ölçünüz (Toprağa göre). Yükün çektiği toplam gücü ölçünüz.

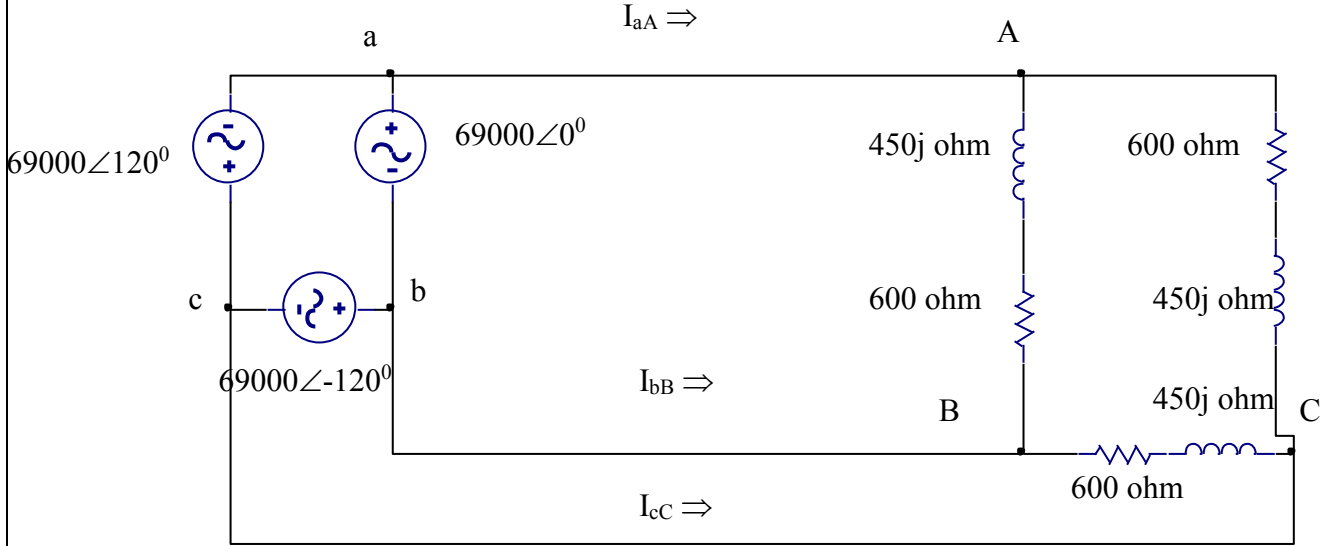
3. 2-wattmetre yöntemi ile yükün çektiği toplam gücü ölçünüz. 2'de bulduğunuz sonuç ile karşılaştırınız.
4. İletim hattında (tek faz) kaybolan ortalama gücü ve kaynağın ürettiği gücü (tek faz) ölçünüz. Kayıp oranını bulunuz.

SONUÇLAR ve YORUMLAR

1. Deney bölümünde yaptığınız bütün işlemleri ve ölçümleri rapor ediniz. Yorumlarınızı ekleyiniz.
2. Devrenin teorik hesaplarını yaparak ölçümlerle karşılaştırınız.

VIII. DENEY: 3-Fazlı Δ - Δ Bağlı Balans Devreler

AMAÇ: Bu deneyin amacı 3- Fazlı Δ - Δ bağlı devrelerde gerilim, akım ve güç analizini teorik ve deneysel olarak incelemektir.



ÖN ÇALIŞMA:

Şekildeki 3 fazlı devrede $f=2000$ Hz

1. $I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}, I_{aA}, I_{bB}, I_{cC}, I_{ba}, I_{cb}, I_{ac}$ akımlarını bulunuz.
2. V_{AB}, V_{BC}, V_{CA} gerilimlerini bulunuz.
3. Yükün her bir fazındaki gücü hesaplayınız.

DENEY ÇALIŞMASI:

1. $I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}, I_{aA}, I_{bB}, I_{cC}, I_{ba}, I_{cb}, I_{ac}$ akımlarını ölçünüz.
2. V_{AB}, V_{BC}, V_{CA} gerilimlerini ölçünüz.
3. Yükün her bir fazındaki gücü ölçünüz.

SONUÇLAR ve YORUMLAR

1. Deney bölümünde yaptığımız bütün işlemleri ve ölçümleri rapor ediniz. Yorumlarınızı ekleyiniz.
2. Devrenin teorik hesaplarını yaparak ölçümlerle karşılaştırınız.

IX. DENEY: Pasif Filtreler

AMAÇ: Bu deneyin amacı farklı genlik ve frekanslar için pasif filtre devrelerinin yanıtlarının incelenmesidir.

ÖN ÇALIŞMA:

Şekil 1, 2, 3 ve 4'teki devreler için transfer fonksiyonlarını bulunuz ve kesim frekanslarını hesaplayınız.

DENEY ÇALIŞMASI:

A) Alçak Geçiren Filtre

- 1) $R=10$ kohm ve $C=1$ μ F kullanarak alçak geçiren filtre devresini tasarlayınız.
- 2) Sinyal kaynağının genliğini 4 V (p-p) ayarlayın, aşağıdaki giriş frekansları için çıkış gerilimlerini ölçünüz 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 40, 60, 80 ve 100 (kHz).
- 3) Ölçtüğünüz gerilim değerlerini aşağıdaki formülle decibele çevirin,

$$dB=20 \log (V_o/V_i) \quad (V_i \text{ 'yi } 4 \text{ V (p-p)' de sabit tutun})$$

- 4) Yarı logaritmik grafik kağıdı kullanarak decibel değerlerini frekansa göre çiziniz.
- 5) Çizimden yararlanarak gerçek kesim frekansını bulunuz.

B) Yüksek Geçiren Filtre

$R=4.7$ kohm ve $C=1$ μ F kullanarak yüksek geçiren filtre devresini tasarlayınız ve yukarıdaki 2-5 işlem basamaklarını yapınız.

C) Bant Geçiren Filtre

$R_1=10$ kohm, $R_2=10$ kohm ve $C_1=1$ μ F, $C_2=1$ μ F kullanarak band geçiren filtre devresini tasarlayınız ve yukarıdaki 2-5 işlem basamaklarını yapınız.

D) Bant Durduran Filtre

$R_1=47$ kohm, $R_2=47$ kohm, $R_3=47$ kohm ve $C_1=1000$ pF, $C_2=1000$ pF, $C_3=2000$ pF kullanarak band durduran filtre devresini tasarlayınız ve yukarıdaki 2-5 işlem basamaklarını yapınız.

SONUÇLAR ve YORUMLAR

1. Deney bölümünde yaptığınız bütün işlemleri ve ölçümleri rapor ediniz. Yorumlarınızı ekleyiniz.
2. Devrenin teorik hesaplarını yaparak ölçümlerle karşılaştırınız.