

# PSPICE: ELEKTRİK DEVRE ANALİZİ PROGRAMI

Adnan AÇAN  
ODTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümü

## 1- GİRİŞ

Elektrik ve elektronik mühendisliğinde devre analizi gerek tasarımı yapılan devrelerin gerekse elektriksel elemanlarla benzetimlenen sistemlerin çalışma koşullarını belirlemek veya test etmek için tasarım aşamasından hemen sonra gelir. Bu konuda yoğun akademik faaliyetlerle birlikte oldukça kullanışlı bilgisayar yazılımları da geliştirilmiştir.

SPICE Berkeley'de geliştirilmiş genel amaçlı bir devre analizi programıdır. Ancak bu program, yazılımın büyüklüğü ve büyük boyutlu devrelerin analizindeki hafıza gereksinimi nedeniyle kişisel bilgisayarlarda kullanılamıyordu. Kişisel bilgisayar ve özellikle ders düzeyinde uygulamalar için, SPICE devre boyutunda ve kişisel bilgisayar hafıza kapasitesindeki sınırlamalar gözününe alınarak uyarlanmış ve PSPICE adı altında yeni bir türevi piyasaya sürülmüştür.

PSPICE 512 kbytes hafızaya gereksinim duyar ve devre boyutu maximum 10 transistörle sınırlıdır. IBM PC, XT, AT veya uyumlu kişisel bilgisayarlarda çalıştırılabilir. Matematiksel yardımcı mikroişlemcili sistemlerde işlem hızı 5-15 kat daha fazladır ve yüksek çözünürlükte grafik çıktı elde etmek mümkündür.

Bu çalışmada PSPICE çeşitli uygulamaları açısından ele alınmış ve örneklerle tanıtılmıştır. Gelecek bölümlerde <ve> işaretleri mutlaka kullanılması gereken öğeleri, [ve] işaretleri ise kullanılması zorunlu olmayan ancak kullanıcı tarafından seçilebilecek öğeleri göstermek için kullanılmıştır. Ayrıca bazı bilgisayar terimlerinin İngilizce karşılıklarında yazının sonuna eklenmiştir.

## 2- BAŞLATMA VE ÇALIŞMA GEREKSİNİMLERİ

PSPICE yazılımı PSPICE1. EXE ve PSPICE2. EXE programlarından oluşur ve bu iki program sırayla çalıştırılırlar. Ayrıca CONFIG. SYS dosyası,

DEVICE - ANSI. SYS

BUFFERS-10

sıralarını içermeli ve ANSI. SYS dosyası da ana kütükde bulunmalıdır.

PSPICE'in çalıştırılması için bir giriş dosyası ve bir de çıkış dosyasına ihtiyaç duyulur. Giriş dosyası adı uzantısız verildiğinde program tarafından CIR olarak alınır. Çıkış dosyası adr belirtilmezse giriş dosyası adının aynısı olarak alınır ve sonuna OUT uzantısı eklenir. Çıkış dosyasını bir yazıcı veya çizmeye yansıtma için bu cihazların adlarının çıkış dosyası yerine kullanılması yeterlidir. Program aşağıdaki komutla başlatılır;

PSPICE 1 Giriş dosyası Çıkış dosyası

PSPICE1. EXE PSPICEA. TMP ve PSPICEB. TMP adıyla iki geçici dosya yaratır. Bu geçici dosyalar daha sonra PSPICE2. EXE tarafından kullanılırlar. PSPICE2. EXE de T3. TMP ve T4. TMP adlarında iki geçici dosya daha yaratır ve programın hatasız bitirilmesi durumunda bu dört geçici dosya iptal edilirler.

## 3- VERİ GİRİŞ

PSPICE büyük ve küçük harflere duyarlıdır. Yani aynı kelimenin büyük harflerle yazılanı küçük harflerle yazılandan farklı değerlendirilir. Bütün anahtar kelimeler büyük harflerle yazılmalıdır.

Giriş dosyasının ilk satırı başlık için kullanılır ve genelde tasarımı yapılan devrenin veya kullanılan dosyanın adını içerir. Başlık satırı çıktı dosyasına birinci satır olarak aynen aktarılır.

Giriş dosyasının en son satırı END dir. Bu satırın ilk görüldüğü yerde program veri okumayı durdurur.

Açıklamalar için kullanılan satırların başına (\*) konulur. Bu satırlar program tarafından dikkate alınmazlar.

Başlık satırı, alt devre tanımları ve END satırı dışındaki satırlar istenildiği şekilde sıralanabilirler. Parametreler arasındaki boşluklar dikkate alınmazlar ve boşluklar yerine virgül de kullanılabilir.

Eleman adları bir harfle başlar, daha sonra herhangi bir harf veya sayı kullanılabilir ve en fazla 8 karakter uzunluğunda olabilirler.

Devre üzerindeki düğümler doğal sayılarla isimlendirilirler. Bu sayılar 0 ile 9999 arasında değişebilir ve 0 olarak tanımlanmıştır. Düğüm numaraları ardarda olmak zorunda değildir.

Eleman değerleri Standard gerçel sayı notasyonunda yazılır ve istenirse boyut ve birim ekleri kullanılabilir.

PSPICE da tanımlanan boyut ekleri ve değerleri aşağıdaki gibidir.

A-1E-15

P-1E-12

N-1E-9

U.1E-6

MİL - 25.4 E - 6

M-1E-3

K-1E+3

MEG-1E+6

G-1E+9

T-1E+12

bu eklerin dışında kalan herhangi bir harf birim eki olarak kullanılabilir, örneğin, fi, F, H....

## 4- DEVRE ELEMANLARI

Her devre elemanı giriş dosyasında nokta ile başlamayan bir satır ile temsil edilir. Bu satırların genel düzeni

<eleman adı> <2 veya daha fazla düğüm> <model adı>  
<değerler>

Eleman adının ilk harfi bu elemanın tipini belirler. Eleman tipi ise satırın geri kalan kısmının yorumlanmasını sağlar. Bazı elemanlar için model isimleri kullanılabilir. Modeller birden fazla eleman için aynı parametrelerin tek bir yerde belirtilmesi yönünden büyük kolaylık getirirler.

Eleman satırlarının sırası bir önem taşımaz. Elemanlar arası bağlantılar düğümlerle sağlanır ve aynı düğüme sahip bütün elemanlar birbirleriyle bağlanmış olurlar.

Çeşitli tipdeki eleman grupları ve PSPICE daki gösterimleri aşağıda açıklanmıştır.

#### 4.1. Pasif Elemanlar

PSPICE da tanımlanan pasif elemanlar, dirençler, kapasitörler, bobinler, transformatörler ve iletim hatlarıdır. Bu elemanlar belirtilirken her birinin adının başına sırasıyla R, C, L, K ve T harfleri getirilir.

#### 4.2. Yarı İletkenler

Diyodlar, BJTler, JFETler ve MOSFETler tanımlanabilen yarı iletken türleridir, bu eleman gruplarını belirtmek için her gruba ait eleman adının başına sırasıyla D, Q, J ve M harfleri getirilmelidir. Yarı iletken elemanlara ait parametreler ya eleman satırında verilir veya bir model ismi belirtilerek model satırındaki parametrelere eşlenirler. Birbirlerinden bağımsız olarak her eleman satırını büyüklük bilgisinde içerebilir. Büyüklük bilgisi diyodlar, BJPler ve JFETler için boyut çarpımı, MOSFEPler içinse, uzunluk, genişlik, kaynak ve kapı alanları, ve çevre uzunluklarını içerir.

#### 4.3. Voltaj ve Akım Kaynakları

Akım kontrollü akım kaynağı, voltaj kontrollü akım kaynağı, akım kontrollü voltaj kaynağı ve voltaj kontrollü voltaj kaynağı biçiminde 4 tür kontrollü kaynak tanımlanmıştır. Yukarıdaki 4 grup kaynak adları belirtilirken her gruba ait eleman adının başına sırasıyla E, F, G ve H harfleri getirilir. Kontrollü kaynaklar kendilerini kontrol eden kaynağın bir doğrusal veya polinom fonksiyonu olabilirler.

Bağımsız kaynaklar değişik analizler için değişik formlara sokulabilirler. DC, AC veya geçici durum analizleri için değişik bağımsız kaynak biçimleri tanımlamak mümkündür. Her kaynak kendi DC, AC ve geçici durum değerlerini diğer kaynaklardan bağımsız olarak alır. Eğer hiçbir değer belirtilmemişse program DC ve AC değerlerini sıfır, geçici durum değerini de DC olarak alır.

Devrede akım ölçebilmek için, hiçbir değer bilgisi taşımayan bağımsız voltaj kaynakları kullanılır. Bu kaynaklar bütün analizlerde sıfır voltaj değerine sahiptirler ve içlerinden geçen akımın kaydedilmesine olanak sağlarlar.

#### 4.4. Modeller

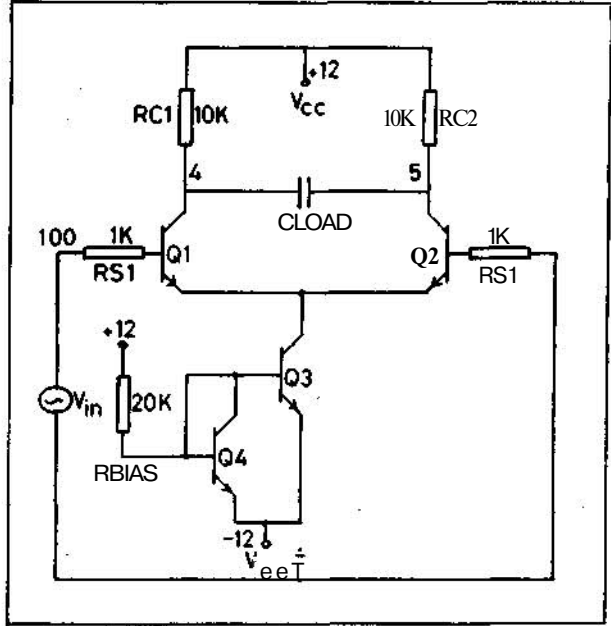
Birçok eleman değişik parametre değerleri için model isimleri kullanırlar. Model belirtmek için kullanılan genel form

MODEL <adı> <tipi> [<parametre> - <değer>, <parametre> « <değer>... ]

biçimindedir.

Tanımlanmış model tipleri R, D, NPN, PNP, JFN, JFP, NMOS ve PMOS dur. Bunlar sırasıyla direnç, diyot, NPN, BJT, PNP, BJT, n-kanal JFET, P-kanal JFET, n-kanal MOS ve P-kanal MOS grubu elemanlar için kullanılırlar. Her model kendi parametrelerine sahiptir ve bu parametrelerin tamamının, bir kısmının veya hiçbirinin belirtilmemesi mümkündür. Belirtilmeyen parametreler için program önceden belirlenen başlangıç değerlerini kullanır.

Şekil-1'de verilen örnek devre için DC, Ac ve geçici durum (TRAN) analizleri yapılmış ve belirtilen düğümlerde her üç analiz sonuçları Şekil-2, Şekil-3 ve Şekil-4'de gösterilmiştir.



Şekil-1. Düşük Kaymalı Farksal Yükselteç (Low-Drift Differential Amplifier)

## 5- KOMUTLAR

Bütün komutlar nokta (.) ile başlayan satırlarda yer alırlar. Bir komuta ait bilgilerin bir satıra sığmaması durumunda bir sonraki satırın başına (+) işareti konularak önceki satırın devamı haline getirebilir. Aynı komutun birden fazla kullanılması durumunda en son kullanım dikkate alınır.

Bir devre üzerinde 8 değişik analiz yapılabilir. Bunlara ait genel komut biçimleri aşağıdaki gibidir.

### 5.1. DC Analiz

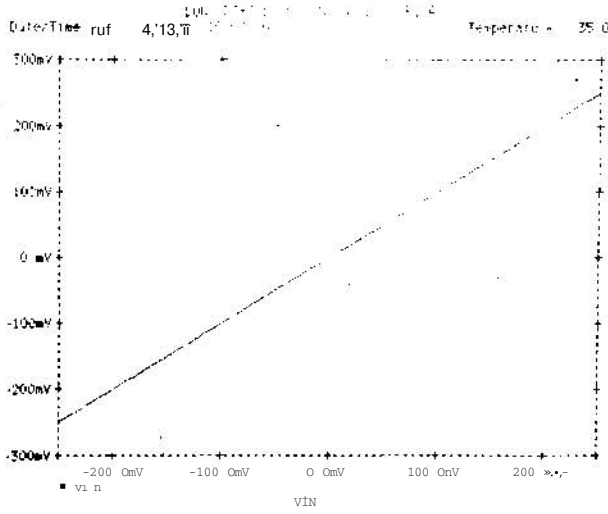
DC kaynak adı başlangıç değeri bitiş değeri

artış değeri kaynak adı başlangıç değeri

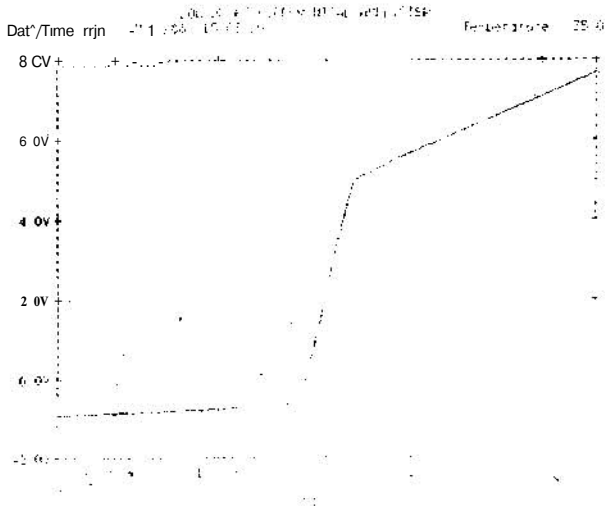
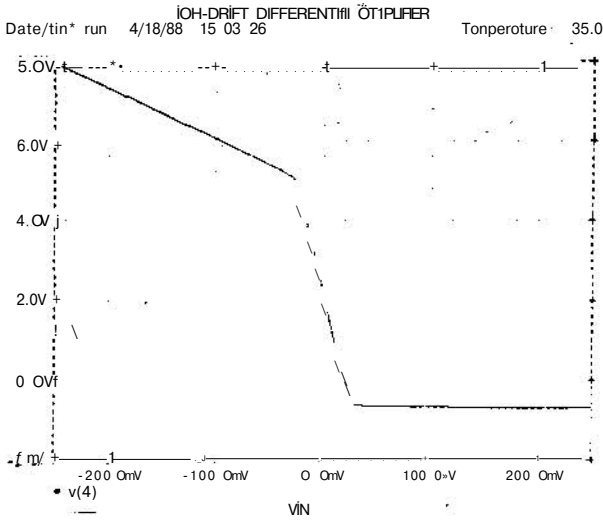
bitiş değeri artış değeri....

Bu analizde adı belirtilen kaynaklar için başlangıç ve bitiş değerleri arasında artış değeriyle belirlenen her adımda DC analiz tekrarlanır. Böylece bir bölgede bir veya daha fazla voltaj ve akım kaynağı için DC tarama değerleri elde edilir.

Şekil-2. DC analiz sonuçları,



(a) Giriş voltajı DC tarama grafiği



(b), (c) Farklı çıkış voltajları için DC kayma grafikleri.

## 5.2. Çalışma noktası hesaplanması .OP

Bu komutla devrenin çalışma noktasına ait detaylı bilgiler hesaplanır ve çıktı dosyasına yazılır. Bütün voltaj kaynaklarının akım ve güç harcamaları ve yarı iletkenlerle doğrusal olmayan kontrollü kaynakların küçük sinyal parametreleri de hesaplanır.

## 5.3. Aktarma Fonksiyonunun hesaplanması .TF <çıkış değişkeni> <giriş voltaj kaynağı>

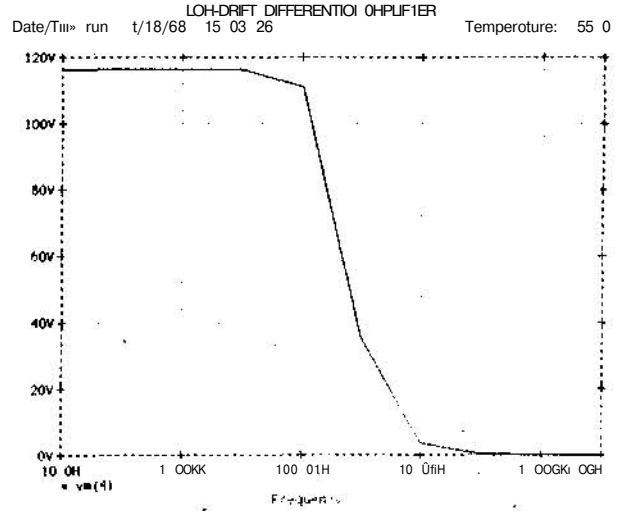
Devre çalışma noktası etrafında doğrusallaştırılarak küçük sinyal aktarma fonksiyonu hesaplanır. Devrenin kazancı giriş ve çıkış dirençleri çıktı dosyasına yazılır.

## 5.4. AC Analiz

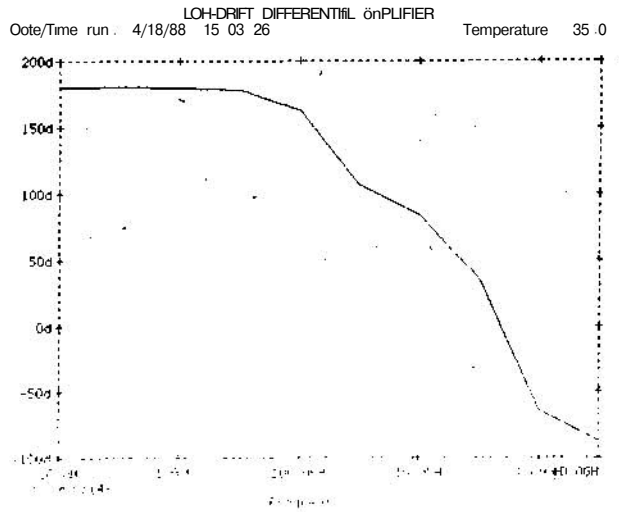
.AC [LIN] [OCT] [DEC] <adım sayısı>  
<başlangıç frekansı> <bitiş frekansı>

Bu komutla bir devreye ait frekans tepkisini elde etmek

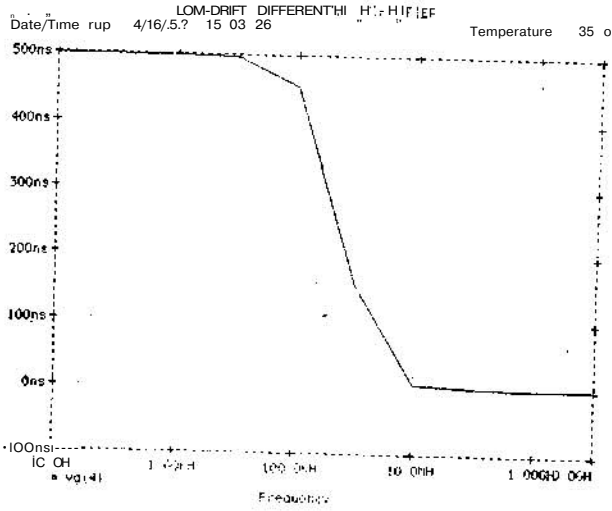
Şekil-3. AC analiz sonuçları



(a) V (4) için büyüklük eğrisi (V<sub>m</sub> f<sub>4</sub>)



(b) V (4) için evre grafiği (V<sub>p</sub> (4))



(c) V (5) için toplu gecikme grafiği (Vg (4))

mümkündür. LIN doğrusal, OCT oktav/adım ve DEC decade/adım olarak frekans tarama biçimini belirlerler ve bir satırda bunlardan sadece biri kullanılmalıdır. Başlangıç frekansı mutlaka sıfırdan büyük olmalıdır.

#### 5.5. Gürültü Analizi

NOISE V (<düğüm> [, düğüm]) <ad> [aralık değeri]

Gürültü analizi AC analiz ile bağlantılı olarak yapılır ve daha önce girilmiş bir .AC satırının varlığını gerektirir. <ad> gürültünün hesaplanacağı bağımsız voltaj kaynağını belirir. <ad>'ın kendisi bir gürültü kaynağı değildir, esas gürültü kaynakları dirençler ve yarı iletken elemanlardır. AC analizin her frekansında bütün gürültü kaynaklarının katkıları hesaplanır ve rms olarak toplanır. <aralık değeri> çıktı dosyasına gönderilecek bilginin sıklığını belirler.

#### 5.6. Duyarlılık analizi

.SENS <çıkış değişkeni> <çıkış değişkeni>....

Bu komutla bir değişkenin bütün eleman değerleri ve model parametrelerine karşı DC duyarlılığı hesaplanır. Bu yapılırken devre çalışma noktası etrafında doğrusallaştırılır.

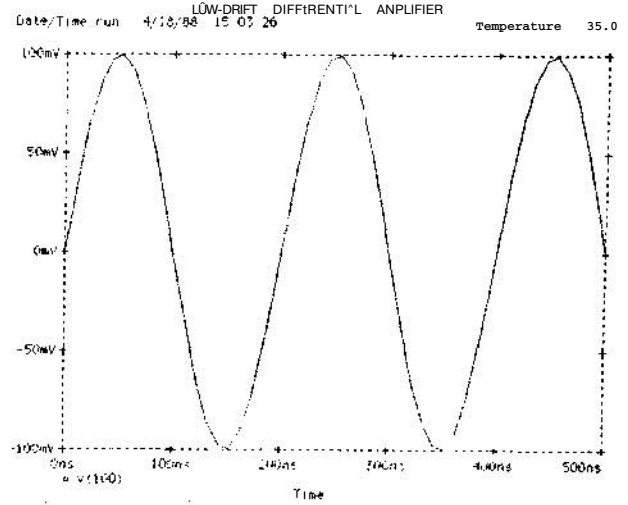
#### 5.7. Geçici Durum Analizi

.TRAN /OP Yazıcı adım aralığı son zaman değeri

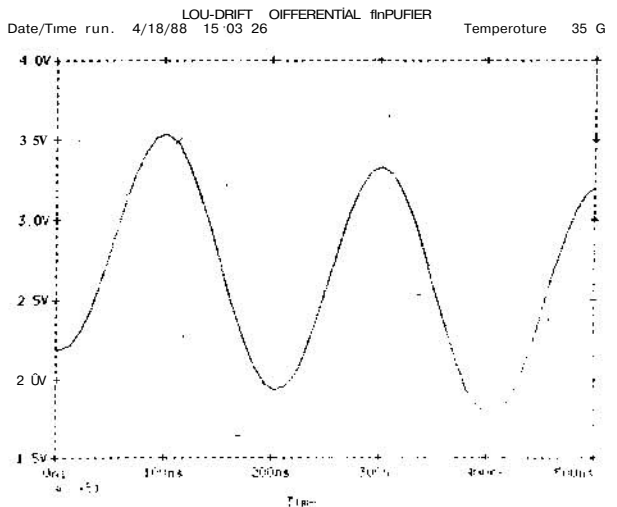
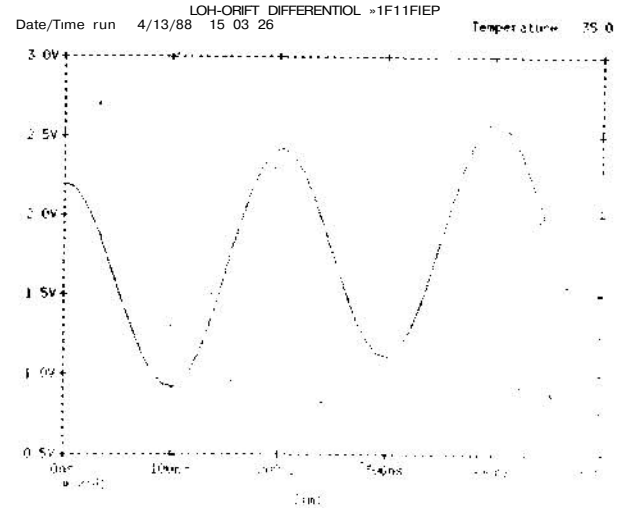
Çıktı vermeme zamanı adım tavan değeri

Geçici durum analizi devrenin sıfırdan başlayarak <son zaman değeri>'ne kadar devre tepkisinin saptanmasını sağlar <yazıcı adım aralığı> analiz sonuçlarının hangi zaman aralıklarıyla çıktı dosyasına yazılacağını belirler. Bu aralık zaman adımı için bir tavan oluşturur. Geçici durum analizi sıfır zamandan başlar ancak analizin belirli bir kısmı için çıktı almayı durdurmak mümkündür. <Çıktı vermeme zaman> sıfırdan başlayarak çıktı alınmayacak zaman aralığını gösterir. <adım tavan değeri> yazıcı adım aralığından daha küçük bir değer için zaman adımı için tavan tayin edilmesinde kullanılır.

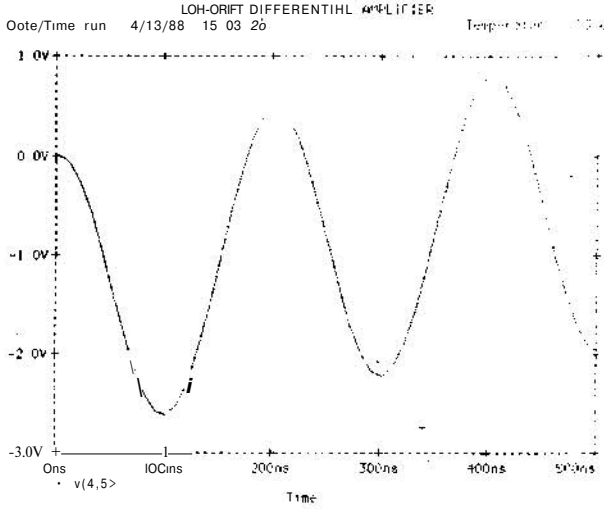
Şekil-4. Geçici durum (TRAN) analizi sonuçları



(a) Giriş voltajı



(b), (c) Farksal çıkış voltajları



#### (d) Farksal çıkış voltajı

### 5.8. Fourler Analizi

FOUR frekans değeri çıkış değişkeni

Fourier analizi, bir geçici durum analiz sonucu için DC ve birden dokuza kadar Fourier bileşenlerini hesaplar.

### 6. ÇALIŞMA SICAKLIĞI

PSPICE istenilen herhangi bir ortam sıcaklığında çalışmaya olanak verir. Program herhangi bir değer belirtilmemesi durumunda ortam sıcaklığını 27°C olarak alır. Ortam sıcaklığı aşağıdaki gibi değiştirilir,

.TEMP <sıcaklık değeri> <sıcaklık değeri>....

Birden fazla sıcaklık değeri belirtilmesi durumunda, analiz belirtilen her sıcaklık için tekrarlanır.

### 7. ALT DEVRE TANIMLANMASI

Bir devre içinde değişik noktalarda kullanılan ortak bir elemanın, örneğin bir OPAMP, bir defa tanımlanması büyük kolaylık sağlar. Bu amaçla,

.SUBCKT <ad> <düğüm> <düğüm>.....

komutu yardımıyla belirtilen isim altında bir alt devre tanımlamak mümkündür. Alt devre komutla birlikte girilen düğüm sayısı kadar bağlantıya sahip olur ve tanımlama

.ENDS

komutuyla sonuçlanır. Önceden tanımlanan bir alt devre

X ad nokta alt devre adı

komutuyla çağrılır. Böyle bir çağrıda çağırılan satırın parametreleri çağrılan alt devreye aynen aktarılır. Çağrılan alt devrenin düğüm sayısı ile çağırılan satırın düğüm sayısı mutlaka birbirine eşit olmalıdır.

### 8. SEÇİLEBİLİR ÖZELLİKLER

.OPTTIONS özellik adı özellik adı özellik adı ...özellik adı değer komutu ile, değişik parametreler kontrol edilebilir, sınırlar tayin edilebilir veya bazı çıktılar yazdırılabilir. Seçilebilir özelliklerin bazıları bir değer tayin edilmesini gerektirmezler. En sık kullanılan bazı seçilebilir özellik adları aşağıda sıralanmıştır.

- NOECHO: Giriş dosyasının yazdırılmasını engeller
- NODE: Bağlantı listesini yazdırır.
- NOMOD: Model parametrelerinin yazdırılmasını engeller.
- LIST: Tüm devre elemanlarının listesini yazdırır.
- OPTS: Tüm seçilebilir özellikleri yazdırır.
- ACCT: Programın çalışmasına ait istatistik! bilgileri yazdırır.
- LIMPTS: Tüm çıktı türleri için en fazla satır sayısını belirler.

### 9. GRAFİK ÖNİŞLEMCİSİ: PROBE

PSPICE, PROBE.EXE grafik önışleyici programı yardımıyla yüksek çözünürlükde grafik çıktısı sağlayabilir. Giriş dosyasında analiz komutlarından önce

.PROBE

komutunun eklenmesiyle grafik önışleyicisi aktif hale getirilir. Bu durumda PSPICE bütün düğümlere ait analiz sonuçlarını PROBE.DAT adlı bir dosyada toplar. PROBE.DAT dosyasının oluşturulmasından sonra PROBE.EXE programının çalıştırılmasıyla istenilen değışkene ait analiz sonuçları grafik halinde ekrana veya yazıcıya aktarılabilir. PROBE.EXE'nin çalıştırılabilmesi için matematiksel yardımcı mikroişlemci mutlaka gereklidir.

### 10. ÇIKTI BİÇİMİ VE SIRALAMASI

PSPICE aşağıda belirtilen 4 grup çıktı üretir.

- Devrenin bağlantı listesi, eleman listesi, model parametrelerinden oluşan kendi tasarımı.
- Bir analiz türü için sonuçlar, bunlar .SENS ve .TF analizlerinin sonuçlarını içerir.
- Yazım tabloları ve çizimler, bunlar .DC, .AC ve TRAN analizlerinin sonuçlarını içerir.
- İşlem zamanı ve hafıza kullanımına ait istatistik bilgileri.

### SÖZLÜK

Bu yazıda karşılıkları kullanılan bazı İngilizce kelimeler aşağıda sıralanmıştır:

- differential: farksal
- directory: kütük
- drift: kayma
- file: dosya
- group delay: toplu gecikme
- node: düğüm
- options: seçilebilir özellikler
- resolution: çözünürlük
- transfer function: aktarma fonksiyonu
- transient analysis: geçici durum analizi

### KAYNAK

- PSPICE User Manual.