

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SANAL ORTAMDA BİR TEMEL HABERLEŞME
LABORATUARI TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik Öğrt. Selim GÜNGÖR

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKT. VE BİLG. EĞT.

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. H. İbrahim ESKİKURT

Haziran 2009

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

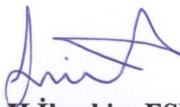
**SANAL ORTAMDA BİR TEMEL HABERLEŞME
LABORATUARI TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

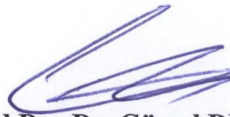
Elektronik Öğrt. Selim GÜNGÖR

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKT. VE BİLG. EĞT.

Bu tez 17 / 06 /2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Yrd.Doç.Dr. H.İbrahim ESKİKURT
Jüri Başkanı


Yrd.Doç.Dr. A.Furan ÖZCERİT
Üye


Yrd.Doç.Dr. Gürsel DÜZENLİ
Üye

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sũresince bilgi, deneyim ve önerileriyle yol gũsterici olan ve desteğini esirgemeyen değerli danıőmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Halil İbrahim ESKİKURT' a teőekkũrlerimi sunuyorum.

Çalıőmam sırasında bana yardımcı olan hocam Sayın Prof. Dr. Abdullah FERİKOğLU' na, arkadaőım Mustafa AKBAŐ' a, yũnlendirme ve yardımlarından dolayı fen bilimleri enstitũsũ personeline, desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen aileme ve değerli eőim Seda GũNGÖR' e teőekkũr ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1.Amaç	2

BÖLÜM 2.

MODÜLASYON VE DEMODÜLASYON	3
2.1. Genlik Modülasyonu ve Uygulamaları	3
2.1.1. Genlik modülasyonu	3
2.1.2. Genlik modülasyonu uygulamaları.....	7
2.1.2.1. Transistör ile genlik modülasyonu	7
2.1.2.2. Mult ile genlik modülasyonu	9
2.2. Frekans Modülasyonu ve Uygulamaları.....	11
2.2.1. Frekans modülasyonu	11
2.2.2. Frekans modülasyonu uygulamaları	15
2.2.2.1. Eval ile frekans modülasyonu.....	15
2.2.2.2. FM blok ile frekans modülasyonu	17
2.3. Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (ASK) ile Modülasyon ve Uygulaması .	19
2.3.1. Genlik kaydırmalı anahtarlama (ASK)	19
2.3.2. Genlik kaydırmalı anahtarlama (ASK) uygulaması	22

2.4. Darbe Kod Modülasyonu (PCM) ve Uygulaması.....	23
2.4.1. Darbe kod modülasyonu	23
2.4.2. Darbe kod modülasyonu (PCM) uygulaması	29
2.5. Demodülasyon ve Uygulaması	34
2.5.1. Demodülasyon	34
2.5.2. Transistör ile genlik demodülasyonu uygulaması	36
BÖLÜM 3.	
FAZ KİLİTLEMELİ DÖNGÜ – PLL	39
3.1. PLL.....	39
3.2. PLL Sisteminin Yapıları.....	40
3.3. PLL Sisteminin Çalışması	42
3.4. Faz Kilitlemeli Döngü (PLL) Uygulaması	43
BÖLÜM 4.	
TUŞ TAKIMI KOD ÇÖZME İŞLEMİ	47
4.1. DTMF Sinyalleri	47
4.2. DTMF Kullanımı	49
4.3. DTMF Tonlarının Çözümlemesi.....	49
4.4. Tuş Takımı Kod Çözme Uygulaması.....	49
BÖLÜM 5.	
FİLTRELER.....	54
5.1. Genel Bilgiler.....	54
5.2. Filtre Karakteristikleri	55
5.2.1. Alçak geçiren filtre karakteristikleri	55
5.2.2. Yüksek geçiren filtre karakteristikleri	56
5.2.3. Band geçiren filtre karakteristikleri	57
5.3. Filtreler Uygulaması.....	57
BÖLÜM 6.	
HAZIRLANAN DENEYLERİN SANAL ORTAMDA SUNULMASI.....	60
6.1. Genel Bilgiler.....	60

6.2. Dreamweaver Programı ile Arayüz Oluşturulması.....	60
---	----

BÖLÜM 7.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER	64
----------------------------	----

KAYNAKLAR.....	66
----------------	----

EKLER.....	67
------------	----

ÖZGEÇMİŞ	99
----------------	----

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

.bmp	: Resim dosyası uzantısı
Ω	: Ohm (Direnç birimi)
ADC	: Analog dijital çevirici
AGC	: Otomatik kazanç kontrolü
AM	: Genlik Modülasyonu
ASCII	: Standart Amerikan kodu (8bit)
ASK	: Genlik kaydırmalı anahtarlama
BAUDUT	: Her harf ya da karakterin 5 bit ile ifade edildiği kod
BW	: Bant genişliği
C	: Kondansatör
D	: Diyot
D	: Data (Veri)
DP	: Darbeli arama
DR	: Dinamik bölge
DSB	: Çift yan bant
DTMF	: Tonlu arama
EBCDIC	: Genişletilmiş ikili kodlanmış ondalık değiş tokuş kodu (8bit)
E_{max}	: Modüleli sinyalin tepeden tepeye maksimum genliği
E_{min}	: Modüleli sinyalin tepeden tepeye minimum genliği
EX-OR	: Özel veya kapısı
F	: Farad (Kondansatör birimi)
f_c	: Taşıyıcı sinyalin frekansı
f_m	: Bilgi sinyalinin frekansı
f_s	: Örnekleme frekansı
f_H	: Yüksek geçiren filtre kesim frekansı

f_L	: Alçak geçiren filtre kesim frekansı
FFT	: Hızlı fourier dönüşümü
FM	: Frekans modülasyonu
H	: Yüksek
Hz	: Frekans birimi
IN	: Giriş
K	: Frekans sapma sabiti
L	: Bobin
L	: Düşük
LPF	: Alçak geçiren filtre
m	: Modülasyon indisi
ms	: Mili saniye
μs	: Mikro saniye
Mux	: Multiplexer
n	: Bit sayısı
OUT	: Çıkış
PAM	: Darbe genlik modülasyonu
PCM	: Darbe kod modülasyonu
PLL	: Faz kilitlemeli döngü
Q	: Transistör
R	: Direnç
SSB	: Tek yan bant
V_{AC}	: Alternatif gerilim
V_C	: Taşıyıcı sinyal genliği
$+V_{CC}$: Besleme gerilimi
V_{DC}	: Doğru gerilim
V_m	: Bilgi sinyali genliği

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Genlik modülatörü.....	4
Şekil 2.2.	Frekans spektrumu.....	4
Şekil 2.3.	Genlik modülasyonu.....	6
Şekil 2.4.	Modülasyon yüzdesi.....	7
Şekil 2.5.	Transistör ile genlik modülasyonu devresi.....	8
Şekil 2.6.	Bilgi sinyali 5V için bilgi, taşıyıcı ve modüleli sinyal şekilleri....	8
Şekil 2.7.	Bilgi sinyali 2V için bilgi, taşıyıcı ve modüleli sinyal şekilleri....	9
Şekil 2.8.	Mult ile genlik modülasyonu devresi.....	9
Şekil 2.9.	Bilgi, taşıyıcı ve modüleli sinyal şekilleri.....	10
Şekil 2.10.	Fourier eğrisi şekilleri.....	10
Şekil 2.11.	Bilgi sinyalinin genliği sıfır iken oluşan dalga şekilleri.....	11
Şekil 2.12.	Frekans modülasyonu.....	12
Şekil 2.13.	Frekans spektrumu.....	14
Şekil 2.14.	Eval ile frekans modülasyonu devresi.....	16
Şekil 2.15.	Modüleli sinyal.....	16
Şekil 2.16.	Frekans spektrumu sinyal şekilleri.....	16
Şekil 2.17.	FM blok devresi.....	17
Şekil 2.18.	Fm alt blok devreleri.....	17
Şekil 2.19.	Bilgi sinyali ve modüleli sinyal şekilleri.....	18
Şekil 2.20.	Fourier eğrisi.....	18
Şekil 2.21.	Bilgi sinyalinin genliği 0.5V iken oluşan fourier eğrisi.....	19
Şekil 2.22.	Bilgi sinyalinin genliği 2V iken oluşan fourier eğrisi.....	19
Şekil 2.23.	ASK blok diyagramı.....	21
Şekil 2.24.	ASK modülasyonunda sinyaller.....	21
Şekil 2.25.	ASK ile genlik modülasyonu devresi.....	22
Şekil 2.26.	Bilgi, taşıyıcı ve modüleli sinyal.....	22

Şekil 2.27.	Fc=3KHz ve Vc=1V için oluşan bilgi, taşıyıcı ve modüleli sinyal	23
Şekil 2.28.	Dstm elemanının değeri değiştirildiğinde oluşan sinyaller.....	23
Şekil 2.29.	Lineer (doğrusal) kuantalama.....	26
Şekil 2.30.	Lineer olmayan kuantalama.....	27
Şekil 2.31.	Darbe kod modülasyonu blok devresi.....	30
Şekil 2.32.	Darbe kod modülasyonu TOP blok iç devresi.....	30
Şekil 2.33.	PAM blok devresi.....	30
Şekil 2.34.	PCM blok devresi.....	31
Şekil 2.35.	P2S blok devresi.....	31
Şekil 2.36.	Phone1 ve Phone2 sinyalleri.....	32
Şekil 2.37.	Sample ve MUXA sinyalleri.....	32
Şekil 2.38.	PAM sinyallerinin birlikte gösterilmesi.....	32
Şekil 2.39.	PCM MUXA ve D0, D1, D2 ve D3 sinyalleri.....	33
Şekil 2.40.	Clock ve TRUNK sinyali.....	33
Şekil 2.41.	PCM sisteminin sinyalleri.....	33
Şekil 2.42.	Modüleli dalga.....	34
Şekil 2.43.	Diyotlu dedektör devresi.....	34
Şekil 2.44.	Doğrultulmuş modüleli sinyal.....	35
Şekil 2.45.	Alçak geçiren filter.....	35
Şekil 2.46.	C kondansatörünün büyük değerde olduğu zaman ki çıkış işareti.	36
Şekil 2.47.	C kondansatörünün küçük değerde olduğu zaman ki çıkış işareti.	36
Şekil 2.48.	Transistör ile genlik demodülasyonu devresi.....	37
Şekil 2.49.	Bilgi ve taşıyıcı sinyal şekilleri.....	37
Şekil 2.50.	Modüleli ve demodüleli sinyaller.....	38
Şekil 2.51.	FFT şekilleri.....	38
Şekil 3.1.	PLL blok şeması.....	39
Şekil 3.2.	Ardışıl faz dedektörü şeması ve doğruluk tablosu.....	41
Şekil 3.3.	Alçak geçiren filter.....	41
Şekil 3.4.	PLL kilitlenme bölgesi.....	43
Şekil 3.5.	Faz kilitlemeli döngü (PLL) devresi.....	44
Şekil 3.6.	Data ve VCO sinyalleri.....	44
Şekil 3.7.	Alçak geçiren filtre çıkış sinyali.....	45

Şekil 3.8.	On time ve off time değerleri 0.06ms yapıldığında oluşan sinyaller.....	45
Şekil 3.9.	On time ve off time değerleri 0.06ms yapıldığında oluşan LPF sinyali.....	46
Şekil 4.1.	DTMF frekans karşılıkları.....	48
Şekil 4.2.	9 tuşuna basılmasıyla oluşan DTMF sinyalinin osiloskop görüntüsü.....	48
Şekil 4.3.	Tuş takımı kod çözme ana devresi.....	50
Şekil 4.4.	PHONE alt blok devresi.....	50
Şekil 4.5.	CO alt blok devresi DETECT.....	50
Şekil 4.6.	CO alt blok devresi AND.....	51
Şekil 4.7.	$V_1=770\text{Hz}$ için V_{COPPER} zaman ve frekans eğrileri.....	51
Şekil 4.8.	$V_1=697\text{Hz}$ için V_{COPPER} zaman ve frekans eğrileri.....	52
Şekil 4.9.	$V_1=770\text{Hz}$ için CO Blok dalga şekilleri.....	52
Şekil 4.10.	$V_1=697\text{Hz}$ için CO Blok dalga şekilleri.....	53
Şekil 5.1.	Alçak geçiren filtre karakteristikleri a) ideal filtre b) pratik filtre.	56
Şekil 5.2.	Yüksek geçiren filtre karakteristikleri a) ideal filtre b) pratik filtre.....	56
Şekil 5.3.	Band geçiren filtre karakteristikleri a) ideal filtre b) pratik filtre...	57
Şekil 5.4.	Filtre ana blok devresi.....	57
Şekil 5.5.	TOP alt blok devresi.....	58
Şekil 5.6.	Yüksek geçiren alt blok devresi.....	58
Şekil 5.7.	Alçak geçiren alt blok devresi.....	58
Şekil 5.8.	$V_{\text{out}} / V_{\text{highlow}}$ ve $V_{\text{highlow}} / V_{\text{in}}$ çıkış sinyalleri.....	58
Şekil 5.9.	$V_{\text{out}} / V_{\text{in}}$ çıkış sinyali.....	59
Şekil 6.1.	Sanal ortamda oluşturulan laboratuvar ara yüzü.....	61
Şekil 6.2.	Genlik modülasyonu ders ekranı.....	62
Şekil 6.3.	Mult ile genlik modülasyonu deneyi işlem basamakları ekran görüntüsü.....	63
Şekil 6.4.	Örnek test soruları ekran görüntüsü.....	63

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Modülasyon indisine bağlı yan bantlar.....	14
Tablo 2.2.	Örnek kuantalama tablosu.....	25
Tablo 2.3.	Örnek kodlama tablosu	25

ÖZET

Anahtar kelimeler: Orcad Capture, Pspice, Schematic, Opamp, Modülasyon, Demodülasyon, Genlik, Frekans, PLL, PCM, Filtre.

Pspice, bir devrenin analizini, yazılım olarak simüle eden bir programdır. Bu yazılımsal ifadeler karmaşık devrelerin simülasyonunda kullanıcıyı zorlamıştır. Sonraki yıllarda Cadence Orcad firması Pspice programını geliştirmiş ve şematik versiyonunu ortaya çıkarmıştır. Şematik versiyonun en önemli avantajı kullanıcıyı uzun yazılımlardan kurtarması ve elemanlarla devre oluşumunu sağlamasıdır. Yapılan bu çalışma ile haberleşme laboratuvarında gerçekleştirilen deneylere ön hazırlık aşamasında fayda sağlanması düşünülmüştür.

Bu tez çalışması yedi bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölümde simülasyon hakkında bilgi sunulmuştur. İkinci bölümde modülasyon ve demodülasyon uygulamaları deneylerle incelenmiştir. Üçüncü bölümde PLL uygulamaları üzerinde durulmuştur. Dördüncü bölümde tuş takımı kod çözme deneyine yer verilmiştir. Beşinci bölümde filtreler konusuna değinilmiştir. Altıncı bölümde ise hazırlanan deneylerin sanal ortamda sunulması anlatılmıştır.

Yedinci bölüm, sonuçları ve önerileri içermektedir.

DESIGN OF A BASIC COMMUNICATION LABORATORY ON VIRTUAL MEDIUM

SUMMARY

Key Words: Orcad Capture, Pspice, Schematic, Opamp, Modulation, Demodulation, Amplitude, Frequency, PLL, PCM, Filters

Pspice is a circuit analysing that is used to simulate circuits by using software that has been focused on mixed circuits simulation. In next years Cadence Orcad company has improved Pspice and producted schematic version. The most important advantage of schematic version is setting up circuits by using component symbols, not too long software syntaxes. With these studies, it benefits experiments which was done in communication laboratory have been considered.

This thesis work has been comprised of seven chapters.

In the first chapter, some information about simulations have been provided. In the second chapter, the application of Modulation and Demodulation have been implemented with a number of examples. In the third chapter, the application of PLL has been mentioned. In the fourth chapter, the application of Touch Tone Decoding has been represented. In the fifth chapter, the application of Filters have been implemented. In the sixth chapter, prepared experiments presented on virtual medium have been implemented.

Seventh chapter contains results and suggestion.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde bilgisayarlar her alanda en büyük yardımcılarımızdır ve bu Elektrik - Elektronik alanında da geçerlidir. Bir sistemin simülasyonu, bu sistemi temsil edebilecek bir model oluşturma işlemidir [1]. Geniş bir tanımla simülasyon; teorik ya da gerçek fiziksel bir sisteme ait neden-sonuç ilişkilerinin bir bilgisayar modeline yansıtılmasıyla, değişik koşullar altında gerçek sisteme ait davranışların bilgisayar modelinde izlenmesini sağlayan bir modelleme tekniğidir. Simülasyon, uzun vadede gerçek deneyimler ve gerçek yanılgılar ile ulaşılabilecek tecrübenin, bilgisayar tarafından canlandırılan tamamen güvenli bir ortamda kazanılmasını ve yaparak, yaşayarak öğrenmeyi sağlar [2].

Tasarlanan devreler önce bilgisayar ortamında test edilir ve daha sonra üretimleri yapılır. Bu bize hem zaman kazandırır hem de olası hataları önceden görmemizi ve düzeltmemizi sağlar. İşte bu amaçla yazılmış birçok bilgisayar programı vardır. Electronic Workbench firmasının Multisim'i, Labcenter Electronics firmasının Proteus'u, Orcad/Cadence firmasının Pspice'ı en çok bilinen ve kullanılan simülasyon programlarından. Bu programların her birinin üstün olduğu özellikleri vardır. Pspice şu anda gerek profesyonel gerekse de amatör kullanıcıların en çok tercih ettiği simülasyon programıdır. Bunun iki sebebi vardır. Birincisi Pspice iyi tasarlanmış bir ara yüze ve çok geniş bir eleman kütüphanesine sahiptir. İkincisi ve en önemlisi ise çeşitli simülasyon tiplerine olanak sağlar [3].

Simülasyon yazılım araçları oldukça etkilidir. Matematiksel kabiliyetleri zayıf kullanıcıların, kompleks devrelerin analizinde zorlandıklarını görürüz [3]. Pspice, yüksek görsellikli ve hızlı simülasyonları, anlaşılabilir devre teorileri ve elektronik dizaynları, diğer sistemlerle entegrasyonu ve parametre işleme kolaylığı ile kullanıcıların konuları rahat bir şekilde keşfetmeye başlamasını sağlar [4].

Sinama sistemlerinin davranışları için iki tip elektronik simülasyon yazılımı kullanılır. Birinci tip yazılım paketleri, bir sistemi sınamak için fonksiyon bloklarını kullanır. Bu tip programlara örnek olarak Matlab Simulink, Mustig ve Scilab verilebilir. İkinci tip simülasyon sistemleri ise bizi fonksiyonel bloklardan kurtarıp sistem analizi yapmamıza olanak sağlar. Pspice ikinci tipte yer alır ve devre dizayn alanlarını araştıran bir dünya standardıdır. Ayrıca Pspice, kullanıcıların zor matematiksel işlemleri anlaşılabilir devreler haline getirmesine olanak sağlar [3].

Haberleşme alanında daha önce Labview, Matlab gibi programlarda hazırlanmış olan tez çalışmaları bulunmaktadır. Bu çalışmaların blok şemalardan oluşması, gerçek hayatta kullanılan elemanlardan uzak olması gibi olumsuz özellikleri nedeni ile benzer çalışmaların Pspice programı ile yapılabileceği ve çok daha anlaşılabilir olacağı düşünülmüştür. Pspice programı birçok tez çalışmasında kullanılmıştır. Pspice kullanılarak güç yarı iletkenleri laboratuvarı, transistör analizleri, filtre-osilatör devrelerinin hesabı ve Pspice analizi, lineer diferansiyel denklemlerin aktif devreler ile simülasyonu gibi birçok tez çalışması hazırlanmıştır. Ayrıca bu çalışmada Pspice programının haberleşme alanında da kullanılabileceği ve güçlü özellikleri ile çok faydalı olacağı deneylerle ortaya konulmuştur.

1.1. Amaç

Bu tez çalışmasının genel amacı, haberleşme alanındaki temel bazı deneylerin, sanal ortamda gerçekleştirilmesi ve konuların çok daha iyi bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktır. Bu deneyler Orcad Capture programında hazırlanmış ve işlem basamakları ile desteklenmiştir.

Bildiğimiz gibi laboratuvar ortamında simülasyon araçları kullanıldığı takdirde uygulama performansını arttıracaktır. Simülasyon ortamında, elemanlar ve aralarındaki bağlantılardan daha çok konuya odaklanılacağı için motivasyonu da arttıracaktır.

BÖLÜM 2. MODÜLASYON VE DEMODÜLASYON

Bilgi sinyallerinin uzaklara gönderilebilmesi için bilgi sinyalini yüksek frekanslı taşıyıcı sinyaller üzerine genliğinin, frekansının, fazının değiştirilerek bindirilmesi gerekir. Böylece bilgi sinyali kendi frekansından yüksek bir frekanslı sinyal tarafından taşınarak iletilir. Taşıyıcı üzerine bindirilmiş sinyaller bir anten vasıtasıyla uzaya yayılarak iletilir [5].

Frekanstaki bu değişiklik yüksek frekanslı bir taşıyıcının alçak frekanslı sinyallerle modülasyonu ile yapılır. Bilgi sinyalinin taşıyıcı sinyal üzerine bindirilmesine modülasyon denir. Modülasyon işlemi, analog veya dijital sinyalle yapılır [5].

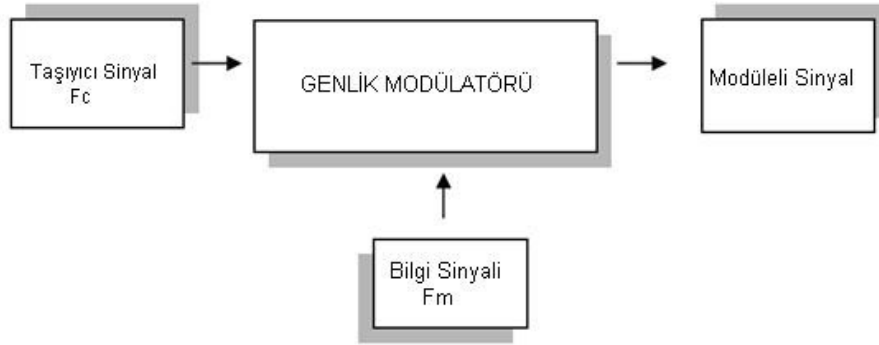
Her vericinin farklı taşıyıcı sinyalleri vardır. Böylece boşlukta birbirini etkilemeden çok sayıda radyo ve televizyon yayını yapılır. İletişim iletkenleri ve fiber-optik iletkenler gibi diğer iletişim yolları üzerinden aynı anda değişik frekanslı modüleli taşıyıcılarla çok sayıda çeşitli bilgi iletilir. Bir analog sinyal genellikle çok sayıda sinüsoidal sinyallerden oluşur. Bir dijital sinyal sabit bir H (High) ve L (Low) sinyalleri arasında değişir. Bunun için taşıyıcı sinyalin bir dijital sinyal ile kesilip yayınlanması suretiyle taranmasına darbe modülasyonu denir. Demodülasyon işlemi ile, bilgi sinyalleri ve taşıyıcı sinyaller birbirinden ayrılarak bilgi sinyali yeniden elde edilir [5].

2.1. Genlik Modülasyonu ve Uygulamaları

2.1.1. Genlik modülasyonu

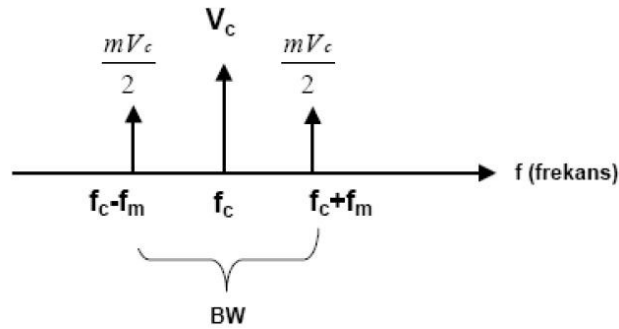
Taşıyıcı sinyal genliğinin bilgi sinyaline bağlı değiştirilmesine genlik modülasyonu denir. Taşıyıcı sinyal ve bilgi sinyali genlik modülatörüne aynı anda uygulandığında üç ayrı sinyal elde edilir [6].

- Taşıyıcı sinyal (F_c)
- Taşıyıcı sinyal + Bilgi sinyali (F_c+F_m)
- Taşıyıcı sinyal - Bilgi sinyali (F_c-F_m)



Şekil 2.1. Genlik modülatörü

Genlik modülatörü çıkışında elde edilen (F_c+F_m) sinyaline üst yan bant, (F_c-F_m) sinyaline alt yan bant adı verilir. Bilgi sinyali her iki yan bantta vardır. İki yan bantın frekansı dışında tüm özellikleri aynıdır. Modüledi sinyalin frekans ekseninde kapladığı bölgeye bant genişliği denir. Bu değer iki yan bant arasında kalan bölgedir. Şekil 2.2' deki frekans tayfında bant genişliği görülmektedir [6].



Şekil 2.2. Frekans spektrumu

Bant genişliği görüldüğü gibi bilgi sinyalinin iki katıdır. Bu değer telefon haberleşmesi için $\pm 3\text{Khz}$, radyo haberleşmesinde $\pm 5\text{Khz}$ kadardır.

Modülasyon işlemi sonucunda elde edilen sinyallerin içerisinde en büyük genlik, taşıyıcı sinyalidir. Taşıyıcı sinyal hiçbir bilgiye sahip değildir. Bu nedenle taşıyıcı sinyali göndermeden bilgi sinyali iletilebilir. Böylece az güç harcanır ve verim artar. Bu yöntem çift yan bant (DSB Double side band) modülasyonu denir. Çift yan bant taşıyıcı bastırılarak yok edilir. Alt ve üst yan bantlar gönderilir. Alt ve üst yan bantlar frekansları dışında aynı özelliklere sahip olduğundan yan bantlardan birisi gönderilerek bilgi iletimi yapılabilir. Bu yöntem tek yan bant (SSB Single side band) modülasyonu denir. Tek yan bant modülasyonunda taşıyıcı sinyal ve yan bantlardan birisi bastırılarak yok edilir [6].

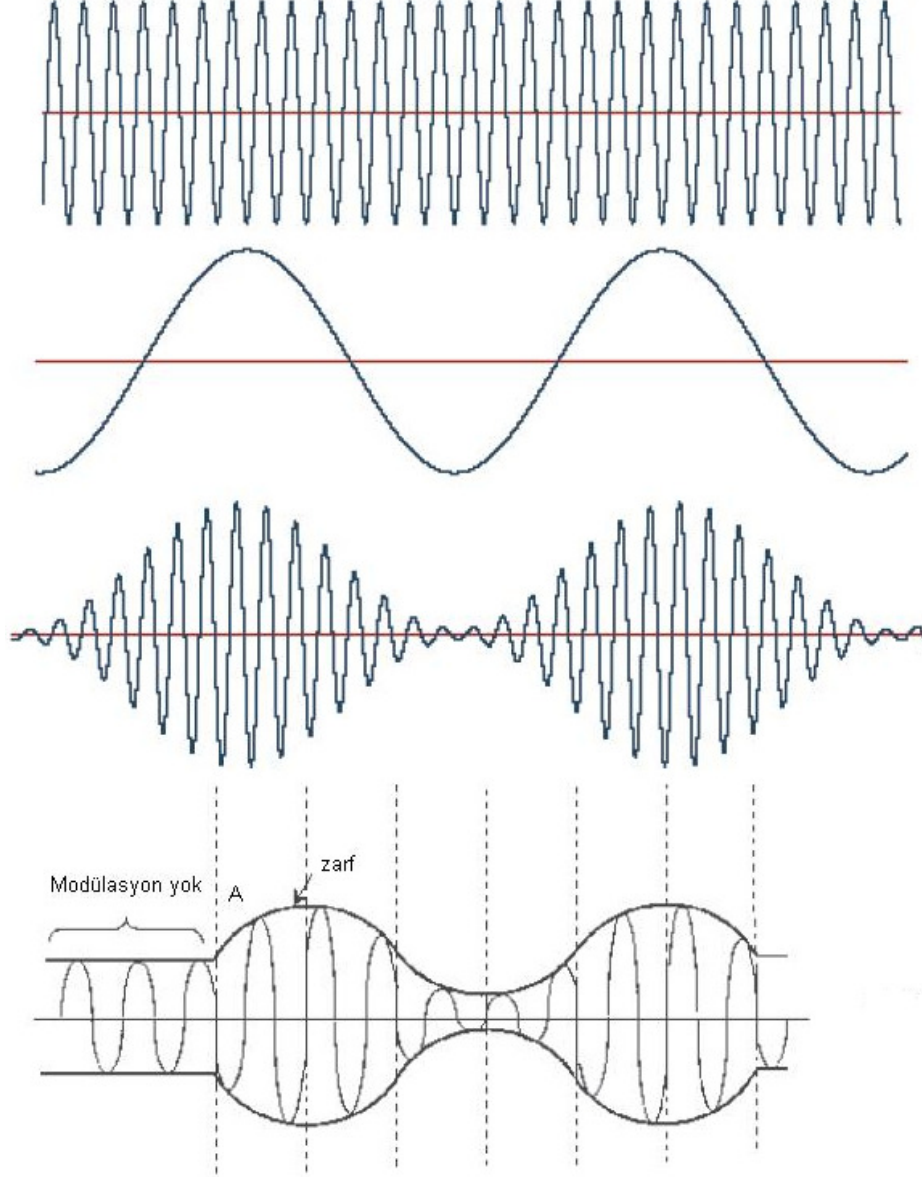
Genlik modülasyonu yapılırken taşıyıcı sinyal, bilgi sinyali ve elde edilen modüleli sinyal osiloskopta incelenirse Şekil 2.3'de ki işaretler elde edilir.

Taşıyıcı sinyal, genliği ve frekansı değişmeyen sinyaldir. Sistemde genliği ve frekansı en büyük işaret taşıyıcı işarettir.

Bilgi sinyali, insan kulağının duyduğu sesin ya da insan gözünün gördüğü resmin elektrikli işaretidir.

Modüleli sinyali anlamak için Şekil 2.3 incelenirse üç işaretin aynı "t" zamanındaki durumu görülmektedir. Zaman ekseninin "A" noktasına kadar bilgi sinyali yoktur. Bu noktaya kadar modüleli işaret taşıyıcı işaretin aynısıdır. Demek oluyor ki bilgi sinyalinin sıfır noktalarında modüleli sinyalin şekli taşıyıcı sinyalin aynısıdır. Modüleli sinyalin içerisinde bilgi sinyali yok iken verici tarafından gönderilmesi sistemin güç kaybını artırır. Bu yöntem klasik genlik modülasyonudur. Güç kaybının fazla olmasına karşılık klasik genlik modülasyonu çok kullanılır. Bilgi sinyalinin genliği pozitif yönde artarken modüleli sinyal, taşıyıcı sinyal ve bilgi sinyalinin genlikleri toplamı kadar pozitif ve negatif bölgede artar. Bilgi sinyalinin sıfır olduğu noktada bir an için modüleli sinyal taşıyıcı sinyalin aynısı olur. Bilgi sinyali negatif bölgede iken modüleli sinyalin genliği azalır. Bu azalma taşıyıcı sinyal genliğinden bilgi sinyali genliğinin çıkarılması kadardır. Bu azalma yine modüleli işaretin pozitif ve negatif bölgesinde simetrik olarak görülür. Genlik modülasyonlu sinyaldeki bu değişime modülasyon zarfı denir. Şekil 2.3'de görüldüğü

üzere modüleli sinyalin iki zarfı vardır. Bunlar pozitif bölgede üst kenar zarf, negatif bölgede alt kenar zarf olarak isimlendirilir [6].



Şekil 2.3. Genlik modülasyonu

Genlik modülasyonlu haberleşmede gürültüsüz bir haberleşme için bilgi sinyali genliği ile taşıyıcı sinyalin genliğinin uyumlu olması gerekir. Bu uyum modülasyon faktörünün matematiksel olarak hesaplanmasıyla sağlanır. Modülasyon faktörü "m" ile gösterilir. Kaliteli bir haberleşme için modülasyon faktörü yaklaşık olarak

$m=30\%$ olmalıdır. Modülasyon yüzdesini değiştiren bilgi sinyalinin genliğidir. Bu değişim doğru orantılıdır.

Modülasyon faktörü formül olarak;

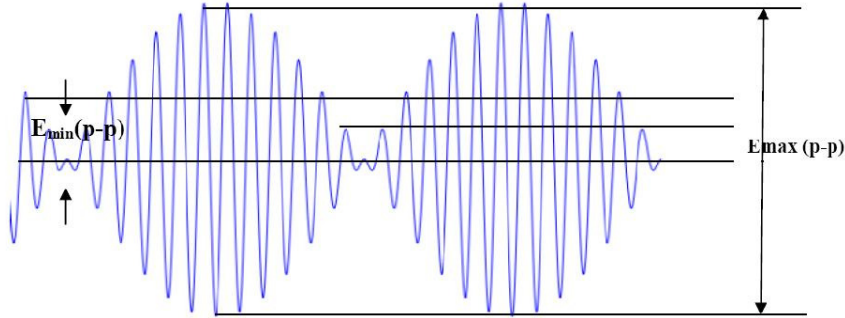
$$\%m = \frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\max} + e_{\min}} \times 100 \text{ 'dür.} \quad (2.1)$$

Formülde;

e_{\max} : Modüleli sinyalin tepeden tepeye maksimum genliği.

e_{\min} : Modüleli sinyalin tepeden tepeye minimum genliği.

Modülasyon yüzdesinin ölçümü osiloskop kullanılarak kolayca yapılır. Şekil 2.4'de modüleli sinyalin maksimum ve minimum noktaları görülmektedir.

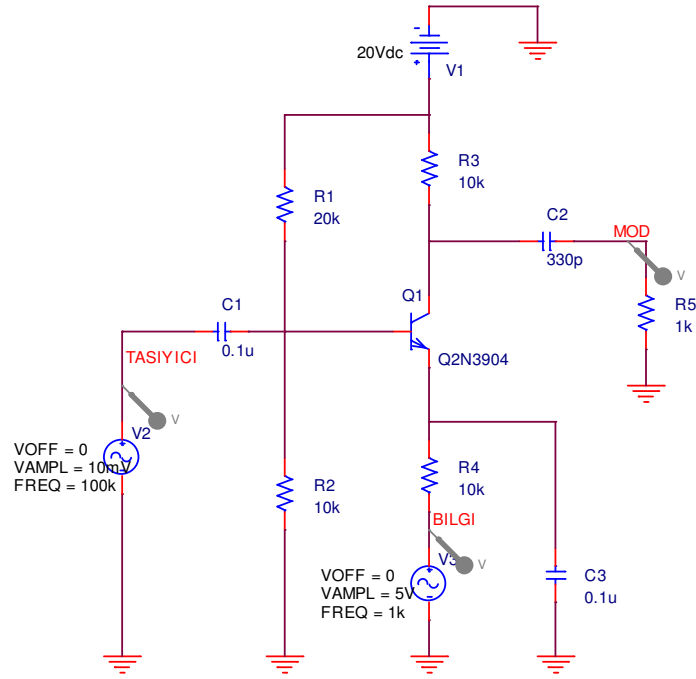


Şekil 2.4. Modülasyon yüzdesi

2.1.2. Genlik modülasyonu uygulamaları

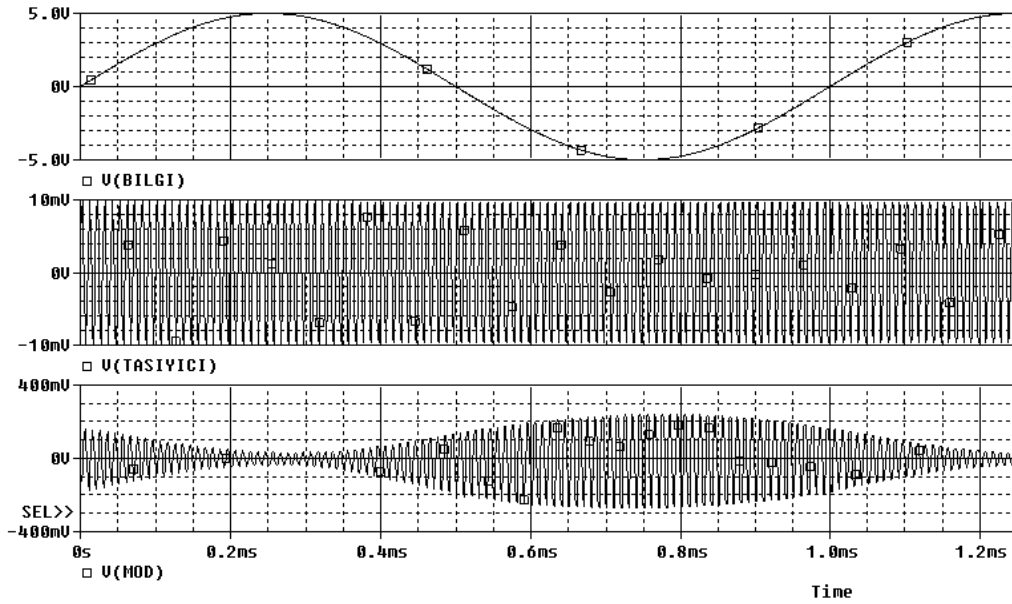
2.1.2.1. Transistör ile genlik modülasyonu

Bu uygulamanın amacı, transistör ile genlik modülasyonu devresini oluşturmak ve çıkış sinyal şekillerini incelemektir. Devre şeması Şekil 2.5'de görülmektedir.

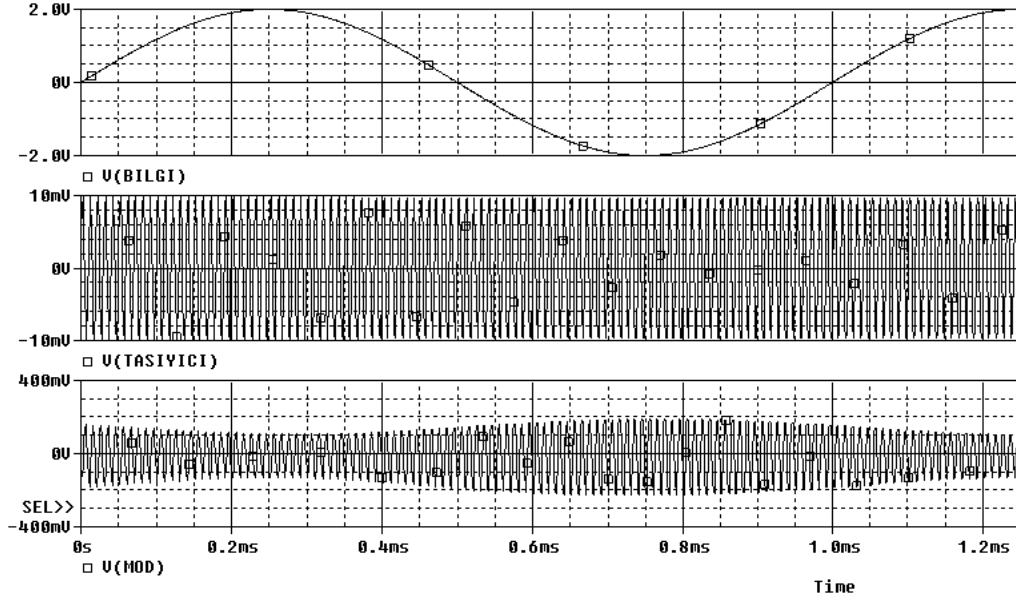


Şekil 2.5. Transistör ile genlik modülasyonu devresi

Uygulamanın gerçekleştirilmesi için gerekli olan adımlar Ek A'da verilmiştir. Aşağıda uygulama sonucunda elde edilmesi gereken dalga şekilleri görülmektedir.



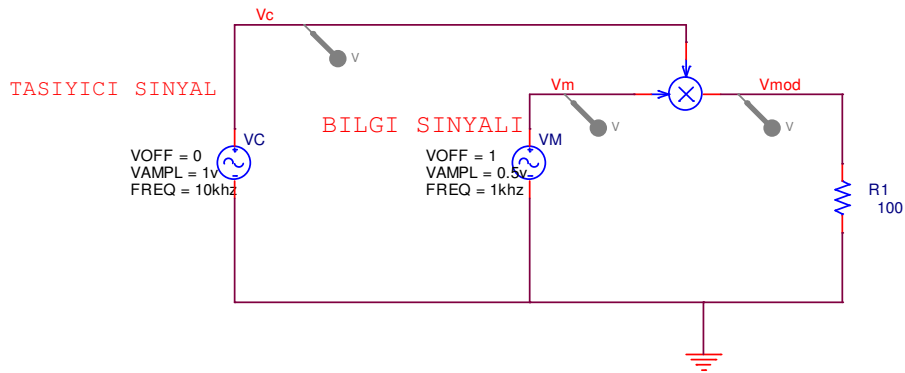
Şekil 2.6. Bilgi sinyali 5V için bilgi, taşıyıcı ve modüledi sinyal şekilleri



Şekil 2.7. Bilgi sinyali 2V için bilgi, taşıyıcı ve modüledi sinyal şekilleri

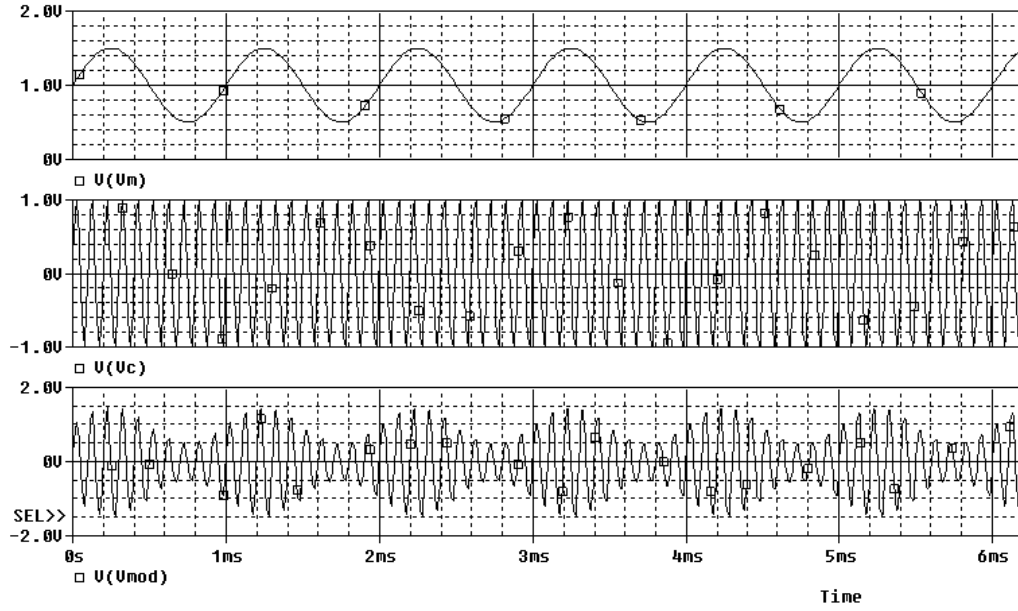
2.1.2.2. Mult ile genlik modülasyonu

Bu uygulamanın amacı, Mult elemanını kullanarak genlik modülasyonu devresini oluşturmak ve fourier çıkış eğrilerini incelemektir. Uygulamaya ait devre şeması Şekil 2.8’de verilmiştir.

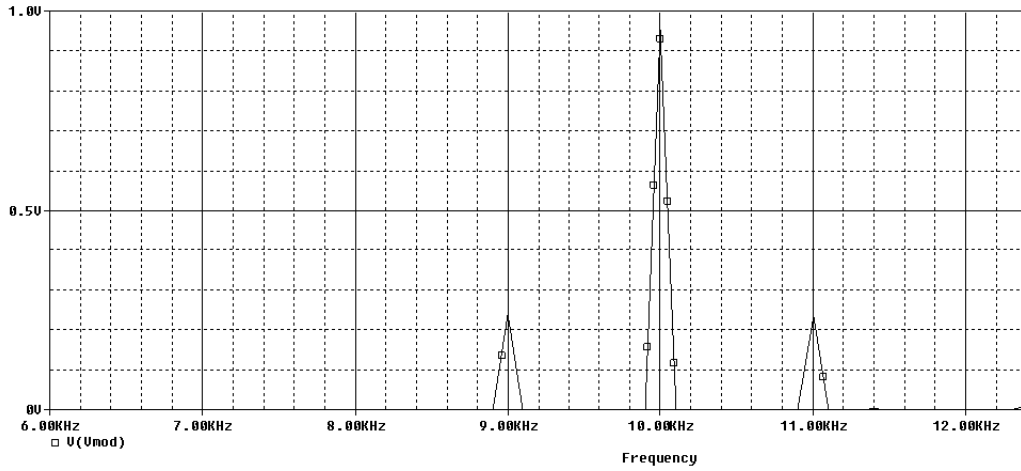


Şekil 2.8. Mult ile genlik modülasyonu devresi

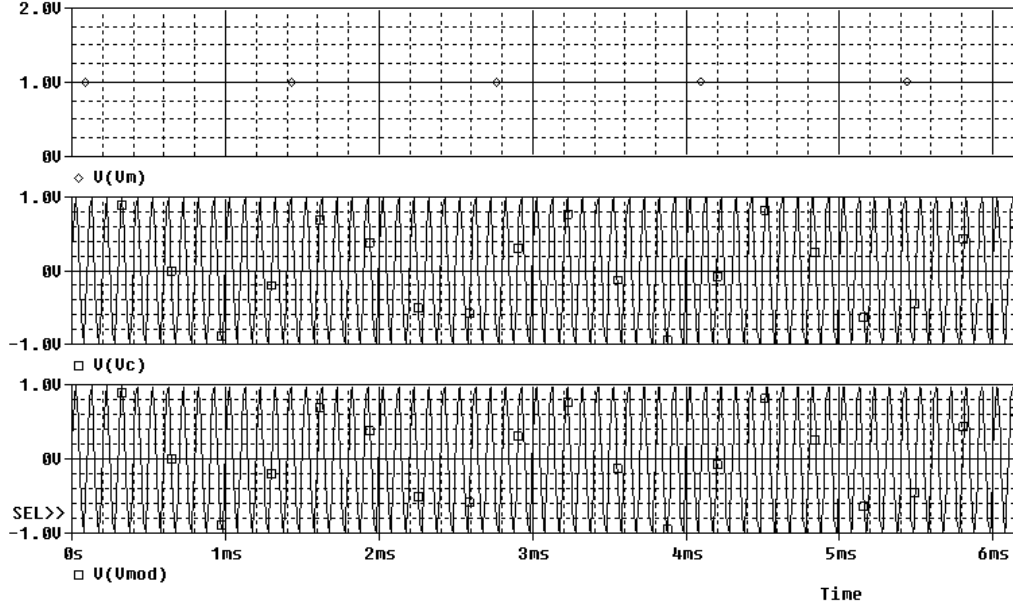
Uygulamanın gerçekleştirilmesi için gerekli olan adımlar Ek B’de verilmiştir. Uygulama sonucunda elde edilmesi gereken dalga şekilleri ilerleyen sayfalarda görülmektedir.



Şekil 2.9. Bilgi, taşıyıcı ve modüledi sinyal şekilleri



Şekil 2.10. Fourier eğrisi şekilleri

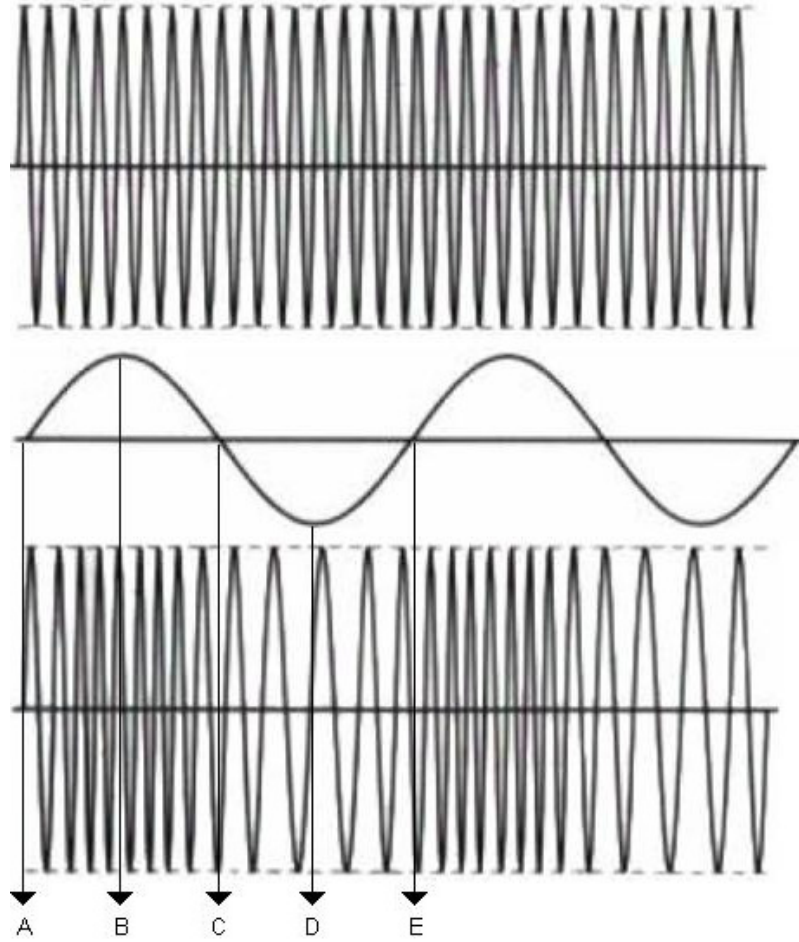


Şekil 2.11. Bilgi sinyalinin genliği sıfır iken oluşan dalga şekilleri

2.2. Frekans Modülasyonu ve Uygulamaları

2.2.1. Frekans modülasyonu

Yüksek güçlü vericilerde sinyal/gürültü oranının çok küçük olması istenir. Yüksek güçlü genlik modülasyonlu vericilerde sinyal/gürültü oranı problem yaratacak kadar büyüktür. Bu problemten kurtulmak için frekans modülasyonu geliştirilmiştir. Frekans modülasyonunda bilgi işaretinin genliğine göre taşıyıcı işaretin frekansı değişir [7]. Bir frekans modülatöründeki sinyaller osiloskopta incelenirse Şekil 2.12'deki dalga şekilleri görülür. Bildiğimiz gibi sinyallerin tamamı sinüzoidal sinyalleridir.



Şekil 2.12. Frekans modülasyonu

Taşıyıcı sinyal (F_c) genliği ve frekansı sabit sinüsoidal sinyallerdir. Bilgi sinyali (F_m) genliği ve frekansı insanın algıladığı sınırlar içinde değişen sinüsoidal sinyalleridir. Zaman eksenini üzerindeki belli aralıklarda modüleli sinyal (F_m) değişimi incelendiğinde aşağıdaki durumlar görülür.

"0-A" noktaları arasında bilgi sinyali yoktur. "A" noktasına kadar modüleli sinyal taşıyıcı sinyalin aynısıdır.

"A-B" noktaları arası bilgi sinyalinin pozitif alternansının yükselme zamanıdır. Modüleli sinyalin genliği sabit olup frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı artmaktadır. "B" noktası modüleli sinyal frekansının taşıyıcı sinyal frekansından en fazla olduğu noktadır.

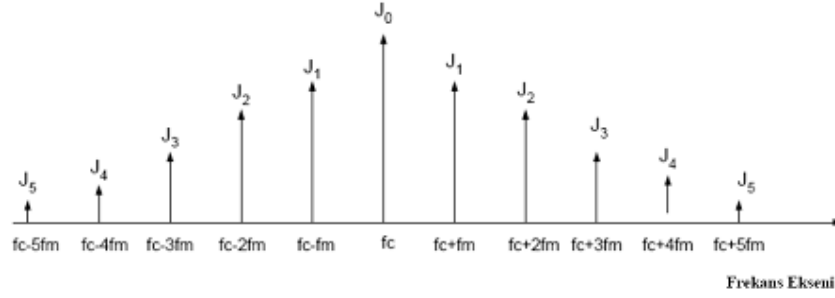
"B-C" noktaları arası bilgi sinyalinin pozitif alternansının azalma zamanıdır. Modüleli sinyalin genliği sabit olup, frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı azalmıştır. "C" noktasında bilgi sinyali yoktur. Bu noktada modüleli sinyal taşıyıcı sinyalin aynısıdır.

"C-D" noktaları arası bilgi sinyalinin negatif yönde yükselme zamanıdır. Modüleli sinyalin genliği yine sabit olup, frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı azalmaktadır. "D" noktası modüleli sinyal frekansının taşıyıcı sinyal frekansından en az olduğu noktadır.

"D-E" noktaları arası bilgi sinyalinin negatif yönde azalma zamanıdır. Modüleli sinyalin genliği yine sabit olup frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı artmaktadır. "E" noktasında bilgi sinyali yoktur. Bu noktada modüleli sinyal taşıyıcı sinyalin aynısıdır.

Özet olarak taşıyıcı sinyalin genliği her zaman sabittir. Bilgi sinyalinin pozitif alternanslarında taşıyıcı sinyalin frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı artmıştır. Bu artma bilgi sinyalinin pozitif tepe değerinde en fazladır. Bilgi sinyalinin negatif alternansında taşıyıcı sinyalin frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı azalmıştır. Bu azalma bilgi sinyalinin negatif tepe değerinde en fazladır.

Frekans modülasyonunda modüle edici her sinyal için bir çift yan bant oluşur. Buda teorik olarak frekans modülasyonunun da sonsuz sayıda yan bant oluşması anlamına gelir. Örneğin 10MHz'lik taşıyıcı sinyal 100KHz'lik bir sinyalle frekans modülasyonuna tabi tutulursa 10100-9900KHz, 10200-9800KHz, 10300-9700KHz gibi frekanslarda yan bant sinyalleri oluşur. Fakat frekans değişimi arttıkça yan bant sinyallerinin gücü azalır. Frekans modülasyonlu işaretin frekans spektrumu Şekil 2.13'de görülmektedir [6].



Şekil 2.13. Frekans spektrumu

Frekans modülasyonunda çok sayıda yan bant oluşur. Yan bantların etkili olması genliklerine bağlıdır. Genliği taşıyıcı genliğinin %1'inden küçük olan yan bantlar kullanılmaz. Tablo 2.1'de modülasyon indisine bağlı yan bantlar görülmektedir. Kullanılan yan bantların frekans kapsamı frekans modülasyonlu işaretin bant genişliğini belirler. Taşıyıcı sinyalin (F_c) frekansına merkez frekans denir. Bilgi sinyalinin taşıyıcı frekansını değiştirmesine frekans sapması denir. Frekans sapması Δf ile gösterilir. Bant genişliği formül olarak iki türlü bulunabilir [6].

$$- BW = 2 \times f_m \times \text{önemli yan bant sayısı} \quad (\text{Tablo Kuralı}) \quad (2.2)$$

$$- BW = 2. (\Delta f + f_m) \quad (\text{CARSON Kuralı}) \quad (2.3)$$

Tablo 2.1. Modülasyon indisine bağlı yan bantlar

Mod. İnd.	J_0 Taşıyıcı	J_1 1 st	J_2 2nd	J_3 3d	J_4 4th	J_5 5th	J_6 6th	J_7 7th	J_8 8th
0,0	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
0,25	0,98	0,12	-	-	-	-	-	-	-
0,5	0,94	0,24	0,03	-	-	-	-	-	-
1,5	0,51	0,56	0,23	0,06	0,01	-	-	-	-
1	0,77	0,44	0,11	0,02	-	-	-	-	-
2	0,22	0,58	0,35	0,13	0,03	-	-	-	-
3	-0,26	0,34	0,49	0,31	0,13	0,04	0,01	-	-
4	-0,40	-0,07	0,36	0,43	0,28	0,13	0,05	0,02	-
5	-0,18	-0,33	0,05	0,36	0,39	0,26	0,13	0,05	0,02

Bessel Fonksiyonuna bağlı olarak elde edilen, modülasyon indisine bağlı yan bant ve taşıyıcı genliklerini gösterir tablo

Taşıyıcı frekansının genliğe bağlı olarak değişmesine taşıyıcı salınımı Cs denir.

V_m = Bilgi işaretinin genliği

K = 1 kHz / 1V (Frekans sapma sabiti)

m_f = Modülasyon indisi

Δf = Frekans sapması

f_m = Bilgi işaretinin frekansı

f_c = Taşıyıcı sinyal frekansı olmak üzere;

$$\Delta f = K \cdot V_{m_{max}} \quad (2.4)$$

$$\text{Taşıyıcı salınması } C_s = 2\Delta f \quad (2.5)$$

$$\text{Bilgi genliği max. ise } f = f_c + \Delta f \quad (2.6)$$

$$\text{Bilgi genliği min. ise } f = f_c - \Delta f \quad (2.7)$$

$$m_f = \frac{\Delta f}{f_m} \quad (2.8)$$

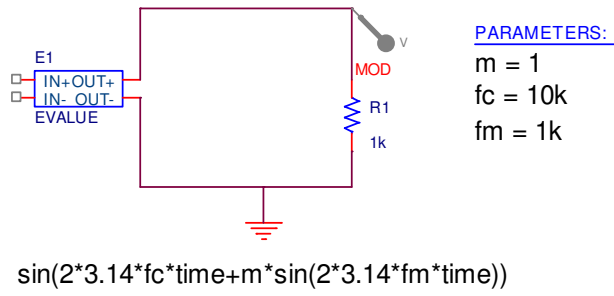
$$\text{Yüzde modülasyon } M = \left(\frac{\Delta f_{\text{genlik}}}{f_{m_{max}}} \right) \times 100 \text{ formülleriyle hesaplanır.} \quad (2.9)$$

Müzik yayını yapan frekans modülasyonlu radyo vericilerinde (88Mhz - 108Mhz) gerekli bant genişliği ± 100 KHz' dir. Frekans modülasyonu birçok yöntemle yapılır. Tüm yöntemlerin esası bir osilatör frekansının bilgi sinyali ile değiştirilmesidir.

2.2.2. Frekans modülasyonu uygulamaları

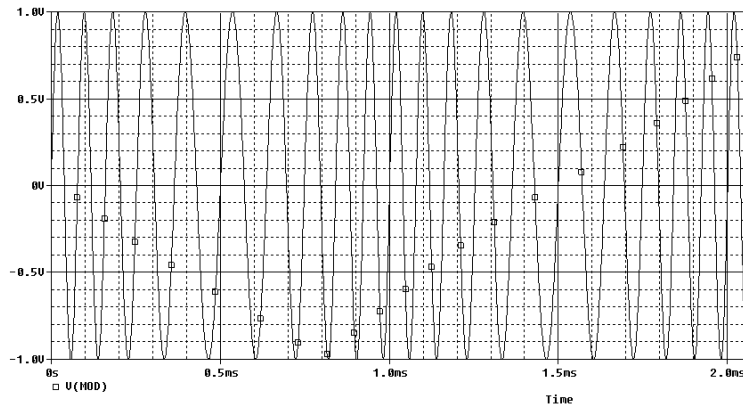
2.2.2.1. Eval ile frekans modülasyonu

Bu uygulamanın amacı, Eval ile frekans modülasyonu devresini oluşturmak ve çıkış sinyal şekillerini incelemektir. Devre şeması Şekil 2.14'de görülmektedir.

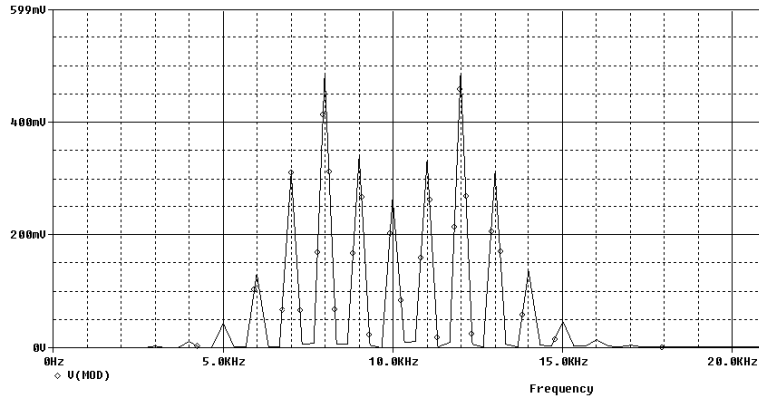


Şekil 2.14. Eval ile frekans modülasyonu devresi

Uygulamanın gerçekleştirilmesi için gerekli olan adımlar Ek C’de verilmiştir. Uygulama sonucunda elde edilmesi gereken dalga şekilleri bir sonraki sayfada görülmektedir.



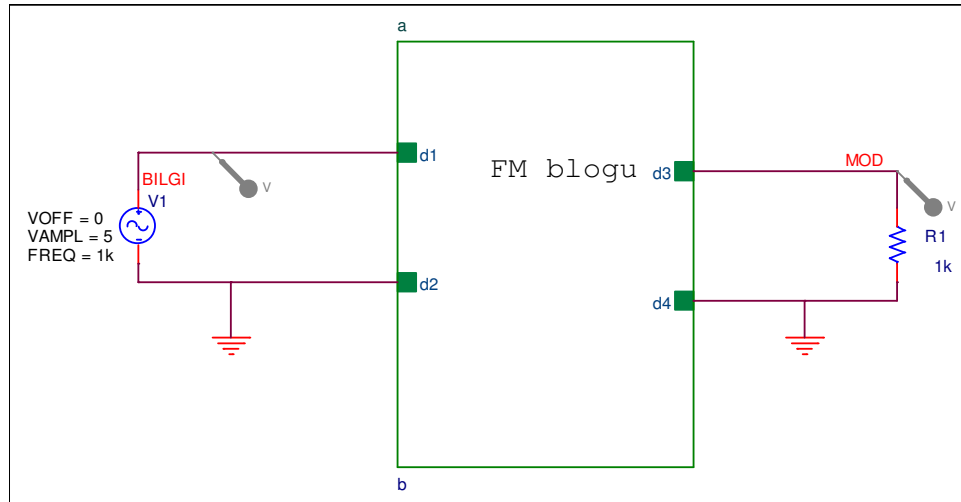
Şekil 2.15. Modüledi sinyal



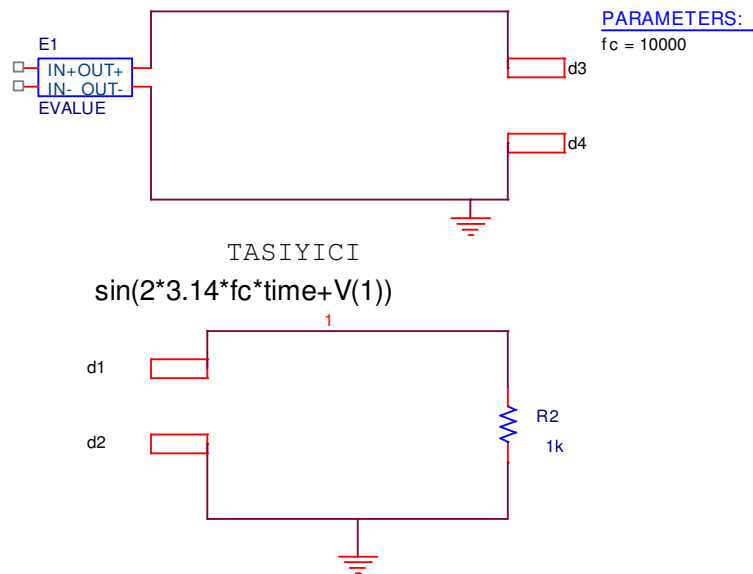
Şekil 2.16. Frekans spektrumu sinyal şekilleri

2.2.2.2. FM blok ile frekans modülasyonu

Bu uygulamanın amacı, blok oluşturmasını öğrenerek frekans modülasyonu devresini oluşturmak ve fourier çıkış eğrilerini incelemektir. Devre şeması Şekil 2.17 ve Şekil 2.18’de görülmektedir.

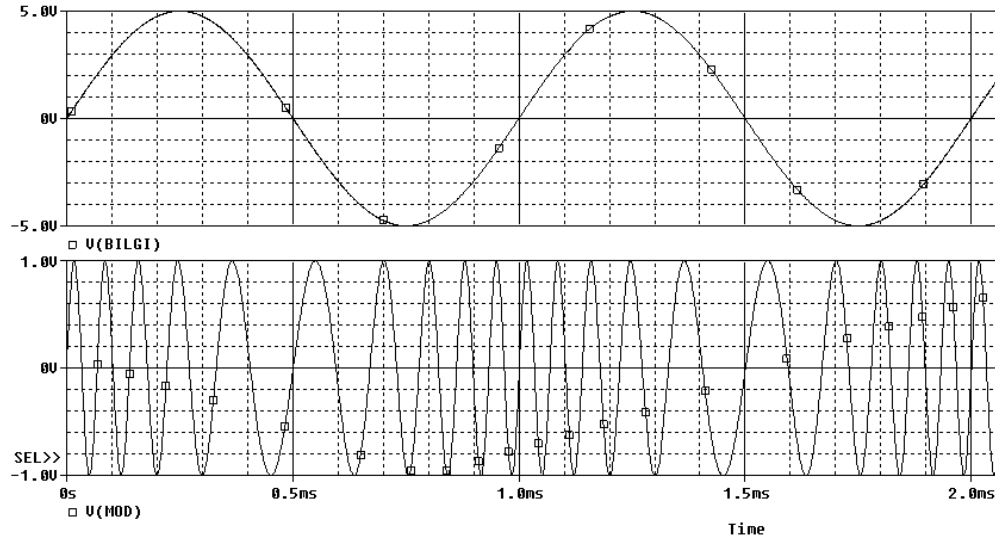


Şekil 2.17. FM blok devresi

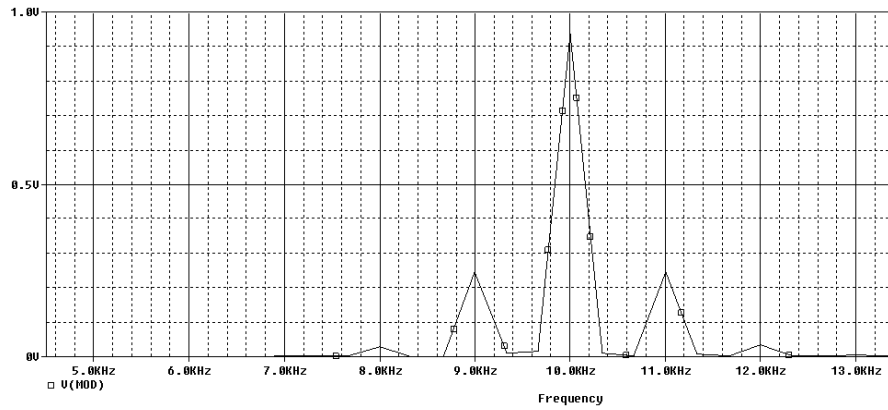


Şekil 2.18. Fm alt blok devreleri

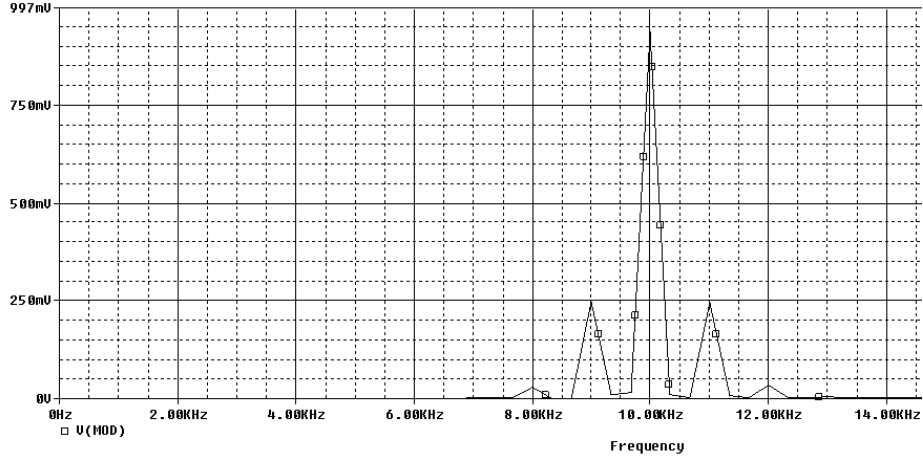
Uygulamanın gerçekleştirilmesi için gerekli olan adımlar Ek D’de verilmiştir. Uygulama sonucunda elde edilmesi gereken dalga şekilleri ilerleyen sayfalarda görülmektedir.



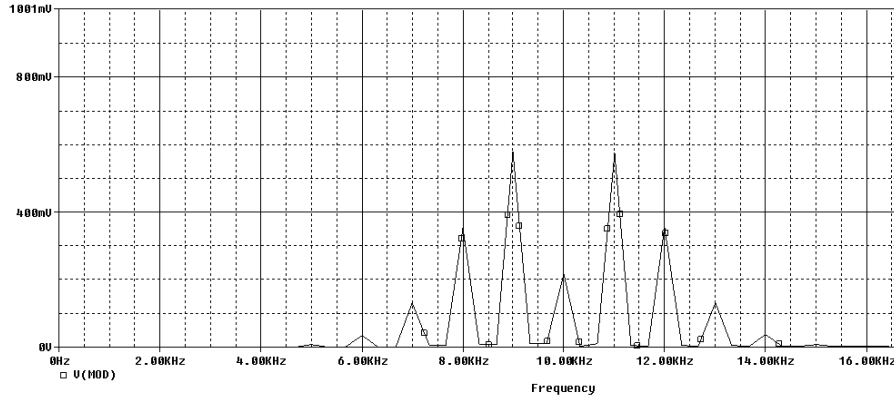
Şekil 2.19. Bilgi sinyali ve modüledi sinyal şekilleri



Şekil 2.20. Fourier eğrisi



Şekil 2.21. Bilgi sinyalinin genliği 0.5V iken oluşan fourier eğrisi



Şekil 2.22. Bilgi sinyalinin genliği 2V iken oluşan fourier eğrisi

2.3. Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (ASK) ile Modülasyon ve Uygulaması

2.3.1. Genlik kaydırmalı anahtarlama (ASK)

Analog sinyaller bildiğimiz gibi analog dijital çeviriciler (ADC) ile sayısal sinyallere çevrilirler. Sayısal bilgi her zaman darbeler şeklindedir. Bir darbenin değiştirilebilen üç özelliği vardır. Bunlar; genliği, uzunluğu ve konumudur. Darbeler ile haberleşmenin en yaygın kullanıldığı ilk kod Mors Alfabesi'dir. Mors kodunda harfler ve noktalama işaretleri nokta, çizgi ve boşluk kullanılarak anlatılır. Mors

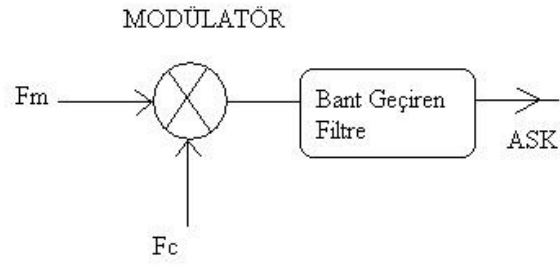
kodu sayısal bilgisayarlarda kullanılmaya uygun değildir. Bunun nedeni gönderilecek karakterin sembol sayısının ve uzunluğunun eşit olmamasıdır. Modern sayısal haberleşme sistemlerinde sayısal bilgi iki tabanlı (0 ya da 1), eşit uzunlukta sayısal kodlardan oluşur. Bu yöntemin kullanıldığı haberleşme sistemlerine genel olarak darbe kod modülasyonlu (PCM) sistemler denir [6].

Günümüzde yaygın olarak kullanılan üç kodlama yöntemi vardır. Bunlar her harf ya da karakterin beş bit ile ifade edildiği BAUDUT kodu, her harf ya da karakterin sekiz bit ile ifade edildiği bilgi değiş tokuşu için Standart Amerikan Kodu (ASCII – American Standart Code for Information Interchange) ve yine her harf ya da karakterin sekiz bit ile ifade edildiği IBM firmasının geliştirdiği genişletilmiş ikili kodlanmış ondalık değiş tokuş kodu (EBCDIC – Extended Binary Coded Decimal Interchange Code) dur [6].

Kodlanmış sayısal bilgi işareti dikdörtgen darbeler şeklindedir. Kodlanmış sayısal bilgiye DATA ya da Veri Bilgisi denir [6].

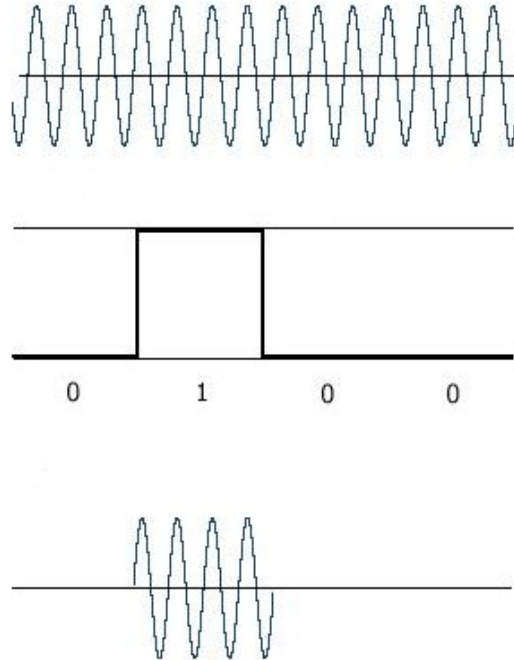
Sayısal modülasyonda, modülatör girişindeki data sinyalinin değişim hızına bit iletim hızı denir. Bit iletim hızı bit/saniye olarak birimlenir. Modülatör çıkışındaki değişim hızına Baud veya Baud hızı denir. İdeal bir sayısal modülatörde, bit iletim hızı ile baud iletim hızı birbirine eşit olmalıdır [6].

Genlik kaydırmalı anahtarlama (ASK) modülasyonu bilgi işaretini kare, taşıyıcı işaretin sinüzoidal sinyal olduğu modülasyon şeklindedir. Yapımı, bildiğimiz yöntemlerden farklı değildir. Bilgi sinyali ve taşıyıcı sinyal modülatöre uygulanarak çıkışta elde edilen işaret bant geçiren filtreden geçirilir ve filtre çıkışında ASK modülasyonlu işaret elde edilir. İşlem blok olarak Şekil 2.23'deki gibidir [6].



Şekil 2.23. ASK blok diyagramı

ASK modülasyonu incelenirse taşıyıcı sinyal, bilgi sinyali ve ASK modülasyonlu sinyal aynı zaman dilimi için Şekil 2.24’ de olduğu gibidir [6].

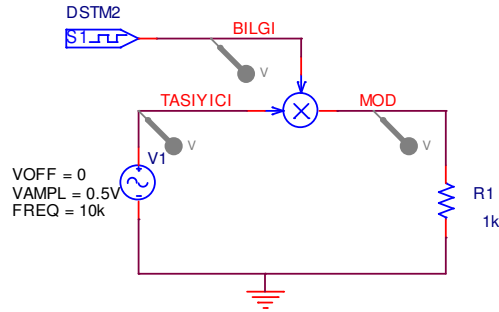


Şekil 2.24. ASK modülasyonunda sinyaller

Bilgi sinyalinin sayısal değeri 1 ise sinyal gönderilir. Bilgi sinyalinin sayısal değeri 0 ise hiçbir sinyal gönderilmez. Bu işleme on-off anahtarlama da (OOK-On Off Keying) denir. ASK modülasyonunda bit iletim hızı ve baud iletim hızı birbirine eşittir [6].

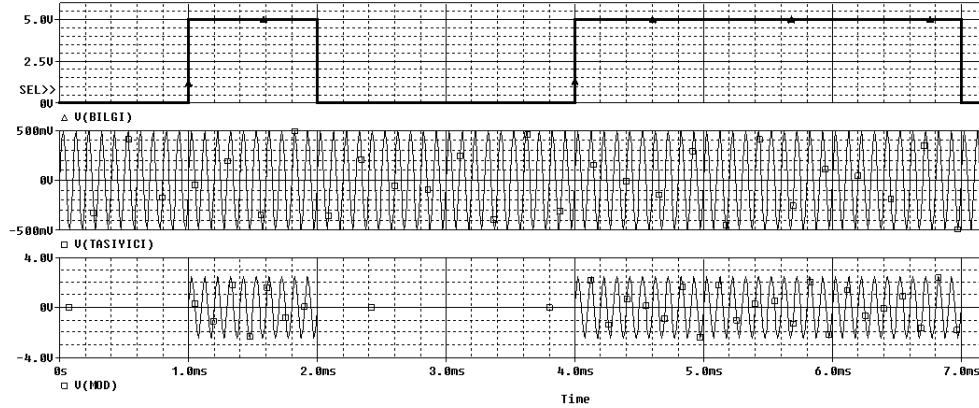
2.3.2. Genlik kaydırmalı anahtarlama (ASK) uygulaması

Bu uygulamanın amacı, genlik kaydırmalı anahtarlama ile genlik modülasyonu devresini oluşturmak ve çıkış sinyal şekillerini incelemektir. Devre şeması Şekil 2.25’de görülmektedir.

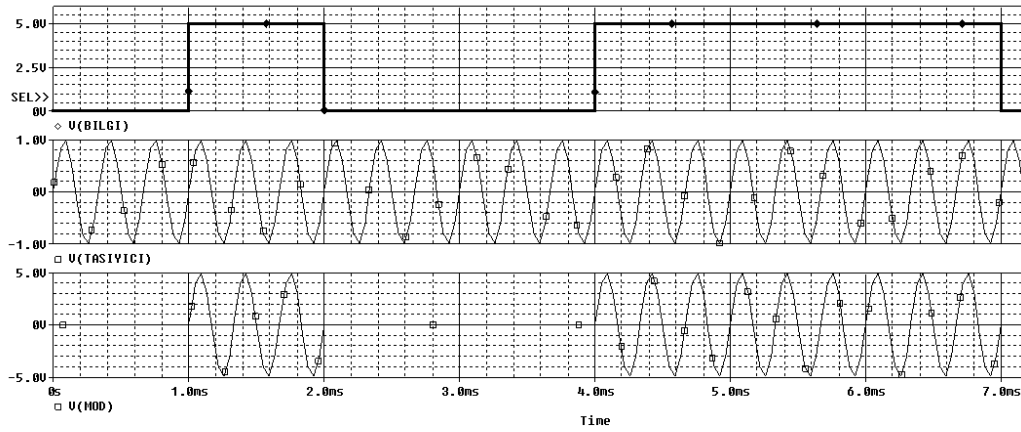


Şekil 2.25. ASK ile genlik modülasyonu devresi

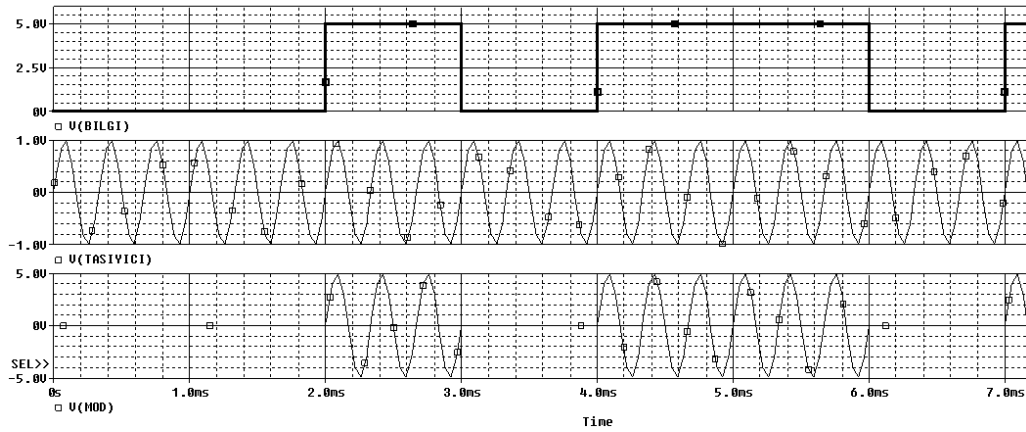
Uygulamanın gerçekleştirilmesi için gerekli olan adımlar Ek E’de verilmiştir. Aşağıda uygulama sonucunda elde edilmesi gereken dalga şekilleri görülmektedir.



Şekil 2.26. Bilgi, taşıyıcı ve modüleli sinyal



Şekil 2.27. $F_c=3\text{KHz}$ ve $V_c=1\text{V}$ için oluşan bilgi, taşıyıcı ve modüledi sinyal



Şekil 2.28. Dstm elemanının değeri değiştirildiğinde oluşan sinyaller

2.4. Darbe Kod Modülasyonu (PCM) ve Uygulaması

2.4.1. Darbe kod modülasyonu

Bilgi sinyalinin frekansından en az iki katı frekansta belirli aralıklarla örnekler alınarak yine belirli basamaklar arasına yerleştirildikten sonra ikili sayı sistemi ile kodlama işlemine darbe kod modülasyonu (PCM – Pulse Code Modulation) ismi verilir ve üç safhada meydana gelir [7].

- Örnekleme safhası
- Kuantalama safhası
- Kodlama safhası

Darbe kod modülasyonu (PCM), darbe modülasyonu teknikleri arasında tek sayısal (dijital) iletim tekniğidir. PCM 'de, darbeler sabit uzunlukta ve sabit genliktedir. Darbe kod modülasyonunda (PCM), analog sinyal örneklenir ve iletim için sabit uzunlukta, seri binary (ikili) sayıya dönüştürülür. Binary sayı, analog sinyalin genliğine uygun olarak değişir. Örnekleme (sampling), gönderilecek olan bilgi sinyalinden periyodik olarak örnek alınıp, işlenmesi ve örneklerin gönderilmesi işlemidir [7].

Daha sonra, örnek değerler kuantalanır, yani her örnek değere önceden belirlenmiş seviyelerden bu değere en yakın olanıyla bir yaklaştırma yapılır. Daha sonra, her örnek değer ya da buna karşılık gelen kuantalama seviyesi bir binary kod sözcüğü ile kodlanır. Buna göre örnek değerler dizisi, bir binary kod sözcüğü dizisi ile gösterilir. Sonuçta elde edilen 0-1 dizisi bir darbe dizisine dönüştürülür. "1" darbeyi, "0" ise darbe yokluğunu gösterir [7]. Kodlama da yöntem üç safhada yapılmaktadır:

- Vericiden alınan sinyal belli aralıklarla örneklendikten ve kuantalama yöntemi ile kuantalama aralıklarına yerleştirildikten sonra sinyalin pozitif alternansta mı, yoksa negatif alternansta mı, olduğuna bakılır. Eğer pozitif alternansta ise ikili sayı sistemi ile 1, negatif alternansta ise ikili sayı sistemi ile 0 olarak örneğin işareti kodlanır.

- Örneklenmiş sinyal eşit olmayan ve 8 segment aralığından (0 ile 7) hangisine tekabül etmektedir. Hangi segment aralığına tekabül ediyorsa ikili sayı ile ve üç bit olarak aşağıdaki gibi kodlanır.

Tablo 2.2. Örnek kuantalama tablosu

İkili Kod	
000	0.segment
001	1.segment
010	2.segment
011	3.segment
100	4.segment
101	5.segment
110	6.segment
111	7.segment

- Örneklenip kuantalanmış sinyalin segment aralığındaki oda değerine (oda gerilimine) bakılır. Eğer segment aralıklarında bulunan 16 adet (0 ile 15 arası) odadan hangisinin içerisinde yer alıyorsa aşağıda verilen ikili kod ile 4 bit olarak kodlanır.

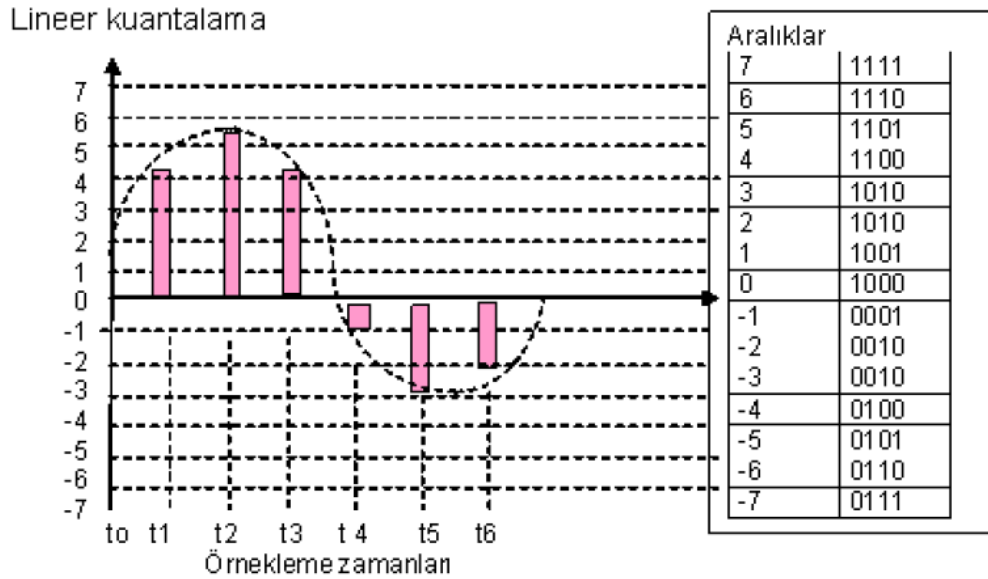
Tablo 2.3. Örnek kodlama tablosu

İkili Kod	Oda No	İkili Kod	Oda No
0000	0	1000	8
0001	1	1001	9
0010	2	1010	10
0011	3	1011	11
0100	4	1100	12
0101	5	1101	13
0110	6	1110	14
0111	7	1111	15

Kodlama işlemi tamamlandıktan sonra ise kanallardan alınan örnek kodları PCM sisteminin çerçevesi yapısı içerisinde TDM yöntemiyle zaman aralıklarına yerleştirilir [7].

Bir analog sinyali alarak bu sinyali dijital sinyale dönüştürme işlemine kuantalama denir. Bir işaretin kuantalanması demek işaretin alabileceği en küçük genlik ile en büyük genlik arasını basamaklara ayırmak ve bu işaretin bu basamaklarla yaklaşımını elde etmektir. Kuantalama lineer kuantalama ve lineer olmayan kuantalama olmak üzere iki şekilde yapılır [7].

Lineer kuantalamada sinyal kodlama hata oranı küçük genliklerde fazla olduğundan orijinal işaretten sapma ve gürültü fazla olur. Şekil 2.7’de ki 7 basamaklı 4 bit kodlamada en soldaki 0 negatif, 1 ise pozitif sinyali ifade eder [7].

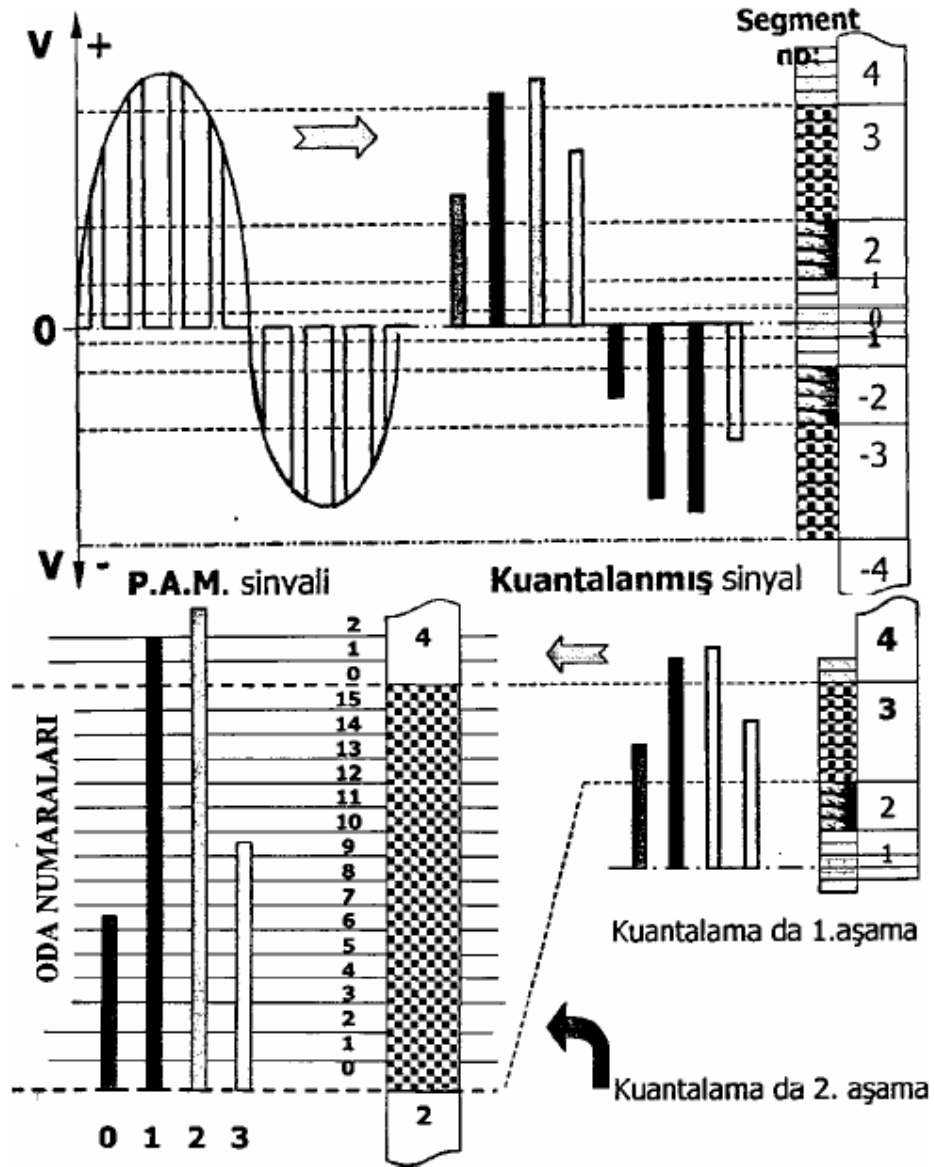


Şekil 2.29. Lineer (doğrusal) kuantalama

Lineer kuantalamanın mahzurunun gidermek için ses sinyali 7 bölüme ayrılarak her bölüm kendi içerisinde kodlanır. En büyük sinyal genliği 1 kabul edilirse kodlama basamakları 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64 şeklinde olur. Standart 32 zaman bölünmeli PCM sisteminde 8 bit ile 128 pozitif ve 128 negatif değer kodlanmış olur[7].

Ülkemizde kullanılan lineer olmayan kuantalama yönteminde kanaldan iletilebilecek en yüksek gerilimin pozitif ve negatif alternansındaki değer önce eşit olmayan sekiz

parçaya bölünür ve bu parçalara segment adı verilir. Daha sonra her segment 16 eşit parçacıklara bölünür, bunlara da oda aralığı ismi verilir. Böylelikle pozitif ve negatif alternansta 128'er adet olmak üzere toplam 256 adet kuantalama aralığı (oda aralığı) elde edilmiş olur. Bu şekilde sınırsız olan genlik sayısını 256 ile sınırlandırmış oluruz[7].



Şekil 2.30. Lineer olmayan kuantalama

PCM sistemlerde en önemli konu örnekleme frekansının seçilmesi işlemidir. Örnekleme frekansı Nyquist oranı olarak ifade edilmiştir. Nyquist kriterine göre örnekleme frekansı, maksimum giriş frekansının 2 katından büyük olmalıdır [7]. f_s örnekleme frekansını göstermek üzere;

$$f_s \geq 2f \text{ olmalıdır (Nyquist kriteri)} \quad (2.10)$$

Eğer örnekleme kriteri karşılanmaz ise analog sinyal frekansı kaybolur ve alias (takma isim) frekansı üretilir. Alias frekansı orijinal sinyale benzemeyen farklı bir sinyaldir [7].

$$f_{alias} = f - f_s \text{ formülü ile hesaplanır.} \quad (2.11)$$

Örnek: 1 kHz lik bir sinyal $f_s=750$ Hz ile örneklenirse $f_{alias}=1000-750=250$ Hz'lik bir alias frekansı ortaya çıkar Alias frekansını önlemek için antialias filtreler kullanılır.

PCM sistemlerde maksimum giriş geriliminin kuantalama aralığına oranına dinamik bölge denir [7].

$$DR = \frac{V_{max}}{\text{Kuantalama Aralık Voltajı}} = 2^n \quad (2.12)$$

Burada;

DR = Dinamik bölge

n = Bit sayısı

Dinamik bölge logaritmik olarak da ifade edilebilir.

$$DR = 20 \log_{10} \frac{V_{max}}{\text{Kuantalama Aralık Voltajı}} = 20 \log 2^n \quad (2.13)$$

1 bit için dinamik bölge 6 dB dir. Çoklu bit'li sistemlerde dinamik bölge aşağıdaki formül ile bulunur.

$$DR = \text{Bit Sayısı} \times 6 \quad (2.14)$$

Örnek: 5 Volt'luk bir sinyal 1mV aralıklarla örneklenecek ise dinamik bölgeyi ve bu iş için kullanılacak olan bit sayısını bulunuz.

$$DR = 20 \log_{10} \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = 20 \log_{10} \frac{5}{0.001} = 73.97 \text{ dB} \cong 74 \text{ dB}$$

$$n = \frac{74}{6} = 12.3 \text{ bit}$$

$\cong 13 \text{ bit kullanılmak zorundadır (Küsrümlü bit olamayacağı için)}$

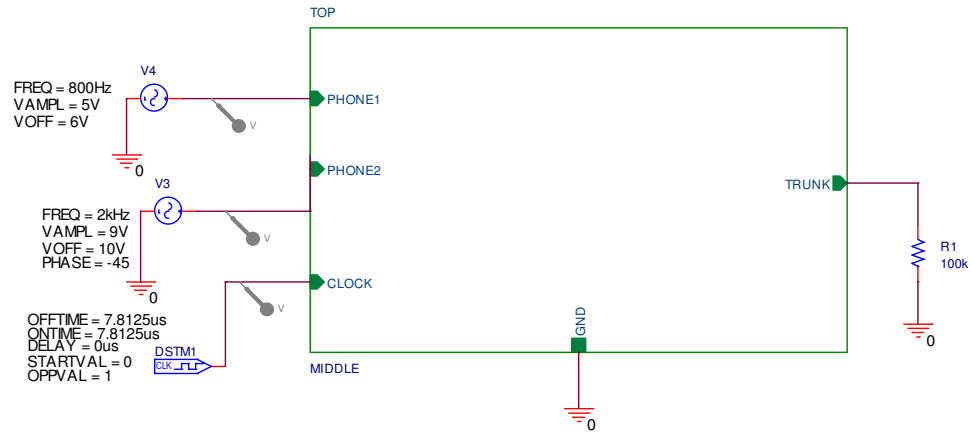
$$\text{Aralık Sayısı} = \frac{5}{0.001} = 5000$$

$$2^{13} = 8192 \quad 2^{12} = 4096$$

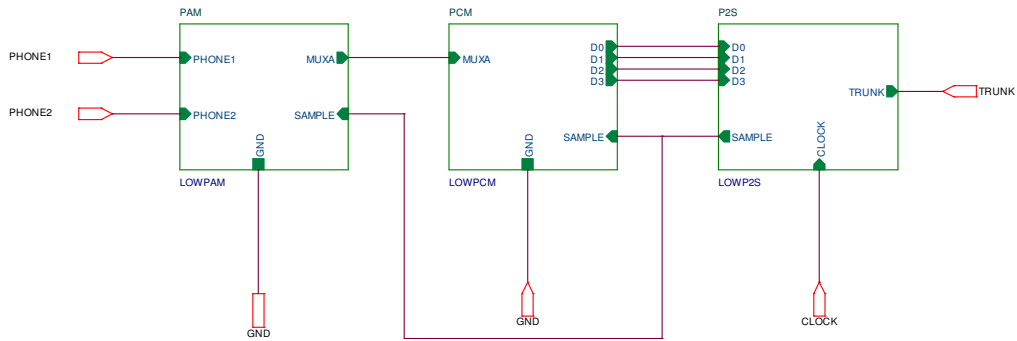
5000'lik için 12 bit yetmediği için 13 bit kullanmak gereklidir.

2.4.2. Darbe kod modülasyonu (PCM) uygulaması

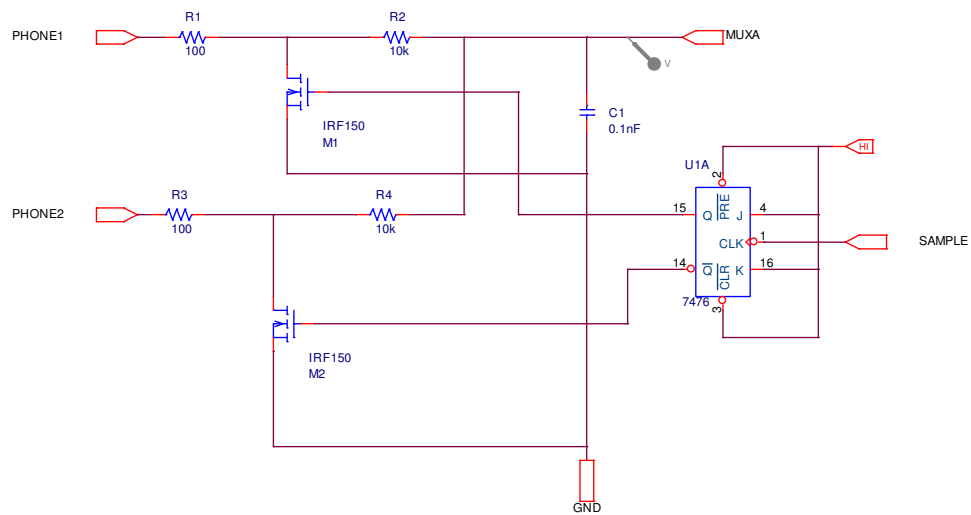
Bu uygulamanın amacı, darbe kod modülasyonu devresini oluşturmak ve çıkış sinyal şekillerini incelemektir. Uygulamaya ait devre şemaları aşağıdaki şekillerde görülmektedir.



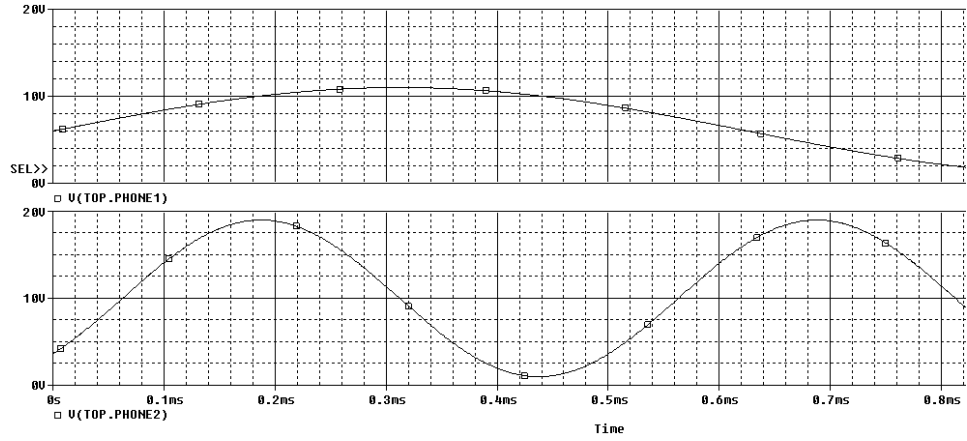
Şekil 2.31. Darbe kod modülasyonu blok devresi



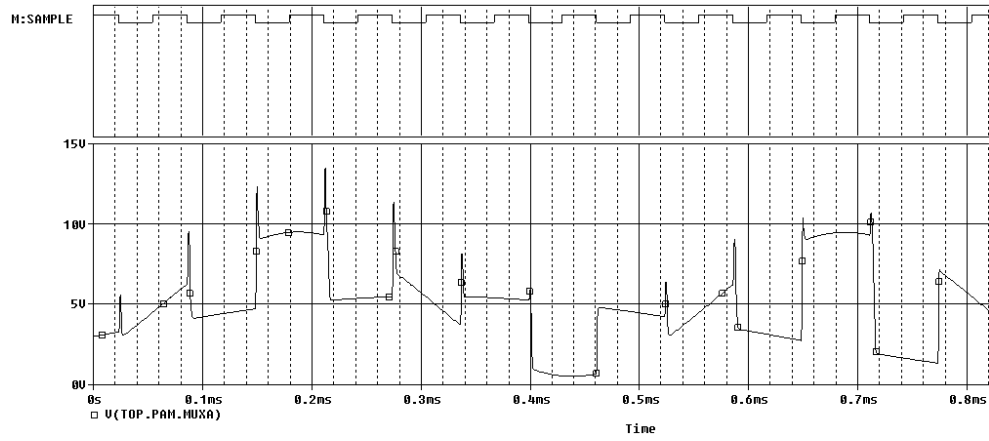
Şekil 2.32. Darbe kod modülasyonu TOP blok iç devresi



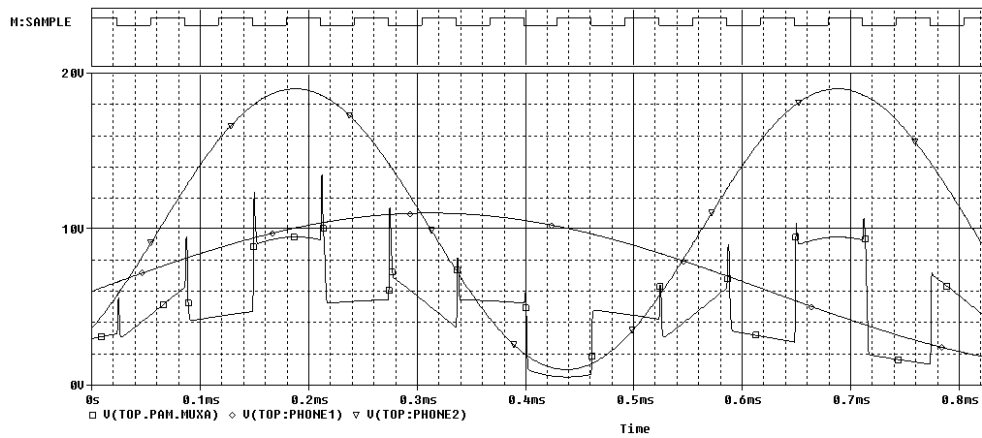
Şekil 2.33. PAM blok devresi



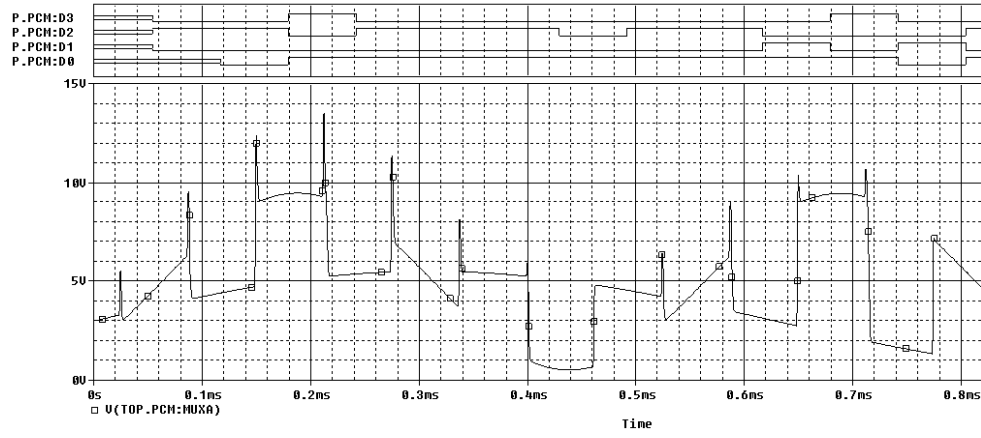
Şekil 2.36. Phone1 ve Phone2 sinyalleri



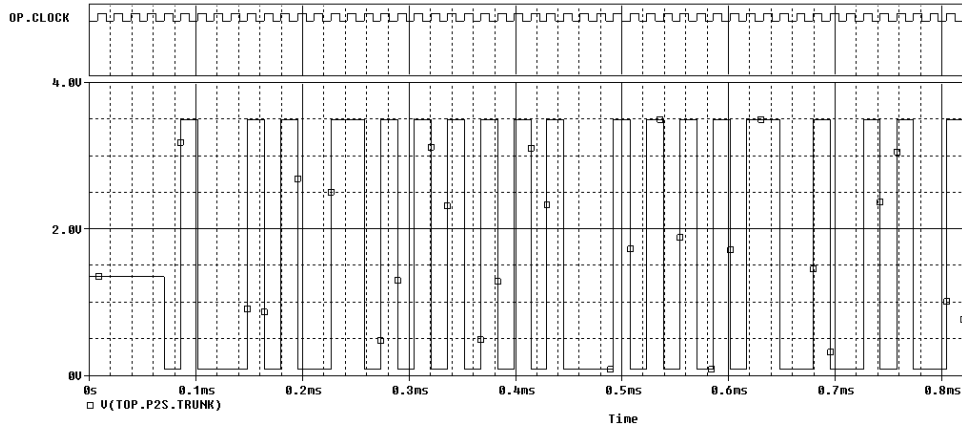
Şekil 2.37. Sample ve MUXA sinyalleri



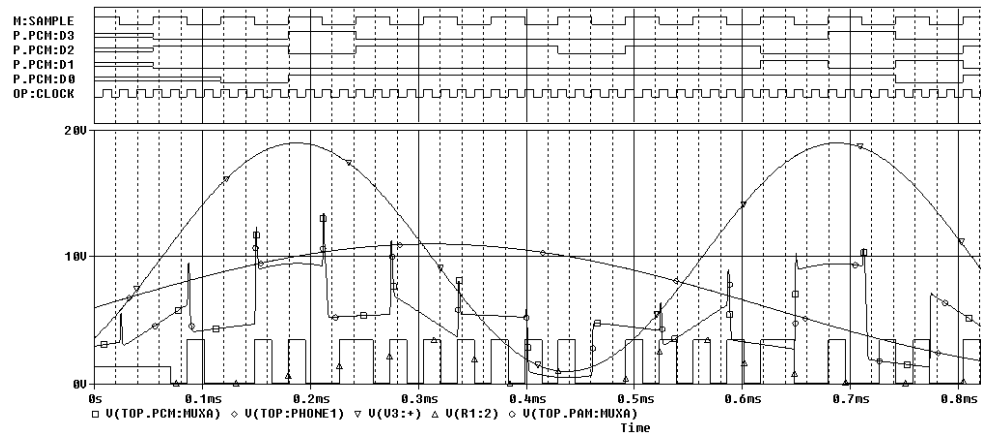
Şekil 2.38. PAM sinyallerinin birlikte gösterilmesi



Şekil 2.39. PCM MUXA ve D0, D1, D2 ve D3 sinyalleri



Şekil 2.40. Clock ve TRUNK sinyali

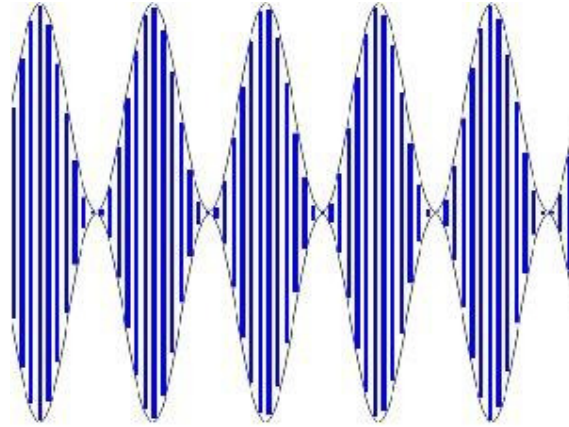


Şekil 2.41. PCM sisteminin sinyalleri

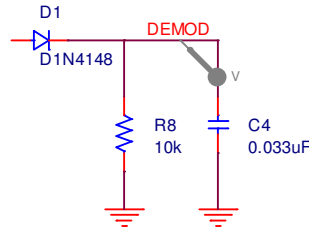
2.5. Demodülasyon ve Uygulaması

2.5.1. Demodülasyon

Modüleli sinyal içinden bilgi sinyalinin ayrılması işlemine demodülasyon ya da algılama denir. Bu işlemin yapıldığı devrelere demodülatör yada dedektör adı verilir. Genlik modülasyonunun demodülasyonu senkronlu ve senkronsuz sistemlerle yapılabilir. Senkronlu sistemde vericiden gelen işaretler ile alıcıda demodülasyon işlemi eş zamanlı yapılır. Senkronlu sistemlere örnek çarpım dedektörü, anahtarlamalı dedektör, PLL dedektör (PLL Phase Locked Loop) gösterilebilir. Senkronsuz sistem en fazla kullanılan en az elemanlı sistemdir. Bu sisteme örnek diyotlu dedektör ve transistörlü dedektör gösterilebilir. Uygulamada diyotlu dedektör incelenmiştir [6].

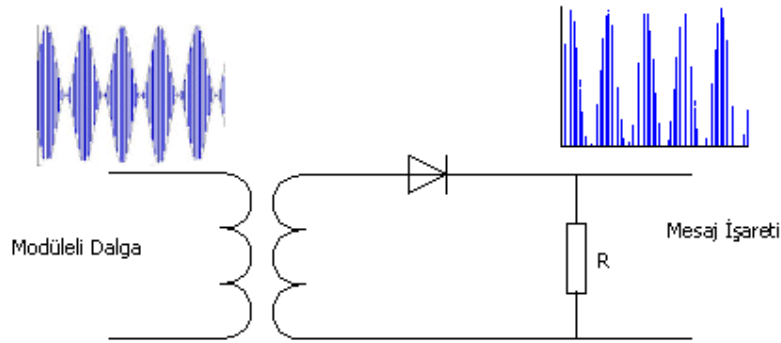


Şekil 2.42. Modüleli dalga



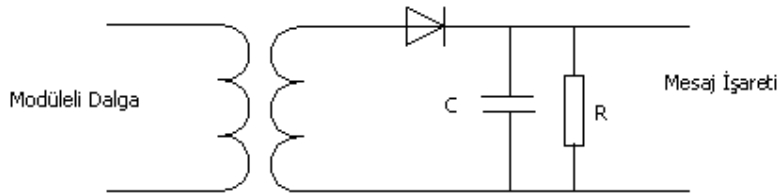
Şekil 2.43. Diyotlu dedektör devresi

Şekil 2.42’de sinyalin her iki tarafında da mesaj işareti olduğu için sinyalin pozitif ya da negatif tarafından bir tanesi bizim için yeterlidir. Genellikle pozitif tarafı kullanılır. Özel bir nedeni olmayıp alıcı devrenin toplam tasarımı ile ilgilidir. Örneğin otomatik kazanç kontrolü (AGC) gibi. Sinyalin sadece üst tarafını almak için basit bir yarım dalga doğrultucusuna benzer bir devre kullanılabilir. Bu devreye zarf dedektörü denilmektedir [8]. Şekil 2.43’ de diyotlu dedektör görülmektedir.



Şekil 2.44. Doğrultulmuş modüleli sinyal

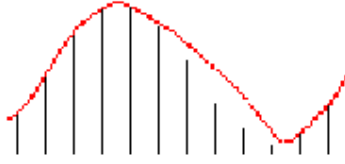
Bu sinyalin içinde taşıyıcı sinyal hala durmaktadır ve hiçbir işimize yaramamaktadır. Taşıyıcı sinyalin frekansı çok yüksek olduğu için de zaten duyulmayacaktır. Duyulan kısım alçak frekanslı mesaj işareti olacaktır. Sinyalin içinde hem alçak hem de yüksek frekans olduğu için bu sinyal basit bir alçak geçiren filtreden geçirildiğinde toplam sinyalden geriye sadece duyulabilir kısım kalacaktır [8].



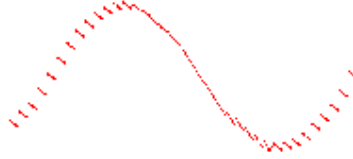
Şekil 2.45. Alçak geçiren filtre

Demodülasyon bu kadar basit bir yöntemle yapılabilmektedir. Burada alçak geçiren filtrenin yapısı çok önemlidir. Devredeki C kondansatörü büyük tutulursa yüksek frekanslara sahip mesaj işareti için iyi sonuç düşük frekanslara sahip mesaj işareti

içinde kötü sonuç alınacaktır. Yani tekrar elde edilen mesaj işaretinde bozulmalar olacaktır. C kondansatörü küçük tutulursa mesaj işaretinde ters yönde bir bozulma olacaktır. Yani geniş frekans spektruma sahip mesaj işaretlerinde bozulma mutlaka olacaktır. Aşağıdaki şekillerde bu duruma ait örnekler görülmektedir [8].



Şekil 2.46. C kondansatörünün büyük değerde olduğu zaman ki çıkış işareti

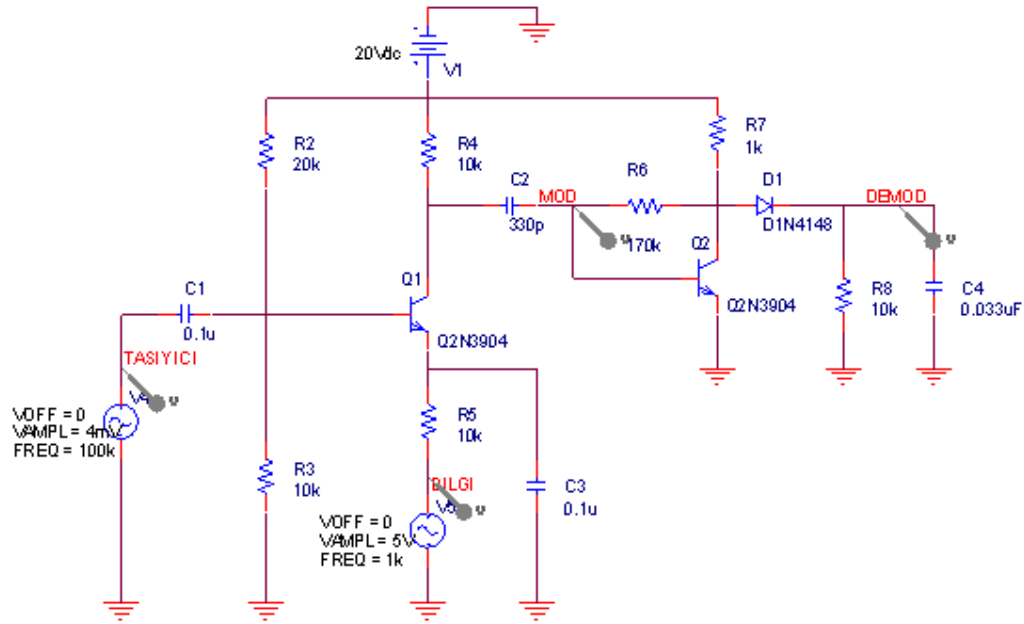


Şekil 2.47. C kondansatörünün küçük değerde olduğu zaman ki çıkış işareti

Mesaj işaretinde bu bozulma bazı durumlarda rahatlıkla göz ardı edilebilir. Sadece konuşma içeren haberleşmelerde hiç önemi yoktur. Konuşan kişinin ne dediği dinleyen tarafından anlaşılıyorsa sorun yoktur. Örnek olarak, GM telsiz konuşmaları ya da haberleri okuyan spikerin sesi verilebilir. Fakat bazı durumlarda bozulmanın oranı önem kazanır. En basit olarak, müzik dinlerken gerçeğe en yakın ses her zaman tercih edilir. Herhangi bir yöntemle modüle edilen mesaj işareti hiçbir zaman %100 saflıkla tekrar elde edilemez. Gerçeğe ne kadar yaklaşırsa o kadar iyi olur [8].

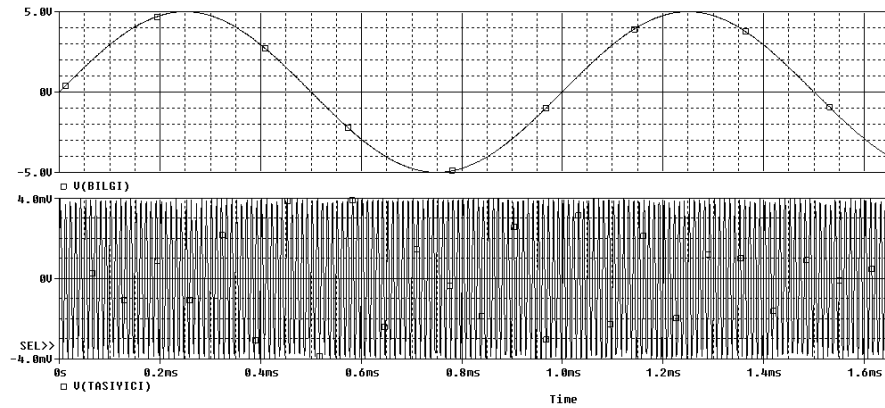
2.5.2. Transistör ile genlik demodülasyonu uygulaması

Bu uygulamanın amacı, transistör ile genlik demodülasyonu devresini oluşturmak ve çıkış sinyal şekillerini inceleyerek demodülasyon konusunu öğrenmektir. Devre şeması Şekil 2.48'de görüldüğü gibidir.

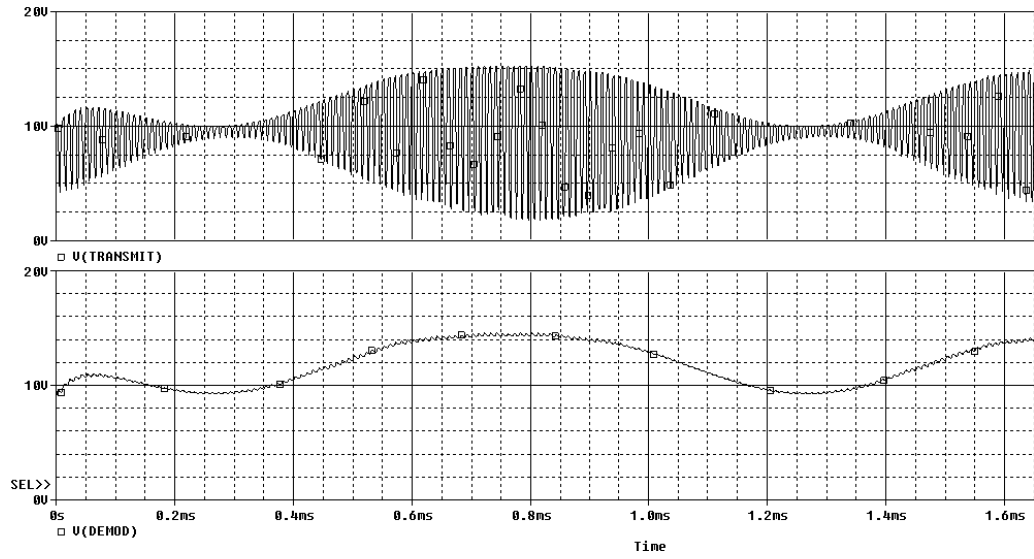


Şekil 2.48. Transistör ile genlik demodülasyonu devresi

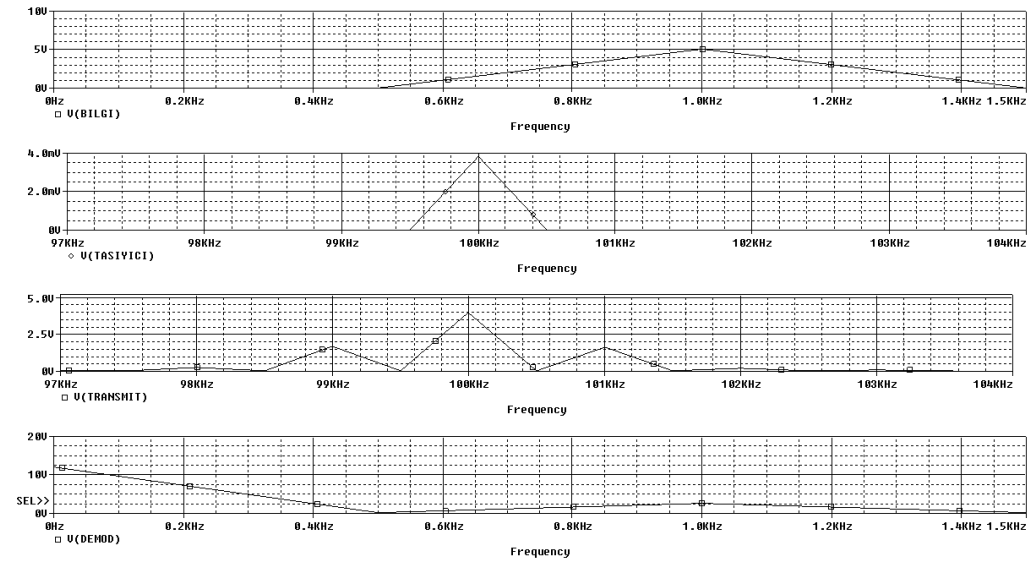
Uygulamanın gerçekleştirilmesi için gerekli olan adımlar Ek G’de verilmiştir. Aşağıda uygulama sonucunda elde edilmesi gereken dalga şekilleri görülmektedir.



Şekil 2.49. Bilgi ve taşıyıcı sinyal şekilleri



Şekil 2.50. Modüledi ve demodüledi sinyaller

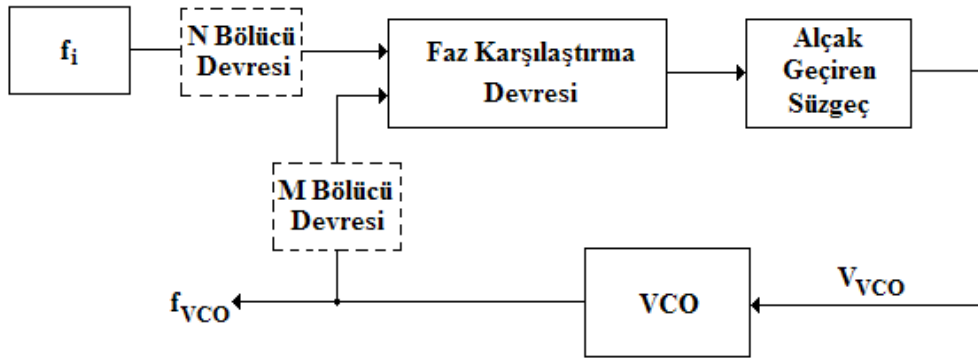


Şekil 2.51. FFT şekilleri

BÖLÜM 3. FAZ KİLİTLEMELİ DÖNGÜ – PLL

3.1. PLL

PLL, basit anlatımla kapalı döngülü bir frekans kontrol sistemidir. Özellikle tüm devre teknolojisinin getirdiği boyut ve maliyet avantajları sayesinde bu çevrim tekniği haberleşme ve endüstriyel elektronik alanlarında yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir. PLL tekniği 1940'lı yıllarda süperheterodin alıcılarda kullanılan lokal osilatörlerin kararlılığının sağlanması amacı ile geliştirilmiştir. Günümüzde PLL tekniği, kararlı frekans sentezleyiciler yanında FM demodülatörler, stereo demodülatörler ve ton kod çözücülerde de kullanılmaktadır. PLL tekniğinin blok şeması Şekil 3.1'de verilmiştir [9].



Şekil 3.1. PLL blok şeması

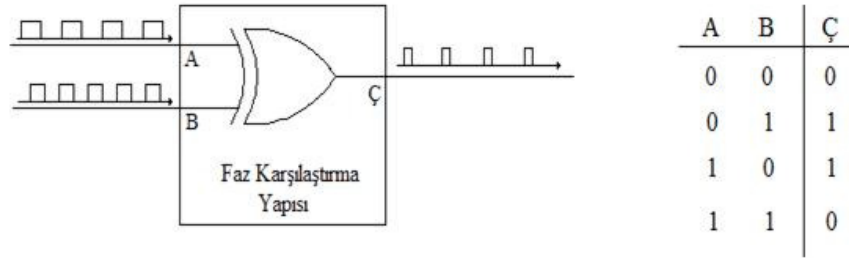
Şekil 3.1'de ki PLL yapısında, V_{VCO} gerilimine bağlı olarak f_{VCO} frekansında işaret üreten gerilim kontrollü osilatör (VCO), belirlenen bir f_i frekanslı işaret ile VCO tarafından üretilen işaretin fazlarının (dolayısı ile frekanslarının) karşılaştırıldığı ve karşılaştırma sonucuna göre bir hata işaretinin üretildiği faz karşılaştırma devresi ve bir alçak geçiren süzgeç bulunmaktadır. Bu yapıya gerekli görülmesi halinde kesikli

çizgiler ile ifade edilen frekans bölücü devreleri de eklenebilir. Şekil 3.1’de gösterilen PLL sistemi analog veya sayısal olarak oluşturulabilir. Ancak son yıllarda gelişen tüm devre teknolojilerinden dolayı artık analog PLL sistemleri kullanılmamaktadır [9].

3.2. PLL Sisteminin Yapıları

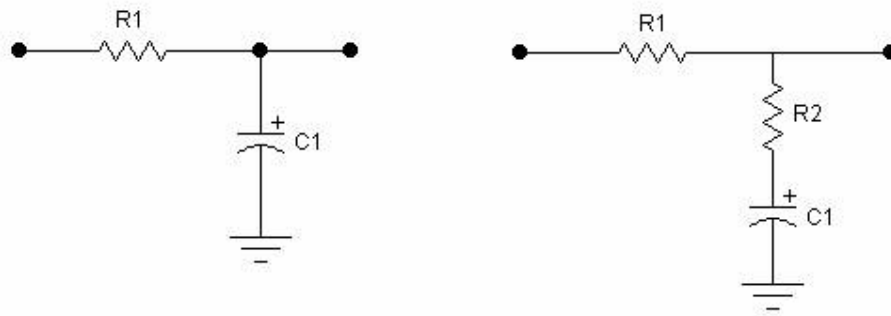
VCO: Şekil 3.1’de gösterilen yapıdaki VCO modülünde, V_{VCO} DC gerilimine bağlı olarak f_{VCO} frekanslı bir işaret üretilmektedir. VCO yapıları içerisinde bobin ve transistor elemanları çokça kullanıldığından ürettikleri işaretin kararlılığı yüksek seviyelerde bulunmamaktadır. Kararlılığına emin olduğumuz bir işaret ile VCO tarafından üretilen işaretin karşılaştırma devresi tarafından kontrol edilerek gerektiğinde VCO devresine uygulanan V_{VCO} geriliminin bir hata çıkışı ile düzenlenmesi ilkesi PLL çevrim tekniğinin temelini oluşturmaktadır [9].

Faz Karşılaştırma Devresi: Faz karşılaştırma devresi, girişine uygulanan iki işaret arasındaki faz farkına bağlı olarak bir çıkış işareti üretir. Tüm devre PLL yapılarında kullanılan devre tasarımında genel olarak iki tür faz karşılaştırma devresi ile karşılaşılmaktadır. Bunlar anahtarlamalı faz dedektörleri (switched type) ve ardışıl faz dedektörleri (sequential type) başlıkları altında toplanabilir. Ardışıl faz dedektörü yapısı tek bir EX-OR elemanından oluşmaktadır. Ardışıl faz dedektörü çıkışında girişteki iki işaretin EX-OR formu gözlemlenmektedir. Şekil 3.2’de ardışıl faz dedektörünün şeması ve doğruluk tablosu verilmiştir. Anahtarlamalı faz dedektörlerinin yapısı ardışıl faz dedektörüne göre daha karmaşıktır. Anahtarlamalı faz dedektörü çıkışında üretilen hata işareti basamak fonksiyonu şeklindedir ve alçak geçiren filtre çıkışlarında istenilen V_{VCO} gerilimini oluşturması zordur [9].



Şekil 3.2. Ardışıl faz dedektörü şeması ve doğruluk tablosu

Alçak Geçiren Filtre: PLL döngüsünde, faz karşılaştırıcı çıkışındaki hata işaretinin ortalama değerinin (DC seviyesinin) VCO'nun V_{VCO} geri besleme gerilimi olarak uygulanması için alçak geçiren bir filtre kullanılmaktadır. Burada amaç hata işaretinin DC seviyesini VCO'ya geri besleme olarak aktarmaktır. İlk olarak bakıldığında eleman değerlerinin pek önemi yokmuş gibi görülebilir ancak alçak geçiren filtrenin karakteristiği PLL döngüsünde kilitleme frekans aralığını belirleyen bir unsurdur. Bundan dolayı eleman seçimindeki hesaplamalara dikkat edilmelidir. Genel olarak PLL yapılarında en temel alçak geçiren filtre devreleri kullanılır. Şekil 3.3'de PLL yapısında kullanılan alçak geçiren filtre devresinin iki çeşidi görülmektedir [9].

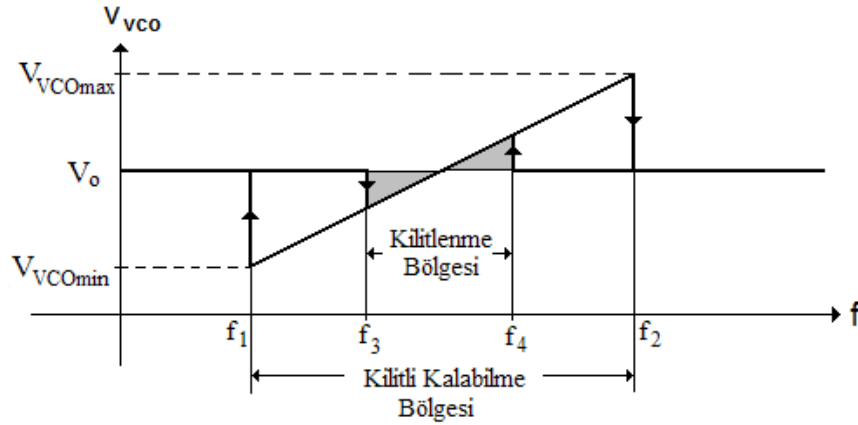


Şekil 3.3. Alçak geçiren filtre

3.3. PLL Sisteminin Çalışması

PLL çevrim tekniğinin daha iyi anlaşılabilmesi için kilitlenme bölgesi ve kilitli kalabilme bölgesi tanımlarının açıklanması gerekmektedir. Şekil 3.1’de ki PLL yapısında bulunan VCO modülünün V_{VCO} gerilimine bağlı olarak frekans bölgesinde herhangi bir f_1 ve f_2 frekans aralığında çıkış işareti üretebildiğini varsayalım. Belirlenen iki frekans aralığının ortasında (f_o) çalışmasını sağlayan V_{VCO} gerilimine de V_o (DC) diyelim. PLL yapısında f_i frekanslı v_i işaretinin faz karşılaştırıcı girişine uygulanması halinde f_o ve f_i frekanslı işaretlerin arasındaki faz ve frekans farkına bağlı olarak, faz karşılaştırma devresi çıkışından v_d hata işareti alınır. Bu işaret frekans düzleminde f_o+f_i ve f_o-f_i frekanslı bileşenlerden oluşur. Hata işaretinin f_o-f_i frekanslı bileşeni faz karşılaştırıcıdan sonraki alçak geçiren süzgecin geçirme bandı aralığına düştüğünde, süzgeç çıkışındaki gerilim V_o geriliminden $\pm V_k$ ($f_o > f_i$ veya $f_o < f_i$ bağlı olarak) kadar sapmaya başlayacak ve VCO’nun çıkış frekansı f_i frekansına doğru değişmeye zorlanacaktır [9].

f_o frekansı f_i frekansına eşit olduğunda alçak geçiren süzgecin çıkışında, (frekansı eşit olan iki işaret arasında da faz farkı olabileceğinden) sadece iki işaret arasındaki faz farkı ile orantılı bir doğru gerilim oluşur. Bu gerilimin değeri ilk an için belirlenemez fakat PLL yapısının kapalı bir çevrim olduğu unutulmamalıdır. Kapalı çevrim sayesinde iki işaret arasındaki faz farkı alçak geçiren süzgeç çıkışında $V_o \pm V_k$ gerilimini sağlayacak şekilde dengelenir. Bu dengelenme durumuna kilitlenme durumu ve dengelenme frekans bölgesine kilitlenme bölgesi denir. Kilitlenme bölgesi içerisinde VCO’ da oluşabilecek herhangi bir problem sonucu çıkış işaretindeki değişimler, faz karşılaştırıcısı tarafından fark edilerek hata işaretinin değişmesine zorlanacak ve bu kapalı çevrim sayesinde VCO çıkış işareti tekrar eski frekansına dönecektir. VCO ‘nun V_{VCOmax} ve V_{VCOmin} gerilimleri arasında çıkışında ürettiği işaretin frekans bölgesine de Kilitli Kalabilme Bölgesi denir. Şekil 3.4’de PLL çevriminde kilitlenme bölgesi ve kilitli kalabilme bölgesi ve bu bölgelerdeki V_k değişimi gösterilmiştir [9].



Şekil 3.4. PLL kilitleme bölgesi

PLL yapısında kilitli kalabilme bölgesi VCO'nun karakteristiğine bağlıdır. Aynı şekilde kilitleme bölgesi de alçak geçiren filtrenin karakteristiğine bağlıdır. Çünkü faz karşılaştırıcı çıkışındaki $f_o - f_i$ işaretinin, VCO'nun girişine ne oranda yansıtılacağına alçak geçiren filtrenin band genişliği ve geçirme bölgesindeki zayıflatma oranı karar verecektir [9]. Şekil 3.4'den yararlanarak;

$$\text{Kilitleme bölgesi band genişliği} \quad : 2\Delta_{f_c} = f_4 - f_3 \quad (3.1)$$

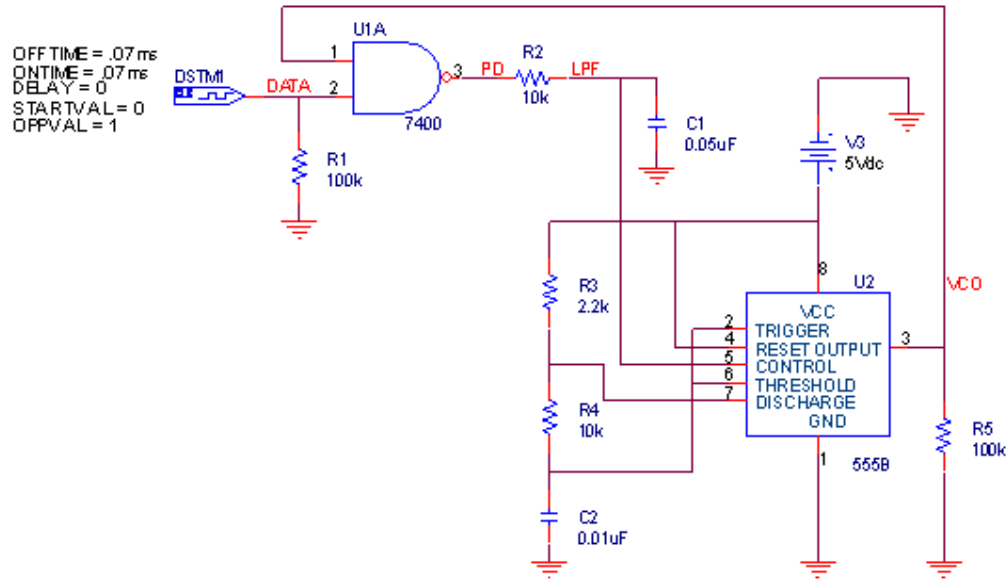
$$\text{Kilitli kalabilme bölgesi band genişliği} \quad : 2\Delta_{f_L} = f_2 - f_1 \quad (3.2)$$

şeklinde tanımlanabilir.

PLL yapısında, giriş işaretinin f_i frekansının VCO'nun f_o salınım frekansından çok farklı olması halinde de kilitlenebilmesi mümkündür. Bu durum için Şekil 3.1'de kesik çizgiler ile tanımlanan frekans bölme yapılarını kullanmak gerekmektedir. Bu sayede f_i frekansı VCO'nun kilitli kalabilme bölgesi içerisine sokulabilir [9].

3.4. Faz Kilitlemeli Döngü (PLL) Uygulaması

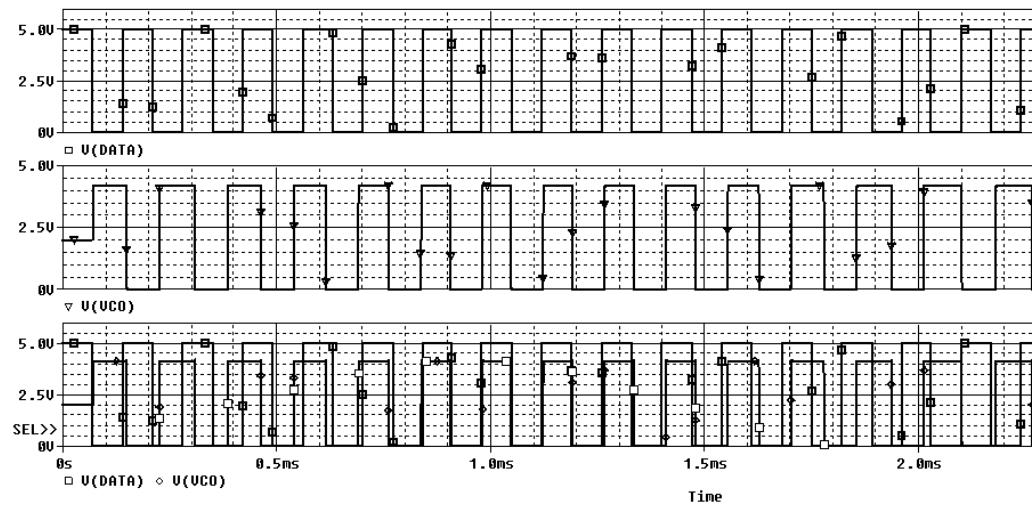
Bu uygulamanın amacı, PLL devresini oluşturmak ve çıkış sinyal şekillerini incelemektir. Uygulamaya ait devre şeması Şekil 3.5'de görülmektedir.



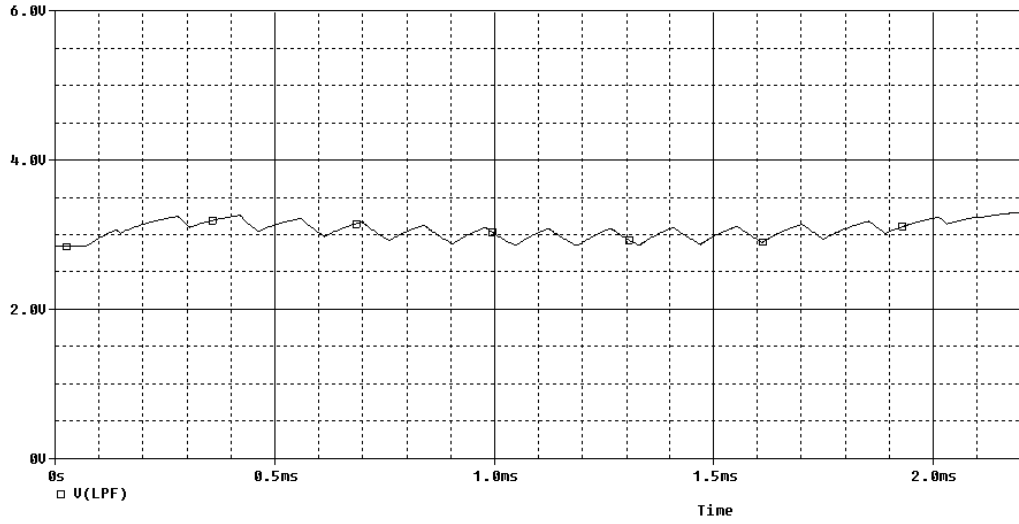
Şekil 3.5. Faz kilitlemeli döngü (PLL) devresi

Uygulamanın gerçekleştirilmesi için gerekli olan adımlar Ek H’de verilmiştir.

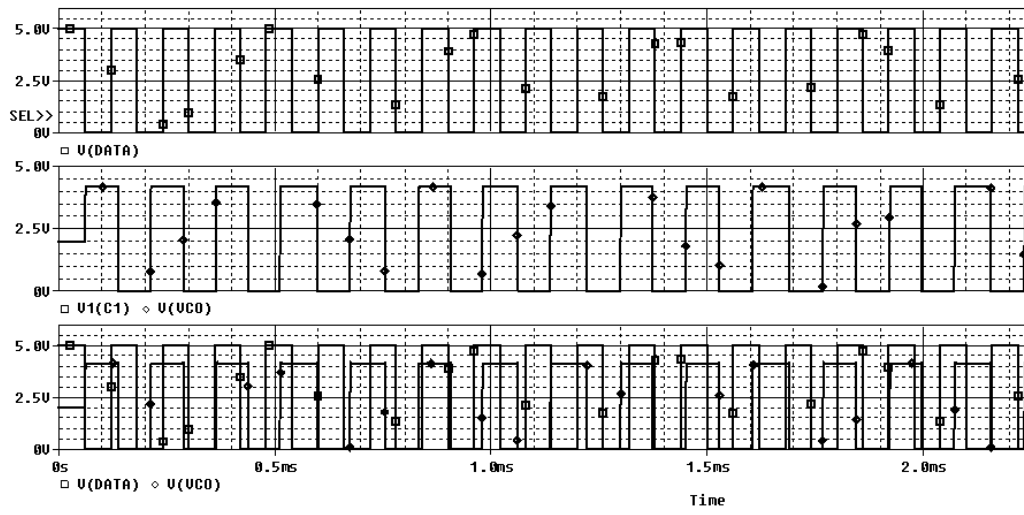
Aşağıda uygulama sonucunda elde edilmesi gereken dalga şekilleri görülmektedir.



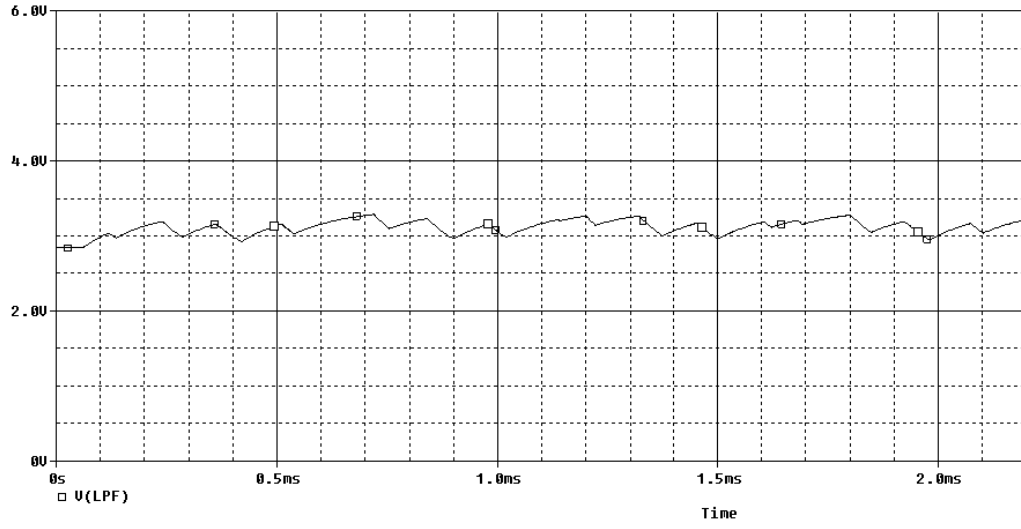
Şekil 3.6. Data ve VCO sinyalleri



Şekil 3.7. Alçak geçiren filtre çıkış sinyali



Şekil 3.8. On time ve off time değerleri 0.06ms yapıldığında oluşan sinyaller



Şekil 3.9. On time ve off time değerleri 0.06ms yapıldığında oluşan LPF sinyali

BÖLÜM 4. TUŞ TAKIMI KOD ÇÖZME İŞLEMİ

4.1. DTMF Sinyalleri

Sayısal haberleşme tekniğinde kullanılan bilgiler, analog bilgilerden elde edilen sayısal bilgilerdir. Elektromekanik haberleşmede bilgiler belli bir mantık zinciri içinde çalışan röle kontaklarının ürettiği darbeler şeklinde olup analog olarak işlenir. Sayısal haberleşmede sistemin içinde işlenecek bilgilerin mutlaka sayısal olması gerektiğinden sistem girişine uygulanan bilgiler sayısal hale getirilmiş olmalıdır. Kadranlı ve DP tipi telefon makinelerinde üretilen darbeler çevrilen rakamları ifade eder. Bu darbeler sayısal santrallere uygulanmadan önce sayısal bilgilere çevrilirler[10].

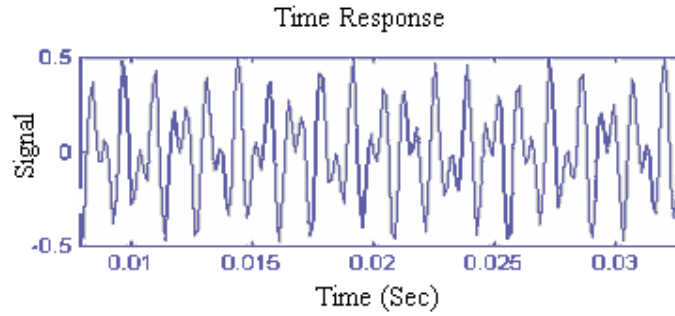
DTMF sisteminde; gerek santrallerde gerek elektronik telefon makinelerinde kullanılan her onluk sayı belli iki frekansın toplamı şeklinde ikili sayıya çevrilir. Bu çevirme işleminde 697Hz ile 1633Hz arasındaki frekanslar kullanılır. Yani kullanılan her rakam biri alçak diğeri yüksek iki frekansın kombinasyonlarından elde edilir[10].

DTMF, çoklu frekans çiftleri anlamına gelmektedir. Bu da tuş takımındaki her bir tuşa karşılık gelen bir frekans çiftinin varlığı anlamına gelir [10].

DTMF, sinyal şekli, 1960'larda Bell Laboratuvarlarında geliştirilmiştir. Bu sistemde haberleşmenin hızlı olması, sistemin tamamen elektronik oluşu, arada sinyallerin tekrarlanması, her tuşa karşılık ayrı bir ton var olması nedeniyle işlemler çok daha hızlı gerçekleşir. Şekil 4.1' de muhtemel 16 değişik DTMF sinyalinin frekans bileşenleri gösterilmiştir. Dördüncü kolon genellikle kullanılmamaktadır. Hatta çoğu alıcıda bu tuşlar hiç yerleştirilmez. DTMF sinyallerinin alçak ve yüksek diye iki gruba bölünmesi bu sinyallerin çözümlenmesini kolaylaştırır [10].

	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

Şekil 4.1. DTMF frekans karşılıkları



Şekil 4.2. 9 tuşuna basılmasıyla oluşan DTMF sinyalinin osiloskop görüntüsü

DTMF sinyali satır ve sütun sinyallerinin toplanmasından oluşur. Sinyallerin gerilimleri, $V_{\text{satır}} - 0.8 \times V_{\text{sütun}}$ olacak şekilde ayarlanır. Tuş takımında her bir satır ve sütuna belli bir frekans değeri atanmıştır. Böylece herhangi bir tuşa basıldığında, o tuşun satır ve sütun frekanslarının toplamı ile yeni bir frekans meydana gelir. Burada her tuşun ayrı bir numarası olması nedeniyle her tuşun tanımlayıcısı durumunda bulunan ayrı frekans çiftlerinin oluşturulması esas alınmaktadır. Santralde genlikleri 50mV ile 1.2V arasında değişen bu frekans çiftlerinin kodunu çözecek bir DTMF alıcısı bulunmaktadır [10].

4.2. DTMF Kullanımı

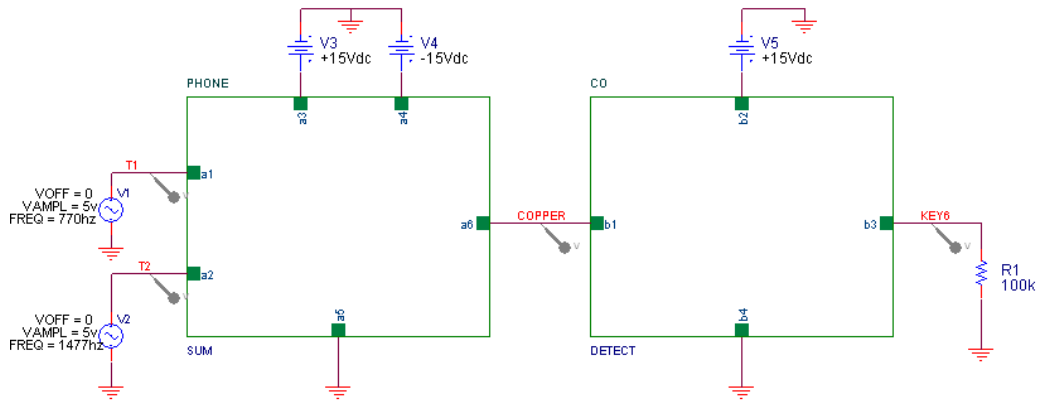
Günümüzde üretilen tüm telefon santralleri sayısal tabanlıdır ve DTMF sistemine uygun şekildedir. DTMF, telekomünikasyon alanında çalışan kuruluşlara ve abonelere büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Telefon ağları üzerinden sağlıklı bilgi alışverişi bu sisteme göre yapılır. DP haberleşme sistemindeki gecikmeler ve çok uzun hatlarda meydana gelen aşırı distorsiyonlar şikâyetlere neden olmaktadır. Bu yüzden ses frekans bölgesinde özel tonlardan yararlanarak geliştirilen DTMF sinyalleri kullanılmaktadır. Günümüzde gerçekleştirilen telefon ile uzaktan kontrol devrelerinin tamamına yakını DTMF tabanlı olarak çalışmaktadır [10].

4.3. DTMF Tonlarının Çözülmesi

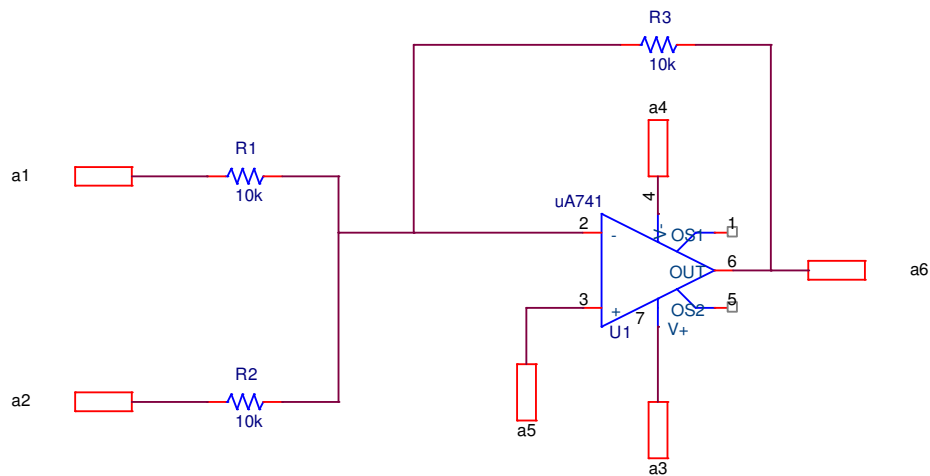
Bir abone telefonun ahizesini kaldırıp herhangi bir yeri aramak için tuşlara basar ve santrale DTMF kodlarını gönderir. Santral aranan abonenin kimliğini belirlemek için DTMF kodlarını sayısal ifadelere çevirir. Bu çevirme işlemi için 2 yol izlenebilir. Bunlardan ilki aktif veya pasif filtreler kullanarak frekans bileşenlerini ayırt etmektir. İkincisi ise tümleşik devreler kullanarak DTMF tonlarını direkt olarak sayısal sinyallere çevirmektir [10].

4.4. Tuş Takımı Kod Çözme Uygulaması

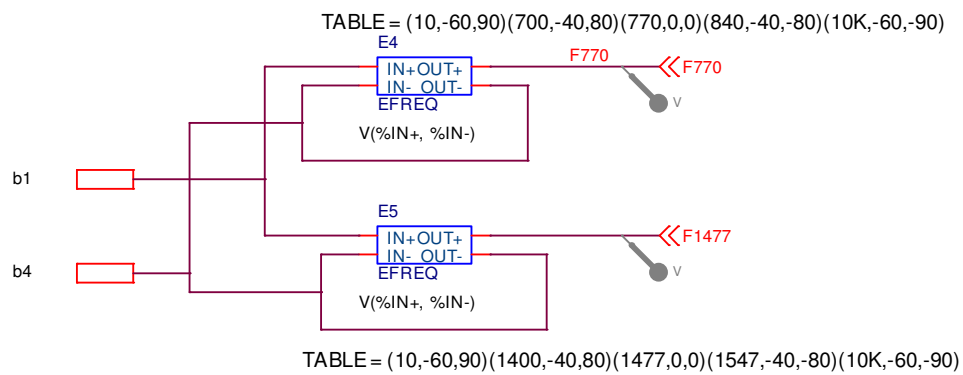
Bu uygulamanın amacı, tuş takımı kod çözme devresini oluşturmak ve çıkış sinyal şekillerini incelemektir. Uygulamaya ait devre şemaları Şekil 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6' da görülmektedir.



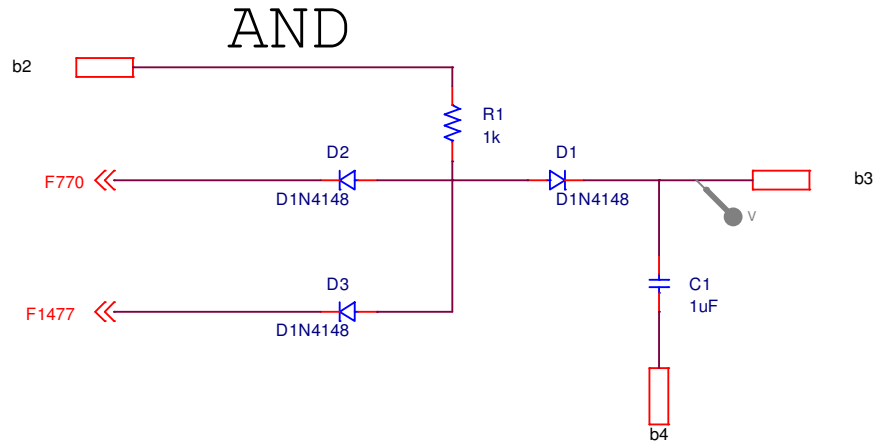
Şekil 4.3. Tuş takımı kod çözme ana devresi



Şekil 4.4. PHONE alt blok devresi

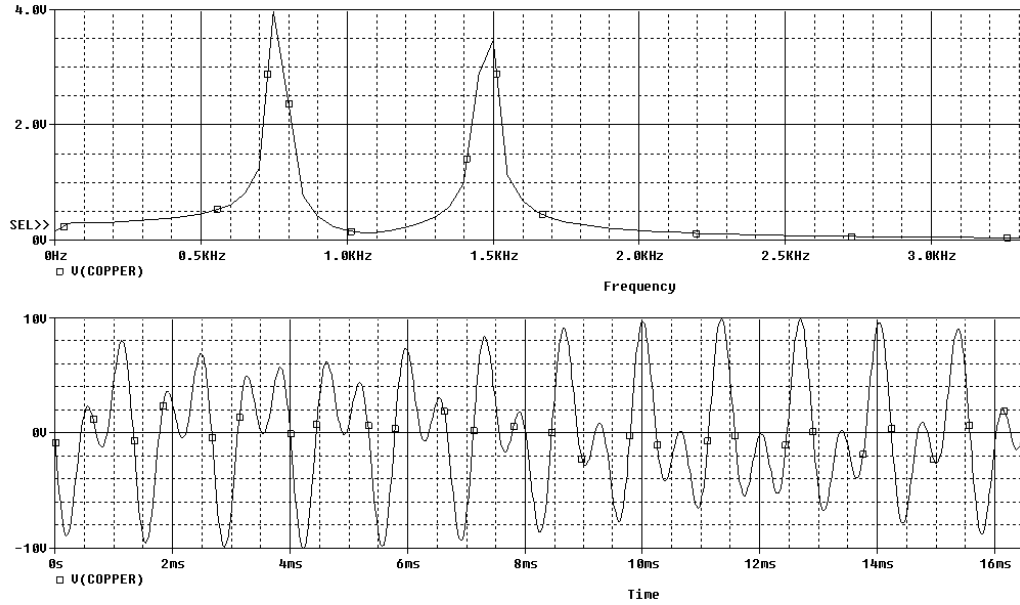


Şekil 4.5. CO alt blok devresi DETECT

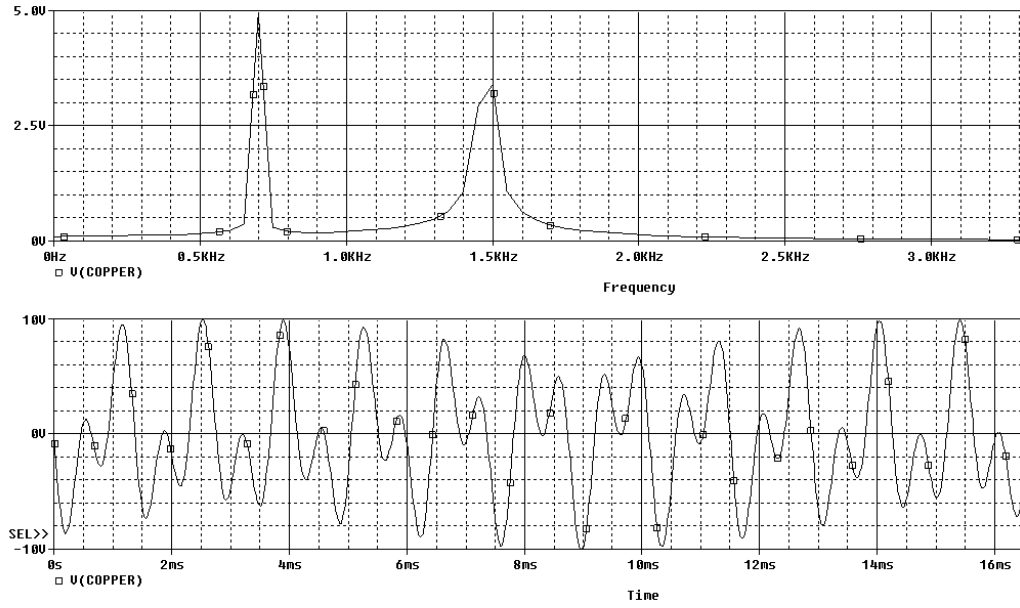


Şekil 4.6. CO alt blok devresi AND

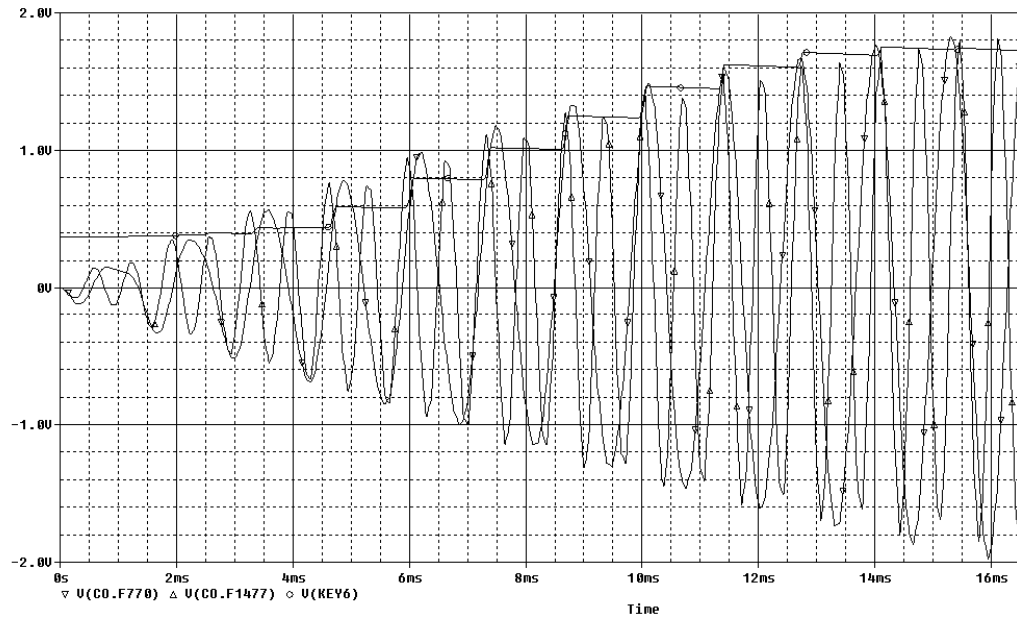
Uygulamanın gerçekleştirilmesi için gerekli olan adımlar Ek I'da verilmiştir. Aşağıda uygulama sonucunda elde edilmesi gereken dalga şekilleri görülmektedir.



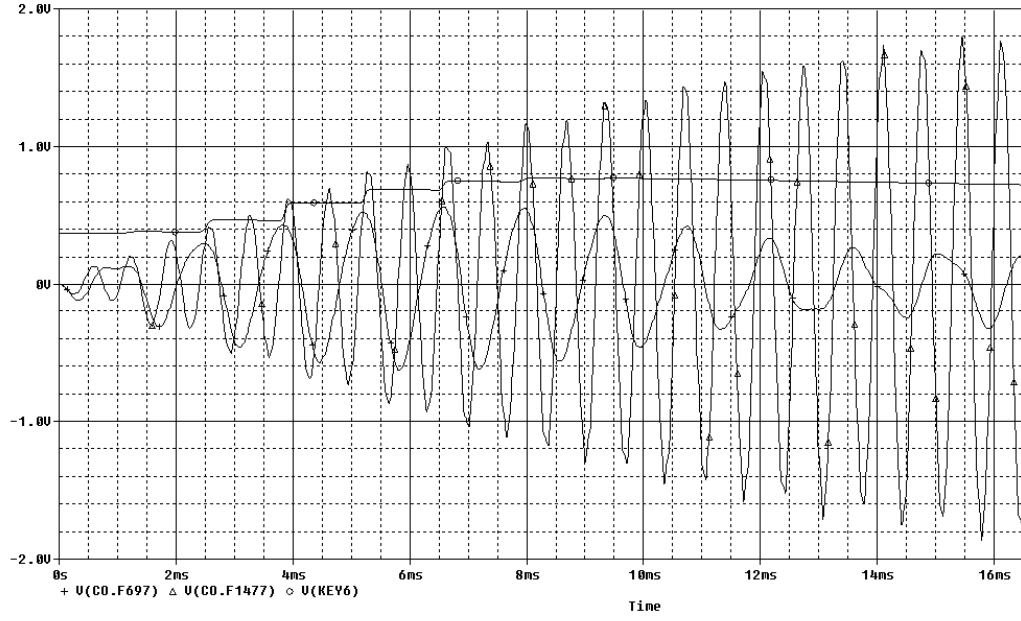
Şekil 4.7. $V_1=770\text{Hz}$ için V_{COPPER} zaman ve frekans eğrileri



Şekil 4.8. $V_1=697\text{Hz}$ için V_{COPPER} zaman ve frekans eğrileri



Şekil 4.9. $V_1=770\text{Hz}$ için CO Blok dalga şekilleri



Şekil 4.10. $V_1=697\text{Hz}$ için CO Blok dalga şekilleri

BÖLÜM 5. FİLTRELER

5.1. Genel Bilgiler

Haberleşmede en etkili araç dil ile konuşma ve kulakla duyma yani sesi algılama şeklinde olmaktadır. Ses hava ortamında yayılan dalga enerjisidir ve bu enerjinin kulak zarı üzerindeki etkisi ile duyulmaktadır. Normal insan kulağının duyma eşliğindeki ses gücü 1 pikowatt olarak belirlenmiştir. Bu sesin şiddeti ise $1\text{pw}/\text{cm}^2$ dir. Sesin şiddetindeki ve güç değişmelerinin kulak üzerindeki tesiri doğrusal oranlı olmayıp logaritmik bir yapıya sahiptir. Ayrıca sesin gücü frekansa da bağlıdır. Erkek sesinde 500Hz, kadın sesinde ise 800Hz'lik frekanslardaki ses bileşenleri en büyük güç seviyesine sahiptir. Bu sebeple sesle ilgili ölçmelerde desibel birimi ve test için 1004Hz frekans kullanılır [11].

Telekomünikasyon sistemlerinde normal konuşma sırasında ağızdan çıkan ses enerjisinin mikrofona elektrik gücüne ve bu gücün normal kulaklıkla duyularak rahat anlaşılmasına imkân sağlayan güç seviyesi referans alınır. Telekomünikasyonda elektriksel referans güç 1mW olarak seçilmiştir. Telefon haberleşmesinde kullanılan ses bandı 300-3400Hz olarak seçilmiştir. Bu bant genişliği haberleşme için yeterli özellikleri yani anlaşılabilirliğini ve sesin kime ait olduğunu ayırt etme imkânını sağlamaktadır [11].

Elektrik ve elektronik devrelerinde çok kullanışlı yapılar olan analog devrelerin başında filtreler gelir. Filtre yapıları elektriksel işaretlerin frekans spektrumlarına biçim vermek amacıyla kullanılan devrelerdir. Pasif R, L, C elemanlarıyla gerçekleştirilen bu devreler aynı zamanda aktif elemanlarla (transistör, opamp vs.) birlikte sadece R veya C elemanları veya bunların her üçünü birden kullanarak da gerçekleştirilebilir [12].

Filtreler elektronik ve haberleşme sistemlerinde oldukça geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Özellikle, sisteme uygulanan frekanslardan yalnızca istenenlerinin geçirilmesi amacıyla kullanılırlar. Gerçeklenen transfer fonksiyonunun frekansla değişimine bağlı olarak alçak geçiren, yüksek geçiren, band geçiren, band söndüren türden filtreler söz konusudur. Kesim frekansı, kalite faktörü, geçirme bandı kazancı ise önemli filtre parametrelerindedir [12].

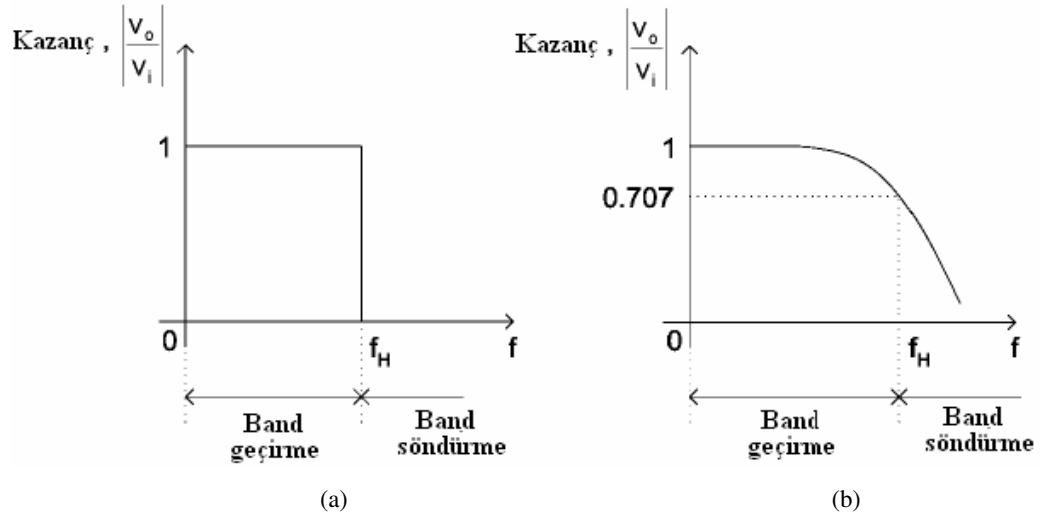
Pasif filtrelerde direnç, kapasite ve bobin kullanılır. RC filtrelerinde transfer fonksiyonunun kökleri reel olur. Bu tip filtrelerde değer katsayısının küçük olduğu görülür. Büyük kalite faktörü elde edilmek istendiğinde LC filtreleri kullanmak daha uygun olur. Ancak düşük frekanslarda gerekli bobin indüktanslarının büyük olması gerekeceğinden hem devrenin kapladığı alan hem de maliyet artar. Bu nedenle düşük frekanslarda daha çok aktif filtreler tercih edilir [12].

Aktif filtrelerin en önemli avantajları küçük ve hafif olmalarıdır. Ayrıca güvenilirlikleri yüksek, seri üretim nedeniyle ucuz ve küçük boyutları nedeniyle de parazitleri düşüktür. Buna karşın, aktif elemanın sonlu band genişliği nedeniyle erişilebilecek kutup frekansları sınırlıdır. Ayrıca filtre karakteristiğinin keskinliğini belirleyen kalite faktörü ile kutup frekansı ters orantılıdır. Dolayısıyla optimum bir çözümün bulunması söz konusudur. Bunun dışında aktif filtrelerde, karakteristiklerinin eleman değerlerindeki değişimlere duyarlılığı daha yüksektir ve aktif eleman nedeniyle ayrıca bir besleme devresi gerektirirler [12].

5.2. Filtre Karakteristikleri

5.2.1. Alçak geçiren filtre karakteristikleri

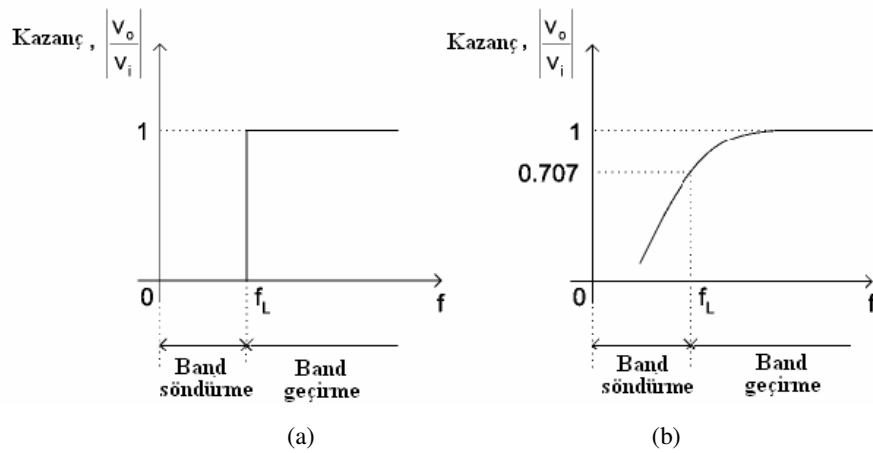
Alçak geçiren filtre yapısında 0 Hz ile kesim frekansı (f_H) arasında sabit bir kazanç vardır (genellikle birim kazanç). Kesim frekansında, alçak frekans kazancı 3dB azalır. 0 Hz ile kesim frekansı (f_H) arasındaki frekanslar band geçirme frekansı, f_H 'dan büyük frekanslar ise band söndürme frekansıdır. Band söndürme frekansında kazanç oldukça azalır [12].



Şekil 5.1. Alçak geçiren filtre karakteristikleri a) ideal filtre b) pratik filtre

5.2.2. Yüksek geçiren filtre karakteristikleri

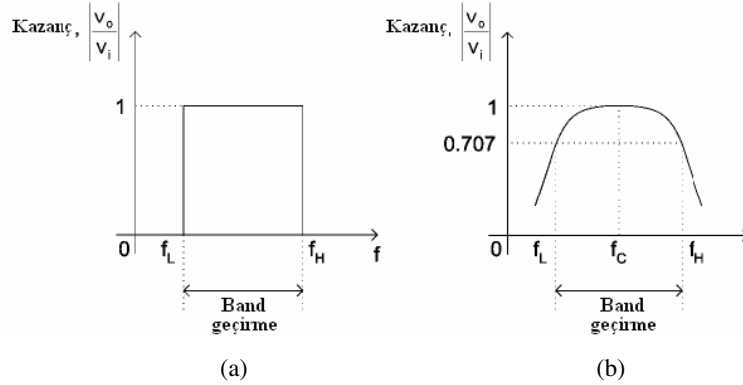
Yüksek geçiren filtre yapısında kesim frekansından (f_L) daha büyük frekanslarda sabit bir kazanç vardır (genellikle birim kazanç). Kesim frekansında, yüksek frekans kazancı 3dB azalır. 0 Hz ile kesim frekansı (f_L) arasındaki frekanslar band söndürme frekansı, f_L 'den büyük frekanslar ise band geçirme frekansdır. Band söndürme frekansında kazanç oldukça azalır [12].



Şekil 5.2. Yüksek geçiren filtre karakteristikleri a) ideal filtre b) pratik filtre

5.2.3. Band geçiren filtre karakteristikleri

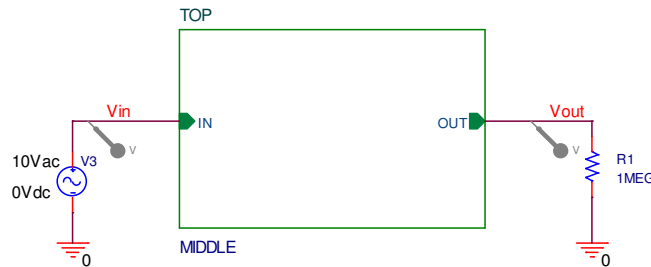
Band geçiren filtre, sadece belirli frekans aralığını geçirir, diğerlerini söndürür. Band geçirme aralığı, kesim frekansları (f_H , f_L) arasında kalan bölgeyi ifade eder. Filtrenin band genişliği ($f_H - f_L$) olarak ifade edilir [12].



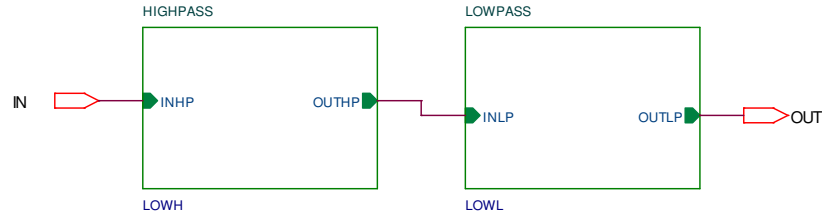
Şekil 5.3. Band geçiren filtre karakteristikleri a) ideal filtre b) pratik filtre

5.3. Filtreler Uygulaması

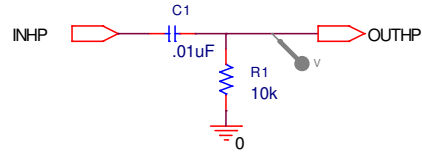
Bu uygulamanın amacı, haberleşme alanında çok fazla kullanılan alçak geçiren, yüksek geçiren ve band geçiren filtre devrelerini blok yapı ile oluşturmak ve çıkış sinyallerini incelemektir. Uygulamaya ait devre şemaları Şekil 5.4, 5.5, 5.6 ve 5.7’de görölmektedir.



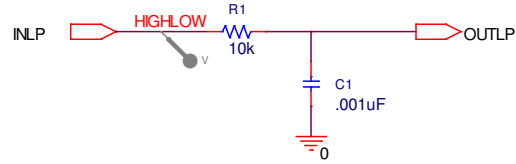
Şekil 5.4. Filtre ana blok devresi



Şekil 5.5. TOP alt blok devresi

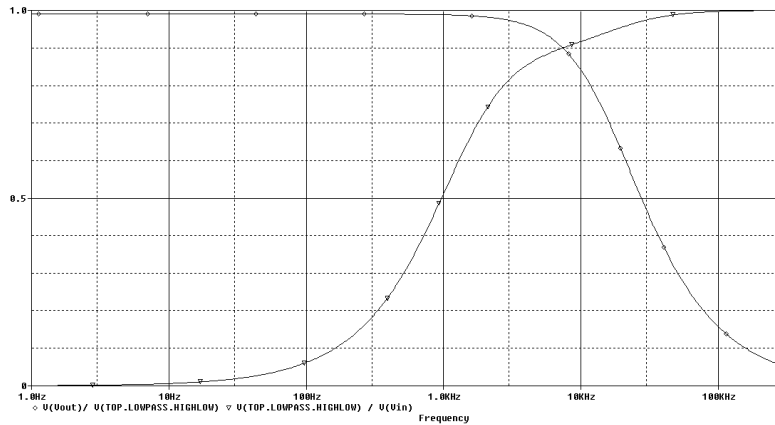


Şekil 5.6. Yüksek geçiren alt blok devresi

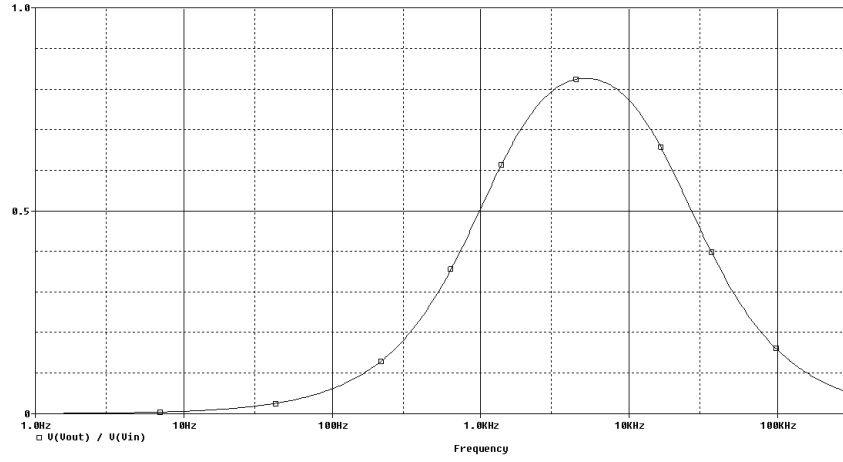


Şekil 5.7. Alçak geçiren alt blok devresi

Uygulamanın gerçekleştirilmesi için gerekli olan adımlar Ek J'de verilmiştir. Aşağıda uygulama sonucunda elde edilmesi gereken dalga şekilleri görülmektedir.



Şekil 5.8. $V_{out} / V_{highlow}$ ve $V_{highlow} / V_{in}$ çıkış sinyalleri



Şekil 5.9. V_{out} / V_{in} çıkış sinyali

BÖLÜM 6. HAZIRLANAN DENEYLERİN SANAL ORTAMDA SUNULMASI

6.1. Genel Bilgiler

Programlama dillerinde olduğu gibi HTML için de, Visual (görsel) programlama özelliği taşıyan ve hazır nesnelere kullanan editör programları geliştirilmiştir. Bu programlar kullanılarak HTML dili daha basite indirgenmiş, sayfalar dolusu program kodu yazmak yerine hazır nesnelere, görsel olarak kullanılmıştır. Dreamweaver' da bu programların en iyileri arasında yer almaktadır. Bu programla büyük, karmaşık ve etkileşimli web sayfaları hazırlamak mümkündür [13].

Dreamweaver web tasarımcıları için hazırlanmış olan profesyonel bir web tasarım paketidir. Basit bir doküman dosyası hazırlar gibi web sitenizi hazırlayabilirsiniz. Dreamweaver, site tasarımını sadece kendi özellikleri ile sınırlamaz. Diğer programlarla kurduğu ilişkiler ile çağırıp çalıştırmanızı sağlar ve oluşturduğunuz objeleri destekler. Oluşturacağınız web sayfalarının yayına hazırlanmasını artırır ve site yönetimini en iyi düzeyde geliştirir [13].

6.2. Dreamweaver Programı ile Arayüz Oluşturulması

Dreamweaver ile web sayfalarını oluştururken sayfa yerleşimini hem görsel olarak düzenleme imkânı bulabilir hem de sayfayı temsil eden HTML kodlarını arka plânda takip edebilirsiniz. Sayfa içerisinde değişiklik sağlamak için ayrıca hızlı HTML editörü bulunmaktadır. Bu küçük editör ile birlikte birçok HTML komutu otomatik olarak sunulmaktadır. Hızlı bir şekilde web dizaynının sağlanması için geliştirilmiş bir diğer özellik ise HTML stilleridir. Stilleri kullanarak site içerisinde yazı tipi, yazı özellikleri, zemin renkleri veya resimlerinin tanımını, bloklama ve yerleşim

işlemlerini, çerçeveleme gibi birçok işlemi aynı anda tanımlayıp bütün siteye uygulayabilirsiniz [13].

Oluşturulan her sayfa, diğer sayfalardan bağımsız olarak tasarlanır. Sayfaların birbirlerine bağlanması ile site oluşur. Dreamweaver sadece sayfaların oluşturulması ve yönetimi için değil, siteyi oluşturan bütün sayfaları kontrol eder ve yönetimini sağlar. Site içerisinde bulunan sayfaları kontrol eder ve sayfalar içerisinde tanımlanan kırık bağlantıları tespit eder. Ayrıca kullanılmayan herhangi bir dosyayı sitenin boyutunu büyütmemesi için silinmesini sağlar. Oluşturacağınız sitenin, yerel disk alanında saklanacağı konumu belirleyebilirsiniz. Ayrıca site içerisine eklediğiniz ya da siteden sildiğiniz dosyalara göre, siteye ait dosya listesini otomatik olarak güncelleştirebilirsiniz. Dreamweaver siteyi temsil eden dosyaları sadece disk alanında saklamakla yetinmez, web ortamında herhangi bir FTP(File Transfer Protocol) adresinde yönlendirebilir. Bu şekilde sitenin internet ortamında yayınlanmasını sağlayabilirsiniz. Ayrıca yayınladığımız dosyaların kontrolünü de sağlamanız mümkündür. Yani, daha önce yayınladığımız dosyaların boyutları kontrol edilecek, sadece içeriği değişen dosyalar ve yeni dosyaların yayınlanması sağlanacaktır. Bu özellik kullanılarak sürekli güncellenen sitelerin yayınlanması hızlandırılabilir [13].

Aşağıdaki şekilde başlangıç arayüzü sembolik olarak görülmektedir.



Şekil 6.1. Sanal ortamda oluşturulan laboratuvar ara yüzü

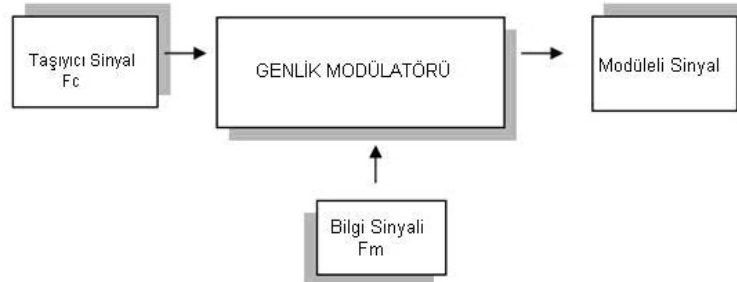
Arka plan ve resimler Photoshop programında hazırlanmıştır. Menü dreamweaver içindeki Java Script kullanılarak hazırlanmıştır. Menü çubuğu kullanılarak istenilen ders ve o derse ait deneylerden istenilen deney seçilebilmektedir. Yazı efektleri CSS ile oluşturulmuştur. Test kısmında hazırlanmış olan kırk adet sorudan her defasında karışık olarak on tanesi sorulmaktadır. Kullanıcı isterse kaç tane doğru soru cevapladığını ve soruların doğru cevaplarını görebilmektedir. Hareketli görüntüler ve nesnelere Flash programında hazırlanmıştır. Download kısmından deneyler ve diğer gerekli olan programlar indirilebilir. Kullanıcı site üzerinden istediği dersler hakkında bilgileri aldıktan sonra istediği deneyi indirebilir ve bilgisayarında çalıştırabilir. Sitede verilen işlem basamakları takip edilerek deney gerçekleştirilebilir. Site adresi www.haberlesme-deneyleri.com olarak alınmıştır. Site ile ilgili örnek görüntüler ilerleyen sayfalarda verilmiştir [15].

Dersler - Genlik Modülasyonu

Giriş

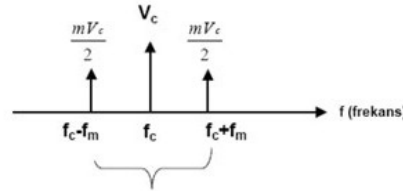
Taşıyıcı sinyal genliğinin bilgi sinyaline bağlı değiştirilmesine genlik modülasyonu denir. Taşıyıcı sinyal ve bilgi sinyali genlik modülatörüne aynı anda uygulandığında üç ayrı sinyal elde edilir.

1. Taşıyıcı sinyal (F_c)
2. Taşıyıcı sinyal + Bilgi sinyali (F_c+F_m)
3. Taşıyıcı sinyal - Bilgi sinyali (F_c-F_m)



Şekil 1: Genlik Modülatörü

Genlik modülatörü çıkışında elde edilen (F_c+F_m) sinyaline üst yan bant, (F_c-F_m) sinyaline alt yan bant adı verilir. Bilgi sinyali her iki yan bantta vardır. İki yan bantın frekansı dışında tüm özellikleri aynıdır. Modüleli sinyalin frekans ekseninde kapladığı bölgeye bant genişliği denir. Bu değer iki yan bant arasında kalan bölgedir. Şekil 2' deki frekans tayfında bant genişliği görülmektedir.



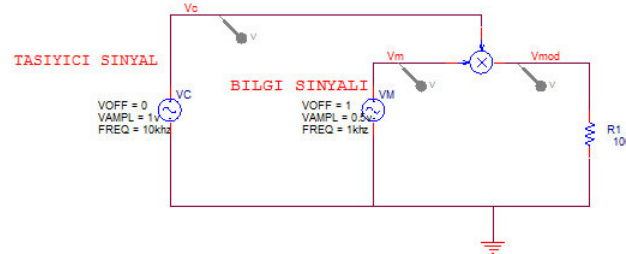
Şekil 6.2. Genlik modülasyonu ders ekranı

Deneyin Adı : Mult ile Genlik Modülasyonu

Deneyde Kullanılan Malzemeler : Mult, 100Ω .

Deneyi İndir : [Mult ile Genlik Modülasyonu](#)

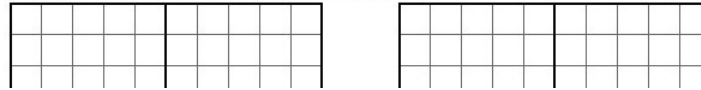
Deneyin Şekli :



Şekil 1: Mult ile Genlik Modülasyonu Devresi

İşlem Basamakları

1. Şekil 1'de verilen devreyi Pspice programında kurunuz.
2. Bilgi sinyalinin genliğini 0.5V ve frekansını 1KHz'e, taşıyıcı sinyalin genliğini 1V ve frekansını 10kHz'e ayarlayınız.
3. Simülasyon grafik ayarlarını Time Domain 0'dan 10ms' ye ayarlayınız.
4. Pspice simülasyon programını çalıştırınız.
5. Bilgi, taşıyıcı ve modüleli sinyali ölçekli olarak çiziniz.



Şekil 6.3. Mult ile genlik modülasyonu deneyi işlem basamakları ekran görüntüsü

- 1) İşaretin frekans spektrumunda işgal ettiği yere denir.
 - Bant Genişliği
 - Frekans
 - Modülasyon
 - Genlik
- 2) biti gönderilen veride hata olup olmadığını denetlemek için kullanılır.
 - LSB
 - Parite
 - MSB
 - Senkron
- 3) Osilaskopta gözlenen genlik modüleli sinyalin V_{max} değeri 4 V. V_{min} değeri 2V. olarak ölçülmüştür. Dolayısıyla bu sinyalin modülasyon yüzdesi tür.
 - %66
 - %33
 - %300
 - %50
- 4) örnekleme teoremi, bir PCM sistem için kullanılabilecek minimum örnekleme hızını (f_s) belirler.
 - Nyquist
 - Frekans
 - Dijital
 - Analog
- 5) Günümüzde, ticari amaçla yayın yapan FM vericiler arasında yayın yaparlar.
 - 87.5 - 108MHz
 - 80.5 - 118MHz
 - 80.5 - 108MHz
 - 87.5 - 118MHz
- 6) Aşağıdaki modülasyon çeşitlerinden hangisi analog modülasyon değildir?

Şekil 6.4. Örnek test soruları ekran görüntüsü

BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan bu tez çalışmasında Orcad Capture programından yola çıkılarak devre modellemeleriyle analiz yoluna gidilmiştir. Çalışmanın sonucunda Orcad Capture eleman kütüphanelerinin kullanılması, şematik olarak devrelerin kurulması ve analizlerinin yapılması işlemleri sırayla gerçekleştirilmiştir.

Daha önce blok şemalar kullanılarak farklı programlarda hazırlanmış olan çalışmaların Orcad Capture programı ile de rahatlıkla hazırlanabileceği ve programın analiz yönünün çok kuvvetli olduğu görülmüştür. Bu tez çalışması Orcad Capture programının bu tarz deneysel çalışmalarda ne kadar kullanışlı olduğunu bize göstermiştir.

Bu çalışmada bilgisayar laboratuvarında uygulamaları gerçekleştirmek için, Dreamweaver programını kullanarak bir arayüz oluşturulmuş ve internet ortamına aktarılmıştır. Bu arayüzde deneylerle ilgili dökümanlara ve devre uygulamalarına linkler verilmiş ve kullanımı kolay hale getirilmiştir. Ayrıca autorun olarak çalışan CD ve deney föyü kitapçığı hazırlanmıştır.

Çalışma sonucunda öneri olarak şunlar söylenebilir:

Bu tez çalışmasında haberleşme ile ilgili temel deneylere yer verilmiştir. Eğer istenirse diğer haberleşme deneyleri de aynı şekilde uygulanabilir. Deneylerin bilgisayarda mutlaka C:\Haberleşme Deneyleri\ klasörünün altında olması gerekmektedir. Deneylerin çalışabilmesi için Orcad Capture programı ve sıkıştırılmış deney dosyalarının açılabilmesi için Winzip veya Winrar programlarından herhangi biri bilgisayarda kurulu olmalıdır.

Orcad Capture programında çalışırken eleman kütüphanesi yeterli gelmediği zaman, <https://www.cadence.com/products/orcad/pages/downloads.aspx> adresinden daha fazla modele ulaşılabilir ve farklı devrelerin analizleri yapılabilir. Orcad Capture programının 16.2 versiyonu incelenerek, geliştirilen özelliklerinden faydalanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] www.cadence.com/products/orcad/pages/default.aspx, Haziran 2009.
- [2] http://www.turk-ie.org/index.php?option=com_content&view=article&catid=48:diger&id=106:simulasyon-ve-modelleme&Itemid=57, Haziran 2009.
- [3] TOBIN,P., The Role of Pspice in the engineering teaching environment, International Conference on Engineering Education, Coimbra/Portugal, 1, 2007.
- [4] MCKINNEY,M., Using PSpice Behavior Modeling to Teach Communications Topics, 36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, San Diego/CA, 1, 2006.
- [5] ÇOLPAN, A., VURAL, H., BÖLÜK, N., Elektronik, Devlet Kitapları, sf. 128, Ankara, 2004.
- [6] KARACAN, Z., Analog ve Dijital Haberleşme Eğitim Notları, Ankara, 2003.
- [7] TORUNLAR, S., Analog ve Sayısal Haberleşme, Ankara, 2006.
- [8] <http://www.antrak.org.tr/gazete/012004/yazi17.html>, Haziran 2009.
- [9] http://mf.kou.edu.tr/elohab/hablab1/pll_deney.htm, Haziran 2009.
- [10] GÜRKAN, S., Haberleşme Tekniği, Gümüş Elektronik Yayınları, sf. 31-33, Balıkesir, 2005.
- [11] KURUN,B., İletim Sistemleri, Türk Telekom Ankara Ahlatlıbel Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Ankara, 2001.
- [12] Yıldız Teknik Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü Elektronik ve Haberleşme Deney Föyü, İstanbul, 2006.
- [13] http://egitek.meb.gov.tr/dersdesmer/DersDestek/dersdestekmerkezi/BilgKitap/pdf/BOLUM9_webtasarim.pdf, Haziran 2009.
- [14] GOODY, R.W., OrCAD PSpice for Windows, Prentice-Hall, New Jersey, 2001.
- [15] <http://www.haberlesme-deneyleri.com>, Haziran 2009.

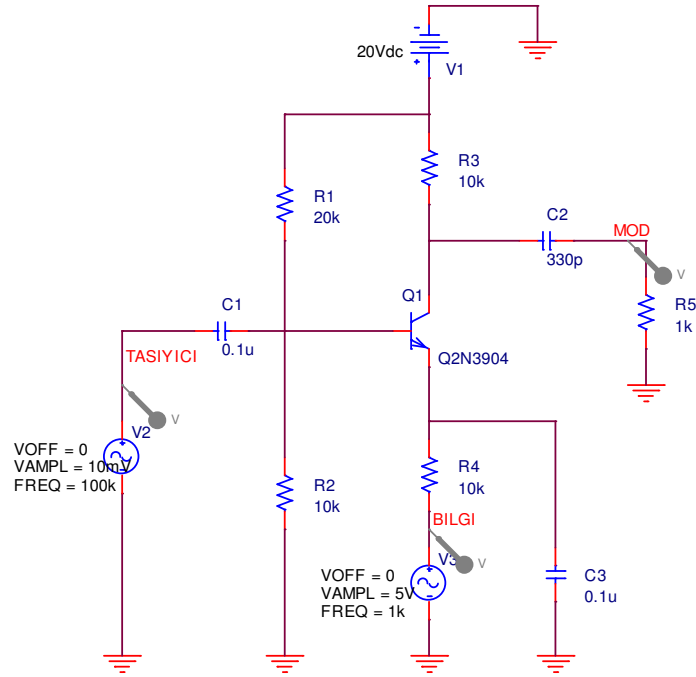
EKLER

Ek A. Transistör ile Genlik Modülasyonu Deneyi

Deneyin Amacı: Transistör ile genlik modülasyonu devresini oluşturmak ve çıkış sinyallerini incelemek.

Deneyde Kullanılan Malzemeler: 0.1µFx2, 1K, 10Kx3, 20K, 330pF, 2N3904.

Deney Bağlantı Şeması:



Şekil A.1. Transistör ile genlik modülasyonu devresi

İşlem Basamakları:

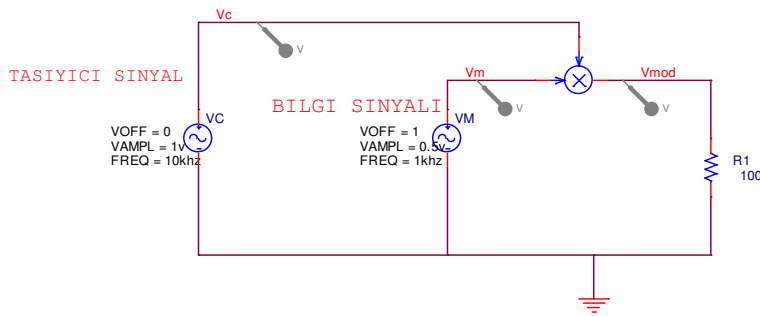
- 1- Şekil A.1’de verilen devreyi Pspice programında kurunuz.
- 2- Bilgi sinyalinin genliğini 2V ve frekansını 5KHz’e, taşıyıcı sinyalin genliğini 10mV ve frekansını 100kHz’e ayarlayınız.
- 3- Simülasyon grafik ayarlarını Time Domain 0’dan 1ms ve adım aralığını 2 μ s’ ye ayarlayınız.
- 4- Pspice simülasyon programını çalıştırınız.
- 5- Bilgi, taşıyıcı ve modüleli sinyali ölçekli olarak çiziniz.
- 6- Ses sinyali minimum olduğunda çıkış sinyali maksimum mudur?
- 7- Yaklaşık olarak modülasyon yüzdesini hesaplayınız.
- 8- Bilgi sinyali 2V seviyesine azaltıldığında modülasyon yüzdesi nasıl değişir?

Ek B. Mult ile Genlik Modülasyonu Deneyi

Deneyin Amacı: Mult ile Genlik Modülasyonu devresini oluşturmak ve çıkış sinyallerini incelemek.

Deneyde Kullanılan Malzemeler: Mult, 100Ω.

Deney Bağlantı Şeması:



Şekil B.1. Mult ile genlik modülasyonu devresi

İşlem Basamakları:

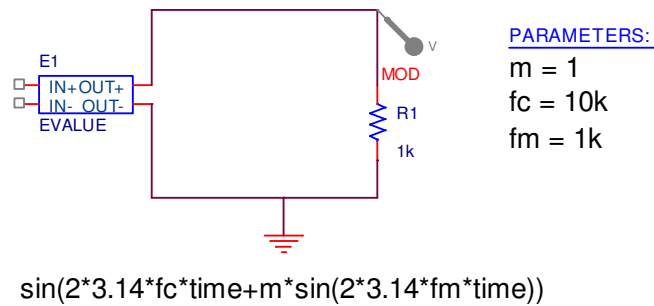
- 1- Şekil B.1’de verilen devreyi Pspice programında kurunuz.
- 2- Bilgi sinyalinin genliğini 0.5V ve frekansını 1KHz’e, taşıyıcı sinyalin genliğini 1V ve frekansını 10kHz’e ayarlayınız.
- 3- Simülasyon grafik ayarlarını Time Domain 0’dan 10ms’ ye ayarlayınız.
- 4- Pspice simülasyon programını çalıştırınız.
- 5- Bilgi, taşıyıcı ve modüleli sinyali ölçekli olarak çiziniz.
- 6- Fourier Transformu eğrisini simülasyon ekranında FFT butonuna tıklayarak görünüz ve ölçekli olarak çiziniz.
- 7- Fc frekans değerini grafik üzerinde görünüz.
- 8- Bant genişliğini grafik üzerinden görünüz ve hesaplanan değer ile karşılaştırınız.
- 9- Oluşacak alt ve üst kenar bantların tepe değerlerini hesaplayınız ve grafikte gördüğünüz değerler ile karşılaştırınız.
- 10- Bilgi sinyalinin genliğini sıfır yapınız. Çıkiştaki işaret nedir?

Ek C. Eval ile Frekans Modülasyonu Deneyi

Deneyin Amacı: Eval ile frekans modülasyonu devresini oluşturmak ve çıkış sinyal şekillerini incelemek.

Deneyde Kullanılan Malzemeler: Eval, 1kΩ.

Deney Bağlantı Şeması:



Şekil C.1. Eval ile frekans modülasyonu devresi

İşlem Basamakları:

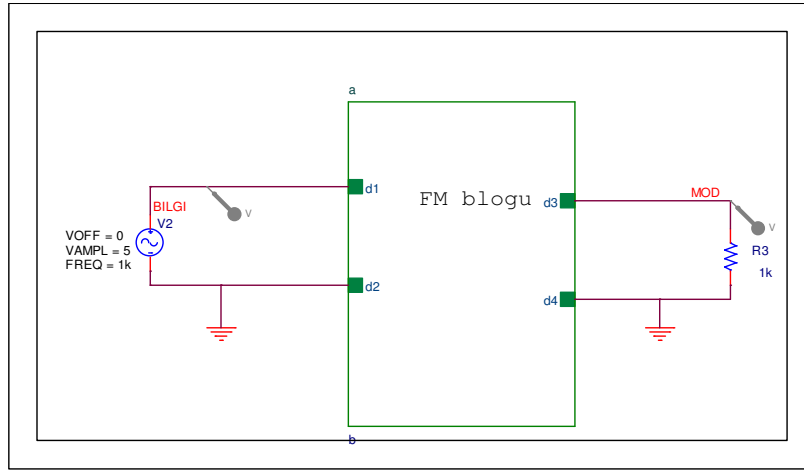
- 1- Şekil C.1’de verilen devreyi Pspice programında kurunuz.
- 2- $m=3$, $f_c=10\text{KHz}$ ve $f_m=1\text{KHz}$ olarak ayarlayınız.
- 3- Simülasyon grafik ayarlarını Time Domain 0’dan 3ms ve adım aralığını 1µs olarak ayarlayınız.
- 4- Pspice simülasyon programını çalıştırınız.
- 5- Oluşan modüleli sinyali ölçekli olarak çiziniz.
- 6- Simülasyon ekranından FFT tuşuna basarak devrenin frekans spektrumunu görünüz ve ölçekli olarak not ediniz.
- 7- Frekans spektrumunda oluşan yan bantların sayısını ve genlik değerlerini Tablo 3.1’ de olan değerlerle kontrol ediniz. Bant genişliğini tablo kuralına göre hesaplayınız ve frekans spektrumundaki değerle karşılaştırınız.
- 8- Cep telefonları için frekans sapması 12KHz ve bilgi sinyali frekansı (ses) 3KHz olduğuna göre bant genişliğini hesaplayınız.

Ek D. Fm Blok ile Frekans Modülasyonu Deneyi

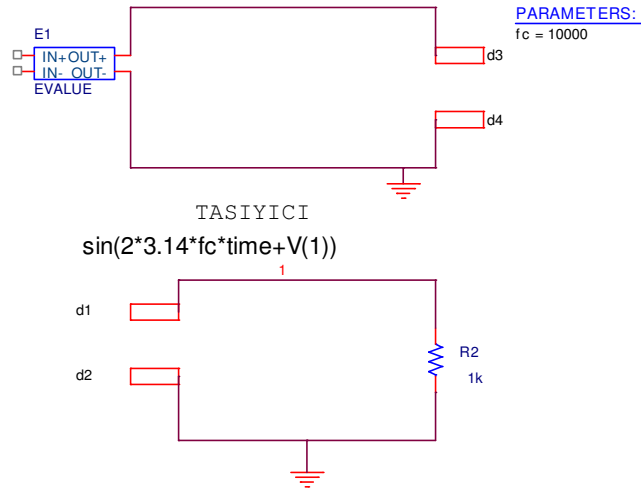
Deneyin Amacı: FM Blok ile Frekans Modülasyonu devresini oluşturmak ve çıkış sinyal şekillerini incelemek.

Deneyde Kullanılan Malzemeler: Eval, 1kΩ.

Deney Bağlantı Şemaları:



Şekil D.1. Fm blok devresi



Şekil D.2. Fm alt blok devreleri

İşlem Basamakları:

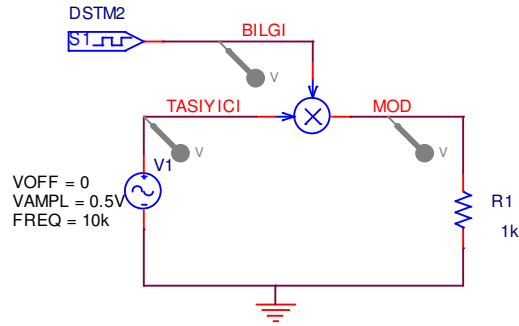
- 1- Şekil D.1 ve D.2’de verilen devreleri Pspice programında kurunuz.
- 2- Bilgi sinyalinin genliğini 5V ve frekansını 1kHz, taşıyıcı sinyalin frekansını 10kHz olarak ayarlayınız.
- 3- Simülasyon grafik ayarlarını Time Domain 0’dan 3ms ve adım aralığını 1µs olarak ayarlayınız.
- 4- Pspice simülasyon programını çalıştırınız.
- 5- Oluşan modüleli sinyali ölçekli olarak çiziniz.
- 6- Simülasyon ekranından FFT tuşuna basarak devrenin frekans spektrumunu görünüz ve ölçekli olarak not ediniz.
- 7- Frekans spektrumunda oluşan yan bantların sayısını ve genlik değerlerini Tablo 3.1’ de olan değerlerle kontrol ediniz.
- 8- Bilgi sinyalinin genliğini 2V yaparak 6 ve 7. adımı tekrarlayınız.

Ek E. Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (ASK) ile Genlik Modülasyonu Deneyi

Deneyin Amacı: Genlik kaydırmalı anahtarlama ile genlik modülasyonu devresini oluşturmak ve çıkış sinyal şekillerini incelemek.

Deneyde Kullanılan Malzemeler: Mult, DSTM, Vsin, 1k Ω .

Deney Bağlantı Şeması:



Şekil E.1. Genlik kaydırmalı anahtarlama ile genlik modülasyonu devresi

İşlem Basamakları:

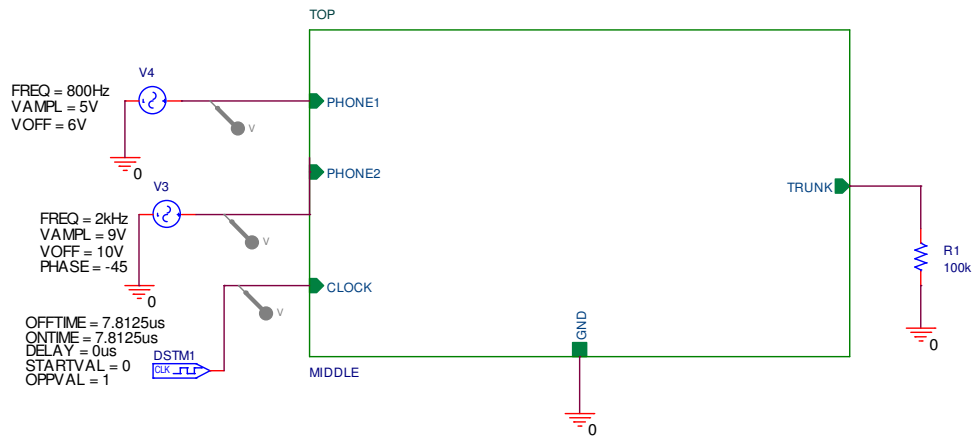
- 1- Şekil E.1’de verilen devreyi Pspice programında kurunuz.
- 2- $F_c=10\text{KHz}$ ve $V_c=0.5\text{V}$ olarak ayarlayınız.
- 3- Simülasyon grafik ayarlarını Time Domain 0’dan 8ms’ ye ayarlayınız.
- 4- DSTM elemanına çift tıklatarak kare dalganın özelliklerini 0s 0, 1m 1, 2m 0, 4m 1, 7m 0 olarak ayarlayınız.
- 5- Pspice simülasyon programını çalıştırınız ve çıkan sinyali ölçekli olarak çiziniz.
- 6- $F_c=3\text{KHz}$ ve $V_c=1\text{V}$ ayarlayarak çıkış sinyalini çiziniz ve bir önceki çıkışa göre yorumlayınız.
- 7- DSTM elemanına çift tıklatarak kare dalganın özelliklerini 0s 0, 2m 1, 3m 0, 4m1, 6m 0, 7m 1 olarak ayarlayınız ve çıkıştaki sinyalde oluşan farklılığı yorumlayınız.

Ek F. Darbe Kod Modülasyonu Deneyi

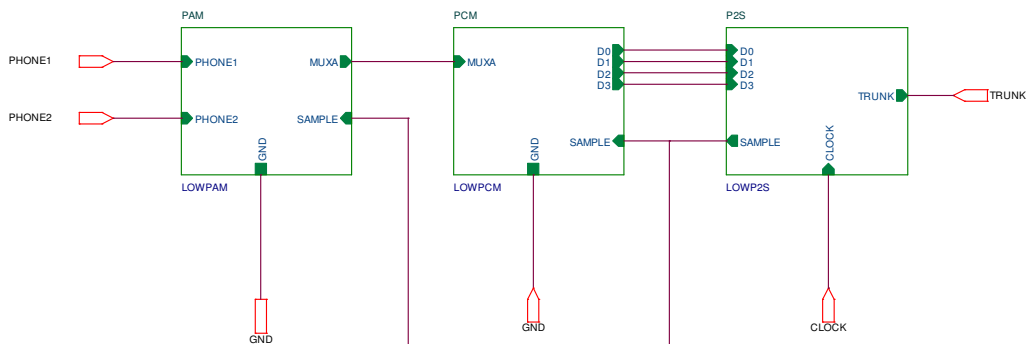
Deneyin Amacı: Darbe kod modülasyonu devresini oluşturmak ve çıkış sinyal şekillerini incelemek.

Deneyde Kullanılan Malzemeler: $100\Omega \times 2$, $10K \times 4$, $100K$, $0.1nF$, IRF150x2, ADC8break, DSTM, 7476, 7404, 74153, 74163, V_{sin} , V_{dc} ,

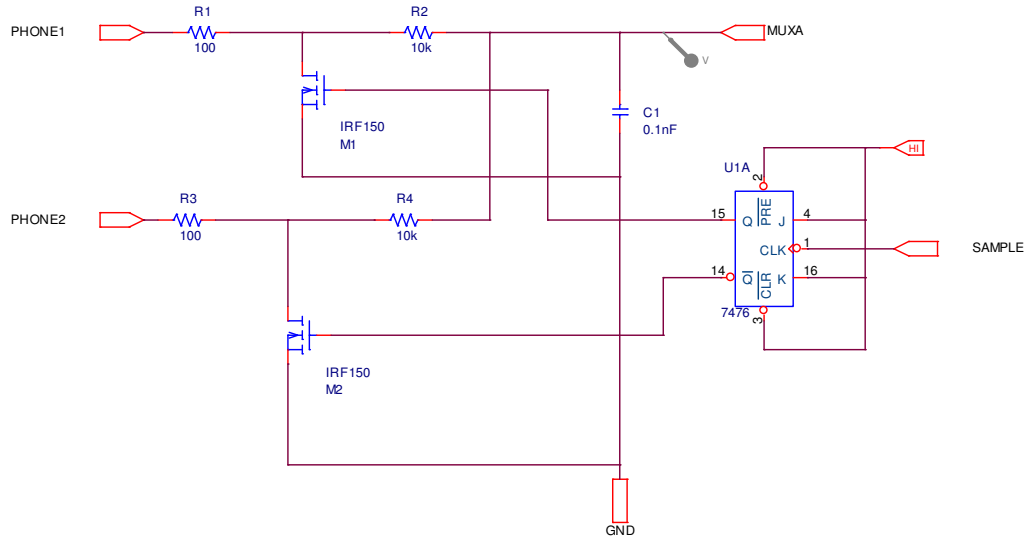
Deney Bağlantı Şemaları:



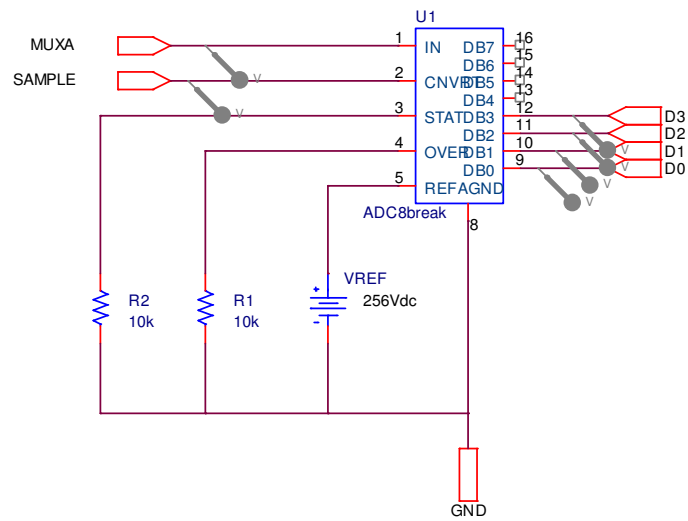
Şekil F.1. Darbe kod modülasyonu blok devresi



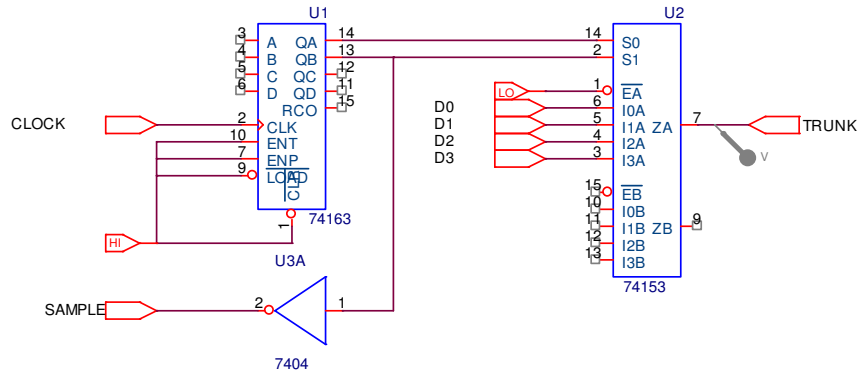
Şekil F.2. Darbe kod modülasyonu TOP blok iç devresi



Şekil F.3. PAM blok devresi



Şekil F.4. PCM blok devresi



Şekil F.5. P2S blok devresi

İşlem Basamakları:

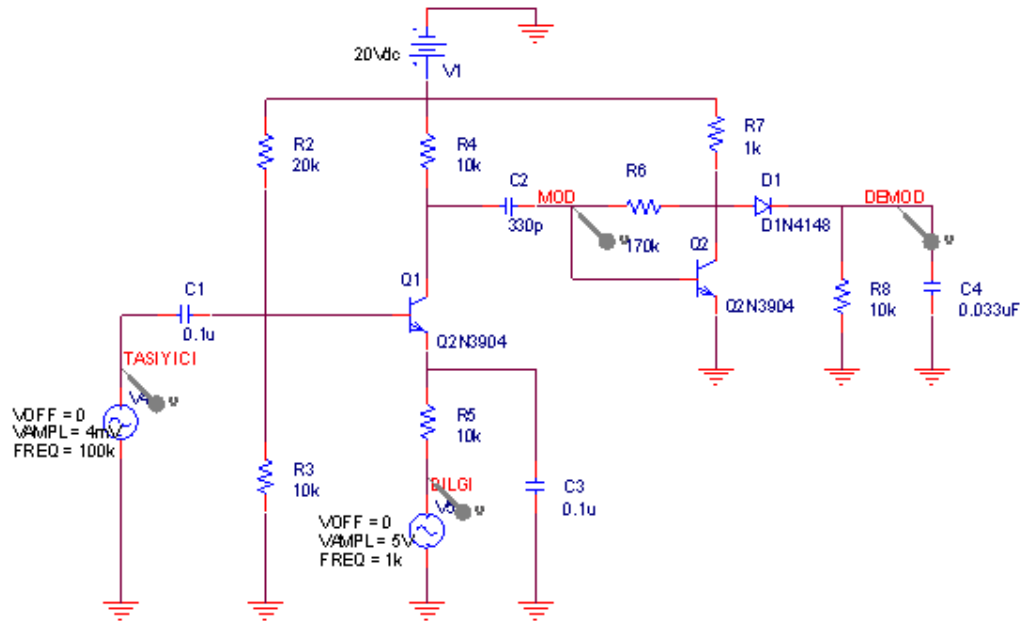
- 1- Şekil F.1, F.2, F.3, F.4 ve F.5’ de ki devreleri Pspice programında kurunuz.
- 2- Phone 1 için $F=800\text{Hz}$, $V_{\text{AMPL}}=5\text{V}$, $V_{\text{OFF}}=6\text{V}$, Phone 2 için $F=2\text{KHz}$, $V_{\text{AMPL}}=9\text{V}$, $V_{\text{OFF}}=10\text{V}$, $\text{PHASE}=-45$ ayarlayınız.
- 3- DSTM1 için $\text{OFFTIME}=7.8125\mu\text{s}$, $\text{ONTIME}=7.8125\mu\text{s}$, $\text{DELAY}=7.8125\mu\text{s}$, $\text{STARTVAL}=0$, $\text{OPPVAL}=1$ ayarlayınız.
- 4- Simülasyon grafik ayarlarını Time Domain 0’dan 1ms ve adım aralığını 1µs olacak şekilde ayarlayınız. Simülasyon ayarlarından Options menüsünden, Gate-level Simulation seçiniz. Buradan Initialize all flip-flops to=0 yapınız.
- 5- Simülasyonu çalıştırınız ve PAM dalga şekillerini görünüz.
- 6- Phone sinyalleri her 1ms’de 8 defa örneklenmiş mi?
- 7- Clock sinyali her azaldığında Phone1’den Phone2’ye sistem anahtarlıyor mu?
- 8- İki giriş sinyalinin birleşimi çıkış dalga şeklinde doğrumu?
- 9- D0,D1,D2,D3 sinyallerini ve V(TOP.PCM.MUXA) sinyalini çiziniz.
- 10- Örnekleme (Sample) yükseldiği zaman dijital sinyal (D0-D3) değişiyor mu?
- 11- Dijital çıkış sinyali yaklaşık olarak analog giriş sinyaline eşit mi?
- 12- Clock hızı artarsa doğruluk artar mı?
- 13- V(TOP.P2S.TRUNK) ve Clock sinyalini çiziniz.
- 14- Sistem örnekleme her 4 clock pals’de değişiyor mu?
- 15- 4 bit paralel olarak gelen çıkışta seri olarak çıktı mı?
- 16- Bitler dışarı saniyede 64Kbit’le mi çıkıyor?
- 17- Baştan sona PCM sistemi günlük hayatta olduğu gibi mi çalışıyor?

Ek G. Transistör ile Genlik Demodülasyonu Deneyi

Deneyin Amacı: Transistör ile genlik demodülasyonu devresini oluşturmak ve çıkış sinyal şekillerini incelemek.

Deneyde Kullanılan Malzemeler: $0.1\mu\text{F} \times 2$, 1K , 170K , $10\text{K} \times 4$, 20K , 330pF , $2\text{N}3904 \times 2$, $0.033\mu\text{F}$, $1\text{N}4148$, V_{dc} , V_{sin} .

Deney Bağlantı Şeması:



Şekil G.1. Transistör ile genlik demodülasyonu devresi

İşlem Basamakları:

- 1- Şekil G.1’de verilen devreyi Pspice programında kurunuz.
- 2- Bilgi sinyalinin genliğini 5V ve frekansını 1KHz’e, taşıyıcı sinyalin genliğini 4mV ve frekansını 100kHz’e ayarlayınız.
- 3- Simülasyon grafik ayarlarını Time Domain 0’dan 2ms ayarlayınız.
- 4- Pspice simülasyon programını çalıştırınız.

- 5- Eğer devre beklendiği gibi çalışırsa çıkış sinyalinin frekansı ve şekli nasıl olmalıdır?
- 6- Bilgi sinyalini ve demodüleli sinyali ölçekli olarak çiziniz.
- 7- Girişteki bilgi sinyalinin frekansını ve genliğini değiştiriniz. Çıkışta tekrar elde ettiğiniz bilgi sinyali bu değişime nasıl tepki veriyor?
- 8- FFT tuşuna basarak devrenin frekans spektrumunu görünüz ve ölçekli olarak çiziniz.

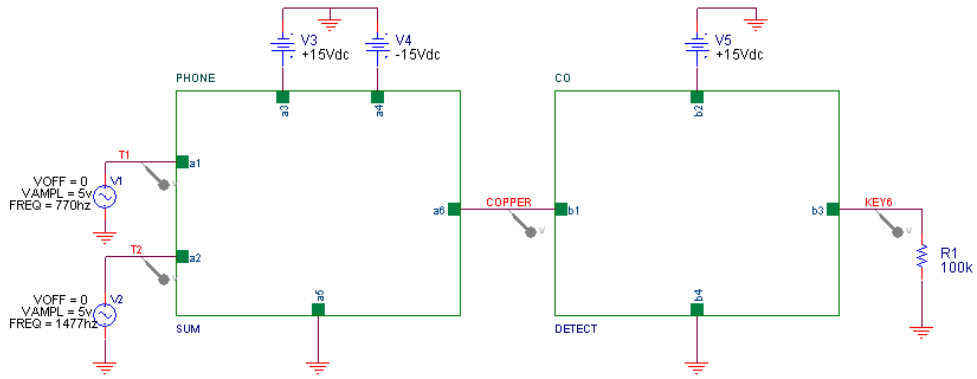
- 5- Faz kilitlendiği zaman Data ve VCO sinyalleri sabit faz farkı sağlıyor mu?
- 6- Zamanın çoğunda faz dedektörünün çıkışı 1 mi? Data ve VCO sinyallerinin her biri yüksek olduğu zaman çıkış sinyali düşük mü?
- 7- Low Pass Filter (LPF) çıkış devresi RC çıkış devresi midir? Yaklaşık ortalama değeri 3.1V' mudur?
- 8- Giriş data frekansını 8.33KHz yapınız. On time ve off time 0.06ms olarak ayarlayınız ve tekrar dalga şekillerini oluşturunuz.
- 9- VCO başarılı bir şekilde yeni yüksek frekansa kilitlendi mi?
- 10- Faz dedektörün ortalama çıkış değeri ve low pass filter (LPF) değeri yaklaşık 2.8V' a düştü mü?
- 11- Sonuç olarak giriş sinyalini çıkış frekansına ayarlayınız ve tekrar dalgayı gözden geçiriniz (5 ile 10KHz arasında olacak).
- 12- Giriş data sinyalleri üstündeki kilitlenmeler başarılı mı?

Ek I. Tuş Takımı Kod Çözme Deneyi

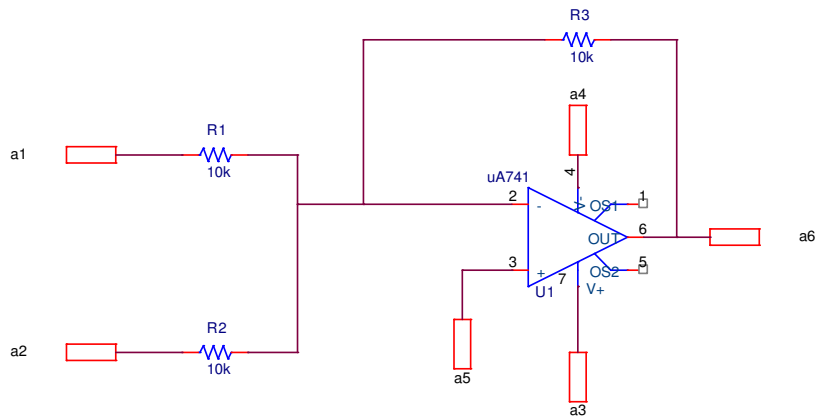
Deneyin Amacı: Tuş takımı kod çözme devresini oluşturmak ve çıkış sinyal şekillerini incelemek.

Deneyde Kullanılan Malzemeler: $1\mu\text{F}$, $10\text{K}\times 3$, 100K , 1K , $1\text{N}4148\times 3$, $\text{EFREQ}\times 2$, UA741 OPAMP , V_{sin} , V_{dc} .

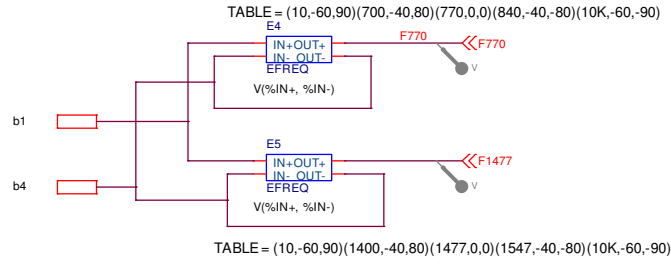
Deney Bağlantı Şemaları:



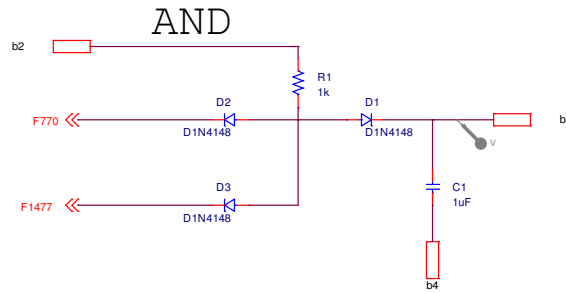
Şekil I.1. Tuş takımı kod çözme ana devresi



Şekil I.2. Phone alt blok devresi



Şekil I.3. CO alt blok devresi DETECT



Şekil I.4. CO alt blok devresi AND

İşlem Basamakları:

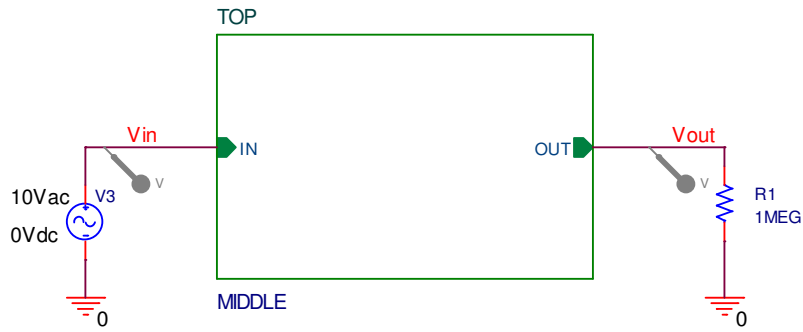
- 1- Şekil I.1, I.2, I.3 ve I.4'de ki devreleri Pspice programında kurunuz.
- 2- Simülasyon grafik ayarlarını Time Domain 0'dan 20ms ve adım aralığını 20µs' ye ayarlayınız.
- 3- V1 kaynağının gerilimini 5V ve frekansını 770Hz, V2 kaynağının gerilimini 5V ve 1477Hz olarak ayarlayınız.
- 4- Pspice simülasyon programını çalıştırınız. Vcopper (Time) ve Vcopper (Frekans) sinyallerini ölçekli bir şekilde çiziniz.
- 5- Girişten uygulanan iki frekansın karışımı çıkışta görülüyor mu?
- 6- Frekans tepe değeri yaklaşık 770Hz ile 1477Hz arasında mı ve onların genlikleri yaklaşık olarak eşit mi?
- 7- Filtre çıkışı yüksek mi ve genlikleri eşit mi? Ayrıca final COoutput yüksek mi?
- 8- Giriş frekansındaki 770Hz değerini 687Hz yapınız ve yine çıkış dalga şekillerini görünüz.
- 9- F₇₇₀ çıkış sinyali F₁₄₇₇ çıkış sinyalinden daha düşük müdür?

Ek J. Filtreler Deneyi

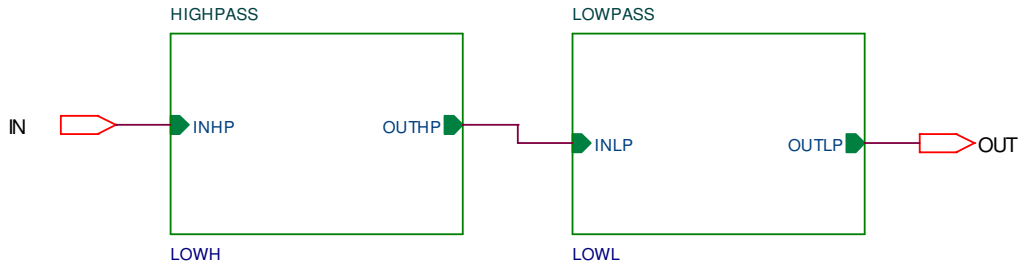
Deneyin Amacı: Alçak geçiren, yüksek geçiren ve band geçiren filtre devrelerini oluşturmak ve çıkış sinyal şekillerini inceleyerek filtreler konusunu öğrenmek.

Deneyde Kullanılan Malzemeler: $0.1\mu\text{F}$, $0.001\mu\text{F}$, $10\text{K}\times 2$, V_{AC} .

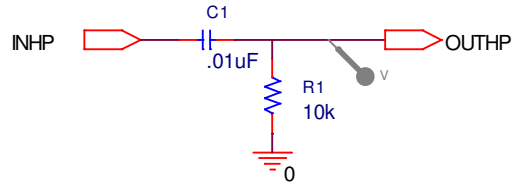
Deney Bağlantı Şemaları:



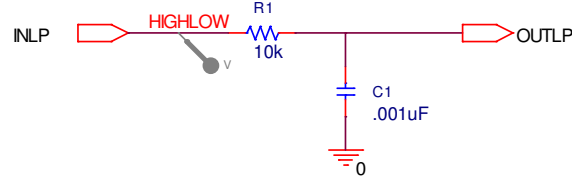
Şekil J.1. Filtre ana blok devresi



Şekil J.2. TOP alt blok devresi



Şekil J.3. Yüksek geçiren alt blok devresi



Şekil J.4. Alçak geçiren alt blok devresi

İşlem Basamakları:

- 1- Şekil J.1, J.2, J.3 ve J.4'de ki devreleri Pspice programında kurunuz.
- 2- Simülasyon grafik ayarlarını AC Sweep 1Hz'den 1MHz'e ve Points Decade 100 olacak şekilde ayarlayınız.
- 3- V_{AC} kaynağının gerilimini 10V olarak ayarlayınız.
- 4- Pspice simülasyon programını çalıştırınız ve $V(V_{OUT}) / V(V_{IN})$, $V(V_{OUT}) / V(V_{HIGHLOW})$, $V(V_{HIGHLOW}) / V(V_{IN})$ sinyallerini ölçekli bir şekilde çiziniz.
- 5- Band geçiren filtrenin genel olarak geçirdiği değerler nedir?
- 6- Band geçiren filtrenin eğrisi alt ve üst geçiren filtrelerin eğrilerinin bir çakışması gibi görünüyor mu?
- 7- Alçak, yüksek ve band geçiren filtrenin 5.0119KHz değerindeki sinyallerini yorumlayınız.
- 8- Alçak ve yüksek geçiren filtrenin kesim frekanslarını formülle hesaplayınız ve doğruluğunu grafikten kontrol ediniz.

Ek K. ORCAD CAPTURE ile Simülasyon

Simülasyonun Gerçek Hayatla İlişkisi: Simülasyon, gerçek hayata en yakın olması, ilginç ve motive edici yönleri ile diğer metodlara göre gittikçe fazla popülerlik kazanan bir yöntemdir. Eğitimsel simülasyon, bir olay veya aktivitenin etkileşim sonucu öğrenilmesini sağlayan modellemedir. Simülasyonların iki önemli özelliği vardır:

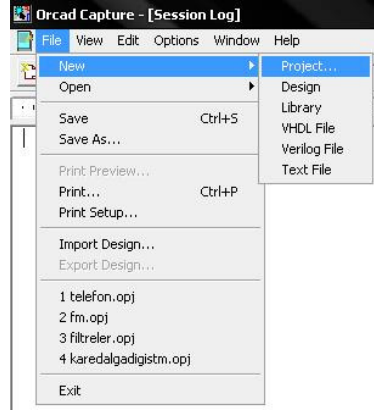
- Belli bir modele dayanması
- Etkileşim sonucu öğrenme

Gerçek simülasyonla arasındaki farklılık; gerçek film-çizgi film farklılığına benzer. Yani simülasyon, gerçek sistemin tüm ayrıntılarını vermeyebilir. Simülasyonlar, kullanıcıların olaylar ve süreçler hakkında kendi bilişsel modellerini oluşturmasını, araştırmasını, uygulamasını ve bilgilerini etkili bir şekilde geliştirmesini amaçlar.

Pspice ve Orcad Capture ile Simülasyon: SPICE (Simulation Program for Integrated Circuits Emphasis) elektronik devreleri bilgisayar ortamında simüle etmek için yazılmış bir programdır. PSPICE ise Cadence/Orcad firmasının Windows tabanında çalışan, bilgisayar destekli tasarım ve simülasyon programıdır.

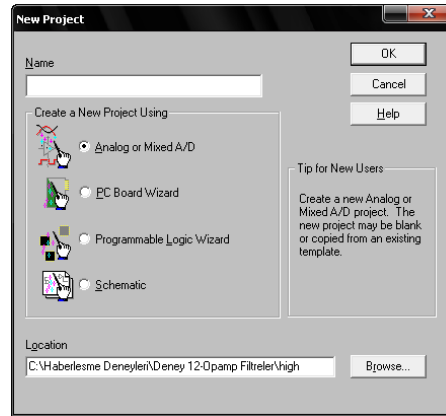
OrCAD, geliştirilmiş kütüphanesi, kolay kullanımı ve sınırsız program entegrasyonu sayesinde çok kullanışlı bir programdır. OrCAD kullanımı sırasında ilk önce tasarlanan devre Capture sayesinde çizilir. İstersek tasarlanan devrenin bilgisayar ortamında çalışıp çalışmadığını görebiliriz. Simülatörde çalıştırdığımız devreyi OrCAD Layout kullanarak istersek hayata geçirebiliriz.

OrCAD Capture'u açmak için sırasıyla başlat menüsü, programlar, OrCAD R9, Capture seçilir. Orcad Capture projesinin şemasının oluşturulmasını sağlar. Daha sonra File' dan New ve Project seçilir.



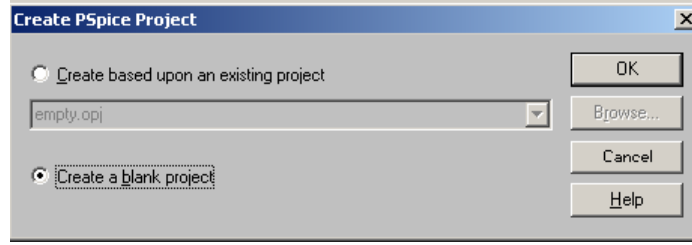
Şekil K.1. Orcad programında yeni dosya açılması

Gelen menüden Name kısmına çalışmaya verilecek dosya adı girilir. Daha sonra ise Schematic veya Analog or Mixed A/D seçeneği işaretlenir. Location kısmından çalışmanın hangi klasörde olacağı belirlendikten sonra OK butonuna tıklanarak projeye başlanılabilir.

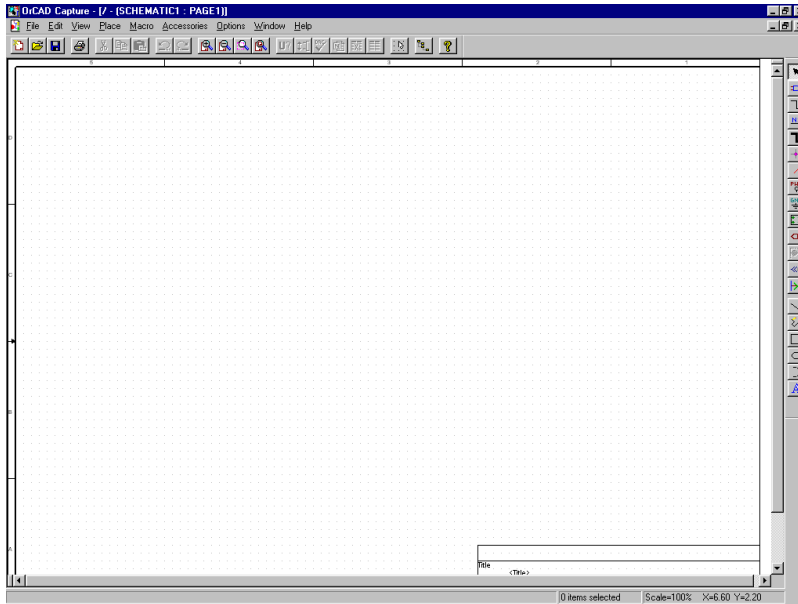


Şekil K.2. Yeni proje oluşturma penceresi

Yeni gelen pencereden “Create a blank project” seçeneği işaretlenir ve OK butonuna tıklanır.



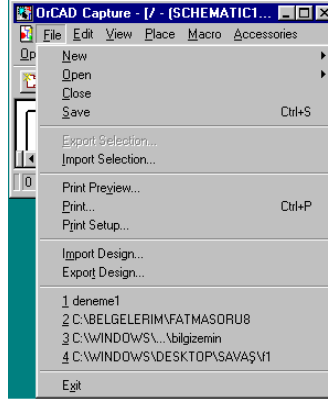
Şekil K.3. Proje başlangıç seçme penceresi



Şekil K.4. Orcad Capture programı çalışma alanı

Çalışma alanı görüntüsü Şekil K.4’de görüldüğü gibidir. Pencerenin sağ kısmında araç paleti ve üst kısmında ise araç kutusu bulunmaktadır. İlk olarak çok kullanılan menüler tanıtılacaktır.

Orcad Capture Menülerinin Tanıtımı: File Menüsü, dosyalama ile ilgili işlemlerin olduğu menüdür. Menü görünümü Şekil K.5’de görülmektedir.



Şekil K.5. File penceresi

New: Yeni bir Project, Design, Library, VHDL File, Text File tipinde dosya oluşturulmasını sağlar.

Open: Daha önce oluşturulan dosyaların çağırılmasını sağlar.

Save: Çalışmanın kaydedilmesini sağlar.

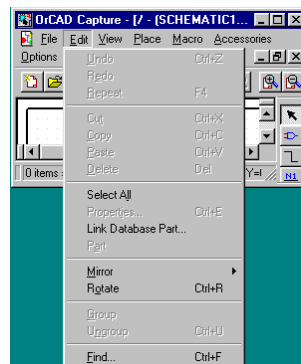
Save as: Çalışmanın farklı bir isimle kaydedilmesini sağlar.

Print: Çalışmayı yazıcıya gönderir.

Print Setup: Yazıcı ayarlarını yapar.

Import design: Çalışmaya dışarıdan farklı formatta herhangi bir dosyayı ekler.

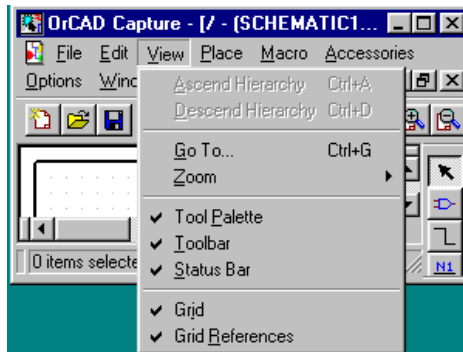
Edit Menüsü, düzen ile ilgili işlemlerin olduğu menüdür. Menü görünümü Şekil K.6'da görülmektedir.



Şekil K.6. Edit penceresi

- Undo: Yapılan son işlemten bir önceki işleme gider.
- Redo: Bir önceye gelmiş olunan konumdan tekrar bir ileri gider.
- Repeat: İşlemi tekrarlar.
- Cut: Seçilen kısmı keser.
- Copy: Seçilen kısmı kopyalar.
- Paste: Seçilen kısmı başka bir yere yapıştırır.
- Delete: Seçilen kısmı siler.
- Select All: Bütün çalışmayı seçer.
- Properties: Çalışmanın özellikleri buradan değiştirilebilir.
- Part: Devre elemanlarının üzerinde değişiklik yapılmasını sağlar.
- Mirror: Seçilen kısmı ayna görünümüne çevirir.
- Rotate: Seçilen kısmı çevirir.
- Group: Devre elemanlarını gruplar halinde ayırır.
- Ungroup: Grupları tekrar eski haline getirir.
- Find: Aranılan devre elemanının kolayca bulunmasını sağlar.

View Menüsü, görünüm ile ilgili komutların olduğu menüdür. Menü görünümü Şekil K.7’de görülmektedir.



Şekil K.7. View penceresi

- Go to: Cursor' ü x ve y koordinatlarına götürür.
- Zoom: Çalışma alanını büyütüp küçültmeye yarar. Çalışmanın görünümünü ayarlamak için klavyenin (I) ve (O) tuşları kullanılabilir.
- Tool Palette: Araç Paletini aktif duruma getirir.

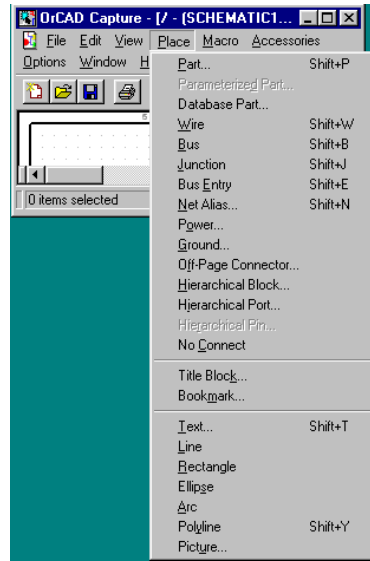
Toolbar: Araç kutusunu aktif hale getirir.

Status Bar: Mouse'un bulunduğu yeri (x , y) ve de zoom durumunu belirtir.

Grid: Elemanların yerleşmesinde yardımcı olan noktaları gösterir.

Grid References: Çalışmayı oluşturmada yardımcı olur.

Place Menüsü, elemanlar ve yerleşim ile ilgili komutların olduğu menüdür. Menü görünümü Şekil K.8'de görülmektedir.



Şekil K.8. Place penceresi

Part: Kullanılacak devre elemanları buradan seçilir. Gelen menüde ilk önce kütüphaneden kullanılacak devre elemanları Add Library' den dizinlerden eklenir. Eklenen kütüphanelerin içindeki devre elemanları sol altta görülebilir. Part kısmına aranan devre elemanı girilerek sağ pencerede elemanın ön görünümünü izlenebilir. Daha sonra OK komutu ile boş çalışma alanına taşınır. Remove Library ile kütüphane silinebilir. Part search, devre elemanlarının detaylı bir şekilde aranmasını sağlar. Cancel ile tüm menüden çıkarılır.

Database Part: Devre elemanları hakkında detaylı bilgi alınmasını sağlar.

Wire: Elemanların birbirlerine bağlanmasında, elektrik hatlarının çizilmesini sağlar.

Bus: Bus yardımı daha çok dijital devre tasarımlarında kullanılır. Örneğin bir hafıza elemanı ve bu hafıza elemanının adreslerini tarayan birde sayıcı olsun. Teker teker

adreslerle sayıcının bacaklarını bağlanmaktansa bus ile görünümde tek hatmış gibi görünüp normalde bütün hatları birebir bağlanabilir.

Junction: Hatları birbirine bağlar.

Bus Entry: Bus ile çizilen hattın devre elemanına bağlanmasını sağlar.

Power: Devrenin beslemesi buradan verilebilir (+V_{CC}, V_{DD} v.s.).

Ground: Devrenin çalışması için gerekli olan şase verilebilir.

Off-Page Connector: Yapılan çalışma sayfadan taşarsa bu komut kullanılabilir.

No Connect: Bağlantının olmadığını belirtir.

Title Block: Title block ile devrenin başlığı, çalışmanın tarihi, döküman ismi ve tipi belirtilir.

Bookmark: Kalınan sayfanın belirtilmesi için sayfa arasına yazılmasını sağlar.

Text: Çalışma ile ilgili notlar text komutu ile yazılabilir.

Line: Çizgi çizilmesini sağlar.

Rectangle: Dikdörtgen çizilmesini sağlar.

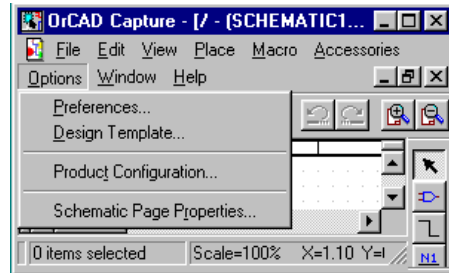
Ellipse: Çember çizilmesini sağlar.

Arc: Yarı çember çizilmesini sağlar.

Polyline: Çoklu çizgi çizilmesini sağlar.

Picture: Çalışmaya dışarıdan bir resim eklenmesine (bmp) yardımcı olur.

Options Menüsü, program ile ilgili ayarların yapıldığı menüdür. Menü görünümü Şekil K.9'da görülmektedir.

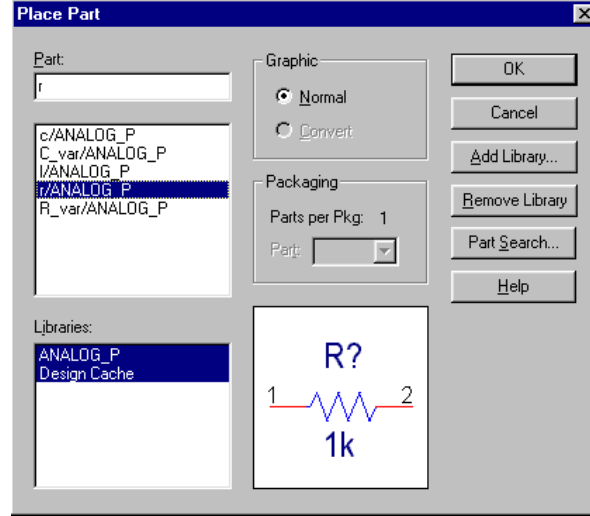


Şekil K.9. Options penceresi

Preferences: OrCAD kurulumundan gelen ayarlar bulunur.

Design Template: Design Template ile ayarlamalar kişiselleştirilebilir.

Product Configuration: Çalışmanın formatı yani biçimi belirtilir.



Şekil K.12. Eleman ekleme penceresi

Part: Seçilen parçanın ismini belirtir.

Partlist: Seçili kütüphanedeki tüm parçaları listeler.

Libraries: Kullanılmakta olan kütüphaneleri gösterir.

Preview box: Seçili parçanın ön görünümüdür.

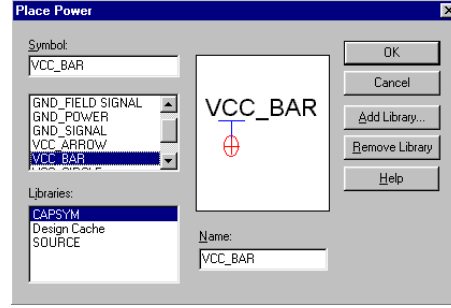
Add Library: Kütüphane ekler.

Remove Library: Kullanılmayan kütüphanenin kaldırılmasını sağlar.

Part Search: İsmi bilinen bir elemanın seçili kütüphaneler içinde aranmasını sağlar.

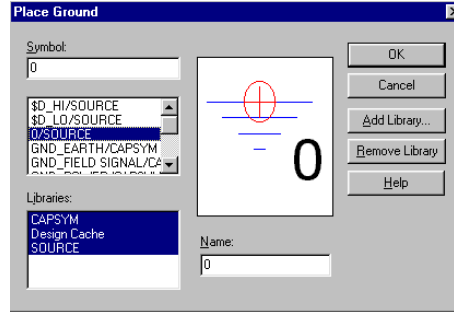
Örneğin bir direnç seçilir. Kullanılacak direnç sayısı kadar mouse' un sol tuşuna tıklanır ve elemanlar yerleştirildikten sonra işlemin bitirilmesi için mouse' un sağ tuşuna basılır End Mode seçilir. R tuşuna basarak seçilen eleman 90 derece döndürülebilir.

Power Ekleme: Devreye power eklemek için araç paletinden Place Power seçilir. Ekranı aşağıdaki gibi benzer bir pencere gelecektir. Bu pencerede OK komutu verilerek devreye bir Power eklenmiş olur.



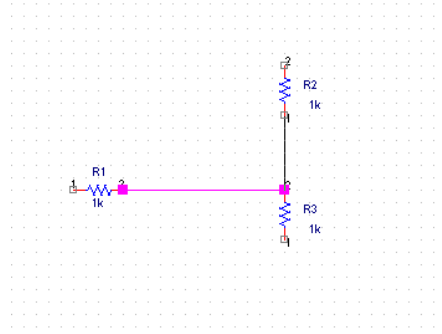
Şekil K.13. Power ekleme penceresi

Şase Ekleme: Devreye şase eklemek için araç paletinden Place Ground seçilir. Ekranı aşağıdaki benzer bir pencere gelir. Bu pencerede OK komutu verilerek devreye bir şase eklenmiş olur. Her zaman ismi 0 verilmelidir.



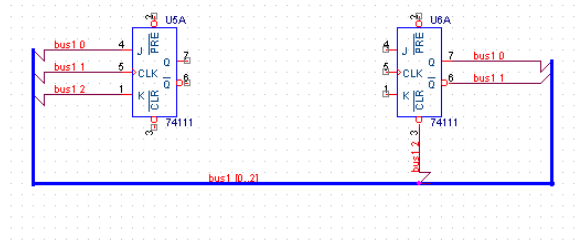
Şekil K.14. Şase ekleme penceresi

Hat (wire) Çizimi: Elemanlar arasında bağlantı yapmak için araç paletinden Place Wire seçilir. Mouse imleci elemanın ucundaki karenin içinde iken sol tuşa tıklanarak bağlantı sağlanır. Dönüşlerde ve birleştirmelerde yine sol tuş kullanılır. İşlemi sonlandırmak için sağ tuşa tıklanır ve End Wire seçilir ya da Escape tuşuda aynı görev için kullanılabilir.



Şekil K.15. Yol çizimi

Yol (Bus) Çizimi: Bazı devrelerde yollar karışık şekilde kötü bir görüntü halindedir. Bundan kurtulmak ve devrenin daha güzel hale getirilmesi için birden fazla yolu içinde barındıran tek bir kalın yol halindeki bus kullanılır. Devreye bus eklemek için araç paletinden Place Bus seçilir. Bus'ı çizdikten sonra araç paletindeki Place Bus Entry ile bus'a girişler yapılır. Bu girişler ile eleman bacakları birleştirilir. Araç paletinden Place Net Alias ile bus ismi verilir. Bus ismi verilirken <bus adı> [x₀..x_n] şeklinde verilmelidir. Örnek olarak jump[0..2]. Daha sonra tekrar Place Net Alias seçilerek bus girişleri numaralandırılır.



Şekil K.16. Bus çizimi

Edit Part: Eleman seçiliyken enter tuşuna basılarak ya da eleman üzerinde mouse ile çift tıklanarak Part Editor açılabilir. Burada parçanın özellikleri değiştirilebilir.

PCB Footprint	Name	Part Reference	Reference	Designator	Value	Primitive	Implementation Type	Implementation	Implem
100430	R4	R4	R4	1k	DEFAULT	<none>			

Şekil K.17. Edit Part penceresi

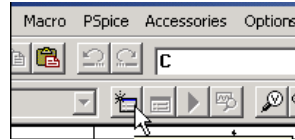
Value: Parçanın değerini belirtir. Eğer kütüphanede parça değeri belirtilmemişse value olarak parça ismi kullanılır.

Reference: Parça referansını belirtir.

PCB Footprint: Parçanın Netlistteki karşılığının ne olduğunu belirtir.

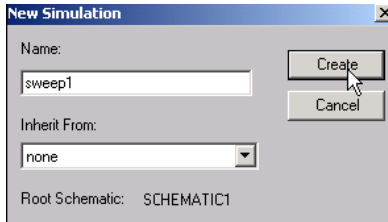
Power Pins Visible: Power pininin görünmesini sağlar.

Simülasyon ve Grafik Ayarları: İstenilen devre kurulduktan sonra simülasyon ayarlarını yapmak gerekmektedir. Bunun için aşağıdaki şekilde gösterilen simülasyon butonuna tıklanır.



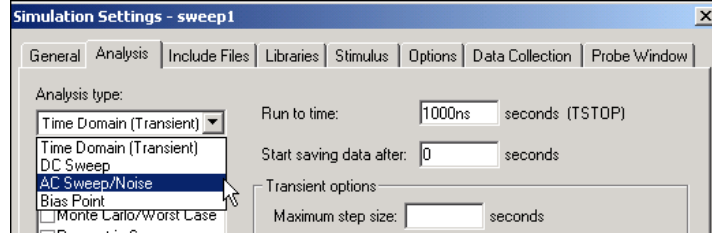
Şekil K.18. Simülasyon ayar tuşu

“New Simulation” penceresinden simülasyona herhangi bir isim verilir. Türkçe karakter kullanılmaması tercih edilir.



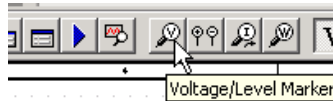
Şekil K.19. Simülasyona isim verilmesini sağlayan pencere

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



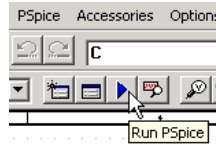
Şekil K.20. Simülasyon ayar penceresi

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



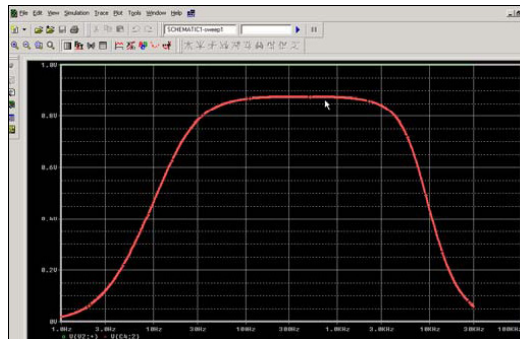
Şekil K.21. Voltaj işaretleme çubuğu

Run Spice’a tıklanarak simülasyon başlatılır.



Şekil K.22. Simülasyonu çalıştırma tuşu

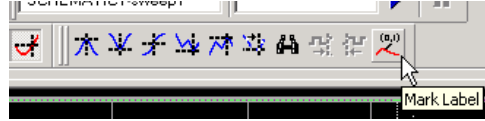
Grafikte istenen noktaları işaretlemek için “toggle cursor” ile nokta bulunur ve “mark” ile işaretlenir.



Şekil K.23. Simülasyon görüntüsü



Şekil K.24. Toggle cursor



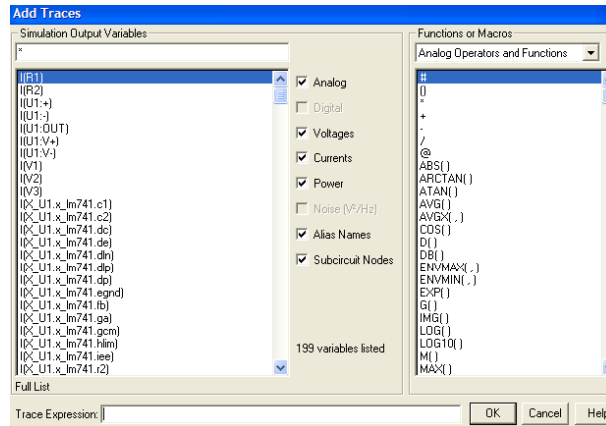
Şekil K.25. Mark Label

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



Şekil K.26. Add Trace tuşu

“Add Trace” butonuna tıkladıktan sonra çıkan pencerede, soldaki liste değişkenler sağdaki liste ise kullanılabilir matematiksel fonksiyonlardır. Örneğin R1 ve R2 dirençlerinin üzerinden geçen akım değerlerinin toplamı grafik üzerinde isteniyorsa “Trace expression” alanına “ $I(R1) + I(R2)$ ” yazılıp Ok’e tıklanması yeterlidir.



Şekil K.27. Add Trace penceresi

ÖZGEÇMİŞ

Selim GÜNGÖR, 28.10.1978'de Bolu'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Bolu'da tamamladı. 1995 yılında İzzet Baysal Teknik Lisesi, Elektronik Bölümünden mezun oldu. 1996 yılında kazandığı Ege Üniversitesi Bilgisayar Programcılığı bölümünden 1998 yılında mezun oldu. 1999 yılında başladığı SAÜ Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Elektronik Öğretmenliği programını 2003 yılında bitirdi. Aynı yıl İstanbul'da Şişli Endüstri Meslek Lisesi'nde Elektronik Öğretmeni olarak göreve başladı ve halen aynı kurumda görevine devam etmektedir.