

39487.

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEK YAN BAND YUKARI KARIŞTIRICI TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Metin ERDOĞDU

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Şubat 1993

Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Şubat 1993

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Osman Palamutçuoğulları

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Duran Lebleci

Prof. Dr. Ergül Akçakaya

**F.İ. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

ŞUBAT 1994

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, bilgisayar destekli tek yan band yukarı karıştırıcı tasarımı ve pratik olarak gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Tezin gerçekleşmesindeki değerli fikir ve katkılarından ötürü hocam Sayın Prof. Dr. Osman PALAMUTÇUOĞULLARI'na, Teletaş Radyo Link Grubu'ndan Sayın Yük. Müh. İbrahim KURHAN'a, Sayın Yük. Müh. Ared PONTİOĞLU'na, diğer bütün radyo link grubu çalışanlarına ve her açıdan katkıları ile desteklerini esirgemeyen aileme, dostlarıma sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak 1994
İSTANBUL

Metin ERDOĞDU

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY.....	v
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 Karıştırıcıların Elektriksel Karakteristikleri.....	3
1.1.1 Dönüştürme Kaybı.....	3
1.1.2 Gürültü Sayısı.....	3
1.1.3 İntermodülasyon Ürünleri	3
1.1.4 Dinamik Değişim.....	4
BÖLÜM 2 KARIŞTIRICILAR.....	5
2.1 Diyodlu Karıştırıcı Teorisi.....	5
2.2 Sonlandırmalarına Göre Karıştırıcılar	8
2.2.1 Z Karıştırıcı.....	8
2.2.2 Y Karıştırıcı.....	9
2.2.3 H Karıştırıcı.....	9
2.2.4 G Karıştırıcı.....	10
BÖLÜM 3 KARIŞTIRICI ÖRNEKLERİ VE YAPILARI	11
3.1 Tek Diyodlu Karıştırıcı.....	11
3.2 Tek Dengeli Karıştırıcı	12
3.2.1 Dallı Hat Bağlaştırmacı	13
3.2.2 Halka Bağlaştırmacı	16
3.2.3 Tek Dengeli Karıştırıcı	18
3.2.4 Çift Dengeli Karıştırıcı	19
BÖLÜM 4 TEK YAN BAND YUKARI KARIŞTIRICI TASARIMI.....	22
4.1 Wilkinson Güç Bölücü	24
4.2 Dallı Hat Bağlaştırmacı Tasarımı	26
4.3 Dengeli Karıştırıcı Tasarımı.....	27
4.3.1 Halka Bağlaştırmacı Tasarımı.....	29
4.4 Dengeli Karıştırıcının MH İle İncelenmesi.....	29
4.5 T. Y. B. Yukarı Karıştırıcının Doğrusal Analizi.....	30
4.6 T.Y.B. Yukarı Karıştırıcının Doğrusal Olamayan Analizi..	31
4.7 Tek Yan Band Yukarı Karıştırıcının Gerçeklenmesi	33
BÖLÜM 5 SONUÇLAR	41
KAYNAKLAR	43
EKLER	44
ÖZGEÇMİŞ.....	97

ÖZET

Bu tez çalışmasında , 70 MHz lik ara frekans (IF) işaretini , 10.5GHz öteleyen Tek Yan Band Yukarı Karıştırıcı Tasarımı amaçlanmıştır. Tasarım sırasında mikrodalga devre tasarımı için geliştirilmiş olan Microwave Harmonica programından yararlanılmıştır. Tezin ilk bölümlerinde amaçlanan karıştırıcı tasarımına baz teşkil edecek karıştırıcı yapıları incelenmiştir.

Tasarım sırasında ilk olarak blok şema halinde karıştırıcı ortaya çıkarılmış daha sonra bu bloklar içinde bulunana mikroşerit yapıların tasarımına geçilmiştir. Mikroşerit yapıların gerçekleştirilmesinde kullanılacak taban malzemesi olarak +RT Duroid 6010.5 kullanılmıştır. Bu malzemenin seçilmesinin nedeni diğer aynı özellikleri gösteren malzemelere göre daha yumuşak ve üzerinde daha kolay işlem yapılabilir olmasıdır. Diğer aynı özellikte olan malzemeler sert ve işlenebilirliğinin zor olması nedeniyle üretim sırasında zorluklar çıkarmaktadır.

Karıştırıcıda kullanılacak elemanlar tek tek tasarlanıp Microwave Harmonica (MH) ile sonuçları incelenmiş ve iyileştirilmeye çalışılmıştır. Bütün yapıların tasarımı tamamlandıktan sonra , hemen tek yan bandlı karıştırıcı tasarımına geçilmemiştir. İlk olarak bu karıştırıcı da kullanılacak dengeli katıştırıcı yapısı incelenmiştir. Dengeli karıştırıcı üzerinde MH programı ile doğrusal ve doğrusal olmayan analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda karar verilen yapı tek yan bandlı yukarı karıştırıcıda kullanılmıştır. En son olarak tek yan bandlı yukarı karıştırıcının incelenmesine geçilmiştir. Benzer şekilde ilk olarak MH programı yardımıyla üzerinde çalışılmış ve elde edilen sonuçlardan yararlanılarak karıştırıcı gerçekleştirilmiştir.

Üretilen tek tan bandlı yukarı karıştırıcı beklenen özellikleri sağlamaktadır. Bilgisayar sonuçları ile pratikte elde edilen sonuçlar arasında çok büyük farklar ortaya çıkmamıştır. Sonuç olarak istenilen özellikleri sağlayan tek yan bandlı yukarı karıştırıcı gerçekleştirilmiştir.

SUMMARY

DESIGNING A SINGLE SIDE BAND UP CONVERTOR

In this master thesis , Single Side Band Up Convretor has been realized with the aid of Microwave Harmonica . The structures in the mixer have been tested and tried to be better by Microwave Harmonica (MH). In this mixer , a non-linear element which was used is Schottky Barrier Diod and substrate is +RH Duroid 6010.5. This substrate has chosen because it is flexible and easily worked on it.

Primary purpose of the mixer is to translate a signal at one frequency to another where it can be amplified or processed efficiently. In the theory, mixing process is a single multiplier. The block diagram of a mixer is given figure 1.

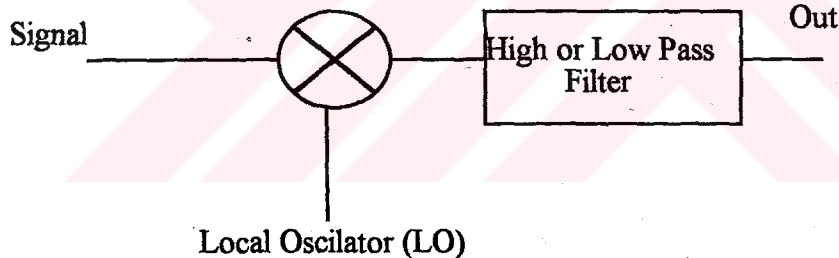


Figure 1 Principles of mixing

The signals of input ports are given below.

$$\begin{aligned} \text{Signal : } & A(t) \cdot \cos(\omega_r \cdot t) \\ \text{Local Oscillator: } & \cos(\omega_l \cdot t) \end{aligned} \quad (1)$$

The result of multiplying is given at equation 2.

$$A(t) \cdot \cos(\omega_r \cdot t) \cdot \cos(\omega_l \cdot t) = \frac{A(t)}{2} \cdot [\cos(\omega_r + \omega_l) \cdot t + \cos(\omega_r - \omega_l) \cdot t] \quad (2)$$

It can be easily seen that products consists of two signal at the sum and difference frequency of input signal. One of them could be easily selected by filter. So mixing process satisfied by this network.

For microwave applications the multiplying function could be created by any non-linear devices. The draw backs of the non-linear devices are that they generate many LO harmonics and mixing products other than the desired one. The transfer function of a non-linear device can be expressed as:

$$I = f(v) = a_0 + a_1.V + a_2.V^2 + \dots + a_n.V^n \quad (3)$$

where I and V are the device current and voltage respectively.

For a mixer, non-linear devices voltage is a composite of a two input signal in the form $V(t) = V_s \cos(\omega_s.t) + V_l \cos(\omega_l.t)$ this result in a infinite series of mixing products given by :

$$I = a_0 + a_1.[V_s \cos(\omega_s.t) + V_l \cos(\omega_l.t)] + a_2.[V_s \cos(\omega_s.t) + V_l \cos(\omega_l.t)]^2 + \dots + a_n.[V_s \cos(\omega_s.t) + V_l \cos(\omega_l.t)]^n \quad (4)$$

If the first two components in equation (4) is analysed in the frequency domain it can be seen that a dc and input signals are present in the output of the non-linear devices. Primary mixing products $(\omega_l \pm \omega_s)$ come from the second order term and are proportional to a_2 in amplitude, which explains why a non-linear device can perform a mixing function. Third and higher order terms generate products of form $n.\omega_l \pm m.\omega_s$ and higher order harmonics.

There are a number of basic parameters that can be used to characterize a mixer. These are conversion gain or loss, noise figure, intermodulation products and dynamic range.

The conversion gain or loss of a mixer is defined as the ratio of the output power to signal input power. It is one of the most important parameters since it measures the efficiency with which a mixer converts energy at input frequency to another frequency. It is a function of the mixer alone and depends on the losses in RF circuit and quality of the non-linear device.

The noise figure of a mixer is ratio of signal to noise ratio at the output of the mixer signal noise ratio to the signal noise ratio at input of the mixer. The noise figure determines the low-level sensitivity of the mixer.

The level of the intermodulation products determines the amount of distortion produced in mixing process. As discussed previously, mixing products of the form $n \cdot \omega_1 \pm m \cdot \omega_2$ naturally result from non-linearity of the device. These are commonly referred to as single tone intermodulation products since they are present with only one input signal. If two signal are present simultaneously at the mixer input, higher order products of the form $m \cdot \omega_1 \pm (k \cdot \omega_{s1} + n \cdot \omega_{s2})$ are present at the output. These are commonly referred as a two tone products. The most important of these response is the third order products given by equation (5)

$$IM_3 = \omega_1 - (2 \cdot \omega_{r1} \pm \omega_{r2}) \quad (5)$$

The dynamic range of a mixer is simply power range over which device can be used. The low end is limited by thermal noise and noise figure of the mixer. The sensitivity of a mixer in dBm is given by equation (6)

$$S = -114 + NF + \log(BW) \quad (6)$$

where NF is the mixer noise figure, BW the bandwidth in MHz and -114dBm is the thermal noise in 1MHz bandwidth. The maximum signal level is limited by saturation of the mixer output.

In microwave frequency, a few device can be used as a non-linear device. The selected device must have strong non-linearity, low noise and adequate frequency response. The most employed devices are diodes: p-i-n junction diodes, point contact diodes, but used much more are the Schottky barrier diode and GaAs MESFETs. Only GaAs MESFET can be used for microwave mixer applications. The other type of transistors or dual gate MESFETs must be used below 1GHz.

In this work non-linear device is Schottky barrier diodes. The simplest theory to explain the mixing process in a diode mixer is to consider just a single diode driven by local oscillator into heavy forward conduction for nearly half a cycle and into reverse bias for the other half cycle. If the impedance of the diode in conduction and reverse bias can be defined as $Z_f(t)$ and $Z_r(t)$, the reflection coefficient of the diode can be written as equation (7)

$$\Gamma_f = \frac{Z_r(t) - Z}{Z_r(t) + Z}, \quad \Gamma_r = \frac{Z_f(t) - Z}{Z_f(t) + Z} \quad (7)$$

In this model only effects of the junction capasitance and other parasitics is to transform source impedance from its actual value to other value Z' in the plane of the semiconductor junction. The model is given at figure 2.

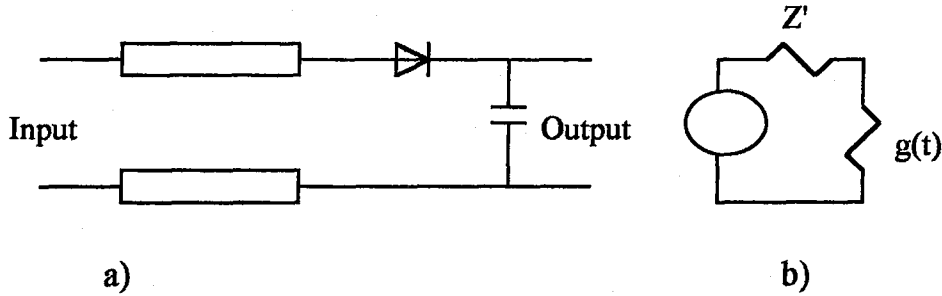


Figure 2 Diod mixer a) typical cicuit b) equilavant circuit.

In order to handle the mathamatics of the mixer, Γ can be expressed as a Fourier series at equation (8)

$$\Gamma(t) = \Gamma_0 + \Gamma_1 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) + \Gamma_2 \cdot \cos(2 \cdot \omega_1 \cdot t) + \dots \quad (8)$$

when there is a incident signal voltage $V_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t)$, the reflected voltage can be found as equation (9)

$$\begin{aligned} V_r &= \Gamma(t) \cdot V_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t) \\ V_r &= \Gamma_0 \cdot V_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t) + \Gamma_1 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot V_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t) + \dots \\ V_r &= \Gamma_0 \cdot V_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t) + \frac{\Gamma_1 \cdot V_s}{2} \cdot [\cos(\omega_s + \omega_1) \cdot t + \cos(\omega_s - \omega_1) \cdot t] + \dots \end{aligned} \quad (9)$$

From equation (9), it can be seen that mixing products are accured on the Schottky diod.

In this section, realizing of the single side band up converter is analysed. Blok diagram of the mixer is given figure 3. Wilkinson power divider and Branch line coupler are designed by Microwane Harmonica . This program has been used to designd and also optimized them. Three different Wilkinson power divider and Branch line coupler have been designed and the best one of each structure were chosen to be used in single side band up converter. Then balanced mixer has been designed and optimized by MH program.

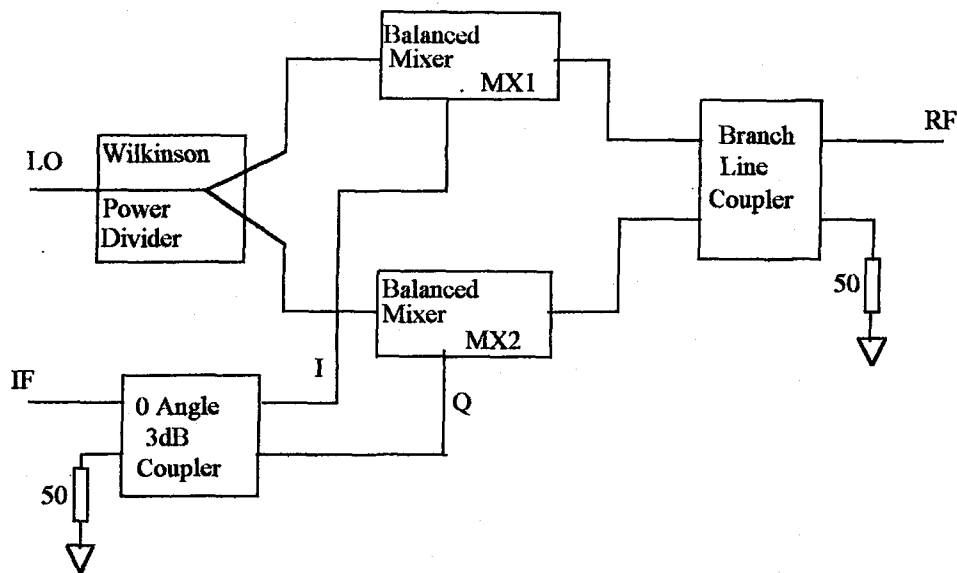


Figure 3 Blok diagram of the single side band up converter

All structure in the single balanced up converter have realized by microstrip line. Chosen substrate to built the microstrip structure is +RT Duroid 6010.5. All transmission line used in the mixer is calculated by TRL tool of MH. The microstrip structure used in the mixer are Wilkinson power divider, Branch line coupler, Ring coupler, microstrip transmission line and radial stub. All structure have been designed with the aid of MH. S parameters of the structures have been checked by doing linear analysis with MH. Return loss and port isolation of the single side band up converter were also found by linear analysis with MH. Non-linear product of the mixer has been checked by non-linear analysis tool of MH. After all process, real microstrip structures length and width have been found.

After completing the mixer, various measurements have been made, in order to check the results with test set given figure 5. While using this set, carrier suppression, side band suppression, two tone harmonics and intermodulation suppression have been measured. In addition, single side band mixer has been tested at -30, 0, 25, 50, 70, 80 celcius santigrat degrees.

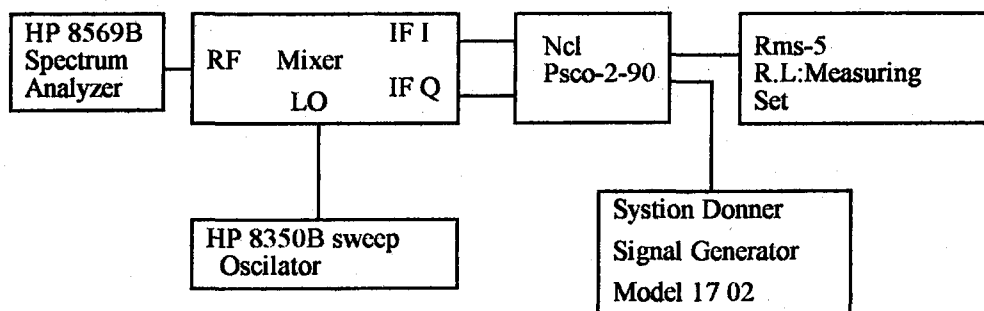


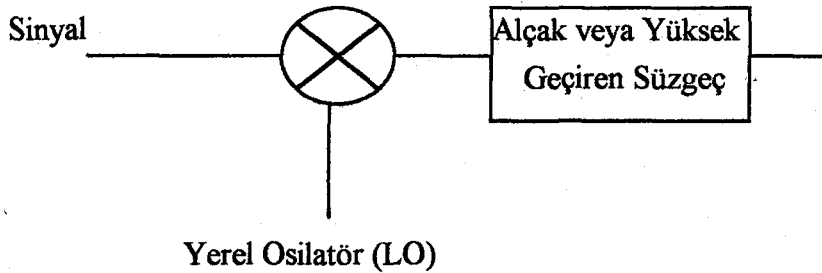
Figure 4 Test set of the single side band up converter

BÖLÜM 1 GİRİŞ

Hızla gelişen dünyamızda, Elektronik ve Haberleşme Bilimi'nin katkılarıyla iletişim sistemlerinde büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Doğru ve hızlı haberleşme ağları, kompleks sistemler yardımıyla kurulabilmektedir. Bu kompleks yapılarda kullanılan temel elemanlardan biriside karıştırıcıdır. Karıştırıcıların genel amacı sinyal frekanslarını, üzerinde daha kolay işlem yapılabilecek frekanslara dönüştürmektir. Haberleşme sistemlerinde karıştırıcıların kullanım yerleri alıcılar, vericiler ve sentezleyiciler olarak özetlenebilir. Alıcılarda ve vericilerde kullanılan karıştırıcılar sırasıyla aşağı ve yukarı karıştırıcılar olarak adlandırılır.

Bu tez kapsamında mikrodalga tek yan band yukarı karıştırıcı tasarımı amaçlanmıştır. Bu çalışmada bilgisayar destekli tasarım yapılmıştır. Bilgisayar programı sayesinde, devre tasarımına daha somut verilerle yaklaşılmıştır. Böyle bir program yardımı ile tasarlanmayan mikrodalga devrelerin, gerçekliliğinin uzun bir süreç içerisinde anlaşılmasından dolayı, bilgisayar destekli mikrodalga devresi tasarımının önemi ortaya çıkmaktadır.

Karıştırma işlemi temelde bir çarpma işlemidir. Şekil 1 1'de ideal çarpıcı devresi içeren karıştırıcı şeması verilmiştir. [1]



Şekil 1.1 İdeal Karıştırıcı Şeması

Çarpma İşleminin sonucu olarak (1.1) deki sonuç elde edilir.

Sinyal : $A(t) \cdot \cos(\omega_r \cdot t)$

Yerel Osilatör : $\cos(\omega_l \cdot t)$ alınarak.

$$A(t) \cdot \cos(\omega_r \cdot t) \cdot \cos(\omega_l \cdot t) = \frac{A(t)}{2} \cdot [\cos(\omega_r + \omega_l) \cdot t + \cos(\omega_r - \omega_l) \cdot t] \quad (1.1)$$

Bu işlem sonucu olarak iki bileşen oluşmaktadır. Bu bileşenlerden ilki, işaretlerin frekanslarının toplamı ikincisi ise farkıdır. Kullanılacak süzgeç yardımı ile iki bileşenden birisi seçilebilir. Pratik mikrodalga uygulamalarında, çarpma işlemi doğrusal olmayan elemanlar yardımıyla sağlanır. Doğrusal olmayan bir elemanın transfer fonksiyonu (akım voltaj ilişkisi) (1.2) ifadesinde verilmektedir.

$$I = f(v) = a_0 + a_1 \cdot V + a_2 \cdot V^2 + \dots + a_n \cdot V^n \quad (1.2)$$

I : Elemanın üzerinden akan akım.

V : Elemanın üzerindeki voltaj.

Karıştırıcıda, doğrusal olmayan elemanın üzerindeki voltaj iki giriş kolundan uygulanan sinyallerin toplamı olacaktır. Buna göre akım

$$\begin{aligned} I &= a_0 + a_1 \cdot (v_s(t) + v_l(t)) + a_2 \cdot (v_s(t) + v_l(t))^2 + \dots + a_n \cdot (v_s(t) + v_l(t))^n \\ v_s(t) &= V_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t) \\ v_l(t) &= V_l \cdot \cos(\omega_l \cdot t) \\ I &= a_0 + a_1 \cdot [V_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t) + V_l \cdot \cos(\omega_l \cdot t)] + a_2 \cdot [V_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t) + V_l \cdot \cos(\omega_l \cdot t)]^2 + \\ &\quad \dots + a_n \cdot [V_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t) + V_l \cdot \cos(\omega_l \cdot t)]^n \end{aligned} \quad (1.3)$$

ifadesiyle belirtilebilir. Akımın a_0 ve a_1 katsayılı bileşenleri göz önüne alınırsa, doğru akımın ve uygulanan işaretlerin doğrusal olmayan eleman üzerinde olduğu gözükmemektedir. Akımın a_2 katsayılı bileşeni ideal karıştırıcı ürünlerini oluşturmaktadır. Akımın $a_3 \dots a_n$ katsayılı yüksek dereceli bileşenlerinden $n \cdot \omega_s \pm m \cdot \omega_l$ frekanslarında yüksek dereceli harmonikler oluşacaktır. İdeal karıştırıcı ile pratikteki karıştırıcı arasındaki fark yukarıdaki örnek yardımıyla açıkça görülmektedir. [1]

1.1 Karıştırıcıların Elektriksel Karakteristikleri

Karıştırıcıları karakterize etmek için belirli parametreler kullanılmaktadır.

- Bu parametreler
- a) Dönüştürme Kaybı
 - b) Gürültü Sayısı (NF)
 - c) İntermodülasyon Ürünleri dir.

1.1.1 Dönüştürme Kaybı

Çıkış kol gücünün giriş kol gücüne oranına dönüştürme kaybı denmektedir. Karıştırıcının kalitesi hakkında fikir yürütülebilecek en önemli parametredir. Dönüştürme kaybına bakarak, karıştırıcının yapısının kaybı ve kullanılan doğrusal olmayan elemanın kalitesi hakkında bilgi edinilebilir.

1.1.2 Gürültü Sayısı

Karıştırıcının çıkışındaki sinyal gürültü oranının girişindeki sinyal gürültü oranına gürültü sayısı denir. Gürültü sayısı (NF) karıştırıcının duyarlılığı hakkında bilgi vermektedir.

1.1.3 İntermodülasyon Seviyeleri

Karıştırma işlemi sırasında oluşan bozulma seviyelerini belirlemektedir. Önceden gösterildiği gibi doğrusal olmayan elemanlar $n. \omega_s \pm m. \omega_i$ frekanslarında intermodülasyonlar oluşturmaktadırlar. Bu intermodülasyonu girişteki tek bir işaret oluşturduğu için, tek ton intermodülasyon olarak adlandırılmaktadır.

Eğer giriş koluna birden fazla işaret aynı anda uygulanırsa çıkışta oluşacak ürünlerin frekansı $m. \omega_i \pm (k. \omega_{s1} + n. \omega_{s2})$ olacaktır. Bu ürünlere iki ton intermodülasyon ürünleri (Two Tone Intermodulation Product) denmektedir. Bunların içindeki en önemli bileşenin frekansı (1.4)'de verilmiştir

$$IM_3 = \omega_i - (2. \omega_{s1} \pm \omega_{s2}) \quad (1.4)$$

Karıştırıcıya aynı aynı koldan gelen iki sinyalin frekansı çok yakın olduğu zaman bu ürün çok önem kazanmaktadır.

1.1.4 Dinamik Değişim

Dinamik değişim karıştırıcının girişine uygulanabilecek güç değişim arlığı olarak tanımlanır. Karıştırıcının çalışabileceği en düşük güç seviyesi, karıştırıcının sıcaklık gürültüsüne (Thermal Noise) ve gürültü sayısına (NF) bağlıdır. Bu en düşük güç seviyesine karıştırıcının duyarlılığı denir. Karıştırıcının duyarlılığı (S) (1.5) formülüyle verilmektedir.

$$S = -114 + NF + \log(BW) \quad (1.5)$$

NF : Karıştırıcının Gürültü Sayısı

BW : Band Genişliği

-114 dBm 1MHz band genişliğindeki sıcaklık gürültüsü

Maksimum sinyal seviyesi karıştırıcının çıkışının doymasıyla sınırlanmaktadır. [1]

BÖLÜM 2 KARIŞTIRICILAR

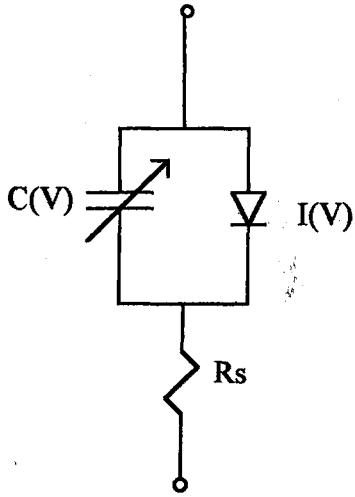
Daha önce görüldüğü gibi mikrodalga karıştırıcılar, doğrusal olmayan elemanlar yardımıyla yapılabilmektedir. Pratikte doğrusal olmayan eleman olarak p-i-n diyodları, Schottky Barrier Diyodları ve GaAS MESFET gibi elemanları örnek olarak verebiliriz. Mikrodalga frekanslarda transistör tipi yapılardan yalnızca GaAS MESFET' ler kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında ele alınan karıştırıcı yapılarda doğrusal olmayan eleman olarak diyodlar kullanılacaktır. [1]

2.1 Diyodlu Karıştırıcı Teorisi

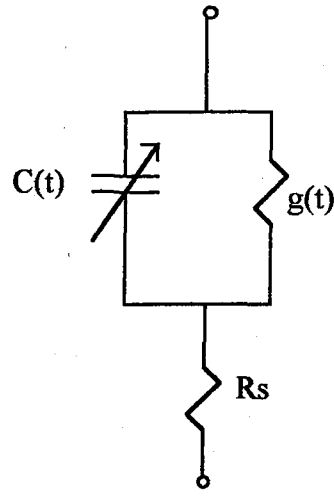
10.5 GHz ' de tasarlanacak olan karıştırıcıda Sıfır Kutuplamalı Schottky Barrier Diyod kullanılacağı için bu bölümde bu diyodlar hakkında kısaca bilgi verilecektir.

Schottky Barrier Diyodlar metal ile yarıiletken yapının kombinasyonu ile yapılmaktadır. Metal ile yarıiletken bir fabrikasyon işlemi ile kaynaştırılır. Bu işlem sırasında yarıiletken ile metal arasındaki potansiyel farkı yeterli seviyeye gelene kadar, yarıiletkenden metale elektron akışı oluşur. Böylece yarıiletken metale göre pozitif olmaktadır. Bu yapıda oluşan bu potansiyel farkına iletim potansiyeli (Contact Potential) adı verilir. Schottky diyodlar için bu potansiyel farkı 0.3 - 0.5V mertebesinde dir. Bu yapıdaki metale dışarıdan pozitif voltaj uygulandığında iletim potansiyeli düşeceği için metale doğru akım oluşur. Bu yapının I-V ilişkisi ve elektriksel modeli W. Schottky tarafından çıkarılmıştır. Schottky diyod modeli şekil 2.2'de verilmektedir. I-V arasındaki ilişki denklem (2.1)'de verilmiştir. [2] , [3]

$$I(V) = I_0 \cdot \left[\exp\left(\frac{e \cdot V}{n \cdot k \cdot T}\right) - 1 \right] \quad (2.1)$$



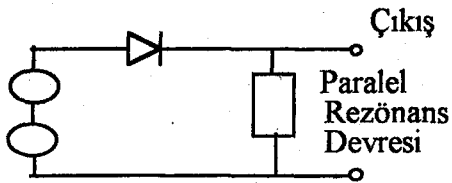
a) Büyük İşaret Modeli



b) Küçük İşaret Modeli

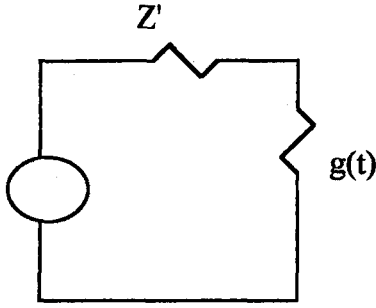
Şekil 2.1 Schottky Diyod Modelleri

Diyod üzerindeki karıştırma işlemi, diyodun empedansının yerel osilatör sinyali ile periyodik modülasyonu sonucu oluşmaktadır. Karıştırma işlemi tek bir diyod üzerinde incelenirse, anlaşılması daha basit olacaktır. Bir diyodlu karıştırıcı şeması şekil 2.2'de verilmektedir.



Şekil 2.2 Tek Diyodlu Karıştırıcı

Bu yapıda kaynağın diyod tarafından görülen empedansı jonksiyon kapasitesi ve diğer parazitik etkiler sebebiyle gerçek değerinden başka bir değere (Z') dönüşmektedir. Bu bilgilerin ışığı altında karıştırıcının eşdeğer devresi şekil 2.3'deki gibi olur.



Şekil 2.3 Diyodlu Karıştırıcının Eşdeğer Devresi

Diyod yerel osilatörün yaklaşık yarı periyodunda iletimde diğer yarı periyodunda kesimdedir. Diyodun iletimde kalma zamanına iletim açısı denmektedir ve θ ile gösterilmektedir. Diyodun iletimdeki empedansı $g_f(t)$ kesimdeki empedansı $g_r(t)$ ile ifade edilirse, her iki empedansın için yansıma katsayısı (2.2) denkleminde görüldüğü gibi yazılabilir.

$$\Gamma_f = \frac{Z_f(t) - Z}{Z_f(t) + Z}, \quad \Gamma_r = \frac{Z_r(t) + Z}{Z_r(t) + Z} \quad (2.2)$$

Yansıma katsayısı yerel osilatör frekansında periyodik bir işaret olduğu için Fourier Serisine açılabilir. (2.3)

$$\Gamma(t) = \Gamma_0 + \Gamma_1 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) + \Gamma_2 \cdot \cos(2 \cdot \omega_1 \cdot t) + \dots \quad (2.3)$$

Diyodun üzerine gelen sinyal yansıma katsayısı ile orantılı olarak yansıyacaktır. Gelen sinyal $V_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t)$ olarak alınırsa, yansıyan sinyal

$$\begin{aligned} V_r &= \Gamma(t) \cdot V_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t) \\ V_r &= \Gamma_0 \cdot V_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t) + \Gamma_1 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot V_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t) + \dots \\ V_r &= \Gamma_0 \cdot V_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t) + \frac{\Gamma_1 \cdot V_s}{2} \cdot [\cos(\omega_s + \omega_1) \cdot t + \cos(\omega_s - \omega_1) \cdot t] + \dots \end{aligned} \quad (2.4)$$

olur. Çıkan sonucun önceki bölümde anlatılan karıştırıcı ürünlerini içerdiği görülmektedir. Bu sonuç yardımıyla bir diyodun nasıl bir karıştırıcı olarak çalıştığı gözükmemektedir. [2]

2.2 Sonlandırmalarına Göre Karıştırıcılar

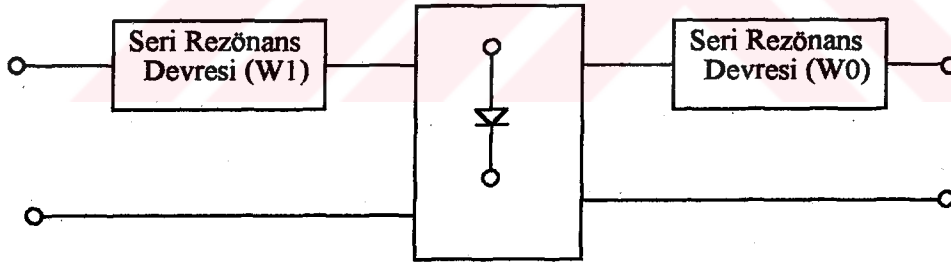
Pratikte gerçekleştirilen bir karıştırıcının bir çok istenmeyen bilşenler oluşturduğu görülmüştür. Bu bileşenlerin akım veya voltajı karıştırıcıların kollarına koyulacak sonlandırmalar yardımıyla yok edilebilir.

Sonlandırmalarına göre karıştırıcılar dört gruba ayrılmaktadır.

1. Z Karıştırıcılar
2. Y Karıştırıcılar
3. H Karıştırıcılar
4. G Karıştırıcılar

2.2.1 Z Karıştırıcılar

Z Karıştırıcı yapısında ilgilenilen bandın dışındaki bütün frekanslarda karıştırıcı açık devre olmaktadır. Bu özellik karıştırıcı kollarına koyulacak seri rezonans devresi yardımıyla sağlanabilir. Öbek olarak Z Karıştırıcı yapısı şekil 2.4 de gösterilmektedir.

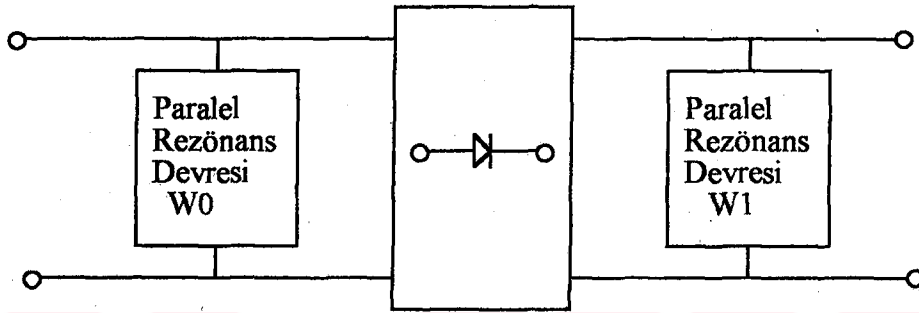


Şekil 2.4 Z Karıştırıcı Yapısı Öbek Şeması

Kullanılan filtrelerin merkez frekansları $W1$ ile $W0$ dır. Teorik olarak bu filtreler $W1$ ve $W0$ dışındaki frekanslarda açık devre olarak davrandığı için bu frekanslara karşı karıştırıcı izole edilmiş olmaktadır.

2.2.2 Y Karıştırıcı Yapısı

Y karıştırıcı yapısı Z karıştırıcı yapısından biraz daha farklıdır. Y karıştırıcı yapısında band dışı frekanslar toprağa kısa devre edilmektedir. Şekil 2.5 de Y karıştırıcı yapısı verilmektedir.

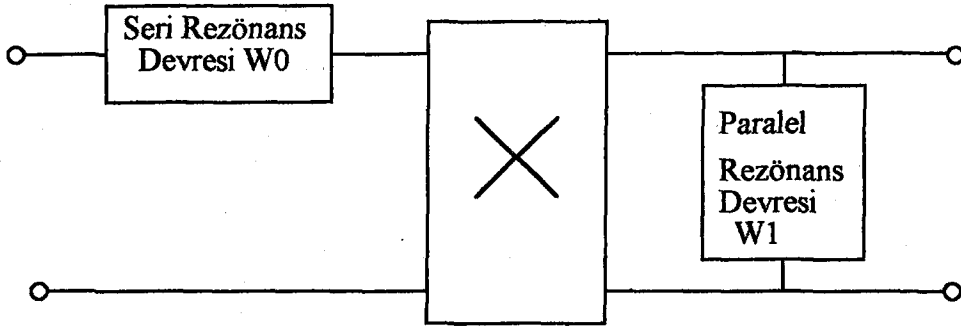


Şekil 2.5 Y Karıştırıcı Yapısı Öbek Şeması

Kullanılan paralel rezönans devreleri W_0 ve W_1 frekanslarında açık devre diğer, bütün frekanslarda kısa devre olmaktadır. Bu sayede karıştırıcı, band dışındaki frekansların akım bileşenlerini toprağa kısa devre etmek suretiyle yok etmektedir.

2.2.3 H Karıştırıcı Yapısı

H karıştırıcı yapısı Y ve Z karıştırıcılarının karışımı olarak açıklanabilir. Bir kolda Z karıştırıcı yapısı kullanılırken diğer kolda Y karıştırıcı yapısı kullanılmaktadır. Şekil 2.6 da H karıştırıcı yapısı görülmektedir.

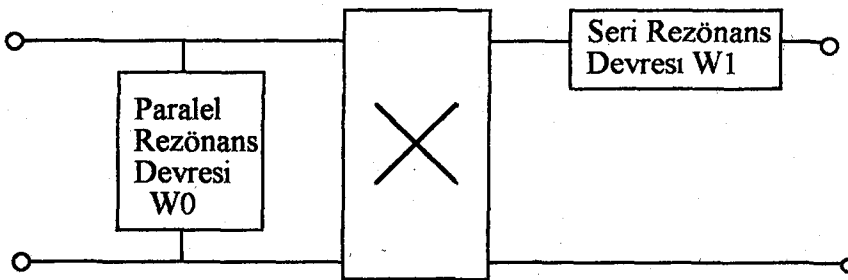


Şekil 2.6 H Karıştırıcı Yapısı

Kullanılan seri rezönans filtresi yardımıyla karıştırıcının bir kolunu band dışı frekanslara karşı açık devre yapmaktadır. Diğer kolda ise istenmeyen bilşenler topra kısa devre edilmektedir.

2.2.4 G Karıştırıcı Yapısı

G karıştırıcı yapısı, H karıştırıcı yapısı ile hemen aynıdır. Yalnızca kollarındaki filtrelerin yerleri değişiktir. Şekil 2.7 de G karıştırıcı yapısı verilmektedir. [4]



Şekil 2.7 G Karıştırıcı Yapısı

BÖLÜM 3 KARIŞTIRICI ÖRNEKLERİ VE YAPILARI

Bu bölümde en çok kullanılan karıştırıcı yapıları incelenecek ve bir birlerine göre üstünlükleri anlatılacaktır. Bu kısımda incelenecek karıştırıcılar :

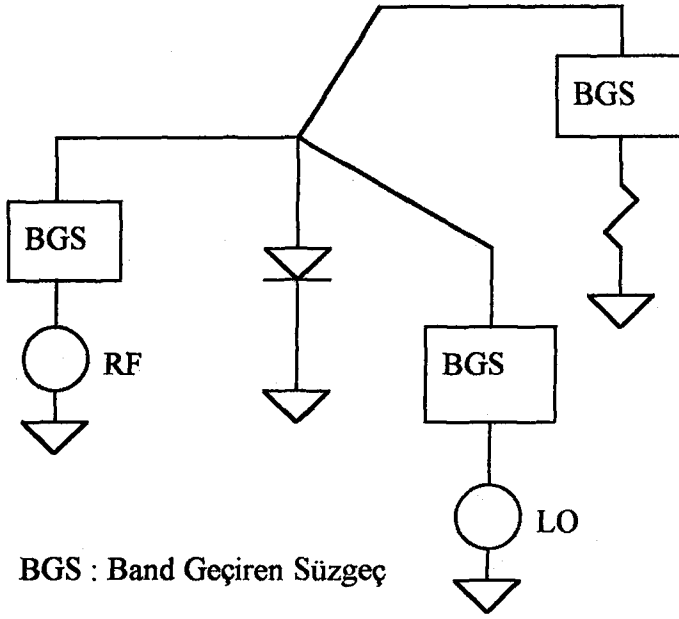
- 1 Tek Diyodlu Karıştırıcılar
- 2 Tek Dengeli Karıştırıcılar
- 3 Çift Dengeli Karıştırıcılar dır.

Bu karıştırıcı yapılarının bir birlerine göre avantaj ve dezavantajları vardır. [3]

3.1 Tek Diyodlu Karıştırıcılar

Bir önceki bölümde tek diyodlu bir karıştırıcının nasıl çalıştığı hakkında bilgi verilmişti. Bu kısımda daha çok pratikte böyle bir yapı gerçekleştirilirken nelere dikkat edilmesi gerektiği hakkında bilgi verilecektir. Tek diyodlu yapılarda kollar arasındaki izolasyon kollarına koyulan filtreler yardımıyla sağlanmaktadır. Bunun sonucu olarak radyo frekansı ve yerel osilatör kolları arasında izolasyon sağlanamamaktadır.

Devre tasarımına başlanmadan önce diyodun çeşitli frekanslardaki empedansının belirlenmesi gerekmektedir. Ancak, diyodun doğrusal olmayan bir malzeme olmasından dolayı diyodun karakteristiğinin belirlenmesi, devre analizörü yardımıyla bilinmeyen bir empedansın belirlenmesinden daha karışıktır. RF, LO ve IF frekansları için gerekli empedans değeri, yeterli ve dikkatli bir analiz yardımıyla saptanabilir. Bu empedans değerleri belirlendikten sonra tasarım devre çözüm problemi haline dönüşür. Tek diyodlu karıştırıcı yapısı şekil 3.1' de gösterilmektedir.



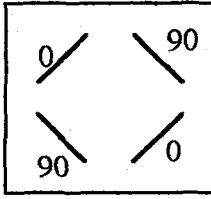
Şekil 3.1 Tek Diyodlu Z Karıştırıcı Yapısı

Tek diyodlu karıştırıcının analitik sonuçları önceki bölümde verildiği için burada tekrar yazılmamıştır. Sonuç olarak tek diyodlu karıştırıcının avantajları olarak, dönüştürme kaybının az olması, az LO gücüne ihtiyaç duyulması ve devre yapısının kolaylığı, dez avantajları olarak da kollar arasında izolasyonun olmaması ve harmoniklerin bastırılmaması sayılabilir.

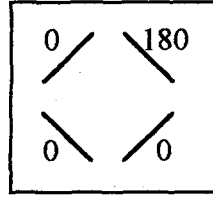
3.2 Tek Dengeli Karıştırıcılar

Tek dengeli karıştırıcıların yapısı tek diyodlu karıştırıcıların yapısına göre çok daha kompleksdir. Tek dengeli karıştırıcılarda kollar arasındaki izolasyon ve taşıyıcı bastırması çok daha iyidir. Ancak bu durum bu karıştırıcıların yapısının daha çok kompleksleşmesine neden olmaktadır. Bu karıştırıcıda kullanılan diyod sayısı fazlalaştığı için diyodları sürmek için gerekli olan yerel osilatör gücü artmaktadır. Tek dengeli karıştırıcıların sahip olduğu izolasyon ve taşıyıcı bastırması özelliğinin sağlanabilmesi için balun veya hibrit devreler kullanılmaktadır. Ancak pratikte kullanılan hibrit devrelerle mükemmel izolasyon ve taşıyıcı bastırmasına ulaşmak imkansızdır. Tek dengeli karıştırıcısında iki türlü hibrit devre kullanılmaktadır.

1. 180 Derece Hibrit
2. 90 Derece Hibrit



a)



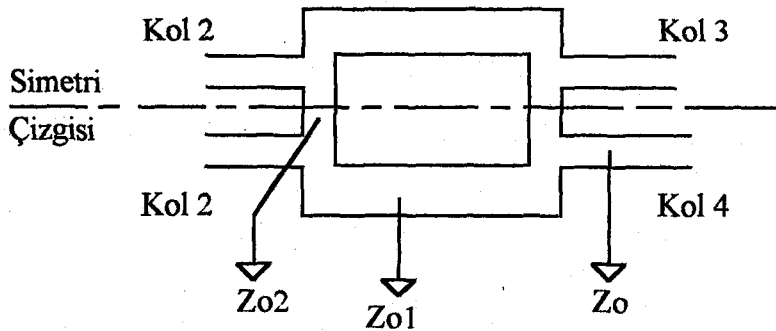
b)

Şekil 3.2 İdeal Hibrit Performansları a) 90 b) 180

Uygulamada 90 derecelik ve 180 derecelik hibritler düşük frekanslarda trafolarla, yüksek frekanslarda mikroşerit devreler yardımıyla yapılır. Mikroşerit devrelerde 90 derece hibrit yapılar Dallı Hat Bağlaştırmacı ile 180 derecelik hibrit yapılar Halka bağlaştırmacı ile elde edilmektedir.

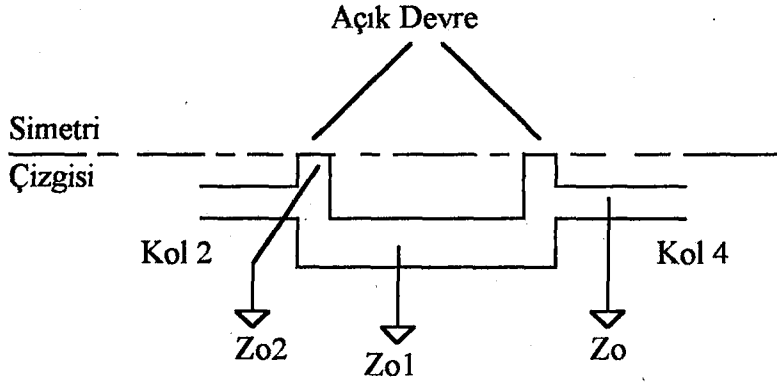
3.2.1 Dallı Hat Bağlaştırmacı

Dallı Hat Bağlaştırmacıları 10dB' den daha küçük kuplaj uygulamalarında kullanılır. Bu yapıda kullanılan mikroşerit hat boyları, tasarlanan frekansdaki dalga boyunun dörtte biridir. Şekil 3. 3 de gösterilen dallı hat bağlaştırmacı şemasındaki 1 ile 2 ve 3 ile 4 kolları birbirine göre izolelidir. [5]

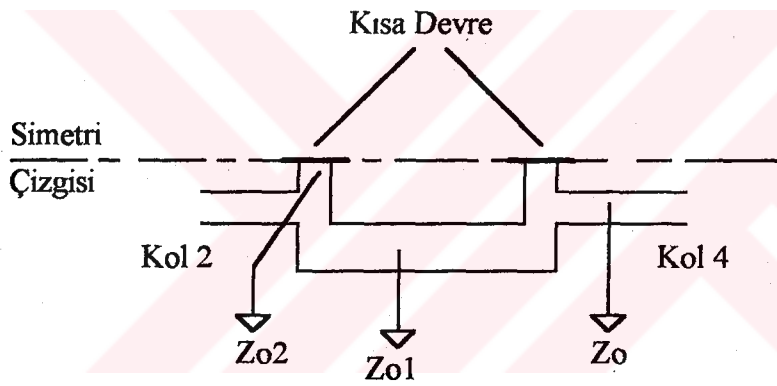


Şekil 3.3 Mikroşerit Dallı Hat Bağlaştırmacı

Şekildedeki dallı hat bağlaştırmacının analizi çift ve tek mod teorisi ile yapılabilir. Tek ve çift mod'da bu yapının eşdeğer devresi şekil 3.4 verilmiştir.



a) Çift Mod Eşdeğer Devresi



b) Tek Mod Eşdeğer Devresi

Şekil 3.4 Dallı Hat Bağlaştırmacı Eşdeğer Devreleri

Bu eşdeğer devrelerden yararlanılarak dallı hat bağlaştırmacının normalize edilmiş ABCD matrisi denklem (3.1)' deki gibi yazılabilir. Bu devre için yansıma katsayısı tek ve çiftmod yansıma katsayılarının toplamıdır.(3.3). Kol 1 ve kol 2 nin birbirlerine karşı izolasyonlu olabilmesi için çift ve tek mod yansıma katsayılarının sıfır olması gerekmektedir. Bunun için denklem (3.2) nin sağlanması gerekir.

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \pm \frac{Z_{o1}}{Z_{o2}} & j \cdot Z_{o1} \\ j \cdot Z_{o1} \left(\frac{1}{Z_{o1}} - \frac{1}{Z_{o2}} \right) & \pm \frac{Z_{o1}}{Z_{o2}} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$A + B = C + D \quad (3.2)$$

$$\Gamma = \Gamma_e + \Gamma_o \quad (3.3)$$

Denklem (3.3)'deki Γ_e çiftmod yansıma katsayısı Γ_o tekmod yansıma katsayısıdır. ABCD matrisinden görüldüğü üzere A ve D birbirine eşit olduğundan (3.2) nin sağlanması için B ve C' nin birbirine eşit olması yeterli olacaktır. Bunun sonucu olarak denklem (3.4) elde edilir.

$$Z_{o2} = \frac{Z_{o1}}{\sqrt{1 - Z_{o1}^2}} \quad (3.4)$$

Bu bilgilerden ve ABCD matrisinin özelliğinden yararlanılarak , iletim katsayısı denklem (3.5)'deki gibi bulunur.

$$\begin{aligned} T &= (A + B)^{-1} \\ T_e &= -\sqrt{1 - Z_{o1}^2} - j \cdot Z_{o1} \\ T_o &= \sqrt{1 - Z_{o1}^2} - j \cdot Z_{o1} \end{aligned} \quad (3.5)$$

Bu sonuçlardan yararlanılarak 3. ve 4. koldan çıkan dalgalar şu şekilde ifade edilebilir.

$$\begin{aligned} b_3 &= \frac{a_1}{2} (T_e - T_o) \\ b_3 &= -\sqrt{1 - Z_{o1}^2} \cdot a_1 \\ b_4 &= \frac{a_1}{2} (T_e + T_o) \\ b_4 &= -j \cdot Z_{o1} \cdot a_1 \end{aligned} \quad (3.6)$$

$\frac{a1}{2}$: çift ve tekmod analiz sırasında birinci ve ikinci porta uygulanan dalganın genliğidir. b_3 , b_4 çıkışına göre 90 derece gecikmeli gelmektedir. Yapının kayıpsız olduğu kabulü yapılarak, dallı hat bağlaştıracının kuplajı denklem (3.7)'deki gibi yazılabilir.

$$Kuplaj = 10. \log \left(\frac{P_i}{P_c} \right) \quad (3.7)$$

$$Kuplaj = 10. \log \frac{1}{1 - Z_{o1}^2}$$

P_i : Giriş Koluna Uygulanan Güç

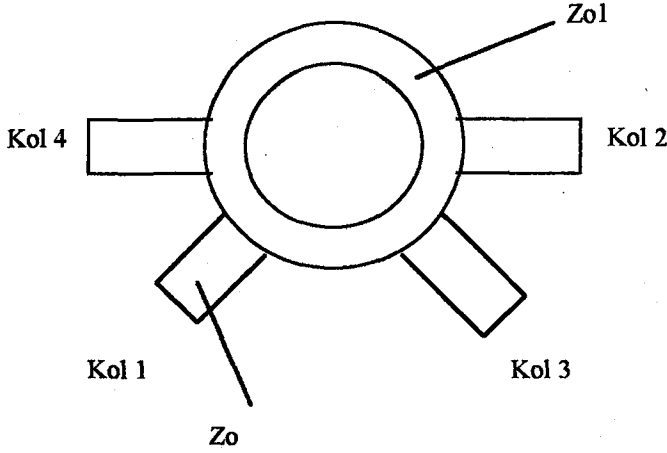
P_c : Kuple Edilen Güç

Böylece adlı hat bağlaştırmı (3.4) ve (3.7) denklemlerinin çözümü haline dönüşür. Örnek olarak, 3 dB'lik kuplaj için tasarım yapılacak olursa empedans değerleri aşağıdaki gibi bulunabilir. [5]

$$\begin{aligned} Z_{o1} &= \frac{Z_o}{\sqrt{2}} \\ Z_{o2} &= Z_o \end{aligned} \quad (3.8)$$

3.2.2 Halka Bağlaştırmı

Mikroşerit devre yapılarında 90 derecelik Dallı Hat Bağlaştırmı yanında 180 derecelik halka bağlaştırmıda kullanılmaktadır.



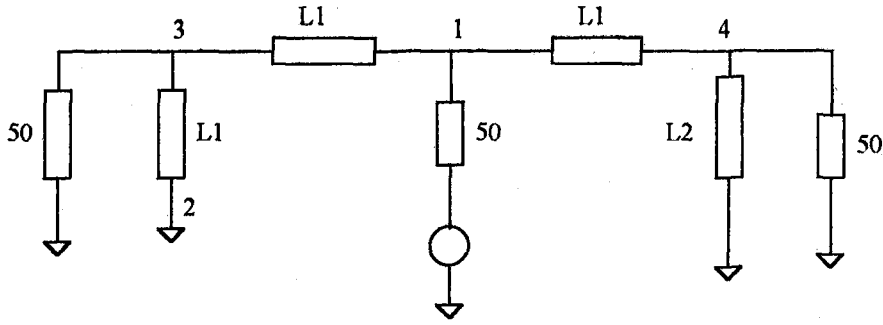
Şekil 3.5 Mikroşerit Halka Bağlaştırmacı Yapısı

Şekil 3.5' de verilen halka bağlaştırmacının özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

1. Kol 4 ve kol 3 izolelidir.
2. Kol 1 ve kol 2 izolelidir.
3. Kol 2'den uygulanan sinyal 3. ve 4. kollardan eşit genlikte fakat 180 derece faz farklı çıkar. Kol 2' ye sinyal gitmez.
4. Kol 1'den uygulanan sinyal 3. ve 4. koldan aynı genlikte ve fazda çıkar. Kol 2' ye sinyal gitmez.
5. Kol 1 toplam , kol 2 fark kolu olarak adlandırılır.

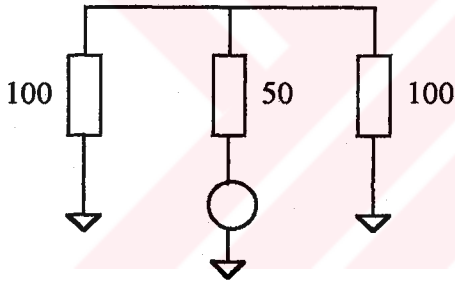
Bu özelliklerin hepsi frekansa çok bağımlıdır. Çünkü bütün izolasyon ve kuplajların iyi olması için halka bağlaştırmacıdaki kollar arasındaki hat boylarının çeyrek dalga boyu veya bunun katları uzunlukta olması gerekmektedir. Frekans kaydıkcı, halka bağlaştırmacıda kullanılan hat boyutları kayan frekansın dalga boyuna uyum sağlayamayacağından, halka bağlaştırmacı bütün özellikleri değişecektir.

Halka bağlaştırmacıda kullanılan $Zo1$ empedansı Zo 'un kök iki katı seçilmektedir. Bunun nedeni halka bağlaştırmacıda empedans uyumunun sağlanmasıdır. Bu özellikler bir örnek üzerinde çok daha iyi anlaşılacaktır. Şekil 3.5' deki yapının 2., 3. ve 4. kolları 50Ω ile sonlandırılıp, 1. koldan 50Ω luk bir kaynakla sürüldüğünde halka bağlaştırmacının elektriksel eşdeğeri Şekil 3.6' deki gibi olur. [3] , [5]



Şekil 3.6 Elektriksel Eşdeğer Devresi

Toprağa bir ucu kısa devre olan L1 ve L2 hatlarının diğer ucundan görünün empedans sonsuzdur. Seri olan, $\lambda/4$ lük L1 hatları empedans dönüştürücü olarak çalışmaktadır. Bu özellik kullanılarak Şekil 3.6' deki devre Şekil 3.7' daki devre haline dönüşür.

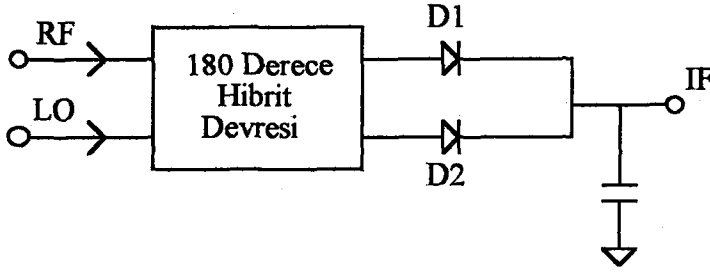


Şekil 3.7 Basitleştirilmiş Eşdeğer

Şekil 3.7' dan da görüldüğü gibi empedans uyumu ve maksimum güç transferi sağlanmış olur. Bu örnek yardımı ile de mikroselit halka bağlaştırmacının hat empedanslarının neden Z_0 'ı n kök iki katı olarak seçildiği görülmektedir.

3.2.3 Tek Dengeli Karıştırıcı Öbek Devresi

Yukarıda tek dengeli karıştırıcıların 180 ve 90 derecelik hibrit yapılar kullanılarak elde edilmesinin mümkün olduğu açıklanmıştı. Halka bağlaştırmacı kullanılarak yapılan tek dengeli karıştırıcının öbek diagramı Şekil 3.8' de gösterilmektedir.



Şekil 3.8 Tek Dengeli Karıştırıcı Öbek Diagramı

180 derecelik hibrit yapısı olarak halka bağlaştırmacı kullanılmaktadır. Halka bağlaştırmacını toplam koluna LO, fark kolunada RF uygulandığında D1 ve D2 diyotları kollarına LO aynı fazda RF ise ters fazda gelir. Bu durumda IF kolu LO açısından zahiri toprak gibi davranır böylece LO ile IF kolu arasında izolasyon sağlanmış olur. RF ile LO arasındaki izolasyon halka bağlaştırmacı sayesinde oluşur. Diyodların üzerindeki akımı ve voltaj yazılarak yapının analizi yapılabilir. (3.9)

$$\begin{aligned} V_1 &= V_l \cdot \cos(\omega_l \cdot t) + V_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) \\ V_2 &= V_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) - V_l \cdot \cos(\omega_l \cdot t) \end{aligned} \quad (3.9)$$

V_1 : D1 diyodu üzerindeki voltaj

V_2 : D2 diyodu üzerindeki voltaj

I_1 : D1 Diyodu üzerinden akan akım

I_2 : D2 Diyodu üzerinden akan akım

I_f : IF kolundan akan akım

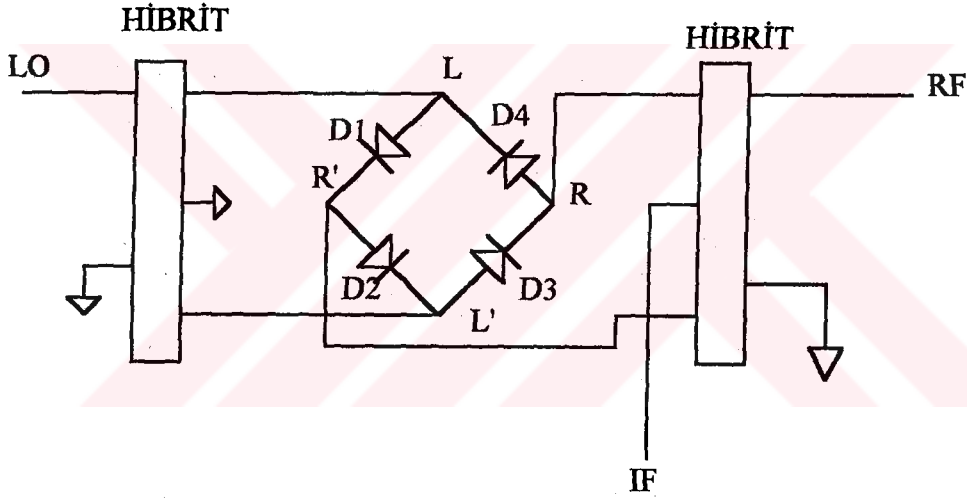
(1.2) denklemi kullanılarak I_1 ve I_2 akımları aşağıdaki gibi bulunur.

$$\begin{aligned} I_1 &= a_0 + a_1 \cdot (V_l \cdot \cos(\omega_l \cdot t) + V_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t)) + a_2 \cdot [V_l \cdot \cos(\omega_l \cdot t) + V_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t)]^2 + \dots \\ I_2 &= a_0 + a_1 \cdot (V_l \cdot \cos(\omega_l \cdot t) - V_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t)) + a_2 \cdot [V_l \cdot \cos(\omega_l \cdot t) - V_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t)]^2 + \dots \\ I_f &= I_1 - I_2 \\ I_f &= 4 \cdot a_2 \cdot V_l \cdot V_r \cdot \cos(\omega_l \cdot t) \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + 2 \cdot V_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \\ &+ 6 \cdot V_l^2 \cdot V_r \cdot [\cos(\omega_l \cdot t)]^2 \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \dots \end{aligned} \quad (3.10)$$

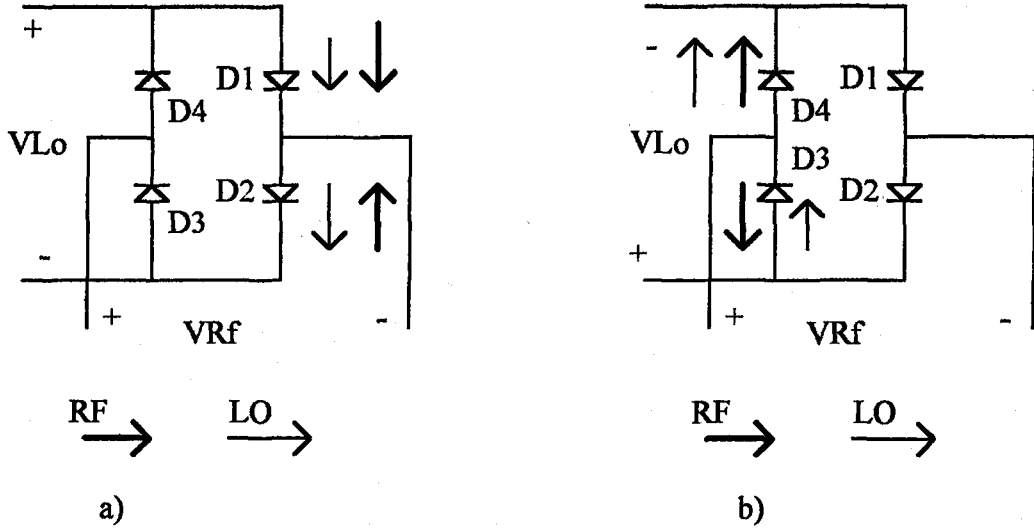
IF kolundaki akım bileşenlerinden anlaşılacağı gibi tek dengeli karıştırıcı yapısında taşıyıcı ve harmoniklerin bir kısmı bastırılmaktadır. [3]

3.2.4 Çift Dengeli Karıştırıcı

Çift dengeli karıştırıcılarda, kollar arasındaki izolasyon, taşıyıcı ve harmonik bastırma tek dengeli karıştırıcılara göre daha iyidir. Ancak bunun yanısıra kullanılan diyod sayısının artmasından daha fazla LO gücü gerektirir. Çift dengeli karıştırıcı yapısı tek dengeli karıştırıcıya göre daha kompleksir. Şekil 3.9'da balunlu bir çift dengeli karıştırıcı yapısı verilmektedir.



Şekil 3.9 Çift Dengeli Karıştırıcı Yapısı

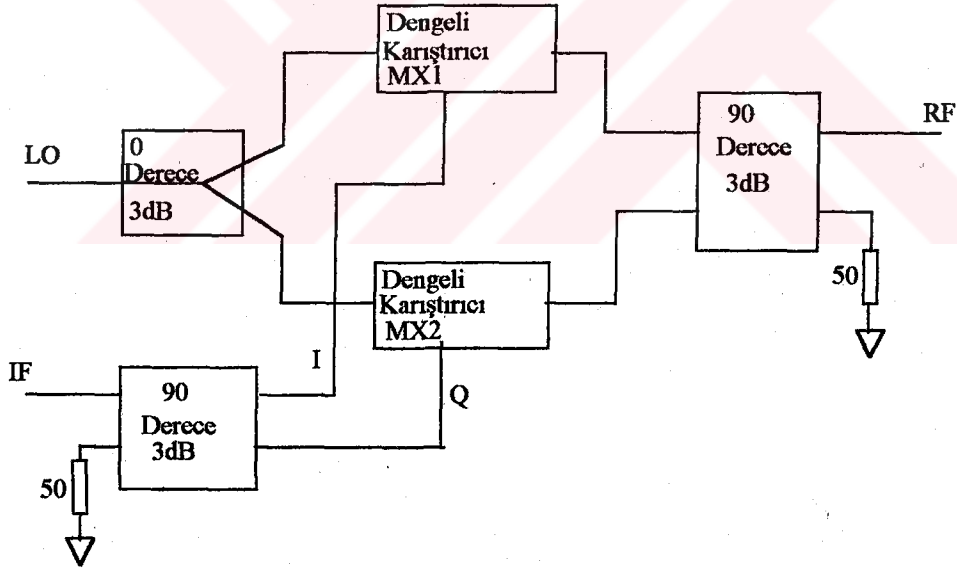


Şekil 3.10 Diyodlar Üzerindeki Voltajlar

Kullanılan diyodlar eş ise L ve L' noktaları RF için , R ve R' noktaları LO için zahiri toprak noktaları olmaktadır. Böyle olunca RF işareti LO kolunda LO işareti de RF kolunda oluşmamaktadır. Aynı özelliklere sahip diyodların kullanılması ile izolasyon daha da iyi olmaktadır. Diyodların üzerindeki RF ve LO voltajları şekil 3.10' da verilmektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi LO osilatörün bir periyodunda D1 ve D2 diyodları, diğer periyodunda ise D3 ve D4 diyodları iletimde olmaktadır. Bu sayede LO'ün her iki periyodunda diyodlar üzerinde karıştırma işlemi gerçekleşmektedir.

BÖLÜM 4 TEK YAN BAND YUKARI KARIŞTIRICI TASARIMI

Tek yan band üst çevirici tasarımı, önceki bölümlerde açıklanan karıştırıcı yapılarından yola çıkılarak yapıldı. Dengeli karıştırıcı çıkışlarında taşıyıcısı bastırılmış çift yan bandlı işaret çıkmaktadır. Amacımız bu çift yan bandlı işaretin her hangi bir yan bandını bastırmaktır. Yapılan karıştırıcıda istenilen yan bandı bastırma olanağı vardır. Bu özellikleri sağlayacak karıştırıcının öbek şeması ve nasıl istenilen yan bandı yok ettiği aşağıda gösterilmektedir. Şekil 4.1' de karıştırıcının öbek şeması verilmektedir. Tasarlanan karıştırıcıda LO frekansı 10.5GHz, IF frekansı ise 70 MHz dir.



Şekil 4.1 Tek yan band üst çevirici öbek diagramı

Öbek şemada gözüken IF kolundaki 3dB 90 derecelik kuplör karıştırıcı devresinde bulunmamaktadır. IF girişi devreye dışarıdan I ve Q girişleri olarak uygulanmaktadır. Bu girişlerin genlikleri eşit fakat fazları aralarında 90 derecelik faz farkı vardır. Bu öbek şemadan yararlanılarak karıştırıcının nasıl tek yan bandlı karıştırıcı olarak çalıştığı anlaşılabilir. Devrede Kullanılan

denegeli karıştırıcının tasarımı daha sonra detaylı olarak incelenecektir. Devrenin LO osilatör girişine $A_1 \cdot \cos(\omega_i \cdot t)$ uygulanırsa 0 derecelik 3dB'lik güç bölücüsü çıkışında eşit genlik ve fazda işaret oluşur. İşlemlerde kolaylık sağlaması açısından güç bölücüsü çıkışındaki yerel osilatörün katsayısı bir olarak alınmıştır. bu koşullar altında MX1 karıştırıcısının çıkışı denklem (4.1) de verilmektedir.

$$MX1 = L_1 \cdot [\cos(\omega_i + \omega_f) \cdot t + \cos(\omega_i - \omega_f) \cdot t] + S_1 \cdot \cos(\omega_i \cdot t) \quad (4.1)$$

L_1 : MX1 Karıştırıcının dönüştürme kaybı

S_1 : MX1 Karıştırıcısının taşıyıcı bastırması

MX2 çıkışıda benzer şekilde yazılabilir. (4.2)

$$MX2 = L_2 \cdot [-\sin(\omega_i + \omega_f) \cdot t + \sin(\omega_i - \omega_f) \cdot t] + S_2 \cdot \cos(\omega_i \cdot t) \quad (4.2)$$

L_2 : MX2 Karıştırıcının dönüştürme kaybı

S_2 : MX2 Karıştırıcısının taşıyıcı bastırması

$\omega_i + \omega_f = \omega_u$, $\omega_i - \omega_f = \omega_L$ koyularak denklem tekrar yazılırsa

$$MX1 = L_1 \cdot [\cos(\omega_u) \cdot t + \cos(\omega_L) \cdot t] + S_1 \cdot \cos(\omega_i \cdot t) \quad (4.3)$$

$$MX2 = L_2 \cdot [-\sin(\omega_u) \cdot t + \sin(\omega_L) \cdot t] + S_2 \cdot \cos(\omega_i \cdot t)$$

Çıkışta bulunan 3dB 90 derecelik balun çıkışına MX2 çıkışındaki işaret MX1 çıkışındaki işarete göre geride gelir. Bir başka deyişle MX1 işareti MX2 işaretine göre 90 derece daha ileridedir. Bu bilgilerin ışığı altında RF kolundaki işaret (TX1) denklem (4.4)' deki gibi olur.

$$\begin{aligned} TX1 &= L_1 \cdot \left[\cos\left(\omega_u \cdot t + \frac{\pi}{2}\right) + \cos\left(\omega_L \cdot t + \frac{\pi}{2}\right) \right] + S_1 \cdot \cos(\omega_i \cdot t) \\ &\quad - L_2 \cdot [\sin(\omega_u) \cdot t + \sin(\omega_L) \cdot t] + S_2 \cdot \cos(\omega_i \cdot t) \\ TX1 &= -(L_1 + L_2) \cdot \sin \omega_u \cdot t + (L_2 - L_1) \cdot \sin \omega_L \cdot t + (S_1 + S_2) \cdot \cos \omega_i \cdot t \end{aligned} \quad (4.4)$$

Çıkan sonuçtanda anlaşıldığı gibi üst yan band alınmış, alt yan band bastırılmıştır. Eğer kullanılan dengeli karıştırıcılar tamamıyla birbirinin eşi

ise $L_2 - L_1 = 0$ olur. Bu sayede mükemmel yan band bastırması elde edilir. Karıştırıcının taşıyıcı bastırması dengeli karıştırıcıların taşıyıcı bastırması ile orantılı olacaktır. Teoride dengeli karıştırıcıların taşıyıcı bastırması sonsuzdur. Fakat bunu pratikte elde etmek imkansız olduğu için çıkış kolunda taşıyıcı bastırılmış olarak gözükür.

Eğer karıştırıcı çıkışında üst yan bandı yok edip alt yan bandı elde etmek istenirse, MX1 ve MX2 dengeli karıştırıcılarına uygulanan IF işaretlerinin yerlerinin değiştirilmesi yeterli olacaktır. Bu durum için karıştırıcı çıkışları aşağıda verilmektedir.

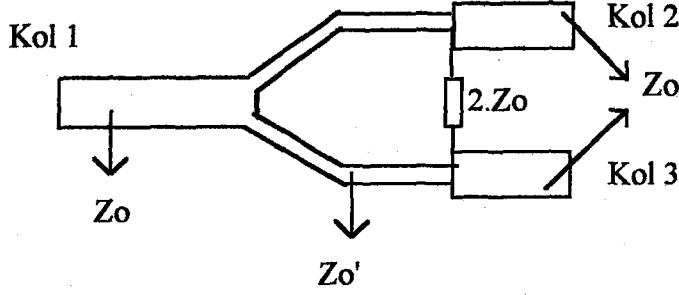
$$\begin{aligned}
 MX2 &= L_2 \cdot [\cos(\omega_u) \cdot t + \cos(\omega_L) \cdot t] + S_2 \cdot \cos(\omega_i \cdot t) \\
 MX1 &= L_1 \cdot [-\sin(\omega_u) \cdot t + \sin(\omega_L) \cdot t] + S_1 \cdot \cos(\omega_i \cdot t) \\
 TX2 &= -L_1 \cdot \left[\sin\left(\omega_u \cdot t + \frac{\pi}{2}\right) + \sin\left(\omega_L \cdot t + \frac{\pi}{2}\right) \right] + S_1 \cdot \cos(\omega_i \cdot t) \\
 &\quad + L_2 \cdot [\cos(\omega_u) \cdot t + \cos(\omega_L) \cdot t] + S_2 \cdot \cos(\omega_i \cdot t) \\
 TX2 &= (L_1 + L_2) \cdot \cos \omega_L \cdot t + (L_2 - L_1) \cdot \cos \omega_u \cdot t + (S_1 + S_2) \cdot \cos \omega_i \cdot t
 \end{aligned} \tag{4.5}$$

Görüldüğü gibi üst yan band ve taşıyıcı bastırılıp alt yan band alınmış olur.

Mikrodalga tek yan band yukarı karıştırıcı tasarımında kullanılan yapıların hepsi mikroşerit olarak gerçekleştirilmiştir. Karıştırıcıda kullanılan 3dB 0 derecelik güç bölücüsü olarak Wilkinson güç bölücüsü kullanılmıştır.

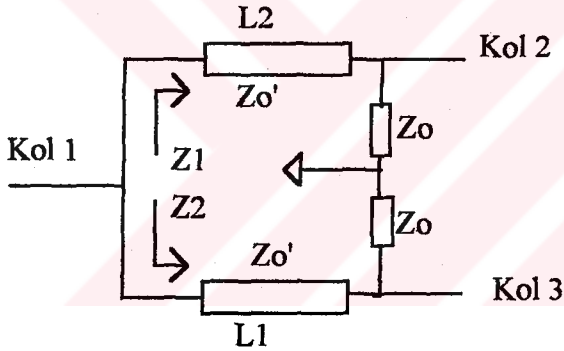
4.1 Wilkinson Güç Bölücü

Tek yan band yukarı karıştırıcıda Wilkinson güç bölücüsünün kullanıldığından bahsetmiştik. Bu kısımda Wilkinson güç bölücüsü hakkında bilgi verilecek ve karıştırıcıda kullanılacak olan güç bölücüsü tasarlanacaktır. Wilkinson güç bölücüsünün şeması şekil 4.2' de verilmektedir.



Şekil 4.2 Wilkinson Güç Bölücüsü

Wilkinson güç böşücüsünde Zo' empedansı, Zo empedansının kök iki katıdır. Zo' empedanslı hat boyları çeyrek dalga boyu uzunluktadır. Bu özellikler yapının empedans uyumunu sağlamaktadır. Bu koşullar altında eşdeğer devre şekil 4.3' de verilmektedir.



Şekil 4.3 Güç Bölücüsü Eşdeğer Devresi

$2.Zo$ direnci ikiye bölüp ortası zahiri toprak olarak alınılabilir. Devredeki $L1$ ve $L2$ hat boyları çeyrek dalga boyu uzunluktadır. Bu koşul altında $Z1$ ve $Z2$ empedansları aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$Z2 = \frac{Zo'^2}{Zo} = \frac{(Zo \cdot \sqrt{2})^2}{Zo} = 2 \cdot Zo \quad (4.6)$$

$$Z1 = \frac{Zo'^2}{Zo} = \frac{(Zo \cdot \sqrt{2})^2}{Zo} = 2 \cdot Zo$$

Böylece maksimum güç transferi için gerekli olan empedans uyumu sağlanmış olmaktadır.

Tek yan band yukarı karıştırıcıda kullanılacak güç bölücüsü tasarımına başlanabilir. Tasarlanacak olan karıştırıcının merkez frekansı 10.5GHz olduğu için güç bölücüsü bu frekansta çalışabilecek şekilde tasarlanacaktır. Z_0 50Ω olduğundan Z_0' 70.7 Ω olacaktır. Bu empedansları sağlayacak olan mikroşerit hatların kalınlıkları, MH pragramı kullanılarak bulunmuştur. 10.5Ghz ' deki dalga boyunu denklem (4.7) kullanılarak bulunmuştur. [5]

$$\epsilon_f = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right) \cdot \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2} \right) \cdot \left(1 + 10 \cdot \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (4.7)$$

$$\lambda = \frac{C}{f \cdot \sqrt{\epsilon_f}}$$

h : Taban kalınlığı

C : Işık hızı

MH proramı yardımıyla güç devresinin nasıl çalıştığını incelenmesi için Ek A1 de verilen program yazılmıştır. Program yardımıyla elde edilen devrenin sonuçları tablo halinde Ek A2'de verilmektedir. Daha iyi bir güç bölücüsü elde etmek için, yapılan çalışmalar sonucunda üç değişik güç bölücü devresi ortaya çıkmıştır. Bu devrelerin MH' da incelenmesi için yazılan programlar sırasıyla Ek A1 , Ek A3 ve Ek A5 'de, elde edilen sonuçlar tablo halinde Ek A2 , Ek A4 ve EK A6 ' da verilmiştir. En iyi sonuçlara sahip güç bölücüsü tek yan band yukarı karıştırıcıda kullanılmıştır. [6]

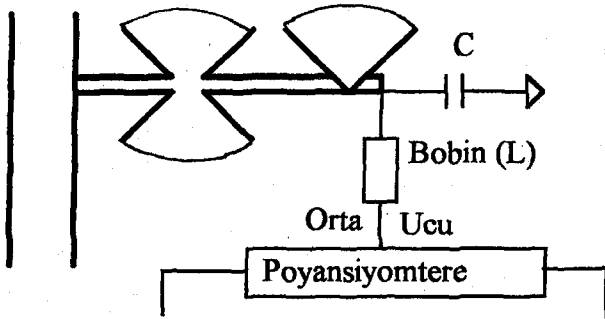
4.2 Dallı Hat Bağlaştırmacı Tasarımı

Tek yan band yukarı karıştırıcıda 3dB 90 derecelik kuplör olarak Dallı Hat Bağlaştırmacı kullanılmıştır. Bu yapının nasıl çalıştığı ve ne şekilde tasarlanabileceği hakkında bilgiler bölüm 3.2.1 de verilmiştir. Bu bilgiler kullanılarak tasarıma geçilebilir. Bu yapıda kullanılan mikroşerit hatların empedansları 50Ω ile 35.35Ω dur. Yukarıda yapıdana benzer şekilde, bu empedans değerini sağlayacak mikroşerit hat kalınlıkları MH programı

yardımıyla bulunmuştur. Yapılan tasarım MH programı ile incelenmiştir. Tasarımın en iyi hale getirilebilmesi için yapılan çalışmalar sonucunda üç değişik devreye ulaşılmıştır. Bu üç devrenin sonuçlarının incelenmesi için yazılan MH programları Ek B1 , Ek B3 ve Ek B5 'de verilmiştir. Bu programlardan elde edilen sonuçlar tablo halinde sırasıyla Ek B2 , Ek B4 ve Ek B6'da verilmiştir. En iyi sonucu veren devre karıştırıcı yapımında kullanılmıştır. [6]

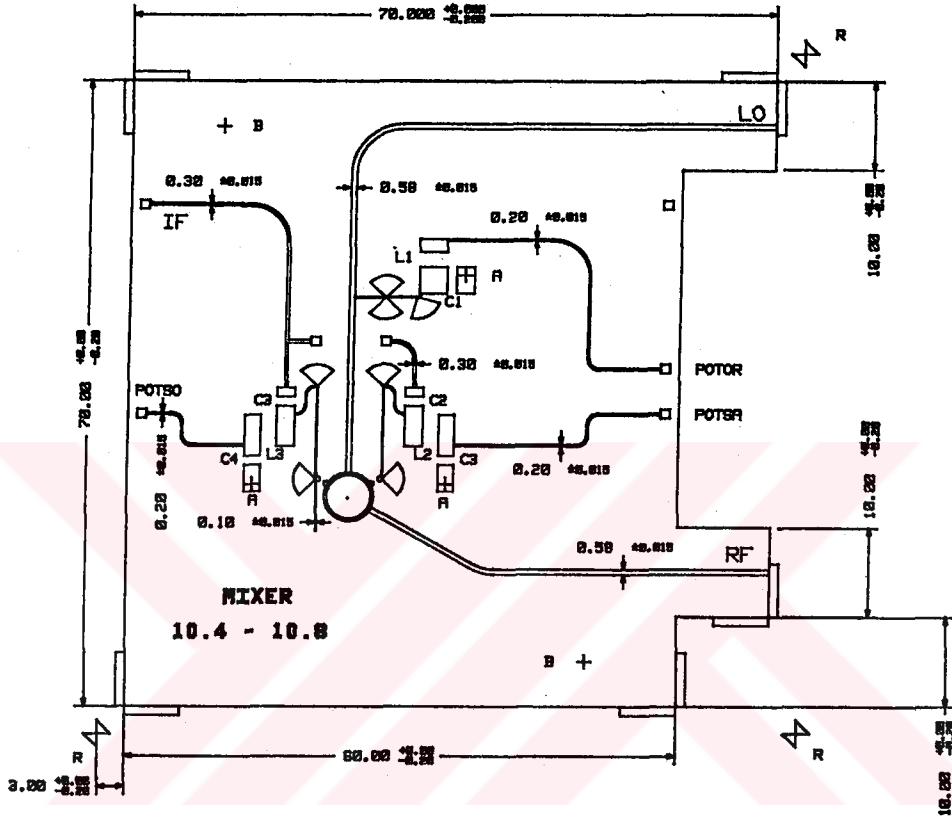
4.3 Dengeli Karıştırıcı Tasarımı

10.5GHz de çalışan dengeli karıştırıcıyı yapmak için 180 derecelik balun olarak mikroşerit halka devresi kullanılmıştır. Dengeli karıştırıcının devresi şekil 4.5' de verilmektedir. Dengeli karıştırıcıda sıfır kutuplamalı Schottky diyodlar kullanılmıştır. Dengeli karıştırıcının performansının iyi olabilmesi için , kullanılan diyodların eş olması gerekmektedir. Her ne kadar aynı tip diyodlar kullanılsada diyodların tıpa tıp aynı elektriksel özelliklere sahip olamayacağı açıktır. Dengeli karıştırıcı tasarımı, bu özellik dikkate alınarak tasarlanmıştır. Devrede diyodları eş potansiyele getirmek için ayarlı dc kutuplama devresi eklenmiştir. Kutuplama devresi Şekil 4.4 'de verilmektedir. [7]



Şekil 4.4 Kutuplayıcı devre

Devrede bulunan dairesel alanların (Radial Stub) arası dalga boyunun dörtte biridir. Çeyrek dalga boyundaki hatların kalınlığı ince tutulmak suretiyle empedanslarının yüksek olması sağlanmıştır. Bu sayede kutuplama devresinin bağlandığı hattın empedansına etkisi azaltılmaya çalışılmıştır.



SEMBOL	CFP	X	Y	D.İ.K
SYMBOL	DIA	X	Y	T.P.
R	0.5	18.88	27.70	+
R	0.5	37.68	27.70	+
R	0.5	38.48	51.00	+
R	2.5	0	0	-
R	2.5	78.0	0	-
R	2.5	78.0	78.0	-
B	3	53.0	0.0	-
B	3	13.0	88.0	-

NOT :

POTOR : POTANSİYOMETRENİN ORTA KOLU
 POTSO : POTANSİYOMETRENİN SOL KENARI
 POTSA : POTANSİYOMETRENİN SAĞ KENARI

Şekil 4.5 Dengeli karıştırıcı devresi

Devre temel olarak alçak geçiren süzgeç olarak çalışır ve diyodları kutuplamak için gerekli olan doğru gerilimi LO işaretinden sağlar. Kutuplama devresi ile elde edilmiş doğrultulmuş gerilim, 100Ωluk çok turlu potansiyometre üzerinden diyodlara uygulanır.

Bu çok turlu potansiyometre yardımıyla, diyod çiftleri üzerindeki voltaj ayarlanarak, diyotların elektriksel özellikleri aynı yapılmaya çalışılır. Bu ayar sayesinde dengeli karıştırıcının taşıyıcı bastırması daha iyi hale getirilir. Şekil 4.5 dengeli karıştırıcı şemasından görüleceği gibi, IF kolu doğru gerilimden kondansatör yardımıyla izole edilmiş olur. Benzer şekilde IF işaretininde potansiyometrenin üzerine gitmemeside bobin sayesinde sağlanır. Dengeli karıştırıcıda IF işareyi diyodlara aynı fazda uygulanır. Karıştırıcıda bulunan halka devresi yardımıyla yerel osilatör ve radyo frekansı kolları arasında izolasyon sağlanır.

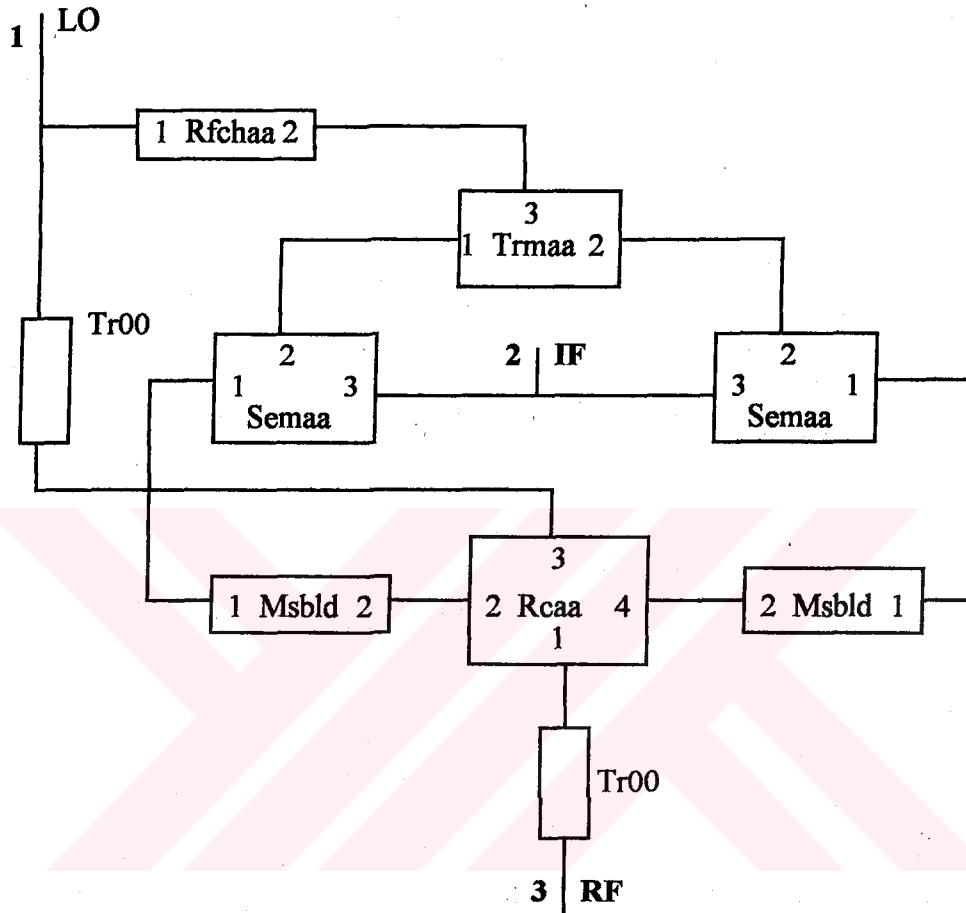
4.3.1 Halka Bağlaştıracı Tasarımı

Bölüm 3.2.2 de verilen halka yapısından yararlanılarak tasarım yapılmıştır. Gerçekleştirilecek olan karıştırıcının taşıyıcı frekansı 10.5GHz olduğundan dolayı halka devresinin tasarımında kullanılacak mikroşerit hatların boyları bu frekansa göre ayarlanmıştır. Halka devresinde kullanılan mikroşerit hattın empedansının 70.7 Ω olduğu bölüm 3.2.2' den biliyoruz. Bu empedans değerini sağlayacak mikroşerit hattın kalınlığı MH programı yardımıyla bulunmuştur. Bu bilgilerin ışığı altında tasralanan mikroşerit halka devresinin MH ile analizi için yazılan program Ek C1' de , elde edilen sonuçlarda tablo halinde Ek C2' de verilmiştir. [6]

4.4 Dengeli Karıştırıcının MH İle İncelenmesi

Şekil 4.5 ' de verilen devrenin MH ' da analizi için yazılacak olan programa baz teşkil edecek öbek diagramı Şekil 4.6' de verilmektedir. MH programıyla, devre üzerinde incelemeler ve optimizasyonlar yapılarak devre en iyi hale getirilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen dengeli karıştırıcının analizi için kullanılacak MH programı Ek D1' dir. Bu program yardımıyla devrenin analizinden elde edilen sonuçlar tablo halinde

Ek D2 'de verilmektedir. Tek yan band yukarı karıştırıcının tasarımına geçmek için bütün bilgiler bu sayede elde edilmiş olmaktadır. [6]

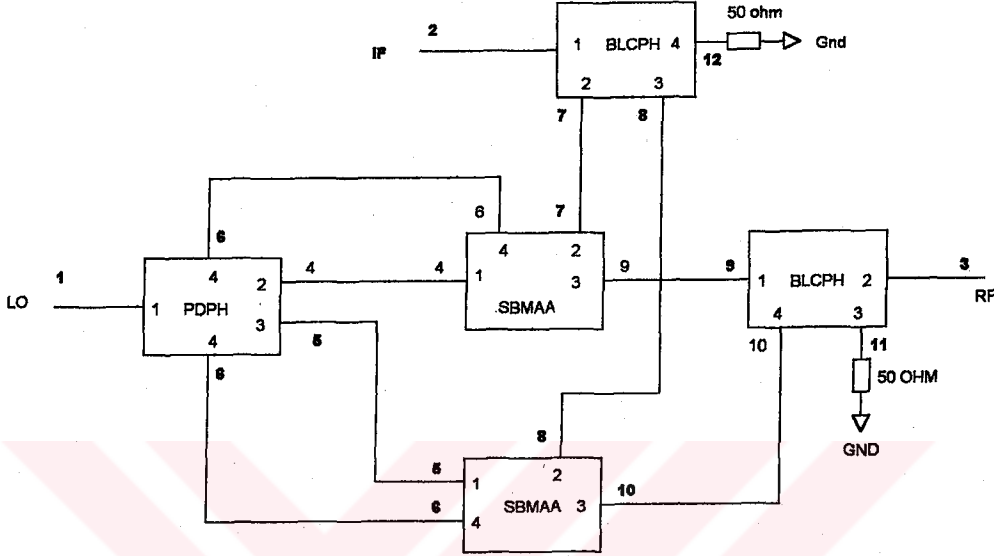


Şekil 4.6 MH programı yazımı için kullanılacak dengeli karıştırıcının öbek şeması

4.5 Tek Yan Band Yukarı Karıştırıcının Doğrusal Analizi

Tek yan band yukarı karıştırıcı içinde kullanılacak olan yapıların tümünün incelenmesi ve tasarımı yapılmıştır. Bu yapıları içeren Tek yan band yukarı karıştırıcının öbek şeması şekil 4.7 de verilmektedir. Bu öbek şema kullanılarak yazılan MH programı yardımıyla karıştırıcının doğrusal özellikleri hakkında bilgi edinebiliriz. Bu amaç için yazılmış olan program Ek E1 ' de gösterilmektedir. Bu proram yardımı ile tek yan band yukarı karıştırıcısının kollardaki dönüş kaybını ve kollar arasındaki izolasyonu

görebiliriz. Bu sonuçları bilgisayarda değişik şekillerde görülmesi olasılığı vardır. Burada bu sonuçları Ek E2 'de tablo halinde verilmektedir. Çıkan sonuçlardan , karıştırıcının kollarında empedans uyumunun ve kollar arasındaki izolasyonun iyi olduğu gözükmemektedir.



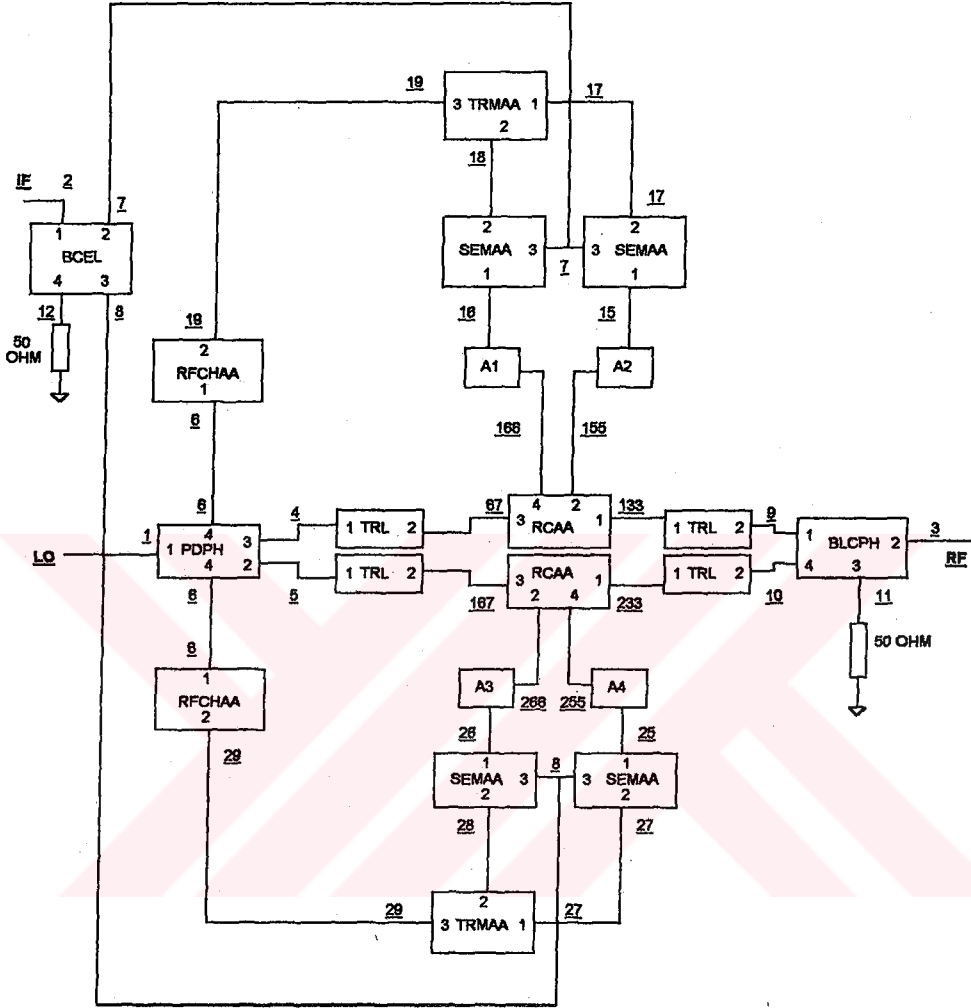
Şekil 4.7 Tek yan band yukarı karıştırıcı öbek şeması

Bu sonuçlar, karıştırıcının doğrusal olarak iyi çalıştığını göstermektedir. Karıştırıcının gerçekleştirilmesine geçilmeden önce karıştırıcının istenilen karıştırma işlemini yapıp yapmadığının incelenmesi gerekir. Bu işlemden gelecek bölümde incelenmiştir.

4.6 Tek Yan Band Yukarı Karıştırıcının Doğrusal Olmayan Analizi

Tek yan band yukarı karıştırıcısının kalitesi hakkında bilgi edinebilecek araştırmalar yapılacaktır. Buda MH programı ile yapılacaktır. Bunun için MH' da yazılacak olan şimdiye kadar yazılmış olanlardan farklıdır. Şimdiye kadar devrelerin doğrusal özelliklerini incelemek için programlar yazılmıştı. Şimdi ise devrenin doğrusal olmayan özelliklerini incelemek amacıyla MH programı yazılacaktır. Bu programın yazılmasında yardımcı olacak tek yan band yukarı karıştırıcısının öbek şeması şekil 4.8 'de verimiştir. Bu şemadan yararlanılıp yazılan MH programı Ek F1' de verilmiştir. Bu programda LO ve IF güçleri ve devre çözümü sırasında bu işaretlerin kaç

harmonin alınacağıda belirtilmek zorundadır. Programda LO gücü 12dBm, IF gücü 0dBm olarak verilmiştir.



A2 15 80 81 82 83 155

A1 16 87 86 85 84 166



A3 26 47 46 45 44 266

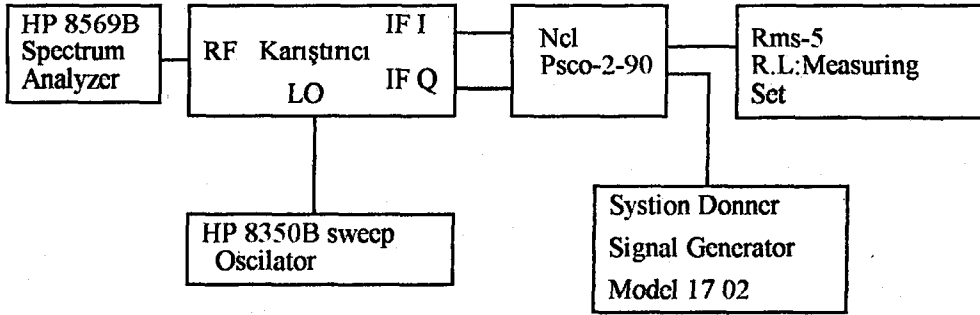
A4 25 40 41 42 43 255

Şekil 4.8 Tek yan bandlı karıştırıcının öbek şeması

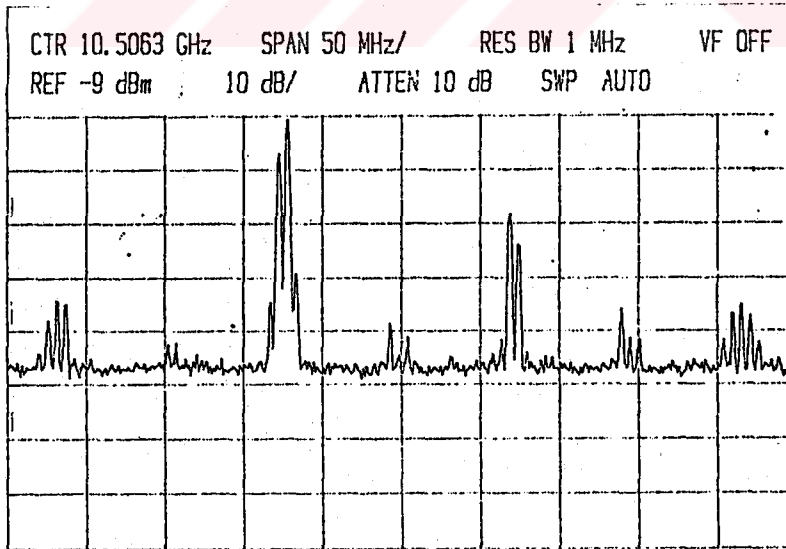
Ayrıca devrenin çözümünde LO' ün üç harmoniğini, IF' in iki harmoniğinin alınacağı belirtilmiştir. Bu değerlerin böyle seylonmesinin nedeni pratikte gerçeklenecek devreye bu seviyelerin uygulanacağıdır. Yazılan program yardımı ile yapılan doğrusal olmayan analiz somucunda çıkan sonuçlar talo halinde Ek F2' de verilmiştir. Çıkan sonuçların olumlu olmasından dolayı devrenin üzerinde başka çalışma yapılmadan gerçeklenmesine karar verilmiştir. [6]

4.7 Tek Yan Band Karıştırıcının Gerçeklenmesi

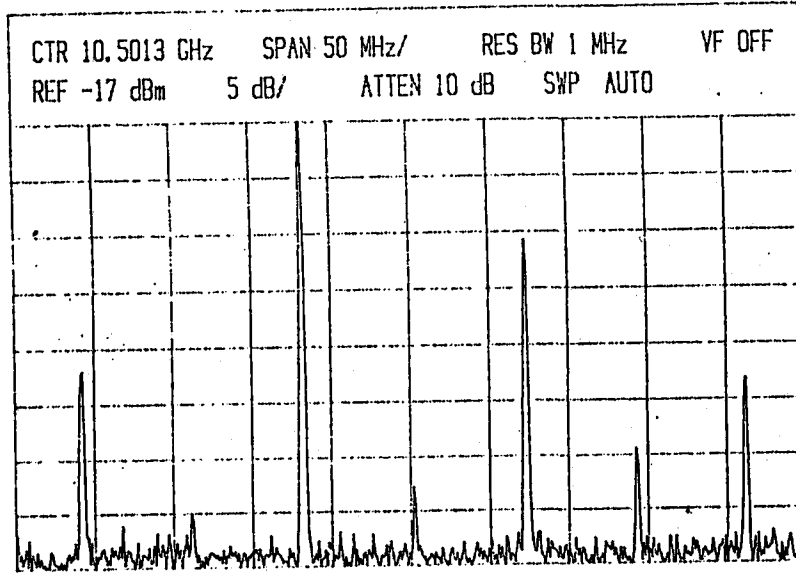
Analizler sonucunda tek yan band karıştırıcıda kullanılacak mikroşerit yapıların ve hatların boyutları elde edilmiştir. Bu sonuçlardan yararlanılarak karıştırıcının baskılı devresinin, bilgisayarda çizimine geçilmiştir. Bazı yapıların yerleştirilememesinden dolayı, baskılı devrede bazı mikroşerit hatların boyları yarım dalga boyu uzatılarak kullanılmıştır. Teoride elde edilen boyutlar, pratikte iyi bir yaklaşıklıkla elde edilmek için, baskılı devre on kat büyütölerek çizilmiştir. Çizilen baskılı devrenin şeması şekil 4.9' de verilmektedir. Bilgisayarda çizilen baskılı devre Rubulith' in üzerine bıçakla kazınmıştır. Desen olacak kısımları Rubulith üzerinden kazınılarak baskılı devrenin on katı elde edilmiştir. Gerçek boyutlarda baskılı devreye rubulithden çekilen filmin on kez ufaltılması ile geçilmiştir. Çift yüzlü olan + RH Duroid 6010.5 tabanın diğer yüzü tamamen bakır kaplı bırakılmıştır. Plaketin tamamen bakır kaplı kısmı topraklanacaktır. Devrenin dah iyi toprak alabilmesi için bakır kaplı yüzü metal tabana gümüş lehim ile lehimlenmiştir. Bu işlemlerin gerçekleşmesinden sonra baskılı devreye yüzey montaj elemanlar takılmıştır. Yapılmış olan karıştırıcının testi için şekil 4.10' da verilen düzenek lullanılmıştır. Bu test düzeneği yardımıyla karıştırıcının, iki ton intermodölasyon ürünlerini, taşıyıcı bastırmasını, dönüştürme kaybını ve yan band bastırmasını incelemek incelemek mümkündür. İki ton intermodölasyon ürünlerinin testi için IF koluna 70 ile 76 MHz' lik işaretlerin toplamı uygulanmıştır. Bu durumda karıştırıcının RF spektrumu şekil 4.11' da verilmektedir. Ayrıca karıştırıcının LO gücüne ve LO frekansına bağıllığı araştırılmıştır. Bu işlem için aynı test düzeneği kullanılmıştır. Tek farklı yanı IF girişine yalnızca 70MHz uygulanmıştır.



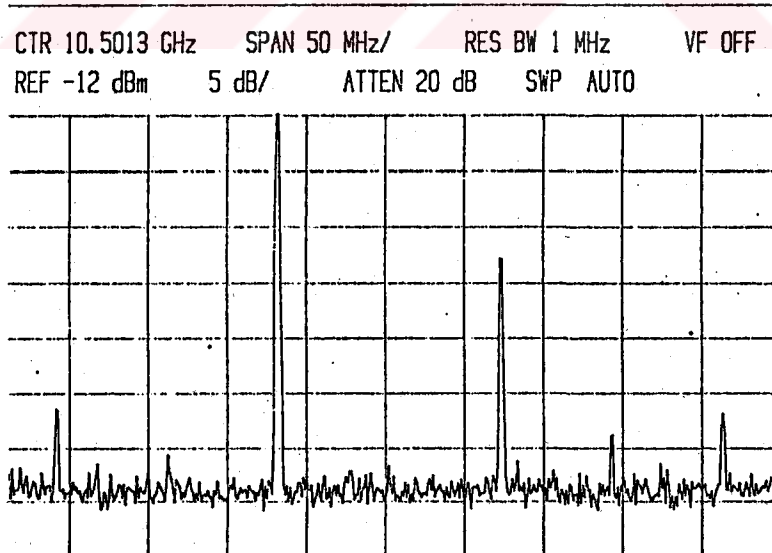
Şekil 4.10 Tek yan band yukarı karıştırıcının test düzeneği



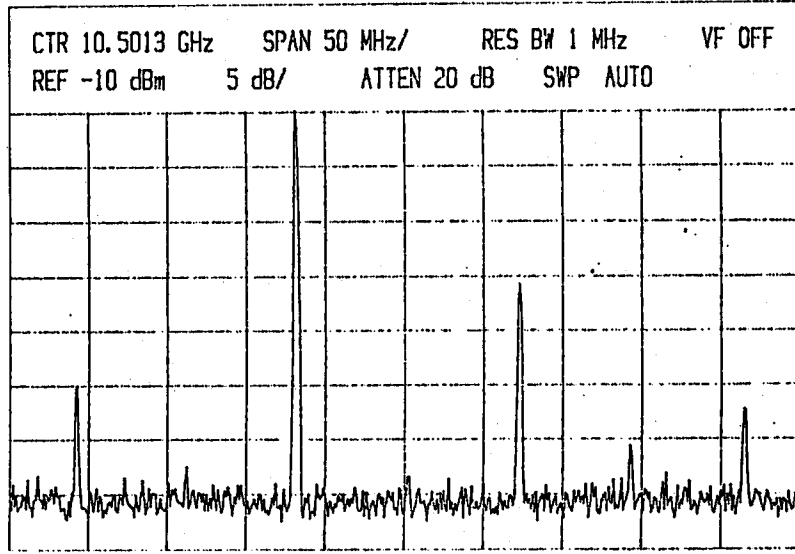
Şekil 4.11 Tek yan band karıştırıcının RF spektrumu



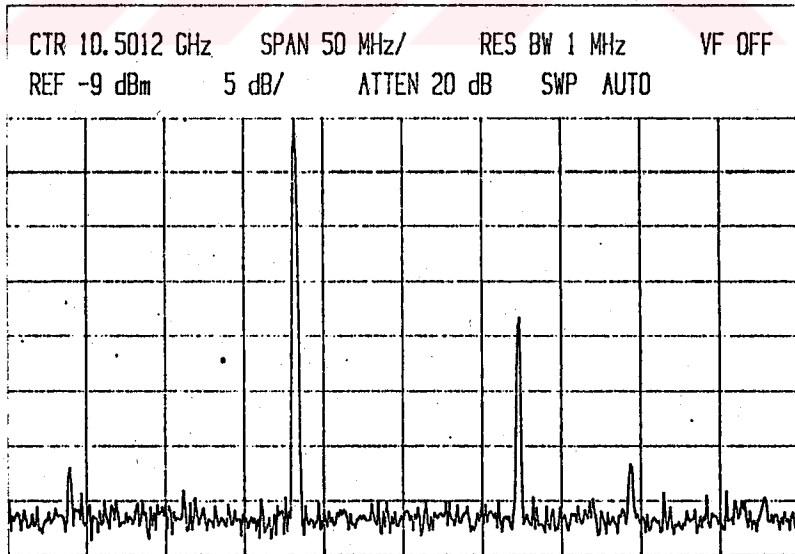
Şekil 4.12 Karıştırıcının RF spektrumu $P_I=0\text{dBm}$, $P_{If}=0\text{dBm}$
 $F_I=10.5\text{GHz}$ $F_{If}=70\text{MHz}$



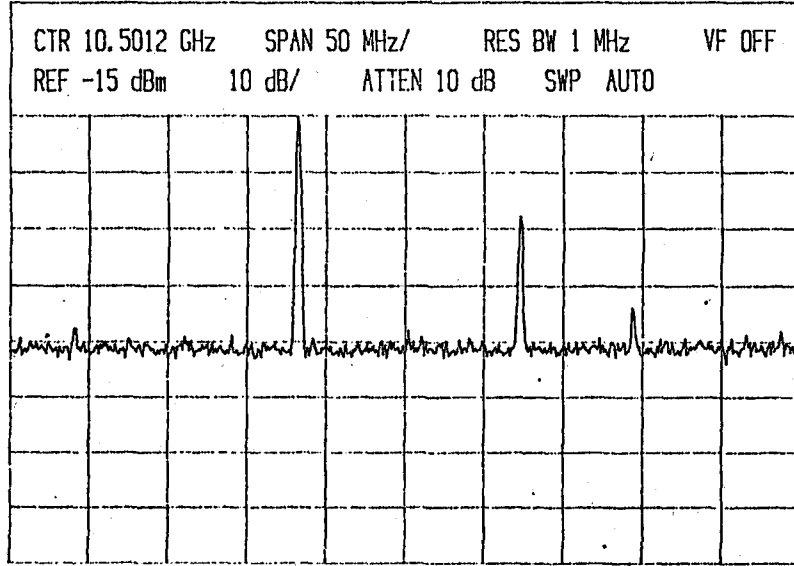
Şekil 4.13 RF spektrumu $P_I=6\text{dBm}$, $P_{If}=0\text{dBm}$
 $F_I=10.5\text{GHz}$, $F_{If}=70\text{MHz}$



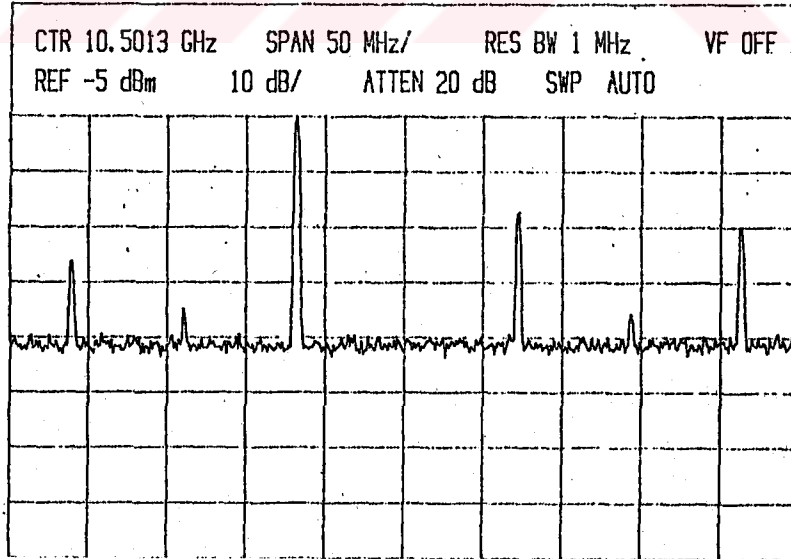
Şekil 4.14 RF spektrumu $P_1=9\text{dBm}$,
 $P_{1f}=0\text{dBm}$, $F_1=10.5\text{GHz}$, $F_{1f}=70\text{MHz}$



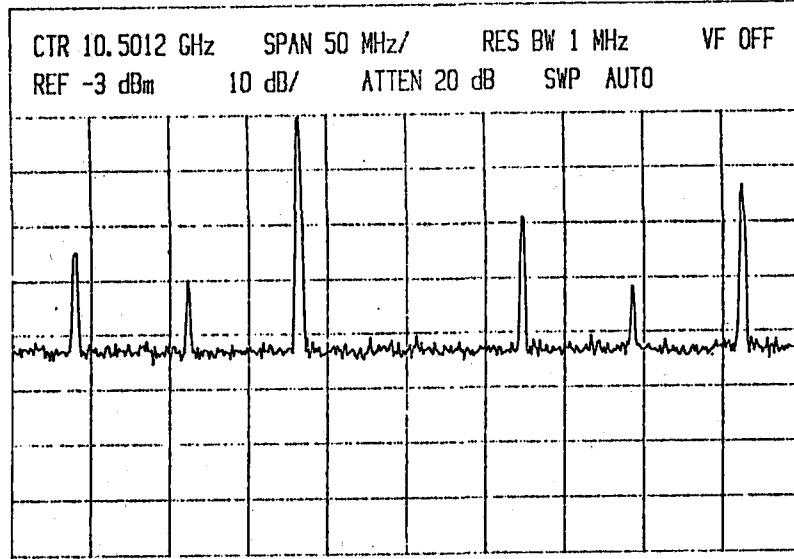
Şekil 4.15 RF spektrumu $P_1=12\text{dBm}$, $P_{1f}=0\text{dBm}$
 $F_1=10.5\text{GHz}$, $F_{1f}=70\text{MHz}$



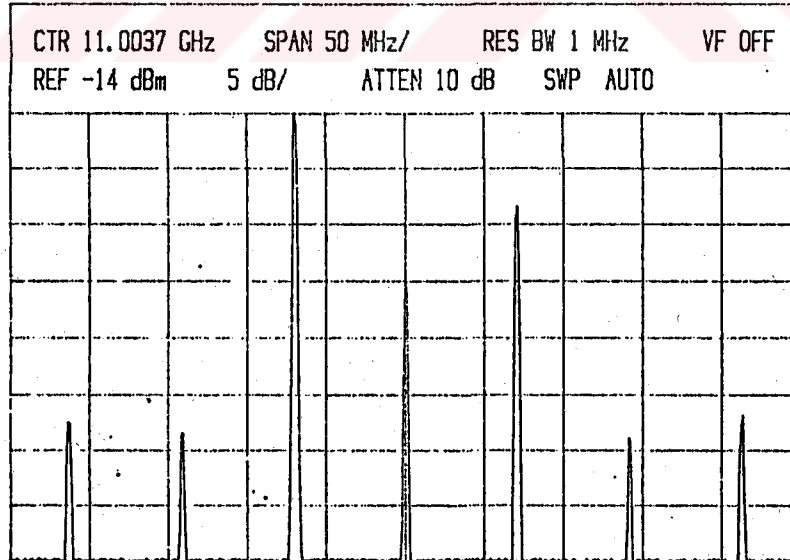
Şekil 4.16 RF spektrumu $P_I=12\text{dBm}$, $P_{If}=-6\text{dBm}$
 $F_I=10.5\text{GHz}$, $F_{If}=70\text{MHz}$



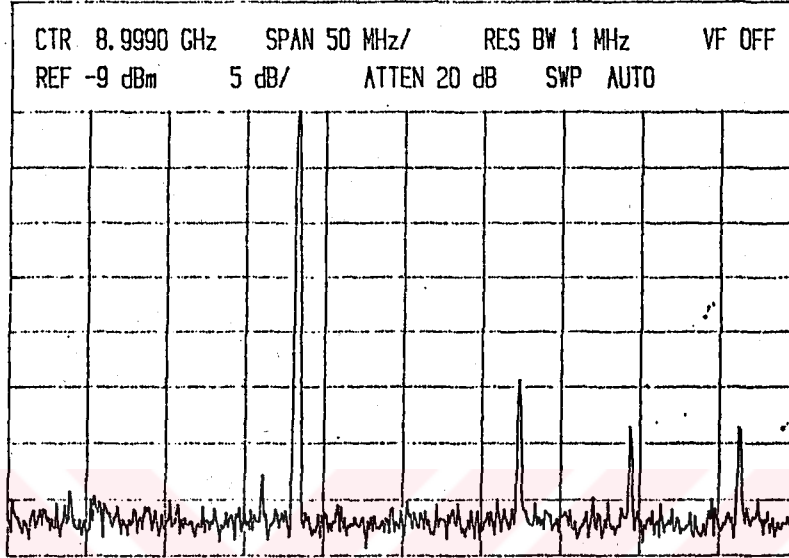
Şekil 4.17 RF spektrumu $P_I=12\text{dBm}$, $P_{If}=6\text{dBm}$
 $F_I=10.5\text{GHz}$, $F_{If}=70\text{MHz}$



Şekil 4.18 RF spektrumu $P_I=12\text{dBm}$, $P_{if}=10\text{dBm}$
 $F_I=10.5\text{GHz}$, $F_{if}=70\text{MHz}$



Şekil 4.19 RF spektrumu $P_I=12\text{dBm}$, $P_{if}=0\text{dBm}$
 $F_I=11\text{GHz}$, $F_{if}=70\text{MHz}$

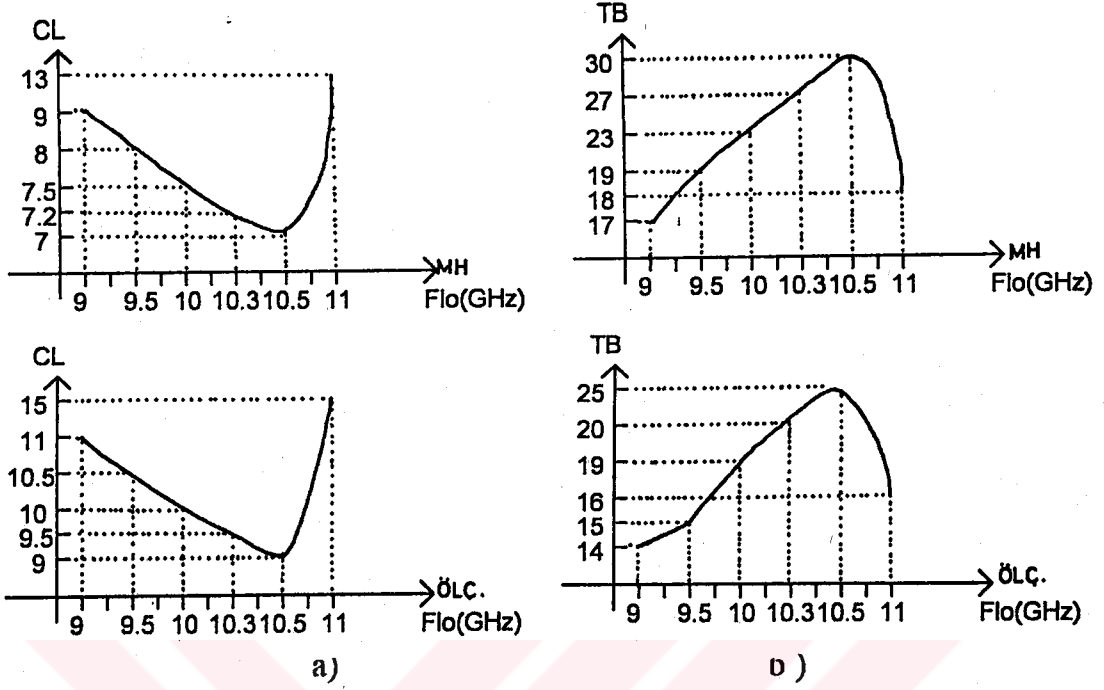


Şekil 4.20 RF spektrumu $P_I=12\text{dBm}$, $P_{If}=0\text{dBm}$
 $F_I=9\text{GHz}$, $F_{If}=70\text{MHz}$

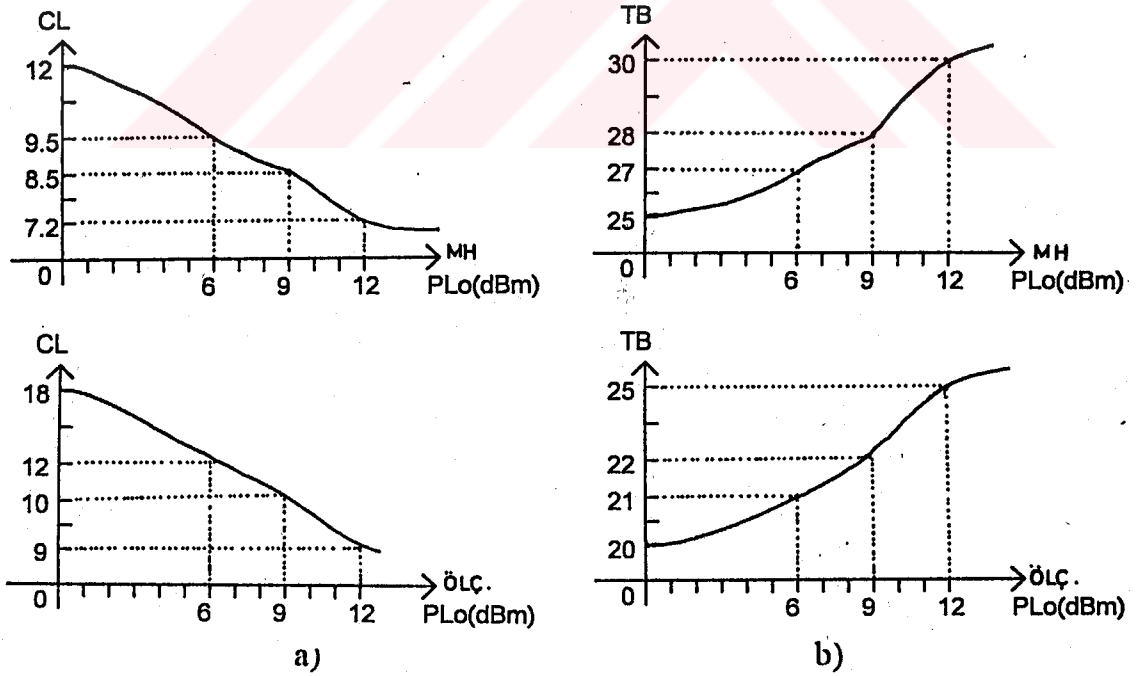
BÖLÜM 5 SONUÇLAR

Tek yan band yukarı karıştırıcının frekans spektrumundan, karıştırıcının taşıyıcı bastırması, yan band bastırması ve dönüştürme kaybının analiz sonuçları ile elde edilenlere çok yakın olduğu görülmektedir. Ölçümler sonucunda devrenin LO frekansına başlı olarak dönüştürme kaybı ve taşıyıcı bastırması elde edilmiştir. Sonuçlar şekil 5.1'de verilmektedir. Aynı zamanda LO gücünde değişken olarak alınarak analizler yapılmıştır. Bu sayede devrenin LO gücüne bağımlılığı elde edilmiştir. Sonuçlar şekil 5.2'de verilmektedir. Bu sonuçların ölçüm kısımlarının eldesi sırasında ayar potansiyometreleri ile ayar yapılmamıştır. Eğer potansiyometreler ile ayar yapılacak olursa elde edilecek sonuçlar farklı olacaktır. Çünkü MH ile doğrusal olmayan analiz yapılırken optimizasyon programı çalıştırılmayacağı için, optimum potans ayar noktasını elde etmek imkansızdır.

Bilgisayar ile elde edilen sonuçlarda IF girişi olarak yalnız 70MHz' lik ara frekans işareti uygulanmıştır. MH programı yardımıyla devreye iki ton uygulanabilmekte fakat elde edilen sonuçları aynı anda görülememektedir. Bu nedenle MH sonuçları devrenin tek ton sonuçlarını göstermektedir. Bu nedenle MH' da devrenin IMR sonuçları elde edilememektedir. Bunun yanısıra tek ton işaret testinde pratikte yapıldığı için, bilgisayar çıktıları ile ölçüm sonucunda elde edilen değerlerin karşılaştırması yapılabilir. Bilgisayar ve ölçüm sonucunda elde edilen değerler arasında çok büyük farklar bulunmamaktadır. Aradaki farkın oluşmasına sebep olabilecek etkenlere örnek olarak, pratikte devre ölçümü sırasında kullanılan koaksiyel kabloların kayıplarını, kullanılan yapıların ideal olmamasını, pratikteki IF I ve IF Q işaretleri arasındaki faz farkının tam 90 derece ve genliklerinin eşit olmaması ve baskılı devre imalatı sırasında hat kalınlıklarının ve boylarının bilgisayarla analizde kullanılanlar arasında farklılıkların olması sayılabilir.



Şekil 5.1 a) LO frekansına göre dönüştürme kaybı
b) LO frekansına göre LO bastırma



Şekil 5.2 a) LO gücüne bağlı olarak dönüştürme kaybı
b) LO gücüne bağlı olarak LO bastırma

KAYNAKLAR

- [1] BRADFORD, L., CARPENTIER, M.H., Microwave Engineering Handbook Vol. 2. (1990)
- [2] ALPHA SEMICONDUCTOR CORPORATION, Application Note 80800, (1989)
- [3] GEORGE, D., V., ANTHONY, M., P., ULRICH, L., R., Microwave Circuit Design Linear and Nonlinear Techniques, (1990)
- [4] ADEL, A., M., S., Theory of Resistive Mixers, (1971)
- [5] PETER, A.R., Microwave Engineering, (1988)
- [6] MICROWAVE HARMONICA, Users Manual, (1990)
- [7] HAWLETT PACKARD CORPORATION, Application Note 976, (1990)

EK A1 1. WILKINSON GÜÇ BÖLÜCÜSÜ PROGRAMI

```
*****
*
*   File   :PDAA.CKT
*   Author :Metin Erdogan
*   Date   :7.08.93 11:11 AM
*   Description:
*
*   In Phase Power Divider design
*
*   Contains two physical power dividers
*   -pdph: with 1/4 lenght 59 ohm line
*   -pdpha: with 1*3/4 lenght 59 ohm line
*   for performance comparison.
*****
*
*physical parameters
*
w00:0.58mm
p00:3mm
*
;w11:?.851856mm?
w11:0.78mm
p11:?.84683mm?
;p11:2.603mm
*
;w22:?.0.35mm?
ww2:0.35mm
;p22:?.2.713mm?
;p22:2.713mm
*
* electrical circuit
*
blk
tr1 1 4 Z=42 E=90 F=10.5GHz
tr01:tr1 4 2 Z=59.4 E=90 F=10.5GHz
tr01 4 3
res 2 3 r=100
pde:3por 1 2 3
end
*
*physical circuit
*
blk
tr1 1 4 w=w22 p=0.231mm sub
bend 4 5 w=w22 r=0.4mm ang=60deg sub
tr1 5 3 w=w22 p=1.71081mm sub
step 3 2 w1=w22 w2=w00 sub
pdaa:3por 1 2 3
end
*
blk
tr00:tr1 1 4 w=w00 p=p00 sub
step 4 5 w1=w00 w2=w11 sub
tr1 5 6 w=w11 p=2.6mm sub
yjun 6 7 8 w1=w11 w2=w22 ang=120deg sub
pdaa 7 11 9
pdaa 8 12 10
```

```

res 9 10 r=100
tr00 11 2
tr00 12 3
pdph:3por 1 2 3
end
*
blk
trl 1 4 w=w22 p=0.231mm sub
bend 4 5 w=w22 r=0.4mm ang=60deg sub
trl 5 3 w=w22 p=?7.23799mm? sub
step 3 2 w1=w22 w2=w00 sub
pdab:3por 1 2 3
end
*
blk
tr0a:trl 1 4 w=w00 p=p00 sub
step 4 5 w1=w00 w2=w11 sub
trl 5 6 w=w11 p=p11 sub
yjun 6 7 8 w1=w11 w2=w22 ang=120deg sub
pdab 7 11 9
pdab 8 12 10
res 9 10 r=100
tr0a 11 2
tr0a 12 3
pdpha:3por 1 2 3
end
*
freq
;10.5ghz 10.6ghz 10.7ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.1ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.01ghz
step 10.0ghz 11.1ghz 0.1ghz
;10.3ghz 10.4ghz 10.6ghz 10.7ghz
;step 10.0ghz 11.1ghz 0.01ghz
;step 10.48ghz 10.52ghz 1mhz
;step 8ghz 12ghz .1ghz
end
*
*
out
pri pdpha s
end
*
opt
pdpha
s=pde
;ms11=-20db 1t
;ms22=-20db 1t
;ms21=-3db -3.5db
end
*
data
sub:ms h=0.635mm hu=25mm er=10.5 met1=cu 30um met2=au 2um
end

```

EK A2 1.WILKINSON GÜÇ BÖLÜCÜSÜ SONUÇLARI

MICROWAVE HARMONICA PC V5.5 File: e:\erdo\cktv2\pdaa.ckt 29

Freq GHz	MS11 dB PDPHA	MS12 dB PDPHA	MS13 dB PDPHA	MS21 dB PDPHA	MS22 dB PDPHA	MS23 dB PDPHA	MS31 dB PDPHA	MS32 dB PDPHA
10.000	-21.19	-3.11	-3.11	-3.11	-26.34	-20.61	-3.11	-20.61
10.010	-21.25	-3.11	-3.11	-3.11	-26.37	-20.74	-3.11	-20.74
10.020	-21.30	-3.11	-3.11	-3.11	-26.39	-20.88	-3.11	-20.88
10.030	-21.35	-3.11	-3.11	-3.11	-26.42	-21.02	-3.11	-21.02
10.040	-21.42	-3.11	-3.11	-3.11	-26.45	-21.16	-3.11	-21.16
10.050	-21.47	-3.11	-3.11	-3.11	-26.47	-21.31	-3.11	-21.31
10.060	-21.52	-3.11	-3.11	-3.11	-26.50	-21.45	-3.11	-21.45
10.070	-21.57	-3.11	-3.11	-3.11	-26.52	-21.60	-3.11	-21.60
10.080	-21.61	-3.11	-3.11	-3.11	-26.55	-21.75	-3.11	-21.75
10.090	-21.66	-3.11	-3.11	-3.11	-26.57	-21.90	-3.11	-21.90
10.100	-21.70	-3.11	-3.11	-3.11	-26.60	-22.05	-3.11	-22.05
10.110	-21.74	-3.11	-3.11	-3.11	-26.62	-22.20	-3.11	-22.20
10.120	-21.78	-3.11	-3.11	-3.11	-26.65	-22.35	-3.11	-22.35
10.130	-21.82	-3.11	-3.11	-3.11	-26.67	-22.51	-3.11	-22.51
10.140	-21.86	-3.11	-3.11	-3.11	-26.70	-22.66	-3.11	-22.66
10.150	-21.90	-3.11	-3.11	-3.11	-26.72	-22.82	-3.11	-22.82
10.160	-21.93	-3.11	-3.11	-3.11	-26.75	-22.98	-3.11	-22.98
10.170	-21.96	-3.10	-3.10	-3.10	-26.77	-23.14	-3.10	-23.14
10.180	-21.99	-3.10	-3.10	-3.10	-26.80	-23.30	-3.10	-23.30
10.190	-22.02	-3.10	-3.10	-3.10	-26.82	-23.46	-3.10	-23.46
10.200	-22.04	-3.10	-3.10	-3.10	-26.85	-23.62	-3.10	-23.62
10.210	-22.07	-3.10	-3.10	-3.10	-26.87	-23.79	-3.10	-23.79
10.220	-22.09	-3.10	-3.10	-3.10	-26.90	-23.95	-3.10	-23.95
10.230	-22.11	-3.10	-3.10	-3.10	-26.92	-24.12	-3.10	-24.12
10.240	-22.13	-3.10	-3.10	-3.10	-26.95	-24.28	-3.10	-24.28
10.250	-22.14	-3.10	-3.10	-3.10	-26.97	-24.44	-3.10	-24.44
10.260	-22.15	-3.10	-3.10	-3.10	-27.00	-24.61	-3.10	-24.61
10.270	-22.16	-3.10	-3.10	-3.10	-27.03	-24.77	-3.10	-24.77
10.280	-22.17	-3.10	-3.10	-3.10	-27.05	-24.93	-3.10	-24.93
10.290	-22.18	-3.10	-3.10	-3.10	-27.08	-25.09	-3.10	-25.09
10.300	-22.18	-3.10	-3.10	-3.10	-27.11	-25.25	-3.10	-25.25
10.310	-22.18	-3.10	-3.10	-3.10	-27.14	-25.41	-3.10	-25.41
10.320	-22.18	-3.10	-3.10	-3.10	-27.16	-25.56	-3.10	-25.56
10.330	-22.18	-3.10	-3.10	-3.10	-27.19	-25.71	-3.10	-25.71
10.340	-22.17	-3.10	-3.10	-3.10	-27.22	-25.86	-3.10	-25.86
10.350	-22.17	-3.10	-3.10	-3.10	-27.25	-26.01	-3.10	-26.01
10.360	-22.16	-3.10	-3.10	-3.10	-27.28	-26.15	-3.10	-26.15
10.370	-22.14	-3.10	-3.10	-3.10	-27.31	-26.28	-3.10	-26.28
10.380	-22.13	-3.10	-3.10	-3.10	-27.34	-26.41	-3.10	-26.41
10.390	-22.11	-3.10	-3.10	-3.10	-27.37	-26.53	-3.10	-26.53
10.400	-22.09	-3.10	-3.10	-3.10	-27.40	-26.64	-3.10	-26.64
10.410	-22.07	-3.10	-3.10	-3.10	-27.43	-26.75	-3.10	-26.75
10.420	-22.05	-3.11	-3.11	-3.11	-27.47	-26.85	-3.11	-26.85
10.430	-22.02	-3.11	-3.11	-3.11	-27.50	-26.94	-3.11	-26.94
10.440	-22.00	-3.11	-3.11	-3.11	-27.53	-27.02	-3.11	-27.02
10.450	-21.97	-3.11	-3.11	-3.11	-27.57	-27.09	-3.11	-27.09
10.460	-21.93	-3.11	-3.11	-3.11	-27.60	-27.15	-3.11	-27.15
10.470	-21.90	-3.11	-3.11	-3.11	-27.64	-27.19	-3.11	-27.19
10.480	-21.87	-3.11	-3.11	-3.11	-27.67	-27.23	-3.11	-27.23
10.490	-21.83	-3.11	-3.11	-3.11	-27.71	-27.25	-3.11	-27.25
10.500	-21.79	-3.11	-3.11	-3.11	-27.74	-27.26	-3.11	-27.26

10.510	-21.75	-3.11	-3.11	-3.11	-27.78	-27.27	-3.11	-27.27
10.520	-21.71	-3.11	-3.11	-3.11	-27.82	-27.25	-3.11	-27.25
10.530	-21.66	-3.11	-3.11	-3.11	-27.86	-27.23	-3.11	-27.23
10.540	-21.62	-3.11	-3.11	-3.11	-27.90	-27.19	-3.11	-27.19
10.550	-21.57	-3.11	-3.11	-3.11	-27.94	-27.14	-3.11	-27.14
10.560	-21.52	-3.11	-3.11	-3.11	-27.98	-27.09	-3.11	-27.09
10.570	-21.47	-3.11	-3.11	-3.11	-28.02	-27.02	-3.11	-27.02
10.580	-21.42	-3.11	-3.11	-3.11	-28.07	-26.94	-3.11	-26.94
10.590	-21.37	-3.11	-3.11	-3.11	-28.11	-26.85	-3.11	-26.85
10.600	-21.31	-3.11	-3.11	-3.11	-28.16	-26.75	-3.11	-26.75
10.610	-21.26	-3.11	-3.11	-3.11	-28.20	-26.64	-3.11	-26.64
10.620	-21.20	-3.11	-3.11	-3.11	-28.25	-26.53	-3.11	-26.53
10.630	-21.14	-3.11	-3.11	-3.11	-28.30	-26.41	-3.11	-26.41
10.640	-21.08	-3.11	-3.11	-3.11	-28.35	-26.28	-3.11	-26.28
10.650	-21.02	-3.11	-3.11	-3.11	-28.39	-26.15	-3.11	-26.15
10.660	-20.96	-3.11	-3.11	-3.11	-28.45	-26.01	-3.11	-26.01
10.670	-20.90	-3.11	-3.11	-3.11	-28.50	-25.87	-3.11	-25.87
10.680	-20.84	-3.11	-3.11	-3.11	-28.55	-25.72	-3.11	-25.72
10.690	-20.78	-3.12	-3.12	-3.12	-28.61	-25.57	-3.12	-25.57
10.700	-20.71	-3.12	-3.12	-3.12	-28.66	-25.42	-3.12	-25.42
10.710	-20.65	-3.12	-3.12	-3.12	-28.72	-25.26	-3.12	-25.26
10.720	-20.58	-3.12	-3.12	-3.12	-28.77	-25.10	-3.12	-25.10
10.730	-20.52	-3.12	-3.12	-3.12	-28.83	-24.95	-3.12	-24.95
10.740	-20.45	-3.12	-3.12	-3.12	-28.89	-24.79	-3.12	-24.79
10.750	-20.39	-3.12	-3.12	-3.12	-28.95	-24.63	-3.12	-24.63
10.760	-20.32	-3.12	-3.12	-3.12	-29.02	-24.46	-3.12	-24.46
10.770	-20.25	-3.12	-3.12	-3.12	-29.08	-24.30	-3.12	-24.30
10.780	-20.18	-3.12	-3.12	-3.12	-29.15	-24.14	-3.12	-24.14
10.790	-20.12	-3.12	-3.12	-3.12	-29.21	-23.98	-3.12	-23.98
10.800	-20.05	-3.12	-3.12	-3.12	-29.28	-23.82	-3.12	-23.82
10.810	-19.98	-3.12	-3.12	-3.12	-29.35	-23.66	-3.12	-23.66
10.820	-19.91	-3.12	-3.12	-3.12	-29.42	-23.50	-3.12	-23.50
10.830	-19.84	-3.12	-3.12	-3.12	-29.50	-23.34	-3.12	-23.34
10.840	-19.77	-3.13	-3.13	-3.13	-29.57	-23.18	-3.13	-23.18
10.850	-19.70	-3.13	-3.13	-3.13	-29.65	-23.02	-3.13	-23.02
10.860	-19.63	-3.13	-3.13	-3.13	-29.73	-22.87	-3.13	-22.87
10.870	-19.56	-3.13	-3.13	-3.13	-29.81	-22.71	-3.13	-22.71
10.880	-19.49	-3.13	-3.13	-3.13	-29.89	-22.56	-3.13	-22.56
10.890	-19.42	-3.13	-3.13	-3.13	-29.97	-22.40	-3.13	-22.40
10.900	-19.35	-3.13	-3.13	-3.13	-30.06	-22.25	-3.13	-22.25
10.910	-19.28	-3.13	-3.13	-3.13	-30.14	-22.10	-3.13	-22.10
10.920	-19.21	-3.13	-3.13	-3.13	-30.23	-21.96	-3.13	-21.96
10.930	-19.14	-3.13	-3.13	-3.13	-30.32	-21.81	-3.13	-21.81
10.940	-19.07	-3.13	-3.13	-3.13	-30.42	-21.66	-3.13	-21.66
10.950	-19.00	-3.14	-3.14	-3.14	-30.52	-21.52	-3.14	-21.52
10.960	-18.93	-3.14	-3.14	-3.14	-30.61	-21.38	-3.14	-21.38
10.970	-18.86	-3.14	-3.14	-3.14	-30.71	-21.24	-3.14	-21.24
10.980	-18.79	-3.14	-3.14	-3.14	-30.82	-21.10	-3.14	-21.10
10.990	-18.72	-3.14	-3.14	-3.14	-30.92	-20.96	-3.14	-20.96
11.000	-18.65	-3.14	-3.14	-3.14	-31.03	-20.82	-3.14	-20.82
11.010	-18.58	-3.14	-3.14	-3.14	-31.14	-20.69	-3.14	-20.69
11.020	-18.51	-3.14	-3.14	-3.14	-31.26	-20.55	-3.14	-20.55
11.030	-18.44	-3.14	-3.14	-3.14	-31.38	-20.42	-3.14	-20.42
11.040	-18.37	-3.14	-3.14	-3.14	-31.50	-20.29	-3.14	-20.29
11.050	-18.31	-3.15	-3.15	-3.15	-31.62	-20.16	-3.15	-20.16
11.060	-18.24	-3.15	-3.15	-3.15	-31.75	-20.04	-3.15	-20.04
11.070	-18.17	-3.15	-3.15	-3.15	-31.88	-19.91	-3.15	-19.91
11.080	-18.10	-3.15	-3.15	-3.15	-32.01	-19.78	-3.15	-19.78
11.090	-18.03	-3.15	-3.15	-3.15	-32.15	-19.66	-3.15	-19.66
11.100	-17.97	-3.15	-3.15	-3.15	-32.29	-19.54	-3.15	-19.54

EK A3 2.WILKINSON GÜÇ BÖLÜCÜSÜ PROGRAMI

```
*****
*
*   File   :PDAB.CKT
*   Author :Metin Erdogdu
*   Date   :9.08.93 10:06 AM
*   Description:
*
*   In Phase Power Divider design
*
*   Based on the PDAA.CKT file
*
*   Contains one physical power dividers
*   -pdph: with 1/4 lenght 59 ohm line
*****
*
*physical parameters
*
w00:0.58mm
p00:3mm
*
  w11:20.9mm?
;w11:0.8mm
  p11:28.5mm?
;p11:2.603mm
*
;w22:20.35mm?
w22:.3mm
p22:27.2mm?
;p22:2.713mm
*
* electrical circuit
*
blk
trl 1 4 z=42 e=90 f=10.5ghz
tr01:tr1 4 2 z=59.4 e=90 f=10.5ghz
tr01 4 3
res 2 3 r=100
pde:3por 1 2 3
end
*
*physical circuit
*
blk
trl 1 4 w=w22 p=0.231mm sub
bend 4 5 w=w22 r=0.4mm ang=60deg sub
* caution: p22 is the difference of 1/4 line lenght from trans
* lenghts of (trl 1 4) and (bend 4 5) elements.
trl 5 3 w=w22 p=p22 sub
step 3 2 w1=w22 w2=w00 sub
pdph:3por 1 2 3
end
*
blk
tr00:trl 1 4 w=w00 p=p00 sub
step 4 5 w1=w00 w2=w11 sub
trl 5 6 w=w11 p=p11 sub
```

```

yjun 6 7 8 w1=w11 w2=w22 ang=120deg sub
pdaa 7 11 9
pdaa 8 12 10
res 9 10 r=100
tr00 11 2
tr00 12 3
pdph:3por 1 2 3
end
*
freq
;10.5ghz 10.6ghz 10.7ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.1ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.01ghz
;step 10.0ghz 11.1ghz 0.1ghz
;10.3ghz 10.4ghz 10.6ghz 10.7ghz
step 10.0ghz 11.1ghz 0.01ghz
;step 10.48ghz 10.52ghz 1mhz
;step 8ghz 12ghz .1ghz
end
*
*
out
pri pdph s
end
*
opt
pdph
s=pde
;ms11=-20db 1t
;ms22=-20db 1t
;ms21=-3db -3.5db
end
*
data
sub:ms h=0.635mm hu=25mm er=10.5 met1=cu 30um met2=au 2um
end

```

EK A4 2.WILKINSON GÜÇ BÖLÜCÜSÜ SONUÇLARI

MICROWAVE HARMONICA PC V5.5 File: PDAB.CKT 06-DEC-93 13:54:

Freq GHz	MS11 dB PDPH	MS12 dB PDPH	MS13 dB PDPH	MS21 dB PDPH	MS22 dB PDPH	MS23 dB PDPH	MS31 dB PDPH	MS32 dB PDPH
10.000	-35.14	-3.10	-3.10	-3.10	-24.32	-22.87	-3.10	-22.87
10.010	-35.23	-3.10	-3.10	-3.10	-24.44	-23.00	-3.10	-23.00
10.020	-35.32	-3.10	-3.10	-3.10	-24.55	-23.13	-3.10	-23.13
10.030	-35.43	-3.10	-3.10	-3.10	-24.67	-23.27	-3.10	-23.27
10.040	-35.55	-3.10	-3.10	-3.10	-24.80	-23.40	-3.10	-23.40
10.050	-35.68	-3.10	-3.10	-3.10	-24.92	-23.54	-3.10	-23.54
10.060	-35.81	-3.10	-3.10	-3.10	-25.04	-23.68	-3.10	-23.68
10.070	-35.97	-3.10	-3.10	-3.10	-25.17	-23.82	-3.10	-23.82
10.080	-36.12	-3.10	-3.10	-3.10	-25.30	-23.97	-3.10	-23.97
10.090	-36.30	-3.10	-3.10	-3.10	-25.43	-24.11	-3.10	-24.11
10.100	-36.49	-3.10	-3.10	-3.10	-25.56	-24.26	-3.10	-24.26
10.110	-36.69	-3.10	-3.10	-3.10	-25.69	-24.42	-3.10	-24.42
10.120	-36.91	-3.10	-3.10	-3.10	-25.82	-24.57	-3.10	-24.57
10.130	-37.14	-3.10	-3.10	-3.10	-25.96	-24.73	-3.10	-24.73
10.140	-37.40	-3.10	-3.10	-3.10	-26.10	-24.89	-3.10	-24.89
10.150	-37.67	-3.10	-3.10	-3.10	-26.23	-25.06	-3.10	-25.06
10.160	-37.97	-3.10	-3.10	-3.10	-26.37	-25.23	-3.10	-25.23
10.170	-38.29	-3.10	-3.10	-3.10	-26.52	-25.40	-3.10	-25.40
10.180	-38.64	-3.10	-3.10	-3.10	-26.66	-25.57	-3.10	-25.57
10.190	-39.01	-3.10	-3.10	-3.10	-26.80	-25.75	-3.10	-25.75
10.200	-39.43	-3.10	-3.10	-3.10	-26.95	-25.94	-3.10	-25.94
10.210	-39.87	-3.10	-3.10	-3.10	-27.10	-26.13	-3.10	-26.13
10.220	-40.36	-3.10	-3.10	-3.10	-27.25	-26.32	-3.10	-26.32
10.230	-40.90	-3.10	-3.10	-3.10	-27.40	-26.52	-3.10	-26.52
10.240	-41.49	-3.10	-3.10	-3.10	-27.55	-26.72	-3.10	-26.72
10.250	-42.15	-3.10	-3.10	-3.10	-27.71	-26.93	-3.10	-26.93
10.260	-42.89	-3.10	-3.10	-3.10	-27.86	-27.14	-3.10	-27.14
10.270	-43.73	-3.10	-3.10	-3.10	-28.02	-27.36	-3.10	-27.36
10.280	-44.68	-3.10	-3.10	-3.10	-28.18	-27.59	-3.10	-27.59
10.290	-45.80	-3.10	-3.10	-3.10	-28.34	-27.82	-3.10	-27.82
10.300	-47.10	-3.10	-3.10	-3.10	-28.50	-28.06	-3.10	-28.06
10.310	-48.70	-3.10	-3.10	-3.10	-28.66	-28.31	-3.10	-28.31
10.320	-50.70	-3.10	-3.10	-3.10	-28.83	-28.56	-3.10	-28.56
10.330	-53.37	-3.10	-3.10	-3.10	-28.99	-28.83	-3.10	-28.83
10.340	-57.29	-3.10	-3.10	-3.10	-29.16	-29.10	-3.10	-29.10
10.350	-64.13	-3.10	-3.10	-3.10	-29.33	-29.37	-3.10	-29.37
10.360	-65.42	-3.10	-3.10	-3.10	-29.50	-29.66	-3.10	-29.66
10.370	-57.79	-3.10	-3.10	-3.10	-29.67	-29.96	-3.10	-29.96
10.380	-53.35	-3.10	-3.10	-3.10	-29.84	-30.27	-3.10	-30.27
10.390	-50.31	-3.10	-3.10	-3.10	-30.01	-30.59	-3.10	-30.59
10.400	-48.01	-3.10	-3.10	-3.10	-30.18	-30.91	-3.10	-30.91
10.410	-46.16	-3.10	-3.10	-3.10	-30.35	-31.25	-3.10	-31.25
10.420	-44.60	-3.10	-3.10	-3.10	-30.52	-31.60	-3.10	-31.60
10.430	-43.25	-3.10	-3.10	-3.10	-30.70	-31.96	-3.10	-31.96
10.440	-42.05	-3.10	-3.10	-3.10	-30.87	-32.33	-3.10	-32.33
10.450	-40.99	-3.10	-3.10	-3.10	-31.04	-32.71	-3.10	-32.71
10.460	-40.02	-3.10	-3.10	-3.10	-31.21	-33.10	-3.10	-33.10
10.470	-39.13	-3.10	-3.10	-3.10	-31.38	-33.50	-3.10	-33.50
10.480	-38.31	-3.10	-3.10	-3.10	-31.54	-33.90	-3.10	-33.90
10.490	-37.55	-3.10	-3.10	-3.10	-31.71	-34.31	-3.10	-34.31
10.500	-36.83	-3.10	-3.10	-3.10	-31.87	-34.71	-3.10	-34.71

10.510	-36.16	-3.10	-3.10	-3.10	-32.03	-35.11	-3.10	-35.11
10.520	-35.53	-3.10	-3.10	-3.10	-32.19	-35.49	-3.10	-35.49
10.530	-34.93	-3.10	-3.10	-3.10	-32.34	-35.85	-3.10	-35.85
10.540	-34.36	-3.10	-3.10	-3.10	-32.49	-36.17	-3.10	-36.17
10.550	-33.81	-3.10	-3.10	-3.10	-32.64	-36.44	-3.10	-36.44
10.560	-33.29	-3.10	-3.10	-3.10	-32.78	-36.66	-3.10	-36.66
10.570	-32.79	-3.10	-3.10	-3.10	-32.91	-36.80	-3.10	-36.80
10.580	-32.31	-3.10	-3.10	-3.10	-33.04	-36.86	-3.10	-36.86
10.590	-31.85	-3.10	-3.10	-3.10	-33.16	-36.84	-3.10	-36.84
10.600	-31.41	-3.10	-3.10	-3.10	-33.28	-36.72	-3.10	-36.72
10.610	-30.98	-3.10	-3.10	-3.10	-33.39	-36.53	-3.10	-36.53
10.620	-30.57	-3.10	-3.10	-3.10	-33.49	-36.26	-3.10	-36.26
10.630	-30.17	-3.10	-3.10	-3.10	-33.58	-35.93	-3.10	-35.93
10.640	-29.78	-3.11	-3.11	-3.11	-33.67	-35.55	-3.11	-35.55
10.650	-29.40	-3.11	-3.11	-3.11	-33.74	-35.14	-3.11	-35.14
10.660	-29.04	-3.11	-3.11	-3.11	-33.81	-34.70	-3.11	-34.70
10.670	-28.68	-3.11	-3.11	-3.11	-33.86	-34.24	-3.11	-34.24
10.680	-28.33	-3.11	-3.11	-3.11	-33.91	-33.77	-3.11	-33.77
10.690	-28.00	-3.11	-3.11	-3.11	-33.95	-33.31	-3.11	-33.31
10.700	-27.67	-3.11	-3.11	-3.11	-33.98	-32.84	-3.11	-32.84
10.710	-27.35	-3.11	-3.11	-3.11	-34.00	-32.38	-3.11	-32.38
10.720	-27.04	-3.11	-3.11	-3.11	-34.00	-31.92	-3.11	-31.92
10.730	-26.73	-3.11	-3.11	-3.11	-34.00	-31.48	-3.11	-31.48
10.740	-26.43	-3.11	-3.11	-3.11	-34.00	-31.05	-3.11	-31.05
10.750	-26.14	-3.11	-3.11	-3.11	-33.98	-30.62	-3.11	-30.62
10.760	-25.86	-3.11	-3.11	-3.11	-33.95	-30.21	-3.11	-30.21
10.770	-25.58	-3.11	-3.11	-3.11	-33.92	-29.81	-3.11	-29.81
10.780	-25.31	-3.11	-3.11	-3.11	-33.88	-29.42	-3.11	-29.42
10.790	-25.04	-3.12	-3.12	-3.12	-33.83	-29.04	-3.12	-29.04
10.800	-24.78	-3.12	-3.12	-3.12	-33.78	-28.67	-3.12	-28.67
10.810	-24.52	-3.12	-3.12	-3.12	-33.72	-28.31	-3.12	-28.31
10.820	-24.27	-3.12	-3.12	-3.12	-33.65	-27.96	-3.12	-27.96
10.830	-24.02	-3.12	-3.12	-3.12	-33.58	-27.62	-3.12	-27.62
10.840	-23.78	-3.12	-3.12	-3.12	-33.51	-27.29	-3.12	-27.29
10.850	-23.54	-3.12	-3.12	-3.12	-33.43	-26.97	-3.12	-26.97
10.860	-23.31	-3.12	-3.12	-3.12	-33.35	-26.65	-3.12	-26.65
10.870	-23.08	-3.12	-3.12	-3.12	-33.26	-26.35	-3.12	-26.35
10.880	-22.85	-3.13	-3.13	-3.13	-33.18	-26.05	-3.13	-26.05
10.890	-22.63	-3.13	-3.13	-3.13	-33.09	-25.76	-3.13	-25.76
10.900	-22.41	-3.13	-3.13	-3.13	-33.00	-25.47	-3.13	-25.47
10.910	-22.20	-3.13	-3.13	-3.13	-32.90	-25.20	-3.13	-25.20
10.920	-21.99	-3.13	-3.13	-3.13	-32.81	-24.93	-3.13	-24.93
10.930	-21.78	-3.13	-3.13	-3.13	-32.71	-24.66	-3.13	-24.66
10.940	-21.58	-3.13	-3.13	-3.13	-32.62	-24.40	-3.13	-24.40
10.950	-21.38	-3.13	-3.13	-3.13	-32.52	-24.15	-3.13	-24.15
10.960	-21.18	-3.14	-3.14	-3.14	-32.43	-23.90	-3.14	-23.90
10.970	-20.98	-3.14	-3.14	-3.14	-32.33	-23.66	-3.14	-23.66
10.980	-20.79	-3.14	-3.14	-3.14	-32.24	-23.42	-3.14	-23.42
10.990	-20.60	-3.14	-3.14	-3.14	-32.14	-23.19	-3.14	-23.19
11.000	-20.42	-3.14	-3.14	-3.14	-32.05	-22.96	-3.14	-22.96
11.010	-20.23	-3.14	-3.14	-3.15	-31.95	-22.74	-3.15	-22.74
11.020	-20.05	-3.15	-3.15	-3.15	-31.86	-22.52	-3.15	-22.52
11.030	-19.87	-3.15	-3.15	-3.15	-31.77	-22.31	-3.15	-22.31
11.040	-19.70	-3.15	-3.15	-3.15	-31.68	-22.10	-3.15	-22.10
11.050	-19.52	-3.15	-3.15	-3.15	-31.59	-21.89	-3.15	-21.89
11.060	-19.35	-3.15	-3.15	-3.15	-31.50	-21.69	-3.15	-21.69
11.070	-19.18	-3.16	-3.16	-3.16	-31.42	-21.49	-3.16	-21.49
11.080	-19.02	-3.16	-3.16	-3.16	-31.33	-21.29	-3.16	-21.29
11.090	-18.85	-3.16	-3.16	-3.16	-31.25	-21.10	-3.16	-21.10
11.100	-18.69	-3.16	-3.16	-3.16	-31.17	-20.91	-3.16	-20.91

EK A5 3. WILKINSON GÜÇ BÖLÜCÜSÜ PROGRAMI

```
*****
*
*   File   :PDAD.CKT
*   Author :Metin Erdogan
*   Date   :10.08.93 10:06 AM
*   Description:
*
*   In Phase Power Divider design
*
*   Based on the PDAA.CKT file
*
*   Contains one physical power dividers
*   -pdph: with 1/4 lenght 59 ohm line
*
*****
*
*physical parameters
*
w00:0.58mm
p00:3mm
*
w11:.9mm
;w11:0.8mm
P11:8.5mm
;p11:2.603mm
*
;w22:0.35mm
w22:.3mm
p22:7.2mm
;p22:2.713mm
*
* electrical circuit
*
blk
trl 1 4 z=42 e=90 f=10.5ghz
tr01:trl 4 2 z=59.4 e=90 f=10.5ghz
tr01 4 3
res 2 3 R=100
pde:3por 1 2 3
end
*
*physical circuit
*
blk
trl 1 4 w=w22 p=0.231mm sub
bend 4 5 w=w22 r=0.4mm ang=60deg sub
* caution: p22 is the difference of 1/4 line lenght from trans
* lenghts of (trl 1 4) and (bend 4 5) elements.
trl 5 3 w=w22 p=p22 sub
step 3 2 w1=w22 w2=w00 sub
pdaa:3por 1 2 3
end
*
blk
tr00:trl 1 15 w=W00 p=p00 sub
step 15 5 w1=w00 w2=w11 sub
trl 15 4 w=?1mm? p=?3mm? sub
```

```

trl 5 6 w=w11 p=p11 sub
yjun 6 7 8 w1=w11 w2=w22 ang=120deg sub
pdaa 7 11 9
pdaa 8 12 10
res 9 10 r=100
tr00 11 2
tr00 12 3
pdph:4por 1 2 3 4
end
*
freq
;10.5ghz 10.6ghz 10.7ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.1ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.01ghz
;step 10.0ghz 11.1ghz 0.1ghz
;10.3ghz 10.4ghz 10.6ghz 10.7ghz
;step 10.0ghz 11.1ghz 0.01ghz
;step 10.48ghz 10.52ghz 1mhz
;step 8ghz 12ghz .1ghz
end
*
*
out
pri pdph s
end
*
opt
pdph
;s=pde
;ms11=-20db 1t
;ms22=-20db 1t
f=10.4ghz 10.6ghz ms21 -3db -3.5db
f=10.4ghz 10.6ghz ms31 -3db -3.5db
;f=10.4ghz 10.6ghz ms41 -5db 1t
end
*
data
sub:ms h=0.635mm hu=25mm er=10.5 met1=cu 30um met2=au 2um
end

```


EK A6 3.WILKINSON GÜÇ BÖLÜCÜSÜ SONUÇLARI

MICROWAVE HARMONICA PC V5.5 File: PDAd.CKT 06-DEC-93 14:16:

Freq GHz	MS11 dB PDPH	MS12 dB PDPH	MS13 dB PDPH	MS14 dB PDPH	MS21 dB PDPH	MS22 dB PDPH	MS23 dB PDPH	MS24 dB PDPH
10.000	-16.77	-4.35	-4.35	-6.42	-4.35	-21.95	-20.17	-9.39
10.010	-16.76	-4.35	-4.35	-6.42	-4.35	-21.93	-20.31	-9.39
10.020	-16.76	-4.35	-4.35	-6.42	-4.35	-21.91	-20.45	-9.39
10.030	-16.75	-4.35	-4.35	-6.42	-4.35	-21.88	-20.59	-9.39
10.040	-16.75	-4.35	-4.35	-6.42	-4.35	-21.86	-20.73	-9.39
10.050	-16.75	-4.35	-4.35	-6.42	-4.35	-21.84	-20.87	-9.39
10.060	-16.75	-4.35	-4.35	-6.42	-4.35	-21.82	-21.01	-9.39
10.070	-16.75	-4.35	-4.35	-6.42	-4.35	-21.80	-21.16	-9.39
10.080	-16.75	-4.35	-4.35	-6.42	-4.35	-21.78	-21.30	-9.39
10.090	-16.75	-4.35	-4.35	-6.42	-4.35	-21.76	-21.44	-9.39
10.100	-16.76	-4.35	-4.35	-6.42	-4.35	-21.74	-21.58	-9.39
10.110	-16.76	-4.35	-4.35	-6.42	-4.35	-21.72	-21.72	-9.39
10.120	-16.77	-4.35	-4.35	-6.42	-4.35	-21.70	-21.87	-9.39
10.130	-16.78	-4.35	-4.35	-6.42	-4.35	-21.68	-22.00	-9.39
10.140	-16.79	-4.35	-4.35	-6.41	-4.35	-21.66	-22.14	-9.39
10.150	-16.80	-4.35	-4.35	-6.41	-4.35	-21.64	-22.28	-9.39
10.160	-16.81	-4.36	-4.36	-6.41	-4.36	-21.63	-22.42	-9.39
10.170	-16.83	-4.36	-4.36	-6.41	-4.36	-21.61	-22.55	-9.39
10.180	-16.84	-4.36	-4.36	-6.40	-4.36	-21.59	-22.68	-9.39
10.190	-16.86	-4.36	-4.36	-6.40	-4.36	-21.58	-22.81	-9.39
10.200	-16.88	-4.36	-4.36	-6.40	-4.36	-21.56	-22.93	-9.39
10.210	-16.90	-4.36	-4.36	-6.39	-4.36	-21.54	-23.06	-9.39
10.220	-16.92	-4.36	-4.36	-6.39	-4.36	-21.53	-23.17	-9.39
10.230	-16.94	-4.36	-4.36	-6.39	-4.36	-21.51	-23.29	-9.39
10.240	-16.96	-4.36	-4.36	-6.38	-4.36	-21.50	-23.40	-9.39
10.250	-16.99	-4.36	-4.36	-6.38	-4.36	-21.48	-23.50	-9.39
10.260	-17.02	-4.36	-4.36	-6.37	-4.36	-21.47	-23.60	-9.39
10.270	-17.04	-4.36	-4.36	-6.37	-4.36	-21.46	-23.69	-9.39
10.280	-17.07	-4.36	-4.36	-6.36	-4.36	-21.44	-23.78	-9.39
10.290	-17.10	-4.36	-4.36	-6.36	-4.36	-21.43	-23.86	-9.39
10.300	-17.13	-4.37	-4.37	-6.35	-4.37	-21.42	-23.93	-9.39
10.310	-17.16	-4.37	-4.37	-6.35	-4.37	-21.40	-24.00	-9.39
10.320	-17.20	-4.37	-4.37	-6.34	-4.37	-21.39	-24.06	-9.39
10.330	-17.23	-4.37	-4.37	-6.34	-4.37	-21.38	-24.11	-9.39
10.340	-17.27	-4.37	-4.37	-6.33	-4.37	-21.37	-24.15	-9.39
10.350	-17.31	-4.37	-4.37	-6.32	-4.37	-21.36	-24.18	-9.39
10.360	-17.34	-4.37	-4.37	-6.32	-4.37	-21.35	-24.20	-9.40
10.370	-17.38	-4.37	-4.37	-6.31	-4.37	-21.34	-24.22	-9.40
10.380	-17.42	-4.37	-4.37	-6.30	-4.37	-21.33	-24.22	-9.40
10.390	-17.47	-4.38	-4.38	-6.29	-4.38	-21.32	-24.22	-9.40
10.400	-17.51	-4.38	-4.38	-6.29	-4.38	-21.31	-24.21	-9.40
10.410	-17.55	-4.38	-4.38	-6.28	-4.38	-21.30	-24.19	-9.40
10.420	-17.60	-4.38	-4.38	-6.27	-4.38	-21.29	-24.16	-9.40
10.430	-17.64	-4.38	-4.38	-6.26	-4.38	-21.28	-24.12	-9.40
10.440	-17.69	-4.38	-4.38	-6.26	-4.38	-21.28	-24.07	-9.40
10.450	-17.74	-4.38	-4.38	-6.25	-4.38	-21.27	-24.02	-9.40
10.460	-17.78	-4.39	-4.39	-6.24	-4.39	-21.26	-23.96	-9.40
10.470	-17.83	-4.39	-4.39	-6.23	-4.39	-21.26	-23.89	-9.40
10.480	-17.88	-4.39	-4.39	-6.22	-4.39	-21.25	-23.81	-9.41
10.490	-17.93	-4.39	-4.39	-6.22	-4.39	-21.24	-23.73	-9.41
10.500	-17.98	-4.39	-4.39	-6.21	-4.39	-21.24	-23.64	-9.41

10.510	-18.03	-4.39	-4.39	-6.20	-4.39	-21.23	-23.54	-9.41
10.520	-18.09	-4.40	-4.40	-6.19	-4.40	-21.23	-23.44	-9.41
10.530	-18.14	-4.40	-4.40	-6.18	-4.40	-21.22	-23.34	-9.41
10.540	-18.19	-4.40	-4.40	-6.17	-4.40	-21.22	-23.23	-9.41
10.550	-18.24	-4.40	-4.40	-6.16	-4.40	-21.21	-23.11	-9.41
10.560	-18.30	-4.40	-4.40	-6.15	-4.40	-21.21	-23.00	-9.41
10.570	-18.35	-4.41	-4.41	-6.14	-4.41	-21.21	-22.87	-9.42
10.580	-18.40	-4.41	-4.41	-6.13	-4.41	-21.20	-22.75	-9.42
10.590	-18.46	-4.41	-4.41	-6.13	-4.41	-21.20	-22.62	-9.42
10.600	-18.51	-4.41	-4.41	-6.12	-4.41	-21.20	-22.50	-9.42
10.610	-18.56	-4.41	-4.41	-6.11	-4.41	-21.20	-22.37	-9.42
10.620	-18.61	-4.42	-4.42	-6.10	-4.42	-21.20	-22.23	-9.42
10.630	-18.66	-4.42	-4.42	-6.09	-4.42	-21.19	-22.10	-9.42
10.640	-18.71	-4.42	-4.42	-6.08	-4.42	-21.19	-21.97	-9.42
10.650	-18.76	-4.42	-4.42	-6.07	-4.42	-21.19	-21.83	-9.43
10.660	-18.81	-4.43	-4.43	-6.06	-4.43	-21.19	-21.70	-9.43
10.670	-18.86	-4.43	-4.43	-6.05	-4.43	-21.19	-21.56	-9.43
10.680	-18.91	-4.43	-4.43	-6.04	-4.43	-21.19	-21.42	-9.43
10.690	-18.95	-4.43	-4.43	-6.03	-4.43	-21.19	-21.29	-9.43
10.700	-19.00	-4.44	-4.44	-6.02	-4.44	-21.19	-21.15	-9.43
10.710	-19.04	-4.44	-4.44	-6.01	-4.44	-21.19	-21.01	-9.43
10.720	-19.08	-4.44	-4.44	-6.00	-4.44	-21.19	-20.88	-9.44
10.730	-19.11	-4.44	-4.44	-5.99	-4.44	-21.20	-20.74	-9.44
10.740	-19.15	-4.45	-4.45	-5.98	-4.45	-21.20	-20.61	-9.44
10.750	-19.18	-4.45	-4.45	-5.98	-4.45	-21.20	-20.47	-9.44
10.760	-19.21	-4.45	-4.45	-5.97	-4.45	-21.20	-20.34	-9.44
10.770	-19.24	-4.46	-4.46	-5.96	-4.46	-21.20	-20.21	-9.44
10.780	-19.26	-4.46	-4.46	-5.95	-4.46	-21.21	-20.07	-9.45
10.790	-19.29	-4.46	-4.46	-5.94	-4.46	-21.21	-19.94	-9.45
10.800	-19.30	-4.46	-4.46	-5.93	-4.46	-21.21	-19.81	-9.45
10.810	-19.32	-4.47	-4.47	-5.92	-4.47	-21.22	-19.68	-9.45
10.820	-19.33	-4.47	-4.47	-5.91	-4.47	-21.22	-19.56	-9.45
10.830	-19.34	-4.47	-4.47	-5.90	-4.47	-21.22	-19.43	-9.45
10.840	-19.34	-4.48	-4.48	-5.90	-4.48	-21.23	-19.30	-9.46
10.850	-19.34	-4.48	-4.48	-5.89	-4.48	-21.23	-19.18	-9.46
10.860	-19.33	-4.48	-4.48	-5.88	-4.48	-21.24	-19.06	-9.46
10.870	-19.33	-4.49	-4.49	-5.87	-4.49	-21.24	-18.93	-9.46
10.880	-19.31	-4.49	-4.49	-5.86	-4.49	-21.25	-18.81	-9.46
10.890	-19.29	-4.49	-4.49	-5.85	-4.49	-21.25	-18.69	-9.46
10.900	-19.27	-4.50	-4.50	-5.85	-4.50	-21.26	-18.57	-9.47
10.910	-19.25	-4.50	-4.50	-5.84	-4.50	-21.26	-18.46	-9.47
10.920	-19.21	-4.50	-4.50	-5.83	-4.50	-21.27	-18.34	-9.47
10.930	-19.18	-4.51	-4.51	-5.82	-4.51	-21.27	-18.22	-9.47
10.940	-19.14	-4.51	-4.51	-5.82	-4.51	-21.28	-18.11	-9.47
10.950	-19.09	-4.51	-4.51	-5.81	-4.51	-21.29	-18.00	-9.48
10.960	-19.05	-4.52	-4.52	-5.80	-4.52	-21.29	-17.89	-9.48
10.970	-18.99	-4.52	-4.52	-5.80	-4.52	-21.30	-17.78	-9.48
10.980	-18.93	-4.52	-4.52	-5.79	-4.52	-21.31	-17.67	-9.48
10.990	-18.87	-4.53	-4.53	-5.78	-4.53	-21.31	-17.56	-9.48
11.000	-18.81	-4.53	-4.53	-5.78	-4.53	-21.32	-17.45	-9.49
11.010	-18.74	-4.53	-4.53	-5.77	-4.53	-21.32	-17.35	-9.49
11.020	-18.66	-4.54	-4.54	-5.76	-4.54	-21.33	-17.24	-9.49
11.030	-18.59	-4.54	-4.54	-5.76	-4.54	-21.34	-17.14	-9.49
11.040	-18.51	-4.54	-4.54	-5.75	-4.54	-21.34	-17.04	-9.50
11.050	-18.42	-4.55	-4.55	-5.75	-4.55	-21.35	-16.93	-9.50
11.060	-18.33	-4.55	-4.55	-5.74	-4.55	-21.36	-16.83	-9.50
11.070	-18.24	-4.56	-4.56	-5.74	-4.56	-21.36	-16.74	-9.50
11.080	-18.15	-4.56	-4.56	-5.73	-4.56	-21.37	-16.64	-9.50
11.090	-18.05	-4.56	-4.56	-5.73	-4.56	-21.38	-16.54	-9.51
11.100	-17.96	-4.57	-4.57	-5.72	-4.57	-21.38	-16.45	-9.51

EK B1 1.DALLI HAT BAĞLAŞTIRICI PROGRAMI

```
*****
*
*   File   :BCAA.CKT
*   Author :Metin Erdogdu
*   Date   :21.08.1993
*   Description:
*
*   Branch line coupler design
*
*   Comparison of two branch-line couplers:
*   a. Created with TRL elements.
*   b. Created with MW Harmonica's build-in CPLR element.
*****
*Physical parameters
ww:1.064MM
w00:0.58MM
pw:2.55MM
p00:2.7MM
*
*
*
*branch-line coupler electrical circuit
*
blk
trww:trl 1 2 z=35.4 e=90 f=10.5ghz
tr00:trl 1 4 z=50 e=90 f=10.5ghz
trww 3 4
tr00 2 3
bcel:4por 1 2 3 4
end
*
*branch-line coupler from app2.ckt file
*
blk
t: tee 1 5 9 w1=W00 w2=WW w3=W00 sub
w1: trl 5 6 w=WW p=PW sub
n1: trl 9 12 w=W00 p=P00 sub
t 2 6 10
n1 10 11
t 4 8 12
w1 8 7
t 3 7 11
bcph1: 4por 1 2 3 4
end
*
*branch-line coupler w/o tee s
*
blk
trli:trl 1 2 w=ww p=pw sub
trli 4 3
trl0:trl 1 4 w=w00 p=p00 sub
trl0 2 3
bctph:4por 1 2 3 4
end
*
*
```

```

*branch-line coupler Build-in circuit
*
blk
coup 1 2 3 4 w1=w00 w2=w00 w3=w00 w4=ww w5=w00
      +l1=pw l2=(p00/2) bran sub
blcph:4por 1 2 3 4
end
*
*
freq
;10.5ghz 10.6ghz 10.7ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.1ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.01ghz
;step 10.0ghz 11.1ghz 0.1ghz
;step 10.0ghz 11.1ghz 0.01ghz
step 8ghz 12ghz .1ghz
end
*
*
out
pri blcph s
end
*
opt
blcph
s=bcel
;ps21=-85deg -95deg
;ms21=-6db -7db
;ssmod
;ps21=-175deg -185deg
;ms21=-6db -7db
end
*
data
sub:ms h=0.635mm hu=25mm er=10.5 met1=cu 30um met2=au 2um
end

```

EK B2 1.DALLI HAT BAĞLAŞTIRICISI SONUCLARI

MICROWAVE HARMONICA PC V5.5 File: bcaa.CKT 06-DEC-93 14:20:5

Freq GHz	MS11 dB BLCPH	MS12 dB BLCPH	MS13 dB BLCPH	MS14 dB BLCPH	MS21 dB BLCPH	MS22 dB BLCPH	MS23 dB BLCPH	MS24 dB BLCPH
10.000	-17.28	-2.72	-3.77	-14.88	-2.72	-15.81	-16.02	-3.77
10.010	-17.17	-2.73	-3.78	-14.79	-2.73	-15.72	-15.92	-3.78
10.020	-17.07	-2.74	-3.78	-14.70	-2.74	-15.63	-15.82	-3.78
10.030	-16.95	-2.74	-3.78	-14.62	-2.74	-15.54	-15.73	-3.78
10.040	-16.86	-2.75	-3.78	-14.53	-2.75	-15.46	-15.63	-3.78
10.050	-16.76	-2.76	-3.79	-14.45	-2.76	-15.38	-15.54	-3.79
10.060	-16.65	-2.77	-3.79	-14.37	-2.77	-15.29	-15.44	-3.79
10.070	-16.55	-2.77	-3.79	-14.29	-2.77	-15.20	-15.35	-3.79
10.080	-16.45	-2.78	-3.79	-14.21	-2.78	-15.12	-15.26	-3.79
10.090	-16.35	-2.79	-3.80	-14.13	-2.79	-15.04	-15.17	-3.80
10.100	-16.25	-2.80	-3.80	-14.06	-2.80	-14.96	-15.08	-3.80
10.110	-16.16	-2.81	-3.80	-13.98	-2.81	-14.88	-15.00	-3.80
10.120	-16.07	-2.81	-3.80	-13.91	-2.81	-14.80	-14.91	-3.80
10.130	-15.97	-2.82	-3.81	-13.83	-2.82	-14.72	-14.83	-3.81
10.140	-15.89	-2.83	-3.81	-13.76	-2.83	-14.65	-14.74	-3.81
10.150	-15.79	-2.84	-3.81	-13.69	-2.84	-14.57	-14.66	-3.81
10.160	-15.70	-2.85	-3.81	-13.61	-2.85	-14.49	-14.58	-3.81
10.170	-15.61	-2.86	-3.82	-13.54	-2.86	-14.42	-14.50	-3.82
10.180	-15.53	-2.86	-3.82	-13.47	-2.86	-14.34	-14.42	-3.82
10.190	-15.44	-2.87	-3.82	-13.40	-2.87	-14.27	-14.34	-3.82
10.200	-15.35	-2.88	-3.82	-13.34	-2.88	-14.20	-14.27	-3.82
10.210	-15.26	-2.89	-3.83	-13.27	-2.89	-14.12	-14.19	-3.83
10.220	-15.18	-2.90	-3.83	-13.20	-2.90	-14.05	-14.11	-3.83
10.230	-15.09	-2.91	-3.83	-13.13	-2.91	-13.98	-14.04	-3.83
10.240	-15.02	-2.92	-3.83	-13.07	-2.92	-13.91	-13.96	-3.83
10.250	-14.93	-2.93	-3.84	-13.00	-2.93	-13.84	-13.89	-3.84
10.260	-14.85	-2.94	-3.84	-12.94	-2.94	-13.77	-13.82	-3.84
10.270	-14.77	-2.95	-3.84	-12.88	-2.95	-13.70	-13.75	-3.84
10.280	-14.69	-2.96	-3.84	-12.81	-2.96	-13.63	-13.68	-3.84
10.290	-14.61	-2.97	-3.85	-12.75	-2.97	-13.56	-13.61	-3.85
10.300	-14.53	-2.98	-3.85	-12.69	-2.98	-13.50	-13.54	-3.85
10.310	-14.46	-2.99	-3.85	-12.63	-2.99	-13.43	-13.47	-3.85
10.320	-14.38	-3.00	-3.85	-12.57	-3.00	-13.36	-13.41	-3.85
10.330	-14.30	-3.01	-3.86	-12.51	-3.01	-13.30	-13.34	-3.86
10.340	-14.23	-3.02	-3.86	-12.46	-3.02	-13.23	-13.28	-3.86
10.350	-14.15	-3.03	-3.86	-12.40	-3.03	-13.17	-13.21	-3.86
10.360	-14.08	-3.04	-3.86	-12.34	-3.04	-13.11	-13.14	-3.86
10.370	-14.01	-3.05	-3.87	-12.28	-3.05	-13.04	-13.08	-3.87
10.380	-13.94	-3.06	-3.87	-12.23	-3.06	-12.98	-13.02	-3.87
10.390	-13.86	-3.07	-3.87	-12.17	-3.07	-12.92	-12.96	-3.87
10.400	-13.79	-3.08	-3.87	-12.12	-3.08	-12.85	-12.90	-3.87
10.410	-13.72	-3.09	-3.88	-12.06	-3.09	-12.79	-12.84	-3.88
10.420	-13.65	-3.10	-3.88	-12.01	-3.10	-12.73	-12.78	-3.88
10.430	-13.58	-3.11	-3.88	-11.95	-3.11	-12.67	-12.72	-3.88
10.440	-13.51	-3.13	-3.88	-11.90	-3.13	-12.61	-12.66	-3.88
10.450	-13.44	-3.14	-3.89	-11.85	-3.14	-12.55	-12.60	-3.89
10.460	-13.38	-3.15	-3.89	-11.80	-3.15	-12.49	-12.54	-3.89
10.470	-13.31	-3.16	-3.89	-11.75	-3.16	-12.44	-12.49	-3.89
10.480	-13.24	-3.17	-3.89	-11.70	-3.17	-12.38	-12.43	-3.89
10.490	-13.17	-3.18	-3.90	-11.65	-3.18	-12.32	-12.38	-3.90
10.500	-13.11	-3.19	-3.90	-11.60	-3.19	-12.26	-12.32	-3.90
10.510	-13.04	-3.20	-3.90	-11.55	-3.20	-12.20	-12.27	-3.90
10.520	-12.98	-3.22	-3.90	-11.50	-3.22	-12.15	-12.21	-3.90

10.530	-12.92	-3.23	-3.91	-11.45	-3.23	-12.09	-12.16	-3.91
10.540	-12.86	-3.24	-3.91	-11.40	-3.24	-12.04	-12.11	-3.91
10.550	-12.79	-3.25	-3.91	-11.36	-3.25	-11.98	-12.06	-3.91
10.560	-12.73	-3.26	-3.91	-11.31	-3.26	-11.93	-12.00	-3.91
10.570	-12.66	-3.28	-3.92	-11.27	-3.28	-11.87	-11.95	-3.92
10.580	-12.60	-3.29	-3.92	-11.22	-3.29	-11.82	-11.90	-3.92
10.590	-12.54	-3.30	-3.92	-11.18	-3.30	-11.77	-11.85	-3.92
10.600	-12.48	-3.31	-3.93	-11.13	-3.31	-11.71	-11.80	-3.93
10.610	-12.42	-3.32	-3.93	-11.09	-3.32	-11.66	-11.75	-3.93
10.620	-12.36	-3.34	-3.93	-11.04	-3.34	-11.61	-11.71	-3.93
10.630	-12.30	-3.35	-3.93	-11.00	-3.35	-11.56	-11.66	-3.93
10.640	-12.25	-3.36	-3.94	-10.96	-3.36	-11.50	-11.61	-3.94
10.650	-12.19	-3.37	-3.94	-10.91	-3.37	-11.45	-11.56	-3.94
10.660	-12.13	-3.39	-3.94	-10.87	-3.39	-11.40	-11.52	-3.94
10.670	-12.07	-3.40	-3.94	-10.83	-3.40	-11.35	-11.47	-3.94
10.680	-12.02	-3.41	-3.95	-10.79	-3.41	-11.30	-11.43	-3.95
10.690	-11.96	-3.42	-3.95	-10.75	-3.42	-11.25	-11.38	-3.95
10.700	-11.90	-3.44	-3.95	-10.71	-3.44	-11.20	-11.34	-3.95
10.710	-11.85	-3.45	-3.96	-10.67	-3.45	-11.15	-11.29	-3.96
10.720	-11.80	-3.46	-3.96	-10.63	-3.46	-11.10	-11.25	-3.96
10.730	-11.74	-3.48	-3.96	-10.59	-3.48	-11.06	-11.21	-3.96
10.740	-11.69	-3.49	-3.97	-10.55	-3.49	-11.01	-11.16	-3.97
10.750	-11.63	-3.50	-3.97	-10.51	-3.50	-10.96	-11.12	-3.97
10.760	-11.58	-3.52	-3.97	-10.48	-3.52	-10.91	-11.08	-3.97
10.770	-11.53	-3.53	-3.97	-10.44	-3.53	-10.87	-11.04	-3.97
10.780	-11.48	-3.54	-3.98	-10.40	-3.54	-10.82	-11.00	-3.98
10.790	-11.42	-3.55	-3.98	-10.36	-3.55	-10.77	-10.96	-3.98
10.800	-11.37	-3.57	-3.98	-10.33	-3.57	-10.73	-10.92	-3.98
10.810	-11.32	-3.58	-3.99	-10.29	-3.58	-10.68	-10.88	-3.99
10.820	-11.27	-3.59	-3.99	-10.25	-3.59	-10.64	-10.84	-3.99
10.830	-11.22	-3.61	-3.99	-10.22	-3.61	-10.59	-10.80	-3.99
10.840	-11.17	-3.62	-4.00	-10.18	-3.62	-10.55	-10.76	-4.00
10.850	-11.12	-3.64	-4.00	-10.15	-3.64	-10.50	-10.72	-4.00
10.860	-11.07	-3.65	-4.00	-10.12	-3.65	-10.46	-10.68	-4.00
10.870	-11.02	-3.66	-4.01	-10.08	-3.66	-10.42	-10.64	-4.01
10.880	-10.97	-3.68	-4.01	-10.05	-3.68	-10.37	-10.61	-4.01
10.890	-10.92	-3.69	-4.01	-10.01	-3.69	-10.33	-10.57	-4.01
10.900	-10.88	-3.70	-4.02	-9.98	-3.70	-10.29	-10.53	-4.02
10.910	-10.83	-3.72	-4.02	-9.95	-3.72	-10.24	-10.50	-4.02
10.920	-10.78	-3.73	-4.02	-9.91	-3.73	-10.20	-10.46	-4.02
10.930	-10.74	-3.75	-4.03	-9.88	-3.75	-10.16	-10.43	-4.03
10.940	-10.69	-3.76	-4.03	-9.85	-3.76	-10.12	-10.39	-4.03
10.950	-10.64	-3.77	-4.03	-9.82	-3.77	-10.08	-10.36	-4.03
10.960	-10.60	-3.79	-4.04	-9.79	-3.79	-10.04	-10.32	-4.04
10.970	-10.55	-3.80	-4.04	-9.76	-3.80	-10.00	-10.29	-4.04
10.980	-10.51	-3.82	-4.04	-9.73	-3.82	-9.96	-10.25	-4.04
10.990	-10.46	-3.83	-4.05	-9.69	-3.83	-9.92	-10.22	-4.05
11.000	-10.42	-3.84	-4.05	-9.66	-3.84	-9.87	-10.19	-4.05
11.010	-10.38	-3.86	-4.06	-9.63	-3.86	-9.84	-10.15	-4.06
11.020	-10.33	-3.87	-4.06	-9.60	-3.87	-9.80	-10.12	-4.06
11.030	-10.29	-3.89	-4.06	-9.58	-3.89	-9.76	-10.09	-4.06
11.040	-10.25	-3.90	-4.07	-9.55	-3.90	-9.72	-10.06	-4.07
11.050	-10.20	-3.91	-4.07	-9.52	-3.91	-9.68	-10.03	-4.07
11.060	-10.16	-3.93	-4.07	-9.49	-3.93	-9.64	-9.99	-4.07
11.070	-10.12	-3.94	-4.08	-9.46	-3.94	-9.60	-9.96	-4.08
11.080	-10.08	-3.96	-4.08	-9.43	-3.96	-9.57	-9.93	-4.08
11.090	-10.04	-3.97	-4.09	-9.40	-3.97	-9.53	-9.90	-4.09
11.100	-10.00	-3.99	-4.09	-9.38	-3.99	-9.49	-9.87	-4.09

EK B3 2.DALLI HAT BAĞLAŞTIRICISI PROGRAMI

```
*****
*
*   File   :BCAB.CKT
*   Author  :Metin Erdogan
*   Date    :22.08.1993
*   Description:
*
*   Branch line coupler design
*
*****
*
*physical parameters
;ww:1.064mm
  ww:?1.064mm?
;w00:0.58mm
  w00:?0.58mm?
;pw:2.55mm
  pw:?2.55mm?
;p00:2.7mm
  p00:?2.7mm?
*
*
;qww:1.1mm
  qww:1.05mm
;qw00:0.55mm
  qw00:0.5mm
;qpw:1.94mm
  qp00:2.6mm
;qpw:1.94mm
  qp00:2.6mm
*
*
*branch-line coupler electrical circuit
*
blk
trww:trl 1 2 z=35.4 e=90 f=10.5ghz
tr00:trl 1 4 z=50 e=90 f=10.5ghz
trww 3 4
tr00 2 3
bcel:4por 1 2 3 4
end
*
*
blk
coup 1 2 3 4 w1=w00 w2=w00 w3=w00 w4=ww w5=w00
      +l1=pw l2=(p00/2) bran sub
blcph:4por 1 2 3 4
end
*
blk
coup 1 2 3 4 w1=qw00 w2=qw00 w3=qw00 w4=qww w5=qw00
      +l1=qp00 l2=(qp00/2) bran sub
qdaa:4por 1 2 3 4
end
*
freq
```

```

;10.5ghz 10.6ghz 10.7ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.1ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.01ghz
;step 10.0ghz 11.1ghz 0.1ghz
;step 10.0ghz 11.1ghz 0.01ghz
step 8ghz 12ghz .1ghz
end
*
*
out
pri blcph s
end
*
opt
blcph
s=bcel
;ps21=-85deg -95deg
;ms21=-6db -7db
end
*
data
sub:ms h=0.635mm hu=25mm er=10.5 met1=cu 30um met2=au 2um
end

```



EK B4 2.DALLI HAT BAĞLAŞTIRICISI SONUÇLARI

MICROWAVE HARMONICA PC V5.5 File: bcab.CKT 06-DEC-93 14:24:1

Freq GHz	MS11 dB BLCPH	MS12 dB BLCPH	MS13 dB BLCPH	MS14 dB BLCPH	MS21 dB BLCPH	MS22 dB BLCPH	MS23 dB BLCPH	MS24 dB BLCPH
10.000	-17.28	-2.72	-3.77	-14.88	-2.72	-15.81	-16.02	-3.77
10.010	-17.17	-2.73	-3.78	-14.79	-2.73	-15.72	-15.92	-3.78
10.020	-17.07	-2.74	-3.78	-14.70	-2.74	-15.63	-15.82	-3.78
10.030	-16.95	-2.74	-3.78	-14.62	-2.74	-15.54	-15.73	-3.78
10.040	-16.86	-2.75	-3.78	-14.53	-2.75	-15.46	-15.63	-3.78
10.050	-16.76	-2.76	-3.79	-14.45	-2.76	-15.38	-15.54	-3.79
10.060	-16.65	-2.77	-3.79	-14.37	-2.77	-15.29	-15.44	-3.79
10.070	-16.55	-2.77	-3.79	-14.29	-2.77	-15.20	-15.35	-3.79
10.080	-16.45	-2.78	-3.79	-14.21	-2.78	-15.12	-15.26	-3.79
10.090	-16.35	-2.79	-3.80	-14.13	-2.79	-15.04	-15.17	-3.80
10.100	-16.25	-2.80	-3.80	-14.06	-2.80	-14.96	-15.08	-3.80
10.110	-16.16	-2.81	-3.80	-13.98	-2.81	-14.88	-15.00	-3.80
10.120	-16.07	-2.81	-3.80	-13.91	-2.81	-14.80	-14.91	-3.80
10.130	-15.97	-2.82	-3.81	-13.83	-2.82	-14.72	-14.83	-3.81
10.140	-15.89	-2.83	-3.81	-13.76	-2.83	-14.65	-14.74	-3.81
10.150	-15.79	-2.84	-3.81	-13.69	-2.84	-14.57	-14.66	-3.81
10.160	-15.70	-2.85	-3.81	-13.61	-2.85	-14.49	-14.58	-3.81
10.170	-15.61	-2.86	-3.82	-13.54	-2.86	-14.42	-14.50	-3.82
10.180	-15.53	-2.86	-3.82	-13.47	-2.86	-14.34	-14.42	-3.82
10.190	-15.44	-2.87	-3.82	-13.40	-2.87	-14.27	-14.34	-3.82
10.200	-15.35	-2.88	-3.82	-13.34	-2.88	-14.20	-14.27	-3.82
10.210	-15.26	-2.89	-3.83	-13.27	-2.89	-14.12	-14.19	-3.83
10.220	-15.18	-2.90	-3.83	-13.20	-2.90	-14.05	-14.11	-3.83
10.230	-15.09	-2.91	-3.83	-13.13	-2.91	-13.98	-14.04	-3.83
10.240	-15.02	-2.92	-3.83	-13.07	-2.92	-13.91	-13.96	-3.83
10.250	-14.93	-2.93	-3.84	-13.00	-2.93	-13.84	-13.89	-3.84
10.260	-14.85	-2.94	-3.84	-12.94	-2.94	-13.77	-13.82	-3.84
10.270	-14.77	-2.95	-3.84	-12.88	-2.95	-13.70	-13.75	-3.84
10.280	-14.69	-2.96	-3.84	-12.81	-2.96	-13.63	-13.68	-3.84
10.290	-14.61	-2.97	-3.85	-12.75	-2.97	-13.56	-13.61	-3.85
10.300	-14.53	-2.98	-3.85	-12.69	-2.98	-13.50	-13.54	-3.85
10.310	-14.46	-2.99	-3.85	-12.63	-2.99	-13.43	-13.47	-3.85
10.320	-14.38	-3.00	-3.85	-12.57	-3.00	-13.36	-13.41	-3.85
10.330	-14.30	-3.01	-3.86	-12.51	-3.01	-13.30	-13.34	-3.86
10.340	-14.23	-3.02	-3.86	-12.46	-3.02	-13.23	-13.28	-3.86
10.350	-14.15	-3.03	-3.86	-12.40	-3.03	-13.17	-13.21	-3.86
10.360	-14.08	-3.04	-3.86	-12.34	-3.04	-13.11	-13.14	-3.86
10.370	-14.01	-3.05	-3.87	-12.28	-3.05	-13.04	-13.08	-3.87
10.380	-13.94	-3.06	-3.87	-12.23	-3.06	-12.98	-13.02	-3.87
10.390	-13.86	-3.07	-3.87	-12.17	-3.07	-12.92	-12.96	-3.87
10.400	-13.79	-3.08	-3.87	-12.12	-3.08	-12.85	-12.90	-3.87
10.410	-13.72	-3.09	-3.88	-12.06	-3.09	-12.79	-12.84	-3.88
10.420	-13.65	-3.10	-3.88	-12.01	-3.10	-12.73	-12.78	-3.88
10.430	-13.58	-3.11	-3.88	-11.95	-3.11	-12.67	-12.72	-3.88
10.440	-13.51	-3.13	-3.88	-11.90	-3.13	-12.61	-12.66	-3.88
10.450	-13.44	-3.14	-3.89	-11.85	-3.14	-12.55	-12.60	-3.89
10.460	-13.38	-3.15	-3.89	-11.80	-3.15	-12.49	-12.54	-3.89
10.470	-13.31	-3.16	-3.89	-11.75	-3.16	-12.44	-12.49	-3.89
10.480	-13.24	-3.17	-3.89	-11.70	-3.17	-12.38	-12.43	-3.89
10.490	-13.17	-3.18	-3.90	-11.65	-3.18	-12.32	-12.38	-3.90
10.500	-13.11	-3.19	-3.90	-11.60	-3.19	-12.26	-12.32	-3.90
10.510	-13.04	-3.20	-3.90	-11.55	-3.20	-12.20	-12.27	-3.90
10.520	-12.98	-3.22	-3.90	-11.50	-3.22	-12.15	-12.21	-3.90

10.530	-12.92	-3.23	-3.91	-11.45	-3.23	-12.09	-12.16	-3.91
10.540	-12.86	-3.24	-3.91	-11.40	-3.24	-12.04	-12.11	-3.91
10.550	-12.79	-3.25	-3.91	-11.36	-3.25	-11.98	-12.06	-3.91
10.560	-12.73	-3.26	-3.91	-11.31	-3.26	-11.93	-12.00	-3.91
10.570	-12.66	-3.28	-3.92	-11.27	-3.28	-11.87	-11.95	-3.92
10.580	-12.60	-3.29	-3.92	-11.22	-3.29	-11.82	-11.90	-3.92
10.590	-12.54	-3.30	-3.92	-11.18	-3.30	-11.77	-11.85	-3.92
10.600	-12.48	-3.31	-3.93	-11.13	-3.31	-11.71	-11.80	-3.93
10.610	-12.42	-3.32	-3.93	-11.09	-3.32	-11.66	-11.75	-3.93
10.620	-12.36	-3.34	-3.93	-11.04	-3.34	-11.61	-11.71	-3.93
10.630	-12.30	-3.35	-3.93	-11.00	-3.35	-11.56	-11.66	-3.93
10.640	-12.25	-3.36	-3.94	-10.96	-3.36	-11.50	-11.61	-3.94
10.650	-12.19	-3.37	-3.94	-10.91	-3.37	-11.45	-11.56	-3.94
10.660	-12.13	-3.39	-3.94	-10.87	-3.39	-11.40	-11.52	-3.94
10.670	-12.07	-3.40	-3.94	-10.83	-3.40	-11.35	-11.47	-3.94
10.680	-12.02	-3.41	-3.95	-10.79	-3.41	-11.30	-11.43	-3.95
10.690	-11.96	-3.42	-3.95	-10.75	-3.42	-11.25	-11.38	-3.95
10.700	-11.90	-3.44	-3.95	-10.71	-3.44	-11.20	-11.34	-3.95
10.710	-11.85	-3.45	-3.96	-10.67	-3.45	-11.15	-11.29	-3.96
10.720	-11.80	-3.46	-3.96	-10.63	-3.46	-11.10	-11.25	-3.96
10.730	-11.74	-3.48	-3.96	-10.59	-3.48	-11.06	-11.21	-3.96
10.740	-11.69	-3.49	-3.97	-10.55	-3.49	-11.01	-11.16	-3.97
10.750	-11.63	-3.50	-3.97	-10.51	-3.50	-10.96	-11.12	-3.97
10.760	-11.58	-3.52	-3.97	-10.48	-3.52	-10.91	-11.08	-3.97
10.770	-11.53	-3.53	-3.97	-10.44	-3.53	-10.87	-11.04	-3.97
10.780	-11.48	-3.54	-3.98	-10.40	-3.54	-10.82	-11.00	-3.98
10.790	-11.42	-3.55	-3.98	-10.36	-3.55	-10.77	-10.96	-3.98
10.800	-11.37	-3.57	-3.98	-10.33	-3.57	-10.73	-10.92	-3.98
10.810	-11.32	-3.58	-3.99	-10.29	-3.58	-10.68	-10.88	-3.99
10.820	-11.27	-3.59	-3.99	-10.25	-3.59	-10.64	-10.84	-3.99
10.830	-11.22	-3.61	-3.99	-10.22	-3.61	-10.59	-10.80	-3.99
10.840	-11.17	-3.62	-4.00	-10.18	-3.62	-10.55	-10.76	-4.00
10.850	-11.12	-3.64	-4.00	-10.15	-3.64	-10.50	-10.72	-4.00
10.860	-11.07	-3.65	-4.00	-10.12	-3.65	-10.46	-10.68	-4.00
10.870	-11.02	-3.66	-4.01	-10.08	-3.66	-10.42	-10.64	-4.01
10.880	-10.97	-3.68	-4.01	-10.05	-3.68	-10.37	-10.61	-4.01
10.890	-10.92	-3.69	-4.01	-10.01	-3.69	-10.33	-10.57	-4.01
10.900	-10.88	-3.70	-4.02	-9.98	-3.70	-10.29	-10.53	-4.02
10.910	-10.83	-3.72	-4.02	-9.95	-3.72	-10.24	-10.50	-4.02
10.920	-10.78	-3.73	-4.02	-9.91	-3.73	-10.20	-10.46	-4.02
10.930	-10.74	-3.75	-4.03	-9.88	-3.75	-10.16	-10.43	-4.03
10.940	-10.69	-3.76	-4.03	-9.85	-3.76	-10.12	-10.39	-4.03
10.950	-10.64	-3.77	-4.03	-9.82	-3.77	-10.08	-10.36	-4.03
10.960	-10.60	-3.79	-4.04	-9.79	-3.79	-10.04	-10.32	-4.04
10.970	-10.55	-3.80	-4.04	-9.76	-3.80	-10.00	-10.29	-4.04
10.980	-10.51	-3.82	-4.04	-9.73	-3.82	-9.96	-10.25	-4.04
10.990	-10.46	-3.83	-4.05	-9.69	-3.83	-9.92	-10.22	-4.05
11.000	-10.42	-3.84	-4.05	-9.66	-3.84	-9.87	-10.19	-4.05
11.010	-10.38	-3.86	-4.06	-9.63	-3.86	-9.84	-10.15	-4.06
11.020	-10.33	-3.87	-4.06	-9.60	-3.87	-9.80	-10.12	-4.06
11.030	-10.29	-3.89	-4.06	-9.58	-3.89	-9.76	-10.09	-4.06
11.040	-10.25	-3.90	-4.07	-9.55	-3.90	-9.72	-10.06	-4.07
11.050	-10.20	-3.91	-4.07	-9.52	-3.91	-9.68	-10.03	-4.07
11.060	-10.16	-3.93	-4.07	-9.49	-3.93	-9.64	-9.99	-4.07
11.070	-10.12	-3.94	-4.08	-9.46	-3.94	-9.60	-9.96	-4.08
11.080	-10.08	-3.96	-4.08	-9.43	-3.96	-9.57	-9.93	-4.08
11.090	-10.04	-3.97	-4.09	-9.40	-3.97	-9.53	-9.90	-4.09
11.100	-10.00	-3.99	-4.09	-9.38	-3.99	-9.49	-9.87	-4.09

EK B5 3.DALLI HAT BAĞLAŞTIRICISI PROGRAMI

```
*****
*
*   File   :BCAC.CKT
*   Author :Metin Erdogan
*   Date   :25.08.1993
*   Description:
*
*   Branch line coupler design
*
*****
*
*physical parameters
;ww:1.064mm
WW:?.1MM?
W00:0.58MM
;W00:?.58MM?
pw:2mm
;PW:?.9897MM?
p00:2.5mm
;P00:?.4911MM?
*
*
*branch-line coupler electrical circuit
*
blk
trww:trl 1 2 z=35.4 e=90 f=10.5ghz
tr00:trl 1 4 z=50 e=90 f=10.5ghz
trww 3 4
tr00 2 3
bcel:4por 1 2 3 4
end
*
*
blk
coup 1 2 3 4 w1=w00 w2=w00 w3=w00 w4=ww w5=w00
      +l1=pw l2=(p00/2) bran sub
blcph:4por 1 2 3 4
end
*
*
freq
;10.5ghz 10.6ghz 10.7ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.1ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.01ghz
;step 10.0ghz 11.1ghz 0.1ghz
;step 10.0ghz 11.1ghz 0.01ghz
step 8ghz 12ghz .1ghz
end
*
*
out
pri blcph s
end
*
opt
blcph
s=bcel
```

```
;ps21=-85deg -95deg  
;ms21=-6db -7db  
end  
*  
data  
sub:ms h=0.635mm hu=25mm er=10.5 met1=cu 30um met2=au 2um  
end
```



EK B6 3.HAT BAĞLAŞTIRICISI SONUÇLARI

MICROWAVE HARMONICA PC V5.5 File: bcac.CKT 06-DEC-93 14:26:4

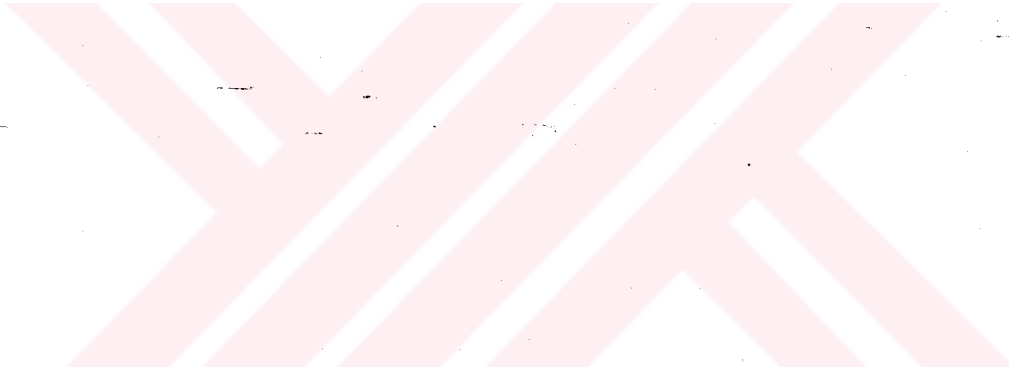
Freq GHz	MS11 dB BLCPH	MS12 dB BLCPH	MS13 dB BLCPH	MS14 dB BLCPH	MS21 dB BLCPH	MS22 dB BLCPH	MS23 dB BLCPH	MS24 dB BLCPH
10.000	-19.04	-2.81	-3.38	-20.40	-2.81	-21.03	-18.64	-3.38
10.010	-19.18	-2.80	-3.38	-20.56	-2.80	-21.20	-18.77	-3.38
10.020	-19.32	-2.80	-3.38	-20.73	-2.80	-21.38	-18.90	-3.38
10.030	-19.47	-2.79	-3.38	-20.90	-2.79	-21.56	-19.04	-3.38
10.040	-19.61	-2.78	-3.38	-21.07	-2.78	-21.75	-19.18	-3.38
10.050	-19.75	-2.77	-3.39	-21.25	-2.77	-21.93	-19.33	-3.39
10.060	-19.91	-2.77	-3.39	-21.43	-2.77	-22.13	-19.47	-3.39
10.070	-20.06	-2.76	-3.39	-21.61	-2.76	-22.32	-19.62	-3.39
10.080	-20.21	-2.75	-3.39	-21.80	-2.75	-22.52	-19.77	-3.39
10.090	-20.37	-2.75	-3.39	-21.99	-2.75	-22.73	-19.92	-3.39
10.100	-20.52	-2.74	-3.40	-22.19	-2.74	-22.94	-20.08	-3.40
10.110	-20.68	-2.73	-3.40	-22.39	-2.73	-23.15	-20.23	-3.40
10.120	-20.85	-2.73	-3.40	-22.60	-2.73	-23.37	-20.40	-3.40
10.130	-21.02	-2.72	-3.40	-22.81	-2.72	-23.59	-20.56	-3.40
10.140	-21.19	-2.71	-3.40	-23.03	-2.71	-23.82	-20.73	-3.40
10.150	-21.36	-2.71	-3.41	-23.25	-2.71	-24.06	-20.90	-3.41
10.160	-21.54	-2.70	-3.41	-23.48	-2.70	-24.30	-21.08	-3.41
10.170	-21.71	-2.69	-3.41	-23.71	-2.69	-24.55	-21.26	-3.41
10.180	-21.90	-2.69	-3.41	-23.96	-2.69	-24.80	-21.44	-3.41
10.190	-22.08	-2.68	-3.41	-24.21	-2.68	-25.06	-21.63	-3.41
10.200	-22.27	-2.68	-3.42	-24.47	-2.68	-25.32	-21.82	-3.42
10.210	-22.47	-2.67	-3.42	-24.73	-2.67	-25.60	-22.02	-3.42
10.220	-22.67	-2.67	-3.42	-25.00	-2.67	-25.88	-22.22	-3.42
10.230	-22.86	-2.66	-3.42	-25.28	-2.66	-26.17	-22.43	-3.42
10.240	-23.08	-2.66	-3.42	-25.58	-2.66	-26.47	-22.64	-3.42
10.250	-23.29	-2.65	-3.43	-25.87	-2.65	-26.78	-22.85	-3.43
10.260	-23.50	-2.65	-3.43	-26.19	-2.65	-27.10	-23.08	-3.43
10.270	-23.72	-2.64	-3.43	-26.51	-2.64	-27.43	-23.30	-3.43
10.280	-23.95	-2.64	-3.43	-26.84	-2.64	-27.77	-23.53	-3.43
10.290	-24.18	-2.63	-3.43	-27.19	-2.63	-28.13	-23.77	-3.43
10.300	-24.42	-2.63	-3.44	-27.55	-2.63	-28.49	-24.02	-3.44
10.310	-24.66	-2.62	-3.44	-27.93	-2.62	-28.88	-24.27	-3.44
10.320	-24.91	-2.62	-3.44	-28.32	-2.62	-29.27	-24.54	-3.44
10.330	-25.17	-2.62	-3.44	-28.73	-2.62	-29.67	-24.81	-3.44
10.340	-25.44	-2.61	-3.44	-29.16	-2.61	-30.11	-25.08	-3.44
10.350	-25.70	-2.61	-3.44	-29.62	-2.61	-30.55	-25.37	-3.44
10.360	-25.99	-2.60	-3.45	-30.09	-2.60	-31.01	-25.66	-3.45
10.370	-26.27	-2.60	-3.45	-30.58	-2.60	-31.49	-25.97	-3.45
10.380	-26.57	-2.60	-3.45	-31.12	-2.60	-31.99	-26.29	-3.45
10.390	-26.88	-2.59	-3.45	-31.67	-2.59	-32.52	-26.62	-3.45
10.400	-27.19	-2.59	-3.45	-32.26	-2.59	-33.06	-26.97	-3.45
10.410	-27.52	-2.59	-3.46	-32.89	-2.59	-33.62	-27.32	-3.46
10.420	-27.86	-2.58	-3.46	-33.57	-2.58	-34.20	-27.70	-3.46
10.430	-28.20	-2.58	-3.46	-34.28	-2.58	-34.80	-28.08	-3.46
10.440	-28.56	-2.58	-3.46	-35.01	-2.58	-35.40	-28.48	-3.46
10.450	-28.95	-2.57	-3.46	-35.81	-2.57	-36.01	-28.90	-3.46
10.460	-29.34	-2.57	-3.46	-36.68	-2.57	-36.61	-29.34	-3.46
10.470	-29.75	-2.57	-3.47	-37.56	-2.57	-37.15	-29.80	-3.47
10.480	-30.17	-2.57	-3.47	-38.48	-2.57	-37.65	-30.30	-3.47
10.490	-30.60	-2.56	-3.47	-39.40	-2.56	-38.05	-30.82	-3.47
10.500	-31.06	-2.56	-3.47	-40.21	-2.56	-38.33	-31.36	-3.47
10.510	-31.55	-2.56	-3.47	-40.87	-2.56	-38.46	-31.94	-3.47
10.520	-32.04	-2.56	-3.47	-41.24	-2.56	-38.42	-32.55	-3.47

10.530	-32.57	-2.56	-3.48	-41.24	-2.56	-38.22	-33.21	-3.48
10.540	-33.11	-2.55	-3.48	-40.87	-2.55	-37.88	-33.90	-3.48
10.550	-33.68	-2.55	-3.48	-40.21	-2.55	-37.43	-34.65	-3.48
10.560	-34.25	-2.55	-3.48	-39.39	-2.55	-36.92	-35.43	-3.48
10.570	-34.85	-2.55	-3.48	-38.48	-2.55	-36.35	-36.29	-3.48
10.580	-35.46	-2.55	-3.48	-37.57	-2.55	-35.77	-37.18	-3.48
10.590	-36.09	-2.55	-3.49	-36.69	-2.55	-35.17	-38.10	-3.49
10.600	-36.69	-2.55	-3.49	-35.82	-2.55	-34.57	-39.06	-3.49
10.610	-37.26	-2.55	-3.49	-35.03	-2.55	-34.00	-39.97	-3.49
10.620	-37.79	-2.54	-3.49	-34.27	-2.54	-33.44	-40.77	-3.49
10.630	-38.21	-2.54	-3.49	-33.55	-2.54	-32.89	-41.34	-3.49
10.640	-38.52	-2.54	-3.49	-32.90	-2.54	-32.37	-41.54	-3.49
10.650	-38.68	-2.54	-3.50	-32.28	-2.54	-31.87	-41.34	-3.50
10.660	-38.67	-2.54	-3.50	-31.69	-2.54	-31.40	-40.79	-3.50
10.670	-38.49	-2.54	-3.50	-31.13	-2.54	-30.93	-39.99	-3.50
10.680	-38.16	-2.54	-3.50	-30.61	-2.54	-30.49	-39.08	-3.50
10.690	-37.72	-2.54	-3.50	-30.11	-2.54	-30.07	-38.15	-3.50
10.700	-37.19	-2.54	-3.50	-29.63	-2.54	-29.66	-37.20	-3.50
10.710	-36.62	-2.54	-3.50	-29.19	-2.54	-29.27	-36.33	-3.50
10.720	-36.01	-2.54	-3.50	-28.76	-2.54	-28.89	-35.48	-3.50
10.730	-35.40	-2.54	-3.51	-28.36	-2.54	-28.53	-34.70	-3.51
10.740	-34.78	-2.54	-3.51	-27.96	-2.54	-28.18	-33.95	-3.51
10.750	-34.21	-2.54	-3.51	-27.59	-2.54	-27.85	-33.27	-3.51
10.760	-33.64	-2.54	-3.51	-27.22	-2.54	-27.52	-32.60	-3.51
10.770	-33.08	-2.54	-3.51	-26.88	-2.54	-27.21	-32.00	-3.51
10.780	-32.54	-2.54	-3.51	-26.55	-2.54	-26.90	-31.42	-3.51
10.790	-32.03	-2.54	-3.51	-26.23	-2.54	-26.61	-30.88	-3.51
10.800	-31.55	-2.55	-3.51	-25.92	-2.55	-26.32	-30.37	-3.51
10.810	-31.08	-2.55	-3.52	-25.62	-2.55	-26.05	-29.88	-3.52
10.820	-30.63	-2.55	-3.52	-25.33	-2.55	-25.78	-29.42	-3.52
10.830	-30.20	-2.55	-3.52	-25.05	-2.55	-25.52	-28.98	-3.52
10.840	-29.78	-2.55	-3.52	-24.78	-2.55	-25.27	-28.56	-3.52
10.850	-29.38	-2.55	-3.52	-24.52	-2.55	-25.02	-28.16	-3.52
10.860	-29.00	-2.55	-3.52	-24.26	-2.55	-24.78	-27.78	-3.52
10.870	-28.63	-2.56	-3.52	-24.02	-2.56	-24.55	-27.42	-3.52
10.880	-28.27	-2.56	-3.52	-23.78	-2.56	-24.32	-27.06	-3.52
10.890	-27.93	-2.56	-3.53	-23.54	-2.56	-24.10	-26.72	-3.53
10.900	-27.60	-2.56	-3.53	-23.31	-2.56	-23.88	-26.39	-3.53
10.910	-27.28	-2.56	-3.53	-23.09	-2.56	-23.67	-26.07	-3.53
10.920	-26.97	-2.57	-3.53	-22.88	-2.57	-23.47	-25.77	-3.53
10.930	-26.67	-2.57	-3.53	-22.66	-2.57	-23.26	-25.48	-3.53
10.940	-26.38	-2.57	-3.53	-22.46	-2.57	-23.07	-25.19	-3.53
10.950	-26.10	-2.57	-3.53	-22.26	-2.57	-22.87	-24.92	-3.53
10.960	-25.84	-2.58	-3.53	-22.06	-2.58	-22.69	-24.65	-3.53
10.970	-25.57	-2.58	-3.53	-21.87	-2.58	-22.50	-24.40	-3.53
10.980	-25.31	-2.58	-3.53	-21.68	-2.58	-22.32	-24.14	-3.53
10.990	-25.06	-2.58	-3.53	-21.50	-2.58	-22.15	-23.90	-3.53
11.000	-24.81	-2.59	-3.54	-21.32	-2.59	-21.97	-23.66	-3.54
11.010	-24.58	-2.59	-3.54	-21.15	-2.59	-21.80	-23.43	-3.54
11.020	-24.35	-2.59	-3.54	-20.98	-2.59	-21.63	-23.21	-3.54
11.030	-24.12	-2.60	-3.54	-20.81	-2.60	-21.47	-22.99	-3.54
11.040	-23.90	-2.60	-3.54	-20.64	-2.60	-21.31	-22.78	-3.54
11.050	-23.69	-2.60	-3.54	-20.48	-2.60	-21.15	-22.57	-3.54
11.060	-23.48	-2.61	-3.54	-20.32	-2.61	-21.00	-22.37	-3.54
11.070	-23.27	-2.61	-3.54	-20.17	-2.61	-20.84	-22.17	-3.54
11.080	-23.07	-2.61	-3.54	-20.02	-2.61	-20.69	-21.98	-3.54
11.090	-22.88	-2.62	-3.54	-19.86	-2.62	-20.55	-21.79	-3.54
11.100	-22.69	-2.62	-3.54	-19.72	-2.62	-20.40	-21.60	-3.54

EK C1 HALKA BAĞLAŞTIRICISI PROGRAMI

```
*****
*
*   File      :RCAA.CKT
*   Author    :Metin Erdogan
*   Date      :1.08.93 10:22 AM
*   Description:
*
*   Ring Coupler design
*
*   Comparison of ring couplers:
*   a. Created with TRL elements.
*   b. Created with MW Harmonica's build-in CPLR element.
*****
* physical parameters
w00:0.58mm
waa:0.3mm
;wAA:?0.266011mm?
paa:2.7mm
;paa:?2.69809mm?
*
* ring coupler electrical circuit
*
blk
rctrl:trl 1 2 z=70.71 e=90deg f=10.5ghz
rctrl 2 3
rctrl 3 4
trl 4 1 z=70.71 e=270deg f=10.5ghz
rcel:4por 1 2 3 4
end
*
* ring coupler physical circuit
*
blk
rcpt:trl 1 2 w=waa p=paa sub
rcpt 2 3
rcpt 3 4
trl 4 1 w=waa p=(3*paa) sub
pcph:4por 1 2 3 4
end
*
* ring coupler build-in circuit
*
blk
coup 1 2 3 4 w1=w00 w2=w00 w3=waa w4=waa w5=waa l1=paa l2=(1.5*
+ring sub
rcbi:4por 1 2 3 4
end
*
*
freq
;10.5ghz 10.6ghz 10.7ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.1ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.01ghz
;step 10.0ghz 11.1ghz 0.1ghz
step 10.0ghz 11.1ghz 0.01ghz
;step 8ghz 12ghz .1ghz
end
*
*
```

```
out
  pri rcbi s
end
*
opt
rcbi
s=rcel
end
*
*
*
data
sub:ms h=0.635mm hu=25mm er=10.5 met1=cu 30um met2=au 2um
end
```



EK C2 HALKA BAĞLAŞTIRICI SONUÇLARI

MICROWAVE HARMONICA PC V5.5 File: RCAA.CKT 06-DEC-93 12:00:4

Freq GHz	MS11 dB RCBI	MS12 dB RCBI	MS13 dB RCBI	MS14 dB RCBI	MS21 dB RCBI	MS22 dB RCBI	MS23 dB RCBI	MS24 dB RCBI
10.000	-17.32	-3.05	-27.43	-3.13	-3.05	-17.92	-3.10	-27.43
10.010	-17.36	-3.04	-27.56	-3.13	-3.04	-17.96	-3.10	-27.56
10.020	-17.40	-3.04	-27.69	-3.13	-3.04	-17.99	-3.10	-27.69
10.030	-17.45	-3.04	-27.82	-3.12	-3.04	-18.03	-3.10	-27.82
10.040	-17.49	-3.04	-27.95	-3.12	-3.04	-18.06	-3.10	-27.95
10.050	-17.53	-3.04	-28.08	-3.12	-3.04	-18.10	-3.10	-28.08
10.060	-17.58	-3.04	-28.22	-3.12	-3.04	-18.13	-3.10	-28.22
10.070	-17.62	-3.03	-28.36	-3.12	-3.03	-18.17	-3.10	-28.36
10.080	-17.66	-3.03	-28.49	-3.12	-3.03	-18.21	-3.10	-28.49
10.090	-17.71	-3.03	-28.64	-3.12	-3.03	-18.24	-3.10	-28.64
10.100	-17.76	-3.03	-28.78	-3.12	-3.03	-18.28	-3.10	-28.78
10.110	-17.80	-3.03	-28.93	-3.12	-3.03	-18.32	-3.10	-28.93
10.120	-17.85	-3.03	-29.07	-3.12	-3.03	-18.36	-3.09	-29.07
10.130	-17.90	-3.03	-29.23	-3.12	-3.03	-18.40	-3.09	-29.23
10.140	-17.95	-3.03	-29.38	-3.12	-3.03	-18.44	-3.09	-29.38
10.150	-18.00	-3.02	-29.54	-3.12	-3.02	-18.49	-3.09	-29.54
10.160	-18.05	-3.02	-29.70	-3.12	-3.02	-18.53	-3.09	-29.70
10.170	-18.10	-3.02	-29.86	-3.12	-3.02	-18.57	-3.09	-29.86
10.180	-18.15	-3.02	-30.02	-3.12	-3.02	-18.62	-3.09	-30.02
10.190	-18.20	-3.02	-30.19	-3.11	-3.02	-18.66	-3.09	-30.19
10.200	-18.25	-3.02	-30.36	-3.11	-3.02	-18.71	-3.09	-30.36
10.210	-18.31	-3.02	-30.54	-3.11	-3.02	-18.75	-3.09	-30.54
10.220	-18.36	-3.02	-30.71	-3.11	-3.02	-18.80	-3.09	-30.71
10.230	-18.42	-3.02	-30.89	-3.11	-3.02	-18.85	-3.09	-30.89
10.240	-18.47	-3.01	-31.08	-3.11	-3.01	-18.90	-3.09	-31.08
10.250	-18.53	-3.01	-31.27	-3.11	-3.01	-18.95	-3.09	-31.27
10.260	-18.59	-3.01	-31.46	-3.11	-3.01	-19.00	-3.09	-31.46
10.270	-18.65	-3.01	-31.66	-3.11	-3.01	-19.05	-3.09	-31.66
10.280	-18.71	-3.01	-31.86	-3.10	-3.01	-19.10	-3.09	-31.86
10.290	-18.77	-3.01	-32.07	-3.10	-3.01	-19.15	-3.08	-32.07
10.300	-18.83	-3.01	-32.28	-3.10	-3.01	-19.21	-3.08	-32.28
10.310	-18.89	-3.01	-32.50	-3.10	-3.01	-19.26	-3.08	-32.50
10.320	-18.95	-3.01	-32.72	-3.10	-3.01	-19.32	-3.08	-32.72
10.330	-19.02	-3.01	-32.95	-3.10	-3.01	-19.37	-3.08	-32.95
10.340	-19.08	-3.01	-33.18	-3.10	-3.01	-19.43	-3.08	-33.18
10.350	-19.15	-3.01	-33.42	-3.10	-3.01	-19.49	-3.08	-33.42
10.360	-19.21	-3.01	-33.67	-3.09	-3.01	-19.55	-3.08	-33.67
10.370	-19.28	-3.01	-33.92	-3.09	-3.01	-19.61	-3.08	-33.92
10.380	-19.35	-3.01	-34.18	-3.09	-3.01	-19.67	-3.07	-34.18
10.390	-19.42	-3.01	-34.45	-3.09	-3.01	-19.73	-3.07	-34.45
10.400	-19.49	-3.01	-34.73	-3.09	-3.01	-19.79	-3.07	-34.73
10.410	-19.56	-3.01	-35.02	-3.09	-3.01	-19.86	-3.07	-35.02
10.420	-19.63	-3.01	-35.32	-3.08	-3.01	-19.92	-3.07	-35.32
10.430	-19.71	-3.01	-35.62	-3.08	-3.01	-19.99	-3.07	-35.62
10.440	-19.78	-3.01	-35.94	-3.08	-3.01	-20.06	-3.07	-35.94
10.450	-19.86	-3.00	-36.27	-3.08	-3.00	-20.13	-3.06	-36.27
10.460	-19.94	-3.00	-36.62	-3.08	-3.00	-20.20	-3.06	-36.62
10.470	-20.02	-3.00	-36.98	-3.08	-3.00	-20.27	-3.06	-36.98
10.480	-20.10	-3.01	-37.35	-3.07	-3.01	-20.34	-3.06	-37.35
10.490	-20.18	-3.01	-37.74	-3.07	-3.01	-20.41	-3.06	-37.74
10.500	-20.26	-3.01	-38.15	-3.07	-3.01	-20.49	-3.06	-38.15
10.510	-20.34	-3.01	-38.58	-3.07	-3.01	-20.56	-3.06	-38.58
10.520	-20.43	-3.01	-39.03	-3.07	-3.01	-20.64	-3.05	-39.03

10.530	-20.51	-3.01	-39.50	-3.06	-3.01	-20.72	-3.05	-39.50
10.540	-20.60	-3.01	-40.00	-3.06	-3.01	-20.80	-3.05	-40.00
10.550	-20.69	-3.01	-40.54	-3.06	-3.01	-20.88	-3.05	-40.54
10.560	-20.78	-3.01	-41.10	-3.06	-3.01	-20.96	-3.05	-41.10
10.570	-20.87	-3.01	-41.71	-3.06	-3.01	-21.05	-3.04	-41.71
10.580	-20.97	-3.01	-42.36	-3.05	-3.01	-21.13	-3.04	-42.36
10.590	-21.06	-3.01	-43.07	-3.05	-3.01	-21.22	-3.04	-43.07
10.600	-21.16	-3.01	-43.84	-3.05	-3.01	-21.31	-3.04	-43.84
10.610	-21.26	-3.01	-44.68	-3.05	-3.01	-21.40	-3.04	-44.68
10.620	-21.36	-3.01	-45.62	-3.04	-3.01	-21.49	-3.03	-45.62
10.630	-21.46	-3.01	-46.66	-3.04	-3.01	-21.59	-3.03	-46.66
10.640	-21.56	-3.01	-47.85	-3.04	-3.01	-21.68	-3.03	-47.85
10.650	-21.67	-3.01	-49.23	-3.04	-3.01	-21.78	-3.03	-49.23
10.660	-21.77	-3.01	-50.86	-3.04	-3.01	-21.88	-3.02	-50.86
10.670	-21.88	-3.01	-52.87	-3.03	-3.01	-21.98	-3.02	-52.87
10.680	-21.99	-3.02	-55.46	-3.03	-3.02	-22.08	-3.02	-55.46
10.690	-22.10	-3.02	-59.11	-3.03	-3.02	-22.18	-3.02	-59.11
10.700	-22.22	-3.02	-64.88	-3.03	-3.02	-22.29	-3.02	-64.88
10.710	-22.33	-3.02	-68.54	-3.02	-3.02	-22.40	-3.01	-68.54
10.720	-22.45	-3.02	-61.77	-3.02	-3.02	-22.51	-3.01	-61.77
10.730	-22.57	-3.02	-57.19	-3.02	-3.02	-22.62	-3.01	-57.19
10.740	-22.69	-3.02	-54.14	-3.02	-3.02	-22.73	-3.01	-54.14
10.750	-22.81	-3.02	-51.85	-3.01	-3.02	-22.85	-3.00	-51.85
10.760	-22.94	-3.03	-50.03	-3.01	-3.03	-22.97	-3.00	-50.03
10.770	-23.07	-3.03	-48.53	-3.01	-3.03	-23.09	-3.00	-48.53
10.780	-23.20	-3.03	-47.25	-3.00	-3.03	-23.21	-2.99	-47.25
10.790	-23.33	-3.03	-46.12	-3.00	-3.03	-23.34	-2.99	-46.12
10.800	-23.47	-3.03	-45.13	-3.00	-3.03	-23.46	-2.99	-45.13
10.810	-23.60	-3.03	-44.24	-3.00	-3.03	-23.59	-2.99	-44.24
10.820	-23.74	-3.03	-43.43	-2.99	-3.03	-23.73	-2.98	-43.43
10.830	-23.88	-3.04	-42.69	-2.99	-3.04	-23.86	-2.98	-42.69
10.840	-24.03	-3.04	-42.01	-2.99	-3.04	-24.00	-2.98	-42.01
10.850	-24.17	-3.04	-41.37	-2.98	-3.04	-24.14	-2.97	-41.37
10.860	-24.32	-3.04	-40.78	-2.98	-3.04	-24.28	-2.97	-40.78
10.870	-24.47	-3.04	-40.23	-2.98	-3.04	-24.42	-2.97	-40.23
10.880	-24.63	-3.05	-39.71	-2.98	-3.05	-24.57	-2.97	-39.71
10.890	-24.78	-3.05	-39.21	-2.97	-3.05	-24.72	-2.96	-39.21
10.900	-24.94	-3.05	-38.74	-2.97	-3.05	-24.87	-2.96	-38.74
10.910	-25.10	-3.05	-38.30	-2.97	-3.05	-25.02	-2.96	-38.30
10.920	-25.27	-3.05	-37.88	-2.96	-3.05	-25.18	-2.95	-37.88
10.930	-25.43	-3.06	-37.48	-2.96	-3.06	-25.34	-2.95	-37.48
10.940	-25.60	-3.06	-37.09	-2.96	-3.06	-25.50	-2.95	-37.09
10.950	-25.77	-3.06	-36.72	-2.95	-3.06	-25.67	-2.94	-36.72
10.960	-25.94	-3.06	-36.37	-2.95	-3.06	-25.83	-2.94	-36.37
10.970	-26.12	-3.07	-36.02	-2.95	-3.07	-26.00	-2.94	-36.02
10.980	-26.29	-3.07	-35.70	-2.94	-3.07	-26.17	-2.93	-35.70
10.990	-26.47	-3.07	-35.38	-2.94	-3.07	-26.34	-2.93	-35.38
11.000	-26.65	-3.08	-35.07	-2.94	-3.08	-26.51	-2.93	-35.07
11.010	-26.83	-3.08	-34.78	-2.93	-3.08	-26.69	-2.92	-34.78
11.020	-27.01	-3.08	-34.49	-2.93	-3.08	-26.86	-2.92	-34.49
11.030	-27.19	-3.08	-34.21	-2.93	-3.08	-27.04	-2.92	-34.21
11.040	-27.37	-3.09	-33.94	-2.92	-3.09	-27.22	-2.91	-33.94
11.050	-27.55	-3.09	-33.68	-2.92	-3.09	-27.39	-2.91	-33.68
11.060	-27.74	-3.09	-33.42	-2.92	-3.09	-27.57	-2.91	-33.42
11.070	-27.91	-3.10	-33.17	-2.91	-3.10	-27.74	-2.90	-33.17
11.080	-28.09	-3.10	-32.93	-2.91	-3.10	-27.91	-2.90	-32.93
11.090	-28.26	-3.10	-32.70	-2.91	-3.10	-28.08	-2.90	-32.70
11.100	-28.43	-3.11	-32.47	-2.90	-3.11	-28.24	-2.89	-32.47

EK D1 DENGELİ KARİŞTİRİCİNİN PROGRAMI

```
*****
*
*   File   :SBMAA.CKT
*   Author :Metin Erdogdu
*   Date   :1.09.93 3:47 PM
*   Description:
*
*   Single Balanced Mixer Design
*
*****
* ring coupler physical parameters
  w00:0.58mm
  p00:3mm
  waa:0.3mm
  paa:2.7mm?
*
*trimmer for carrier suppression adjustment
radj:50
*
*choke circuit physical parameters
pl:3.4mm
*
*Mounted single beam lead diode
*port1: cathode
*port2: anode
*
blk
trbld:trl 1 3 w=w00 p=0.2mm sub
tapbld:tap 3 4 w1=w00 w2=0.2mm p=0.2mm wlin sub
trbld 2 6
tapbld 6 5
diod 4 5 rs=5 cj=0.11pf rj=250 lp=0.1nh cp=0.02pf beam
msbld:2por 1 2
end
*
*
*Single ended mixer, IF low pass circuit
*
blk
cstaa:cst 1 0 a=90 ri=0.1mm rl=2.5mm sub
trl 1 4 w=0.1mm p=pl sub
cstaa 4
;cstaa 4
cap 4 3 c=470pf
ind 4 2 l=0.47uh
cap 2 0 c=470pf
semaa:3por 1 2 3
end
*
*
*RF choke for trimmer
blk
trchk:trl 1 3 w=0.1mm p=pl sub
cschk:cst 3 0 a=90 ri=0.1mm rl=2.5mm sub
trchk 3 4
cschk 3
cschk 4
cap 4 0 c=470pf
ind 4 2 l=0.470uh
```

```

rfchaa:2por 1 2
end
*
* ring coupler build-in circuit
*
blk
coup 1 2 3 4 w1=w00 w2=w00 w3=waa w4=waa w5=waa l1=paa l2=(1.5*
      +ring sub
rcaa:4por 1 2 3 4
end
*
*
*trimmer for carrier suppression adjustment
blk
res 1 3 r=radj
res 3 2 r=(100-radj)
trmaa:3por 1 2 3
end
*
*
*single balanced mixer
blk
tr00:trl 1 10 w=w00 p=p00 sub
rfchaa 10 9
tr00 10 4
trmaa 7 8 9
semaa 6 8 2
semaa 5 7 2
msbld 5 55
msbld 66 6
rcaa 33 55 4 66
tr00 33 3
sbmaa:3por 1 2 3
end
*
*
freq
;10.5ghz 10.6ghz 10.7ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.1ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.01ghz
;step 10.0ghz 11.1ghz 0.1ghz
;step 10.0ghz 11.1ghz 0.01ghz
;step 8ghz 16ghz .3ghz
end
*
*
out
  pri sbmaa s
end
*
opt
sbmaa
ms11 -10db 1t
end
*
*
*
data
sub:ms h=0.635mm hu=25mm er=10.5 met1=cu 30um met2=au 2um
end

```

EK D2 DENGELİ KARIŞTIRICI SONUÇLARI

MICROWAVE HARMONICA PC V5.5 File: SBMAA.CKT 07-DEC-93 12:16:

Freq GHz	MS11 dB SBMAA	MS12 dB SBMAA	MS13 dB SBMAA	MS21 dB SBMAA	MS22 dB SBMAA	MS23 dB SBMAA	MS31 dB SBMAA	MS32 dB SBMAA
10.000	-5.56	-22.73	-24.06	-22.73	-0.07	-49.68	-24.06	-49.68
10.010	-5.57	-22.65	-24.23	-22.65	-0.07	-49.75	-24.23	-49.75
10.020	-5.58	-22.56	-24.40	-22.56	-0.07	-49.82	-24.40	-49.82
10.030	-5.59	-22.47	-24.57	-22.47	-0.07	-49.90	-24.57	-49.90
10.040	-5.60	-22.38	-24.74	-22.38	-0.07	-49.97	-24.74	-49.97
10.050	-5.61	-22.29	-24.92	-22.29	-0.07	-50.05	-24.92	-50.05
10.060	-5.63	-22.20	-25.09	-22.20	-0.08	-50.13	-25.09	-50.13
10.070	-5.64	-22.11	-25.27	-22.11	-0.08	-50.22	-25.27	-50.22
10.080	-5.65	-22.02	-25.46	-22.02	-0.08	-50.30	-25.46	-50.30
10.090	-5.66	-21.94	-25.64	-21.94	-0.08	-50.39	-25.64	-50.39
10.100	-5.68	-21.85	-25.83	-21.85	-0.08	-50.48	-25.83	-50.48
10.110	-5.69	-21.76	-26.02	-21.76	-0.08	-50.57	-26.02	-50.57
10.120	-5.70	-21.67	-26.21	-21.67	-0.08	-50.67	-26.21	-50.67
10.130	-5.72	-21.58	-26.41	-21.58	-0.09	-50.76	-26.41	-50.76
10.140	-5.73	-21.49	-26.61	-21.49	-0.09	-50.87	-26.61	-50.87
10.150	-5.74	-21.40	-26.81	-21.40	-0.09	-50.97	-26.81	-50.97
10.160	-5.76	-21.31	-27.01	-21.31	-0.09	-51.08	-27.01	-51.08
10.170	-5.77	-21.22	-27.22	-21.22	-0.09	-51.19	-27.22	-51.19
10.180	-5.79	-21.13	-27.43	-21.13	-0.09	-51.30	-27.43	-51.30
10.190	-5.80	-21.04	-27.65	-21.04	-0.10	-51.42	-27.65	-51.42
10.200	-5.82	-20.95	-27.86	-20.95	-0.10	-51.54	-27.86	-51.54
10.210	-5.83	-20.86	-28.09	-20.86	-0.10	-51.66	-28.09	-51.66
10.220	-5.85	-20.77	-28.31	-20.77	-0.10	-51.79	-28.31	-51.79
10.230	-5.87	-20.69	-28.54	-20.69	-0.10	-51.92	-28.54	-51.92
10.240	-5.88	-20.60	-28.78	-20.60	-0.11	-52.05	-28.78	-52.05
10.250	-5.90	-20.51	-29.01	-20.51	-0.11	-52.19	-29.01	-52.19
10.260	-5.92	-20.42	-29.26	-20.42	-0.11	-52.34	-29.26	-52.34
10.270	-5.94	-20.33	-29.50	-20.33	-0.11	-52.49	-29.50	-52.49
10.280	-5.96	-20.23	-29.76	-20.23	-0.11	-52.64	-29.76	-52.64
10.290	-5.98	-20.14	-30.01	-20.14	-0.12	-52.80	-30.01	-52.80
10.300	-5.99	-20.05	-30.28	-20.05	-0.12	-52.96	-30.28	-52.96
10.310	-6.01	-19.96	-30.54	-19.96	-0.12	-53.13	-30.54	-53.13
10.320	-6.03	-19.87	-30.82	-19.87	-0.12	-53.30	-30.82	-53.30
10.330	-6.06	-19.78	-31.10	-19.78	-0.13	-53.49	-31.10	-53.49
10.340	-6.08	-19.69	-31.39	-19.69	-0.13	-53.67	-31.39	-53.67
10.350	-6.10	-19.60	-31.68	-19.60	-0.13	-53.87	-31.68	-53.87
10.360	-6.12	-19.51	-31.98	-19.51	-0.13	-54.07	-31.98	-54.07
10.370	-6.14	-19.42	-32.29	-19.42	-0.14	-54.28	-32.29	-54.28
10.380	-6.16	-19.33	-32.60	-19.33	-0.14	-54.49	-32.60	-54.49
10.390	-6.19	-19.23	-32.93	-19.23	-0.14	-54.71	-32.93	-54.71
10.400	-6.21	-19.14	-33.26	-19.14	-0.14	-54.95	-33.26	-54.95
10.410	-6.24	-19.05	-33.60	-19.05	-0.15	-55.19	-33.60	-55.19
10.420	-6.26	-18.96	-33.96	-18.96	-0.15	-55.44	-33.96	-55.44
10.430	-6.29	-18.87	-34.32	-18.87	-0.15	-55.70	-34.32	-55.70
10.440	-6.31	-18.77	-34.70	-18.77	-0.16	-55.98	-34.70	-55.98
10.450	-6.34	-18.68	-35.08	-18.68	-0.16	-56.26	-35.08	-56.26
10.460	-6.36	-18.59	-35.48	-18.59	-0.16	-56.56	-35.48	-56.56
10.470	-6.39	-18.50	-35.90	-18.50	-0.17	-56.88	-35.90	-56.88
10.480	-6.42	-18.40	-36.33	-18.40	-0.17	-57.20	-36.33	-57.20
10.490	-6.45	-18.31	-36.78	-18.31	-0.17	-57.55	-36.78	-57.55
10.500	-6.48	-18.22	-37.25	-18.22	-0.18	-57.92	-37.25	-57.92
10.510	-6.51	-18.13	-37.73	-18.13	-0.18	-58.30	-37.73	-58.30
10.520	-6.54	-18.03	-38.24	-18.03	-0.18	-58.71	-38.24	-58.71

10.530	-6.57	-17.94	-38.78	-17.94	-0.19	-59.14	-38.78	-59.14
10.540	-6.60	-17.85	-39.34	-17.85	-0.19	-59.60	-39.34	-59.60
10.550	-6.63	-17.75	-39.93	-17.75	-0.20	-60.09	-39.93	-60.09
10.560	-6.67	-17.66	-40.56	-17.66	-0.20	-60.61	-40.56	-60.61
10.570	-6.70	-17.56	-41.23	-17.56	-0.20	-61.18	-41.23	-61.18
10.580	-6.73	-17.47	-41.94	-17.47	-0.21	-61.79	-41.94	-61.79
10.590	-6.77	-17.37	-42.71	-17.37	-0.21	-62.45	-42.71	-62.45
10.600	-6.80	-17.28	-43.54	-17.28	-0.22	-63.18	-43.54	-63.18
10.610	-6.84	-17.19	-44.45	-17.19	-0.22	-63.98	-44.45	-63.98
10.620	-6.88	-17.09	-45.45	-17.09	-0.23	-64.87	-45.45	-64.87
10.630	-6.92	-17.00	-46.55	-17.00	-0.23	-65.88	-46.55	-65.88
10.640	-6.96	-16.90	-47.80	-16.90	-0.24	-67.02	-47.80	-67.02
10.650	-7.00	-16.80	-49.24	-16.80	-0.24	-68.35	-49.24	-68.35
10.660	-7.04	-16.71	-50.94	-16.71	-0.25	-69.95	-50.93	-69.95
10.670	-7.08	-16.61	-53.01	-16.61	-0.25	-71.91	-53.01	-71.91
10.680	-7.12	-16.52	-55.66	-16.52	-0.26	-74.48	-55.66	-74.48
10.690	-7.16	-16.42	-59.37	-16.42	-0.26	-78.06	-59.37	-78.06
10.700	-7.21	-16.33	-65.21	-16.33	-0.27	-83.74	-65.21	-83.74
10.710	-7.25	-16.23	-68.92	-16.23	-0.28	-87.40	-68.92	-87.40
10.720	-7.30	-16.13	-62.23	-16.13	-0.28	-80.60	-62.22	-80.61
10.730	-7.35	-16.04	-57.71	-16.04	-0.29	-75.98	-57.71	-75.98
10.740	-7.39	-15.94	-54.72	-15.94	-0.29	-72.86	-54.72	-72.86
10.750	-7.44	-15.84	-52.49	-15.84	-0.30	-70.54	-52.49	-70.54
10.760	-7.49	-15.75	-50.74	-15.75	-0.31	-68.68	-50.74	-68.68
10.770	-7.54	-15.65	-49.30	-15.65	-0.31	-67.14	-49.30	-67.14
10.780	-7.60	-15.55	-48.08	-15.55	-0.32	-65.80	-48.08	-65.80
10.790	-7.65	-15.45	-47.02	-15.45	-0.33	-64.63	-47.02	-64.63
10.800	-7.70	-15.35	-46.09	-15.35	-0.34	-63.60	-46.09	-63.60
10.810	-7.76	-15.26	-45.26	-15.26	-0.34	-62.66	-45.26	-62.66
10.820	-7.82	-15.16	-44.51	-15.16	-0.35	-61.80	-44.51	-61.80
10.830	-7.87	-15.06	-43.84	-15.06	-0.36	-61.01	-43.84	-61.01
10.840	-7.93	-14.96	-43.21	-14.96	-0.37	-60.28	-43.21	-60.28
10.850	-7.99	-14.86	-42.64	-14.86	-0.38	-59.60	-42.64	-59.60
10.860	-8.06	-14.76	-42.11	-14.76	-0.38	-58.96	-42.11	-58.96
10.870	-8.12	-14.67	-41.61	-14.67	-0.39	-58.35	-41.61	-58.35
10.880	-8.18	-14.57	-41.15	-14.57	-0.40	-57.78	-41.15	-57.78
10.890	-8.25	-14.47	-40.72	-14.47	-0.41	-57.24	-40.72	-57.24
10.900	-8.32	-14.37	-40.31	-14.37	-0.42	-56.72	-40.31	-56.72
10.910	-8.39	-14.27	-39.93	-14.27	-0.43	-56.23	-39.93	-56.23
10.920	-8.46	-14.17	-39.56	-14.17	-0.44	-55.75	-39.56	-55.75
10.930	-8.53	-14.07	-39.22	-14.07	-0.45	-55.29	-39.22	-55.29
10.940	-8.60	-13.97	-38.89	-13.97	-0.46	-54.85	-38.89	-54.85
10.950	-8.68	-13.87	-38.57	-13.87	-0.47	-54.43	-38.57	-54.43
10.960	-8.76	-13.77	-38.27	-13.77	-0.48	-54.01	-38.27	-54.01
10.970	-8.83	-13.67	-37.98	-13.67	-0.49	-53.61	-37.98	-53.61
10.980	-8.91	-13.57	-37.71	-13.57	-0.51	-53.22	-37.71	-53.22
10.990	-9.00	-13.47	-37.44	-13.47	-0.52	-52.84	-37.44	-52.84
11.000	-9.08	-13.37	-37.18	-13.37	-0.53	-52.48	-37.18	-52.48
11.010	-9.17	-13.27	-36.94	-13.27	-0.54	-52.12	-36.94	-52.12
11.020	-9.25	-13.17	-36.70	-13.17	-0.56	-51.76	-36.70	-51.76
11.030	-9.34	-13.07	-36.47	-13.07	-0.57	-51.42	-36.47	-51.42
11.040	-9.43	-12.97	-36.24	-12.97	-0.58	-51.08	-36.24	-51.08
11.050	-9.53	-12.86	-36.02	-12.86	-0.60	-50.75	-36.02	-50.75
11.060	-9.62	-12.76	-35.81	-12.76	-0.61	-50.42	-35.81	-50.42
11.070	-9.72	-12.66	-35.60	-12.66	-0.63	-50.10	-35.60	-50.10
11.080	-9.82	-12.56	-35.40	-12.56	-0.64	-49.79	-35.40	-49.79
11.090	-9.92	-12.46	-35.20	-12.46	-0.66	-49.48	-35.20	-49.48
11.100	-10.02	-12.36	-35.01	-12.36	-0.67	-49.17	-35.01	-49.17

EK E1 TEK YAN BAND YUKARI KARIŞTIRICININ
DOĞRUSAL ANALİZ PROGRAMI

```
*****
*
*   File   :MIXER.CKT
*   Author :METIN ERDOĞDU
*   Date   :22.09.1993
*   Description:
*
*   MIXER DESIGN
*
*****
*Branch Line coupler design
*physical parameters
;ww:1.064mm
  ww:1MM
  w00:0.58mm
;w00:?.58mm?
  pw:2mm
;pw:?.1.9897mm?
  p00:2.5mm
;p00:?.2.4911mm?
*
*
*branch-line coupler electrical circuit
*
blk
trww:trl 1 2 z=35.4 e=90 f=70mHz
tr00:trl 1 4 z=50 e=90 f=70mHz
trww 3 4
tr00 2 3
bcel:4por 1 2 3 4
end
*
*
blk
coup 1 2 3 4 w1=w00 w2=w00 w3=w00 w4=ww w5=w00
          +l1=pw l2=(p00/2) bran sub
blcph:4por 1 2 3 4
end
*
*
*****
*POWER DIVIDER CIRCUIT
*physical parameters
*
p44:3mm
*
  w11:0.9mm
;w11:0.8mm
  p11:8.5mm
;p11:2.603mm
*
;w22:0.35mm
  w22:0.3mm
  p22:7.2mm
;p22:2.713mm
*
* electrical circuit
*
```

```

blk
trl 1 4 z=42 e=90 f=10.5ghz
tr01:trl 4 2 z=59.4 e=90 f=10.5ghz
tr01 4 3
res 2 3 r=100
pde:3por 1 2 3
end
*
*physical circuit
*
blk
trl 1 4 w=w22 p=0.231mm sub
bend 4 5 w=w22 r=0.4mm ang=60deg sub
* caution: p22 is the difference of 1/4 line lenght from transm
* lenghts of (trl 1 4) and (bend 4 5) elements.
trl 5 3 w=w22 p=p22 sub
step 3 2 w1=w22 w2=w00 sub
pdaa:3por 1 2 3
end
*
blk
tr11:trl 1 15 w=w00 p=p44 sub
step 15 5 w1=w00 w2=w11 sub
trl 15 4 w=?1mm? p=?3mm? sub
trl 5 6 w=w11 p=p11 sub
yjun 6 7 8 w1=w11 w2=w22 ang=120deg sub
pdaa 7 11 9
pdaa 8 12 10
res 9 10 r=100
tr11 11 2
tr11 12 3
pdph:4por 1 2 3 4
end
*****
** SINGLE BALANCE MIXER DESIGN
* ring coupler physical parameters
  p55:3mm
  waa:0.3mm
  paa:2.7mm
*
*trimmer for carrier suppression adjustment
radj:50
*
*choke circuit physical parameters
pl:3.4mm
*
*Mounted single beam lead diode
*port1: cathode
*port2: anode
*
blk
trbld:trl 1 3 w=w00 p=0.2mm sub
tapbld:tap 3 4 w1=w00 w2=0.2mm p=0.2mm wlin sub
trbld 2 6
tapbld 6 5
di0d 4 5 rs=5 cj=0.11pf rj=250 lp=0.1nh cp=0.02pf beam
msbld:2por 1 2
end
*
*
*Single ended mixer, IF low pass circuit
*
blk
cstaa:cst 1 0 a=90 ri=0.1mm rl=2.5mm sub
trl 1 4 w=0.1mm p=pl sub
cstaa 4

```

```

;cstaa 4
cap 4 3 c=470pf
ind 4 2 l=0.47uh
cap 2 0 c=470pf
semaa:3por 1 2 3
end
*
*
*RF choke for trimmer
blk
trchk:trl 1 3 w=0.1mm p=10.2mm sub ;3*pl used because of mecan
; problem
cschk:cst 1 0 a=90 ri=0.1mm rl=2.5mm sub
trchk 3 4
cschk 3
cschk 4
cap 4 0 c=470pf
ind 4 2 l=0.470uh
rfchaa:2por 1 2
end
*
* ring coupler build-in circuit
*
blk
coup 1 2 3 4 w1=w00 w2=w00 w3=waa w4=waa w5=waa l1=paa l2=(1.5*
+ring sub
rcaa:4por 1 2 3 4
end
*
*
*trimmer for carrier suppression adjustment
blk
res 1 3 r=radj
res 3 2 r=(100-radj)
trmaa:3por 1 2 3
end
*
*
*single balanced mixer
blk
rfchaa 4 9
tr22: trl 1 67 w=w00 p=p55 sub
trmaa 7 8 9
semaa 6 8 2
semaa 5 7 2
msbld 5 55
msbld 66 6
rcaa 33 55 67 66
tr22 33 3
sbmaa:4por 1 2 3 4
end
*****
* MIXER DESIGN
*
blk
pdph 1 4 5 6
sbmaa 4 7 9 6
sbmaa 5 8 10 6
blcph 2 7 8 12
res 12 r=50oh
blcph 9 3 11 10
res 11 r=50oh
mix: 3por 1 2 3
end

freq

```



```
;10.5ghz 10.6ghz 10.7ghz
;step 10ghz 11ghz 0.1ghz
;step 10.4ghz 10.8ghz 0.01ghz
;step 10.0ghz 11ghz 0.1ghz
;step 10.0ghz 11.1ghz 0.01ghz
;step 8ghz 16ghz .3ghz
end
*
*
out
  pri mix s
end
*
opt
mix
ms11 -10db lt
end
*
*
*
data
sub:ms h=0.635mm hu=25mm er=10.5 met1=cu 30um met2=au 2um
end
```



EK E2 TEK YAN BAND YUKARI KARIŞTIRICI SONUÇLARI

MICROWAVE HARMONICA PC V5.5 File: MIXER.CKT 07-DEC-93 08:45

Freq GHz	MS11 dB MIX	MS12 dB MIX	MS13 dB MIX	MS21 dB MIX	MS22 dB MIX	MS23 dB MIX	MS31 dB MIX	MS32 dB MIX
10.000	-7.53	-24.95	-26.46	-24.95	-33.27	-62.55	-26.46	-62.55
10.010	-7.58	-24.86	-26.61	-24.86	-33.86	-62.61	-26.61	-62.61
10.020	-7.64	-24.77	-26.76	-24.77	-34.49	-62.68	-26.76	-62.68
10.030	-7.69	-24.68	-26.92	-24.68	-35.22	-62.76	-26.92	-62.76
10.040	-7.75	-24.60	-27.08	-24.60	-35.98	-62.84	-27.08	-62.84
10.050	-7.81	-24.51	-27.24	-24.51	-36.84	-62.92	-27.24	-62.92
10.060	-7.86	-24.42	-27.40	-24.42	-37.84	-63.01	-27.40	-63.01
10.070	-7.92	-24.33	-27.57	-24.33	-38.93	-63.11	-27.57	-63.11
10.080	-7.97	-24.24	-27.74	-24.24	-40.21	-63.21	-27.74	-63.21
10.090	-8.03	-24.15	-27.92	-24.15	-41.73	-63.32	-27.92	-63.32
10.100	-8.08	-24.07	-28.10	-24.07	-43.53	-63.43	-28.10	-63.43
10.110	-8.13	-23.98	-28.28	-23.98	-45.68	-63.56	-28.28	-63.56
10.120	-8.19	-23.89	-28.46	-23.89	-48.32	-63.68	-28.46	-63.68
10.130	-8.24	-23.80	-28.65	-23.80	-50.91	-63.82	-28.65	-63.82
10.140	-8.29	-23.72	-28.85	-23.72	-51.05	-63.96	-28.85	-63.96
10.150	-8.33	-23.63	-29.04	-23.63	-48.61	-64.11	-29.04	-64.11
10.160	-8.38	-23.54	-29.25	-23.54	-45.85	-64.26	-29.25	-64.26
10.170	-8.42	-23.46	-29.45	-23.46	-43.46	-64.43	-29.45	-64.43
10.180	-8.47	-23.37	-29.66	-23.37	-41.48	-64.60	-29.66	-64.60
10.190	-8.51	-23.29	-29.87	-23.29	-39.78	-64.78	-29.87	-64.78
10.200	-8.55	-23.20	-30.09	-23.20	-38.35	-64.97	-30.09	-64.97
10.210	-8.58	-23.12	-30.32	-23.12	-37.10	-65.17	-30.32	-65.17
10.220	-8.61	-23.03	-30.54	-23.03	-35.97	-65.37	-30.54	-65.37
10.230	-8.65	-22.95	-30.78	-22.95	-34.98	-65.59	-30.78	-65.59
10.240	-8.67	-22.87	-31.02	-22.87	-34.05	-65.81	-31.02	-65.81
10.250	-8.70	-22.78	-31.26	-22.78	-33.23	-66.05	-31.26	-66.05
10.260	-8.72	-22.70	-31.51	-22.70	-32.45	-66.30	-31.51	-66.30
10.270	-8.73	-22.62	-31.77	-22.62	-31.74	-66.55	-31.77	-66.55
10.280	-8.75	-22.54	-32.03	-22.54	-31.07	-66.82	-32.03	-66.82
10.290	-8.76	-22.46	-32.30	-22.46	-30.44	-67.10	-32.30	-67.10
10.300	-8.76	-22.38	-32.57	-22.38	-29.84	-67.39	-32.57	-67.39
10.310	-8.77	-22.30	-32.85	-22.30	-29.28	-67.70	-32.85	-67.70
10.320	-8.76	-22.22	-33.14	-22.22	-28.75	-68.02	-33.14	-68.02
10.330	-8.76	-22.15	-33.44	-22.15	-28.24	-68.35	-33.44	-68.35
10.340	-8.75	-22.07	-33.74	-22.07	-27.75	-68.70	-33.74	-68.70
10.350	-8.73	-21.99	-34.05	-21.99	-27.29	-69.07	-34.05	-69.07
10.360	-8.71	-21.92	-34.37	-21.92	-26.85	-69.45	-34.37	-69.45
10.370	-8.69	-21.84	-34.70	-21.84	-26.42	-69.84	-34.70	-69.84
10.380	-8.66	-21.77	-35.04	-21.77	-26.01	-70.26	-35.04	-70.26
10.390	-8.63	-21.70	-35.39	-21.70	-25.61	-70.70	-35.39	-70.70
10.400	-8.59	-21.63	-35.75	-21.63	-25.23	-71.16	-35.75	-71.16
10.410	-8.55	-21.56	-36.13	-21.56	-24.87	-71.64	-36.13	-71.64
10.420	-8.50	-21.50	-36.51	-21.50	-24.50	-72.15	-36.51	-72.15
10.430	-8.45	-21.44	-36.91	-21.44	-24.16	-72.69	-36.91	-72.69
10.440	-8.39	-21.38	-37.33	-21.38	-23.83	-73.25	-37.33	-73.25
10.450	-8.33	-21.32	-37.76	-21.32	-23.50	-73.85	-37.76	-73.85
10.460	-8.26	-21.27	-38.21	-21.27	-23.19	-74.48	-38.21	-74.48
10.470	-8.18	-21.23	-38.68	-21.23	-22.88	-75.15	-38.68	-75.15
10.480	-8.09	-21.19	-39.18	-21.19	-22.58	-75.86	-39.18	-75.86
10.490	-8.00	-21.17	-39.70	-21.17	-22.30	-76.62	-39.70	-76.62
10.500	-7.89	-21.16	-40.26	-21.16	-22.02	-77.42	-40.26	-77.42
10.510	-7.77	-21.17	-40.87	-21.17	-21.74	-78.24	-40.87	-78.24
10.520	-7.65	-21.22	-41.53	-21.22	-21.48	-79.07	-41.53	-79.07

10.530	-7.51	-21.33	-42.27	-21.33	-21.23	-79.82	-42.27	-79.82
10.540	-7.37	-21.52	-43.13	-21.52	-20.99	-80.33	-43.13	-80.33
10.550	-7.23	-21.87	-44.18	-21.87	-20.77	-80.37	-44.18	-80.37
10.560	-7.16	-22.50	-45.54	-22.50	-20.57	-79.67	-45.54	-79.67
10.570	-7.27	-23.66	-47.47	-23.66	-20.39	-78.29	-47.47	-78.29
10.580	-7.85	-25.49	-50.12	-25.49	-20.23	-76.70	-50.12	-76.70
10.590	-9.31	-26.34	-51.85	-26.34	-20.03	-75.68	-51.85	-75.68
10.600	-11.39	-24.28	-50.72	-24.28	-19.75	-75.81	-50.72	-75.81
10.610	-12.62	-22.23	-49.69	-22.23	-19.43	-76.91	-49.69	-76.91
10.620	-12.47	-21.06	-49.63	-21.06	-19.13	-78.46	-49.63	-78.46
10.630	-11.84	-20.41	-50.19	-20.41	-18.87	-80.17	-50.19	-80.17
10.640	-11.24	-20.02	-51.15	-20.02	-18.63	-81.96	-51.15	-81.96
10.650	-10.76	-19.75	-52.44	-19.75	-18.41	-83.84	-52.44	-83.84
10.660	-10.38	-19.56	-54.04	-19.56	-18.19	-85.89	-54.04	-85.89
10.670	-10.09	-19.41	-56.07	-19.41	-17.98	-88.22	-56.07	-88.22
10.680	-9.85	-19.27	-58.70	-19.27	-17.78	-91.08	-58.70	-91.08
10.690	-9.66	-19.16	-62.40	-19.16	-17.59	-94.89	-62.40	-94.89
10.700	-9.50	-19.05	-68.24	-19.05	-17.39	*****	-68.24	*****
10.710	-9.36	-18.95	-71.97	-18.95	-17.20	*****	-71.97	*****
10.720	-9.24	-18.85	-65.28	-18.85	-17.02	-97.74	-65.28	-97.74
10.730	-9.14	-18.76	-60.78	-18.76	-16.84	-93.11	-60.78	-93.11
10.740	-9.06	-18.67	-57.80	-18.67	-16.66	-89.94	-57.80	-89.94
10.750	-8.98	-18.57	-55.60	-18.57	-16.48	-87.55	-55.60	-87.55
10.760	-8.92	-18.48	-53.86	-18.48	-16.31	-85.57	-53.86	-85.57
10.770	-8.86	-18.39	-52.45	-18.39	-16.14	-83.88	-52.45	-83.88
10.780	-8.81	-18.30	-51.25	-18.30	-15.97	-82.38	-51.25	-82.38
10.790	-8.76	-18.21	-50.20	-18.21	-15.81	-81.02	-50.20	-81.02
10.800	-8.72	-18.12	-49.30	-18.12	-15.65	-79.78	-49.30	-79.78
10.810	-8.69	-18.03	-48.49	-18.03	-15.49	-78.61	-48.49	-78.61
10.820	-8.66	-17.93	-47.76	-17.93	-15.33	-77.53	-47.76	-77.53
10.830	-8.64	-17.84	-47.10	-17.84	-15.18	-76.50	-47.10	-76.50
10.840	-8.62	-17.75	-46.49	-17.75	-15.03	-75.52	-46.49	-75.52
10.850	-8.61	-17.65	-45.94	-17.65	-14.88	-74.59	-45.94	-74.59
10.860	-8.60	-17.56	-45.42	-17.56	-14.73	-73.70	-45.42	-73.70
10.870	-8.60	-17.46	-44.95	-17.46	-14.59	-72.84	-44.95	-72.84
10.880	-8.60	-17.37	-44.50	-17.37	-14.44	-72.01	-44.50	-72.01
10.890	-8.60	-17.27	-44.08	-17.27	-14.30	-71.21	-44.08	-71.21
10.900	-8.61	-17.17	-43.69	-17.17	-14.17	-70.44	-43.69	-70.44
10.910	-8.62	-17.07	-43.32	-17.07	-14.03	-69.69	-43.32	-69.69
10.920	-8.64	-16.97	-42.97	-16.97	-13.89	-68.97	-42.97	-68.97
10.930	-8.66	-16.87	-42.63	-16.87	-13.76	-68.26	-42.63	-68.26
10.940	-8.68	-16.77	-42.32	-16.77	-13.63	-67.58	-42.32	-67.58
10.950	-8.71	-16.67	-42.01	-16.67	-13.50	-66.91	-42.01	-66.91
10.960	-8.74	-16.57	-41.72	-16.57	-13.38	-66.26	-41.72	-66.26
10.970	-8.77	-16.47	-41.44	-16.47	-13.25	-65.63	-41.44	-65.63
10.980	-8.81	-16.36	-41.17	-16.36	-13.13	-65.01	-41.17	-65.01
10.990	-8.86	-16.26	-40.92	-16.26	-13.01	-64.41	-40.92	-64.41
11.000	-8.90	-16.15	-40.66	-16.15	-12.89	-63.82	-40.66	-63.82
11.010	-8.95	-16.04	-40.42	-16.04	-12.77	-63.24	-40.42	-63.24
11.020	-9.01	-15.94	-40.19	-15.94	-12.66	-62.68	-40.19	-62.68
11.030	-9.07	-15.83	-39.96	-15.83	-12.54	-62.12	-39.96	-62.12
11.040	-9.13	-15.72	-39.74	-15.72	-12.43	-61.58	-39.74	-61.58
11.050	-9.20	-15.61	-39.52	-15.61	-12.32	-61.05	-39.52	-61.05
11.060	-9.27	-15.50	-39.31	-15.50	-12.21	-60.52	-39.31	-60.52
11.070	-9.34	-15.39	-39.10	-15.39	-12.10	-60.01	-39.10	-60.01
11.080	-9.42	-15.28	-38.90	-15.28	-12.00	-59.50	-38.90	-59.50
11.090	-9.50	-15.16	-38.70	-15.16	-11.89	-59.00	-38.70	-59.00
11.100	-9.59	-15.05	-38.51	-15.05	-11.79	-58.51	-38.51	-58.51

EK F1 TEK YAN BAND YUKARI KARIŞTIRICININ
DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ PROGRAMI

```
*****
*
*   File   :NMIXER3.CKT
*   Author :METIN ERDOĞDU
*   Date   :22.10.1993
*   Description:
*
*   MIXER DESIGN
*
*****
*BRANCH LINE COUPLER DESIGN

*physical parameters
ww:1mm
w00:0.58mm
pw:2mm
p00:2.5mm
*
*
*branch-line coupler electrical circuit
*
blk
trww:trl 1 2 Z=35.4 E=90 F=70mHz
tr00:trl 1 4 Z=50 E=90 F=70mHz
trww 3 4
tr00 2 3
bcel:4por 1 2 3 4
end
*
*
blk
coup 1 2 3 4 w1=w00 w2=w00 w3=w00 w4=ww w5=w00
      +l1=pw l2=(p00/2) bran sub
blcph:4por 1 2 3 4
end
*
*
*****
*POWER DIVIDER CIRCUIT

*physical parameters
*
p44:3mm
w11:0.9mm?
p11:0.85mm?
*
*
w22:0.3mm?
p22:0.72mm?
*
* electrical circuit
*
blk
trl 1 4 Z=42 E=90 F=10.5GHz
tr01:trl 4 2 Z=59.4 E=90 F=10.5GHz
tr01 4 3
res 2 3 r=100
```

```

pde:3por 1 2 3
end
*
*physical circuit
*
blk
trl 1 4 w=w22 p=0.231mm sub
bend 4 5 w=w22 r=0.4mm ang=60deg sub
* caution: p22 is the difference of 1/4 line lenght from transm
* lenghts of (trl 1 4) and (bend 4 5) elements.
trl 5 3 w=w22 p=p22 sub
step 3 2 w1=w22 w2=w00 sub
pdaa:3por 1 2 3
end
*
blk
trl1:trl 1 15 w=w00 p=p44 sub
step 15 5 w1=w00 w2=w11 sub
trl 15 4 w=0.1mm p=3mm sub
trl 5 6 w=w11 p=p11 sub
yjun 6 7 8 w1=w11 w2=w22 ang=120deg sub
pdaa 7 11 9
pdaa 8 12 10
res 9 10 r=100
trl1 11 2
trl1 12 3
pdph:4por 1 2 3 4
end
*****
** SINGLE BALANCE MIXER DESIGN

* ring coupler physical parameters
p55:3mm
waa:0.3mm
paa:2.7mm
*
*trimmer for carrier suppression adjustment
radj:50
*
*choke circuit physical parameters
pl:2.9mm
*
*Mounted single beam lead diode
*port1: cathode
*port2: anode
*
*
*
*Single ended mixer, IF low pass circuit
*
blk
cstaa:cst 1 0 a=90 ri=0.1mm rl=2.5mm sub
trl 1 4 w=0.1mm p=pl sub
cstaa 4
;cstaa 4
cap 4 3 c=470pf
ind 4 2 l=0.47uh
cap 2 0 c=470pf
semaa:3por 1 2 3
end
*
*
*RF choke for trimmer

blk
trchk:trl 1 3 w=0.1mm p=pl sub

```

```

cschk:cst 1 0 a=90 ri=0.1mm rl=2.5mm sub
trchk 3 4
cschk 3
cschk 4
cap 4 0 c=470pf
ind 4 2 l=0.470uh
rfchaa:2por 1 2
end
*
* ring coupler build-in circuit
*
blk
coup 1 2 3 4 w1=w00 w2=w00 w3=waa w4=waa w5=waa l1=paa l2=(1.5*
+ l3=(0.5*paa) ring sub
rcaa:4por 1 2 3 4
end
*
*
*trimmer for carrier suppression adjustment
blk
res 1 3 r=radj
res 3 2 r=(100-radj)
trmaa:3por 1 2 3
end
*
*
ctrl
svtol 1e-3 ;define state variable
hbtol 1e-6 ;define harmonic balance tolerance
cfnewt .2 ;define convergence factor
iter 0 ;define max #of harmonic balance toleration
end

*****
* MIXER DESIGN
*
nblk
pdph 1 4 5 6

*****
rfchaa 6 19
tr22:trl 4 67 w=w00 p=p55 sub
trmaa 17 18 19
semaa 16 18 7
semaa 15 17 7
trbld:trl 15 80 w=w00 p=.2mm sub
tapbld:tap 80 81 w1=w00 w2=.2mm p=.2mm wlin sub
trbld 155 83
tapbld 83 82
diod 81 82
+ rs=17.5 Cj=.055pf rj=1.4koh chip ;linear paramete
+ { js=33e-12 cto=.055e-12 r0=17.5
+ alfa=32.75 fi=.6 name=sd1} ;non linear para

*****
trbld 166 84
tapbld 84 85
trbld 16 87
tapbld 87 86
diod 85 86
+ rs=17.5 cj=.055pf rj=1.4koh chip ;linar parameter
+ { js=33e-12 cto=.055e-12 r0=17.5
+ alfa=32.75 fi=.6 name=sd2} ;non linear para

rcaa 133 155 67 166

```

```

tr22 133 9
*****
rfchaa 6 29
tr22 5 167
trmaa 27 28 29
semaa 26 28 8
semaa 25 27 8
trbld 25 40
tapbld 40 41
trbld 255 43
tapbld 43 42
diod 42 41
+ rs=17.5 cj=.055pf rj=1.4koh chip ;linear paramete
+ { js=33e-12 cto=.055e-12 r0=15.5
+ alfa=32.75 fi=.6 name=sd3} ;non linear para

*****
trbld 266 44
tapbld 44 45
trbld 26 47
tapbld 47 46
diod 46 45
+ rs=17.5 cj=.055pf rj=1.4koh chip ;linear paramete
+ { js=33e-12 cto=.055e-12 r0=17.5
+ alfa=32.75 fi=.6 name=sd4} ;non linear para

rcaa 233 266 167 255
tr22 233 10
bcel 2 7 8 12
res 12 r=50oh
blcph 9 3 11 10
res 11 r=50oh
nmix: 3por 1 {0} 2 {0} 3 {0}
end

freq
harm 3 2
tone 1 10.5ghz
tone 2 70mhz
end

nexc
p1 <h1+h0>=12dbm
p2 <h0+h1>=0dbm
end

nvar
*****
* FINAL SOLUTION: No need for DC Analysis *
*****
DcAnalysis OFF ; Overrides a similar keyword in the CTRL block
SD1
+ VD<H0+H0>=? -0.16225373095221?
+ VD<H0+H1>=? 3.53375285863876E-001 -75.65?
+ VD<H0+H2>=? 5.25593059137464E-003 13.38?
+ VD<H1-H2>=? 1.10198985785246E-002 -99.51?
+ VD<H1-H1>=? 1.58285126090050E-001 168.48?
+ VD<H1+H0>=? 9.74253296852112E-001 -89.75?
+ VD<H1+H1>=? 1.36664286255837E-001 20.72?
+ VD<H1+H2>=? 5.38915256038308E-003 -43.74?
+ VD<H2-H2>=? 2.56766602396965E-002 21.82?
+ VD<H2-H1>=? 8.26106518507004E-002 -24.67?
+ VD<H2+H0>=? 4.66682612895966E-001 27.40?
+ VD<H2+H1>=? 8.37834700942040E-002 -178.90?
+ VD<H3-H2>=? 2.31777820736170E-002 90.47?

```

+ VD<H3-H1>=? 2.77585294097662E-002 140.55?
 + VD<H3+H0>=? 1.62589579820633E-001 113.42?
 + VD<H4-H2>=? 8.31402186304331E-003 2.73?
 + VD<H4-H1>=? 2.26034577935934E-002 -94.80?
 + VD<H5-H2>=? 5.82951167598367E-003 36.16?

SD2

+ VD<H0+H0>=?-0.16101592288174?
 + VD<H0+H1>=? 3.52945268154144E-001 104.24?
 + VD<H0+H2>=? 6.50105439126492E-003 22.38?
 + VD<H1-H2>=? 1.32873523980379E-002 86.97?
 + VD<H1-H1>=? 1.64726749062538E-001 170.98?
 + VD<H1+H0>=? 9.94720160961151E-001 92.43?
 + VD<H1+H1>=? 1.40256568789482E-001 24.02?
 + VD<H1+H2>=? 5.48730418086052E-003 142.65?
 + VD<H2-H2>=? 2.48678252100945E-002 20.35?
 + VD<H2-H1>=? 8.10048580169678E-002 158.35?
 + VD<H2+H0>=? 4.76352959871292E-001 27.96?
 + VD<H2+H1>=? 8.31081196665764E-002 1.67?
 + VD<H3-H2>=? 2.00092867016792E-002 -79.15?
 + VD<H3-H1>=? 3.24963182210922E-002 143.34?
 + VD<H3+H0>=? 1.58210694789887E-001 -63.85?
 + VD<H4-H2>=? 1.04549787938595E-002 3.65?
 + VD<H4-H1>=? 2.44828034192324E-002 87.91?
 + VD<H5-H2>=? 8.07851832360029E-003 -116.97?

SD3

+ VD<H0+H0>=?-0.16170259578752?
 + VD<H0+H1>=? 3.66876482963562E-001 14.34?
 + VD<H0+H2>=? 6.94146100431681E-003 -147.55?
 + VD<H1-H2>=? 1.72717683017254E-002 -87.59?
 + VD<H1-H1>=? 1.65849417448044E-001 -94.83?
 + VD<H1+H0>=? 9.95639979839325E-001 92.44?
 + VD<H1+H1>=? 1.45876616239548E-001 -71.38?
 + VD<H1+H2>=? 5.99382072687149E-003 -71.84?
 + VD<H2-H2>=? 3.21283377707005E-002 -175.63?
 + VD<H2-H1>=? 1.15349106490612E-001 -107.88?
 + VD<H2+H0>=? 4.78368610143662E-001 28.39?
 + VD<H2+H1>=? 6.65800869464874E-002 -83.27?
 + VD<H3-H2>=? 2.30789147317410E-002 103.16?
 + VD<H3-H1>=? 3.85172031819820E-002 -151.51?
 + VD<H3+H0>=? 1.65542736649513E-001 -64.70?
 + VD<H4-H2>=? 1.27646895125508E-002 146.53?
 + VD<H4-H1>=? 3.00261452794075E-002 172.09?
 + VD<H5-H2>=? 1.25122591853142E-002 44.66?

SD4

+ VD<H0+H0>=?-0.16202116977010?
 + VD<H0+H1>=? 3.64621579647064E-001 -165.56?
 + VD<H0+H2>=? 5.91528182849288E-003 -166.65?
 + VD<H1-H2>=? 1.49881048128009E-002 90.06?
 + VD<H1-H1>=? 1.58419683575630E-001 -97.33?
 + VD<H1+H0>=? 9.76570010185242E-001 -89.95?
 + VD<H1+H1>=? 1.42417311668396E-001 -75.89?
 + VD<H1+H2>=? 6.65036356076598E-003 117.96?
 + VD<H2-H2>=? 2.86685135215521E-002 -175.73?
 + VD<H2-H1>=? 1.17776848375797E-001 67.20?
 + VD<H2+H0>=? 4.67916011810303E-001 26.91?
 + VD<H2+H1>=? 6.50724545121193E-002 95.38?
 + VD<H3-H2>=? 2.29228716343641E-002 -91.64?
 + VD<H3-H1>=? 3.66769842803478E-002 -158.75?
 + VD<H3+H0>=? 1.67610839009285E-001 111.95?
 + VD<H4-H2>=? 8.98407958447933E-003 162.18?
 + VD<H4-H1>=? 3.18129472434521E-002 -21.37?
 + VD<H5-H2>=? 1.00431591272354E-002 -151.58?

end


```
*
out
  plo nmix sk
end
****

nout
r1=50 r2=50 r3=50
end

*
*
*
data
sub:ms h=0.635mm hu=25mm er=10.5 met1=cu 30um met2=au 2um
end
```



EK F2 TEK YAN BAND YUKARI KARIŞTIRICININ DOĞRUSAL
OLMAYAN ANALİZ SONUÇLARI

* ANALYSIS STATUS *

** EXECUTION COMPLETED **

* EXECUTION SUMMARY:

Analysis started on 01-DEC-93 14:13:20
Analysis ended on 01-DEC-93 14:24:16
TOTAL analysis time taken: 10 mins 56 secs

* ANALYTIC DERIVATIVE is globally On

* SOLUTION DID CONVERGE

Delta S.V. error=1.331359E-005
Final H.B. error=2.824766E-007

* TOLERANCES:

Requested: SVTOL=1.0000E-003, HBTOL=1.0000E-006, CFNEWT=0
Actual: SVTOL=1.0000E-003, HBTOL=1.0000E-006, CFNEWT=0

* ESTIMATES:

Number of estimates to complete analysis = 1

* NUMBER OF ITERATIONS TO COMPLETE ANALYSIS = 28

* NUMBER OF FUNCTION CALLS TO COMPLETE ANALYSIS = 32

* TONES:

Number of tones = 2
Number of LO harmonics = 3
Number of sidebands = 2
Number of sampling points = 16 x 8

* ADMITTANCE MATRIX AT DEVICE PORTS *

[Y DEVICE] at k=0, f= 0.000000E+000

P3 (1.9444E-002, -6.3342E-006) (4.4040E-004, 2.2119E-006)
==> (2.0157E-004, -2.4419E-006) (-2.0157E-004, 2.4419E-006)
P4 (4.4040E-004, 2.2119E-006) (1.9444E-002, -6.3342E-006)
==> (-2.0157E-004, 2.4419E-006) (2.0157E-004, -2.4419E-006)
P5 (2.0157E-004, -2.4419E-006) (-2.0157E-004, 2.4419E-006)
==> (1.9444E-002, -6.3342E-006) (4.4040E-004, 2.2119E-006)
P6 (-2.0157E-004, 2.4419E-006) (2.0157E-004, -2.4419E-006)
==> (4.4040E-004, 2.2119E-006) (1.9444E-002, -6.3342E-006)

[Y DEVICE] at k=1, f= 7.000000E+007

P3 (7.0923E-003, 1.1743E-001) (-2.2827E-003, 1.2098E-001)
==> (1.6927E-004, 1.7883E-004) (2.3199E-005, -8.6919E-005)
P4 (-2.2827E-003, 1.2098E-001) (7.5102E-003, 1.1728E-001)
==> (-3.4726E-004, 1.1946E-004) (1.6927E-004, 1.7883E-004)
P5 (1.6927E-004, 1.7883E-004) (-3.4726E-004, 1.1946E-004)
==> (7.5102E-003, 1.1728E-001) (-2.2827E-003, 1.2098E-001)
P6 (2.3199E-005, -8.6919E-005) (1.6927E-004, 1.7883E-004)
==> (-2.2827E-003, 1.2098E-001) (7.0923E-003, 1.1743E-001)

[Y DEVICE] at k=2, f= 1.400000E+008

P3 (1.3836E+000, 3.2896E+000) (1.3909E+000, 3.2847E+000)
==> (1.2849E-001, 1.2283E-001) (1.1801E-001, 1.0155E-001)

```

P4 ( 1.3909E+000, 3.2847E+000) ( 1.4200E+000, 3.2349E+000)
==> ( 1.4189E-001, 1.2975E-001) ( 1.2849E-001, 1.2283E-001)
P5 ( 1.2849E-001, 1.2283E-001) ( 1.4189E-001, 1.2975E-001)
==> ( 1.4200E+000, 3.2349E+000) ( 1.3909E+000, 3.2847E+000)
P6 ( 1.1801E-001, 1.0155E-001) ( 1.2849E-001, 1.2283E-001)
==> ( 1.3909E+000, 3.2847E+000) ( 1.3836E+000, 3.2896E+000)
[Y DEVICE] at k=3, f= 1.036000E+010
P3 ( 1.1672E-002, -1.1479E-002) ( 1.0445E-004, 4.0308E-004)
==> ( 8.7585E-005, -9.8308E-004) (-3.6034E-004, 3.3757E-004)
P4 ( 1.0445E-004, 4.0308E-004) ( 1.0869E-002, -1.1358E-002)
==> (-3.5545E-004, 3.1403E-004) ( 8.7585E-005, -9.8308E-004)
P5 ( 8.7586E-005, -9.8308E-004) (-3.5545E-004, 3.1403E-004)
==> ( 1.0869E-002, -1.1358E-002) ( 1.0445E-004, 4.0308E-004)
P6 (-3.6034E-004, 3.3757E-004) ( 8.7586E-005, -9.8308E-004)
==> ( 1.0445E-004, 4.0308E-004) ( 1.1672E-002, -1.1479E-002)
[Y DEVICE] at k=4, f= 1.043000E+010
P3 ( 1.1381E-002, -1.1317E-002) ( 2.7558E-004, 2.2014E-004)
==> (-1.6531E-004, -7.3289E-004) ( 2.2075E-005, 3.3700E-004)
P4 ( 2.7558E-004, 2.2014E-004) ( 1.0754E-002, -1.1183E-002)
==> (-2.0949E-006, 3.2666E-004) (-1.6531E-004, -7.3289E-004)
P5 (-1.6531E-004, -7.3289E-004) (-2.0950E-006, 3.2666E-004)
==> ( 1.0754E-002, -1.1183E-002) ( 2.7558E-004, 2.2014E-004)
P6 ( 2.2075E-005, 3.3700E-004) (-1.6531E-004, -7.3289E-004)
==> ( 2.7558E-004, 2.2014E-004) ( 1.1381E-002, -1.1317E-002)
[Y DEVICE] at k=5, f= 1.050000E+010
P3 ( 1.1402E-002, -1.1270E-002) ( 1.0828E-004, 1.3487E-004)
==> (-3.8448E-004, -5.0505E-004) ( 4.2323E-004, 3.0613E-004)
P4 ( 1.0828E-004, 1.3487E-004) ( 1.0928E-002, -1.1147E-002)
==> ( 3.8541E-004, 3.0822E-004) (-3.8448E-004, -5.0505E-004)
P5 (-3.8448E-004, -5.0505E-004) ( 3.8541E-004, 3.0822E-004)
==> ( 1.0928E-002, -1.1147E-002) ( 1.0828E-004, 1.3487E-004)
P6 ( 4.2323E-004, 3.0613E-004) (-3.8448E-004, -5.0505E-004)
==> ( 1.0828E-004, 1.3487E-004) ( 1.1402E-002, -1.1270E-002)
[Y DEVICE] at k=6, f= 1.057000E+010
P3 ( 1.1117E-002, -1.1215E-002) ( 2.0023E-004, 2.9338E-005)
==> (-2.6785E-004, -3.1641E-004) ( 5.2236E-004, 2.4853E-004)
P4 ( 2.0023E-004, 2.9339E-005) ( 1.0812E-002, -1.1116E-002)
==> ( 4.9904E-004, 2.6292E-004) (-2.6785E-004, -3.1641E-004)
P5 (-2.6785E-004, -3.1641E-004) ( 4.9904E-004, 2.6292E-004)
==> ( 1.0812E-002, -1.1116E-002) ( 2.0023E-004, 2.9339E-005)
P6 ( 5.2236E-004, 2.4853E-004) (-2.6785E-004, -3.1641E-004)
==> ( 2.0023E-004, 2.9338E-005) ( 1.1117E-002, -1.1215E-002)
[Y DEVICE] at k=7, f= 1.064000E+010
P3 ( 1.1122E-002, -1.1287E-002) (-2.7452E-005, 5.1746E-005)
==> (-9.7796E-005, -1.6458E-004) ( 5.9618E-004, 1.5675E-004)
P4 (-2.7451E-005, 5.1746E-005) ( 1.0968E-002, -1.1239E-002)
==> ( 5.8652E-004, 1.7017E-004) (-9.7796E-005, -1.6458E-004)
P5 (-9.7796E-005, -1.6458E-004) ( 5.8652E-004, 1.7017E-004)
==> ( 1.0968E-002, -1.1239E-002) (-2.7452E-005, 5.1746E-005)
P6 ( 5.9618E-004, 1.5675E-004) (-9.7796E-005, -1.6458E-004)
==> (-2.7453E-005, 5.1745E-005) ( 1.1122E-002, -1.1287E-002)
[Y DEVICE] at k=8, f= 2.086000E+010
P3 ( 3.0013E-003, -8.5985E-003) (-2.9342E-003, -3.4575E-003)
==> ( 1.6779E-003, 5.2469E-003) (-1.7203E-003, -5.2169E-003)
P4 (-2.9342E-003, -3.4575E-003) ( 2.9472E-003, -8.5175E-003)
==> (-1.6373E-003, -5.2776E-003) ( 1.6779E-003, 5.2469E-003)
P5 ( 1.6779E-003, 5.2469E-003) (-1.6373E-003, -5.2776E-003)
==> ( 2.9472E-003, -8.5175E-003) (-2.9342E-003, -3.4575E-003)
P6 (-1.7203E-003, -5.2168E-003) ( 1.6779E-003, 5.2469E-003)
==> (-2.9342E-003, -3.4575E-003) ( 3.0013E-003, -8.5985E-003)
[Y DEVICE] at k=9, f= 2.093000E+010
P3 ( 6.8069E-003, -4.4447E-003) (-6.7048E-003, -7.1787E-003)
==> (-1.8657E-003, 1.5000E-003) ( 1.8323E-003, -1.4663E-003)
P4 (-6.7048E-003, -7.1787E-003) ( 6.6812E-003, -4.3070E-003)
==> ( 1.8956E-003, -1.5349E-003) (-1.8657E-003, 1.5000E-003)
P5 (-1.8657E-003, 1.5000E-003) ( 1.8956E-003, -1.5349E-003)

```

```

==> ( 6.6813E-003,-4.3070E-003) (-6.7048E-003,-7.1787E-003)
P6 ( 1.8323E-003,-1.4663E-003) (-1.8657E-003, 1.5000E-003)
==> (-6.7048E-003,-7.1787E-003) ( 6.8070E-003,-4.4447E-003)
[Y DEVICE] at k=10, f= 2.100000E+010
P3 ( 7.8665E-003,-1.0484E-002) (-7.9058E-003,-8.0347E-004)
==> ( 5.2953E-004,-3.3390E-003) (-4.0493E-004, 3.4469E-003)
P4 (-7.9058E-003,-8.0347E-004) ( 8.0202E-003,-1.0124E-002)
==> (-6.5641E-004, 3.2250E-003) ( 5.2953E-004,-3.3390E-003)
P5 ( 5.2954E-004,-3.3389E-003) (-6.5642E-004, 3.2250E-003)
==> ( 8.0203E-003,-1.0124E-002) (-7.9058E-003,-8.0352E-004)
P6 (-4.0493E-004, 3.4469E-003) ( 5.2953E-004,-3.3389E-003)
==> (-7.9058E-003,-8.0352E-004) ( 7.8666E-003,-1.0484E-002)
[Y DEVICE] at k=11, f= 2.107000E+010
P3 ( 5.5590E-003,-4.7180E-003) (-5.4277E-003,-6.1053E-003)
==> (-1.5585E-004, 2.4782E-003) ( 1.1145E-004,-2.4492E-003)
P4 (-5.4277E-003,-6.1053E-003) ( 5.3750E-003,-4.4309E-003)
==> ( 1.9286E-004,-2.5093E-003) (-1.5585E-004, 2.4782E-003)
P5 (-1.5585E-004, 2.4783E-003) ( 1.9286E-004,-2.5093E-003)
==> ( 5.3750E-003,-4.4309E-003) (-5.4277E-003,-6.1053E-003)
P6 ( 1.1146E-004,-2.4492E-003) (-1.5585E-004, 2.4783E-003)
==> (-5.4277E-003,-6.1053E-003) ( 5.5590E-003,-4.7180E-003)
[Y DEVICE] at k=12, f= 3.136000E+010
P3 ( 1.3891E-003, 3.2061E-003) (-1.3432E-003,-9.0966E-004)
==> (-1.3408E-003,-8.8272E-004) ( 1.3270E-003, 8.8905E-004)
P4 (-1.3432E-003,-9.0966E-004) ( 1.4407E-003, 3.2153E-003)
==> ( 1.3766E-003, 8.6087E-004) (-1.3408E-003,-8.8272E-004)
P5 (-1.3408E-003,-8.8272E-004) ( 1.3766E-003, 8.6087E-004)
==> ( 1.4407E-003, 3.2153E-003) (-1.3432E-003,-9.0966E-004)
P6 ( 1.3270E-003, 8.8905E-004) (-1.3408E-003,-8.8272E-004)
==> (-1.3432E-003,-9.0966E-004) ( 1.3891E-003, 3.2061E-003)
[Y DEVICE] at k=13, f= 3.143000E+010
P3 ( 3.0638E-003, 4.4944E-003) (-3.0509E-003,-1.8569E-003)
==> (-9.4538E-006, 4.2789E-005) ( 2.2528E-005,-1.7761E-005)
P4 (-3.0509E-003,-1.8569E-003) ( 3.1927E-003, 4.5467E-003)
==> ( 2.3857E-005,-9.2061E-005) (-9.4538E-006, 4.2789E-005)
P5 (-9.4538E-006, 4.2789E-005) ( 2.3857E-005,-9.2061E-005)
==> ( 3.1927E-003, 4.5467E-003) (-3.0509E-003,-1.8569E-003)
P6 ( 2.2528E-005,-1.7761E-005) (-9.4538E-006, 4.2789E-005)
==> (-3.0509E-003,-1.8569E-003) ( 3.0638E-003, 4.4944E-003)
[Y DEVICE] at k=14, f= 3.150000E+010
P3 ( 1.7916E-003, 3.9803E-003) (-1.7685E-003,-9.9126E-004)
==> ( 1.7661E-003, 9.1621E-004) (-1.7162E-003,-9.0029E-004)
P4 (-1.7685E-003,-9.9126E-004) ( 1.9106E-003, 4.0820E-003)
==> (-1.7844E-003,-9.6681E-004) ( 1.7661E-003, 9.1621E-004)
P5 ( 1.7661E-003, 9.1621E-004) (-1.7844E-003,-9.6681E-004)
==> ( 1.9106E-003, 4.0820E-003) (-1.7685E-003,-9.9126E-004)
P6 (-1.7162E-003,-9.0029E-004) ( 1.7661E-003, 9.1621E-004)
==> (-1.7685E-003,-9.9126E-004) ( 1.7916E-003, 3.9803E-003)
[Y DEVICE] at k=15, f= 4.186000E+010
P3 ( 4.6766E-003,-1.3871E-002) (-1.6017E-003,-7.3606E-003)
==> ( 4.3137E-004, 1.2226E-003) (-2.6202E-003,-3.9112E-003)
P4 (-1.6017E-003,-7.3606E-003) ( 1.7190E-003,-1.5436E-002)
==> ( 1.5126E-004,-1.5751E-003) ( 4.3138E-004, 1.2226E-003)
P5 ( 4.3138E-004, 1.2226E-003) ( 1.5126E-004,-1.5751E-003)
==> ( 1.7190E-003,-1.5436E-002) (-1.6017E-003,-7.3606E-003)
P6 (-2.6202E-003,-3.9112E-003) ( 4.3137E-004, 1.2226E-003)
==> (-1.6017E-003,-7.3606E-003) ( 4.6766E-003,-1.3871E-002)
[Y DEVICE] at k=16, f= 4.193000E+010
P3 ( 4.9445E-003,-1.2380E-002) (-1.8397E-003,-6.4414E-003)
==> ( 2.9964E-004, 9.1008E-004) (-2.5499E-003,-3.0916E-003)
P4 (-1.8397E-003,-6.4414E-003) ( 1.7433E-003,-1.3866E-002)
==> ( 2.4202E-004,-1.3296E-003) ( 2.9964E-004, 9.1008E-004)
P5 ( 2.9964E-004, 9.1008E-004) ( 2.4202E-004,-1.3296E-003)
==> ( 1.7433E-003,-1.3866E-002) (-1.8397E-003,-6.4414E-003)
P6 (-2.5499E-003,-3.0916E-003) ( 2.9964E-004, 9.1008E-004)
==> (-1.8397E-003,-6.4414E-003) ( 4.9445E-003,-1.2380E-002)

```

[Y DEVICE] at k=17, f= 5.236000E+010

```

P3 ( 2.4872E-003,-4.6358E-003) (-2.4007E-003, 5.6633E-003)
==> (-9.2052E-004, 2.5022E-004) ( 9.4859E-004,-2.7551E-004)
P4 (-2.4007E-003, 5.6633E-003) ( 2.2867E-003,-4.3402E-003)
==> ( 8.8998E-004,-2.4497E-004) (-9.2052E-004, 2.5022E-004)
P5 (-9.2052E-004, 2.5022E-004) ( 8.8998E-004,-2.4497E-004)
==> ( 2.2867E-003,-4.3402E-003) (-2.4007E-003, 5.6633E-003)
P6 ( 9.4859E-004,-2.7551E-004) (-9.2052E-004, 2.5022E-004)
==> (-2.4007E-003, 5.6633E-003) ( 2.4872E-003,-4.6358E-003)

```

*** THE FOLLOWING RESULTS ARE FROM ANALYSIS OF CIRCUIT FILE:

*** NMIXER3.CKT

* VOLTAGE HARMONICS ACROSS ALL PORTS *

HARM. NO.	FREQUENCY (GHz)	SOURCE PORT#1 AMPLITUDE	PHASE(DEG)	SOURCE PORT#2 AMPLITUDE	PH
0 0	0.00000	3.7192E-006		0.0000E+000	
0 1	0.07000	3.0113E-003	167.68	3.1348E-001	
0 2	0.14000	4.0431E-005	-61.80	4.1013E-004	
1 -2	10.36000	1.4328E-003	38.28	1.0433E-004	
1 -1	10.43000	4.1319E-003	-10.63	2.0761E-004	
1 0	10.50000	5.8177E-001	-34.22	9.9777E-005	
1 1	10.57000	2.8956E-003	95.10	3.8404E-004	
1 2	10.64000	1.1387E-003	-57.69	1.0525E-004	
2 -2	20.86000	3.9911E-004	-30.50	2.6939E-004	
2 -1	20.93000	3.6313E-002	53.09	1.2453E-002	
2 0	21.00000	5.6925E-003	178.00	3.5580E-003	
2 1	21.07000	3.5332E-002	133.47	1.2047E-002	
3 -2	31.36000	9.7786E-006	131.01	1.2437E-004	
3 -1	31.43000	2.7151E-004	82.32	1.8587E-003	
3 0	31.50000	8.9913E-003	64.80	2.0032E-003	
4 -2	41.86000	5.7721E-004	43.05	6.7330E-004	
4 -1	41.93000	1.3095E-002	69.60	2.9873E-003	
5 -2	52.36000	7.1037E-004	-168.83	1.0003E-003	

HARM. NO.	FREQUENCY (GHz)	DEVICE PORT#1 [SD1] AMPLITUDE	PHASE(DEG)	DEVICE PORT#1 AMPLITUDE	PH
0 0	0.00000	-1.1135E-001		-1.1004E-001	
0 1	0.07000	2.7109E-001	-75.61	2.7130E-001	
0 2	0.14000	4.0518E-004	-133.61	4.1236E-004	
1 -2	10.36000	3.2960E-003	-104.19	4.4807E-003	
1 -1	10.43000	8.8686E-002	176.19	9.3388E-002	
1 0	10.50000	1.0522E+000	-88.32	1.0733E+000	
1 1	10.57000	7.4037E-002	30.52	7.6342E-002	
1 2	10.64000	1.3595E-003	-5.50	1.7657E-003	
2 -2	20.86000	1.0989E-002	47.48	1.0217E-002	
2 -1	20.93000	4.8190E-002	-32.31	4.6667E-002	
2 0	21.00000	5.0034E-001	37.92	5.0935E-001	
2 1	21.07000	5.6017E-002	-176.14	5.5290E-002	
3 -2	31.36000	9.8568E-003	84.12	8.4744E-003	
3 -1	31.43000	2.0284E-002	144.00	2.3823E-002	
3 0	31.50000	1.9940E-001	108.64	1.9336E-001	
4 -2	41.86000	3.9623E-003	27.11	5.7843E-003	
4 -1	41.93000	1.9116E-002	-85.80	2.3684E-002	
5 -2	52.36000	1.7072E-003	-21.65	2.9147E-003	

HARM. NO.	FREQUENCY (GHz)	DEVICE PORT#1 [SD3] AMPLITUDE	PHASE(DEG)	DEVICE PORT#1 AMPLITUDE	PH
0 0	0.00000	-1.1297E-001		-1.1057E-001	

0	1	0.07000	2.7904E-001	14.82	2.7943E-001
0	2	0.14000	5.1604E-004	-109.46	5.3017E-004
1	-2	10.36000	5.7137E-003	-77.11	4.7036E-003
1	-1	10.43000	9.4670E-002	-88.96	8.8257E-002
1	0	10.50000	1.0680E+000	93.91	1.0542E+000
1	1	10.57000	8.1315E-002	-64.91	7.7350E-002
1	2	10.64000	1.6170E-003	-51.94	2.1975E-003
2	-2	20.86000	1.2636E-002	-158.61	1.0765E-002
2	-1	20.93000	7.4875E-002	-109.39	7.6979E-002
2	0	21.00000	5.1862E-001	37.23	5.0610E-001
2	1	21.07000	3.9491E-002	-79.34	3.7154E-002
3	-2	31.36000	9.2471E-003	99.12	9.2051E-003
3	-1	31.43000	2.7541E-002	-149.90	2.7494E-002
3	0	31.50000	1.9960E-001	-68.47	2.0222E-001
4	-2	41.86000	6.7956E-003	170.68	4.3671E-003
4	-1	41.93000	3.0314E-002	-178.34	3.1547E-002
5	-2	52.36000	5.9003E-003	39.81	3.5988E-003

HARM. NO.	FREQUENCY (GHz)	OUTPUT PORT#1	
		AMPLITUDE	PHASE (DEG)
0	0	-1.8596E-006	
0	1	9.1163E-003	-54.38
0	2	1.2753E-004	-58.72
1	-2	7.2830E-004	-5.01
1	-1	1.3735E-001	13.07
1	0	2.7000E-002	17.35
1	1	7.9814E-003	-76.85
1	2	6.3127E-005	-31.77
2	-2	3.2492E-004	18.07
2	-1	2.9198E-002	153.88
2	0	6.0325E-004	100.25
2	1	2.3883E-002	100.49
3	-2	3.6100E-005	68.98
3	-1	1.1110E-003	76.88
3	0	8.8998E-003	-162.61
4	-2	2.1063E-003	-90.35
4	-1	7.2401E-003	47.44
5	-2	5.7443E-005	79.95

 * CURRENT HARMONICS AT ALL PORTS (INTO LINEAR SUBNETWORK) *

HARM. NO.	FREQUENCY (GHz)	SOURCE PORT#1		SOURCE PORT#2	
		AMPLITUDE	PHASE (DEG)	AMPLITUDE	PH
0	0	-7.4383E-008		0.0000E+000	
0	1	6.0227E-005	-12.32	6.3805E-003	
0	2	8.0862E-007	118.20	8.2025E-006	
1	-2	2.8655E-005	-141.72	2.0865E-006	
1	-1	8.2638E-005	169.37	4.1522E-006	
1	0	4.1259E-002	9.13	1.9955E-006	
1	1	5.7912E-005	-84.90	7.6808E-006	
1	2	2.2774E-005	122.31	2.1049E-006	
2	-2	7.9822E-006	149.50	5.3878E-006	
2	-1	7.2626E-004	-126.91	2.4907E-004	
2	0	1.1385E-004	-2.00	7.1161E-005	
2	1	7.0664E-004	-46.53	2.4093E-004	
3	-2	1.9557E-007	-48.99	2.4875E-006	
3	-1	5.4302E-006	-97.68	3.7173E-005	
3	0	1.7983E-004	-115.20	4.0063E-005	
4	-2	1.1544E-005	-136.95	1.3466E-005	
4	-1	2.6190E-004	-110.40	5.9746E-005	
5	-2	1.4207E-005	11.17	2.0005E-005	

HARM. NO.	FREQUENCY (GHz)	DEVICE PORT#1 [SD1]		DEVICE PORT#1	
		AMPLITUDE	PHASE (DEG)	AMPLITUDE	PH

0	0	0.00000	2.2140E-003		2.1882E-003
0	1	0.07000	1.5515E-003	-76.62	1.5813E-003
0	2	0.14000	1.2168E-004	-159.37	1.2941E-004
1	-2	10.36000	6.2791E-005	29.94	7.7628E-005
1	-1	10.43000	1.4635E-003	-46.55	1.4881E-003
1	0	10.50000	4.0813E-003	-70.12	4.0074E-003
1	1	10.57000	1.1829E-003	164.68	1.2022E-003
1	2	10.64000	2.0242E-005	126.98	2.6566E-005
2	-2	20.86000	1.3459E-004	134.38	1.2031E-004
2	-1	20.93000	9.1039E-004	177.62	9.5564E-004
2	0	21.00000	5.6486E-003	127.75	5.5695E-003
2	1	21.07000	4.2728E-004	10.36	4.2093E-004
3	-2	31.36000	2.3970E-005	-5.76	2.1255E-005
3	-1	31.43000	4.7168E-005	66.38	7.3325E-005
3	0	31.50000	6.2609E-004	18.99	6.1559E-004
4	-2	41.86000	9.0967E-005	130.08	1.1366E-004
4	-1	41.93000	2.9761E-004	51.94	2.6778E-004
5	-2	52.36000	1.7455E-005	125.60	1.5194E-005

HARM. NO.	FREQUENCY (GHz)	DEVICE PORT#1 AMPLITUDE	[SD3] PHASE(DEG)	DEVICE PORT#1 AMPLITUDE	PH
0	0	0.00000	2.2456E-003		2.1994E-003
0	1	0.07000	1.6193E-003	11.70	1.5466E-003
0	2	0.14000	1.5867E-004	19.59	1.3786E-004
1	-2	10.36000	9.4393E-005	53.70	8.2609E-005
1	-1	10.43000	1.4366E-003	45.57	1.3844E-003
1	0	10.50000	4.0458E-003	112.45	4.0628E-003
1	1	10.57000	1.2592E-003	70.39	1.2199E-003
1	2	10.64000	2.6366E-005	80.18	3.5387E-005
2	-2	20.86000	1.5064E-004	-64.74	1.3056E-004
2	-1	20.93000	8.9566E-004	72.36	8.1507E-004
2	0	21.00000	5.7012E-003	128.20	5.6834E-003
2	1	21.07000	7.0079E-004	103.21	6.8657E-004
3	-2	31.36000	2.0969E-005	6.13	2.0776E-005
3	-1	31.43000	8.5847E-005	122.35	6.1771E-005
3	0	31.50000	6.4047E-004	-162.58	6.4163E-004
4	-2	41.86000	1.3631E-004	-93.47	9.1865E-005
4	-1	41.93000	2.7637E-004	-62.04	1.7408E-004
5	-2	52.36000	4.6889E-005	140.91	5.1962E-005

HARM. NO.	FREQUENCY (GHz)	OUTPUT PORT#1 AMPLITUDE	PHASE(DEG)
0	0	0.00000	3.7192E-008
0	1	0.07000	1.8233E-004
0	2	0.14000	2.5505E-006
1	-2	10.36000	1.4566E-005
1	-1	10.43000	2.7470E-003
1	0	10.50000	5.3999E-004
1	1	10.57000	1.5963E-004
1	2	10.64000	1.2625E-006
2	-2	20.86000	6.4984E-006
2	-1	20.93000	5.8395E-004
2	0	21.00000	1.2065E-005
2	1	21.07000	4.7766E-004
3	-2	31.36000	7.2199E-007
3	-1	31.43000	2.2219E-005
3	0	31.50000	1.7800E-004
4	-2	41.86000	4.2126E-005
4	-1	41.93000	1.4480E-004
5	-2	52.36000	1.1489E-006

 * STATE VARIABLES HARMONICS *

HARM.	FREQUENCY	STATE VARIABLE NO. 1	STATE VARIABLE
-------	-----------	----------------------	----------------

NO.	(GHz)	AMPLITUDE	PHASE(DEG)	AMPLITUDE	P
0 0	0.00000	-1.5009E-001		-1.4833E-001	
0 1	0.07000	2.4395E-001	-75.50	2.4363E-001	
0 2	0.14000	1.7733E-003	14.94	2.6428E-003	
1 -2	10.36000	4.1370E-003	-115.18	5.4821E-003	
1 -1	10.43000	1.0889E-001	167.00	1.1348E-001	
1 0	10.50000	9.8456E-001	-89.62	1.0075E+000	
1 1	10.57000	8.9697E-002	20.99	9.2178E-002	
1 2	10.64000	1.6199E-003	-14.78	2.1130E-003	
2 -2	20.86000	1.1113E-002	35.26	1.0575E-002	
2 -1	20.93000	6.2505E-002	-25.00	6.2073E-002	
2 0	21.00000	5.0972E-001	26.74	5.1979E-001	
2 1	21.07000	6.3452E-002	-175.37	6.2575E-002	
3 -2	31.36000	9.8648E-003	86.55	8.4865E-003	
3 -1	31.43000	2.0123E-002	146.30	2.4117E-002	
3 0	31.50000	1.9963E-001	111.78	1.9378E-001	
4 -2	41.86000	4.5896E-003	7.36	6.1902E-003	
4 -1	41.93000	2.3236E-002	-94.47	2.6546E-002	
5 -2	52.36000	1.9711E-003	-26.46	2.7802E-003	

HARM. NO.	FREQUENCY (GHz)	STATE VARIABLE NO. 3 AMPLITUDE	PHASE(DEG)	STATE VARIABLE AMPLITUDE	P
0 0	0.00000	-1.4778E-001		-1.4906E-001	
0 1	0.07000	2.5399E-001	15.12	2.5245E-001	
0 2	0.14000	2.8131E-003	-152.22	2.1514E-003	
1 -2	10.36000	6.7611E-003	-86.53	5.7591E-003	
1 -1	10.43000	1.1142E-001	-97.15	1.0692E-001	
1 0	10.50000	1.0087E+000	92.77	9.8706E-001	
1 1	10.57000	9.6173E-002	-73.12	9.3919E-002	
1 2	10.64000	1.9152E-003	-61.05	2.6587E-003	
2 -2	20.86000	1.3004E-002	-168.93	1.0852E-002	
2 -1	20.93000	8.8753E-002	-109.12	9.1178E-002	
2 0	21.00000	5.2756E-001	27.59	5.1506E-001	
2 1	21.07000	5.0345E-002	-78.79	4.9119E-002	
3 -2	31.36000	9.2698E-003	101.13	9.2338E-003	
3 -1	31.43000	2.7521E-002	-147.13	2.7674E-002	
3 0	31.50000	2.0055E-001	-65.64	2.0311E-001	
4 -2	41.86000	7.3193E-003	153.99	4.5976E-003	
4 -1	41.93000	3.2440E-002	174.86	3.2677E-002	
5 -2	52.36000	6.0822E-003	33.08	4.2445E-003	

 * CURRENT HARMONICS AT EXTERNAL PORTS *

HARM. NO.	FREQUENCY (GHz)	EXTERNAL PORT NO. 1 AMPLITUDE	PHASE(DEG)	EXTERNAL PORT AMPLITUDE	P
0 0	0.00000	-7.4383E-008		0.0000E+000	
0 1	0.07000	6.0227E-005	-12.32	6.3805E-003	
0 2	0.14000	8.0862E-007	118.20	8.2025E-006	
1 -2	10.36000	2.8655E-005	-141.72	2.0865E-006	
1 -1	10.43000	8.2638E-005	169.37	4.1522E-006	
1 0	10.50000	4.1259E-002	9.13	1.9955E-006	
1 1	10.57000	5.7912E-005	-84.90	7.6808E-006	
1 2	10.64000	2.2774E-005	122.31	2.1049E-006	
2 -2	20.86000	7.9822E-006	149.50	5.3878E-006	
2 -1	20.93000	7.2626E-004	-126.91	2.4907E-004	
2 0	21.00000	1.1385E-004	-2.00	7.1161E-005	
2 1	21.07000	7.0664E-004	-46.53	2.4093E-004	
3 -2	31.36000	1.9557E-007	-48.99	2.4875E-006	
3 -1	31.43000	5.4302E-006	-97.68	3.7173E-005	
3 0	31.50000	1.7983E-004	-115.20	4.0063E-005	
4 -2	41.86000	1.1544E-005	-136.95	1.3466E-005	
4 -1	41.93000	2.6190E-004	-110.40	5.9746E-005	
5 -2	52.36000	1.4207E-005	11.17	2.0005E-005	

HARM. NO.	FREQUENCY (GHz)	EXTERNAL PORT NO. 3 AMPLITUDE	PHASE(DEG)
0 0	0.00000	3.7192E-008	
0 1	0.07000	1.8233E-004	125.62
0 2	0.14000	2.5505E-006	121.28
1 -2	10.36000	1.4566E-005	174.99
1 -1	10.43000	2.7470E-003	-166.93
1 0	10.50000	5.3999E-004	-162.65
1 1	10.57000	1.5963E-004	103.15
1 2	10.64000	1.2625E-006	148.23
2 -2	20.86000	6.4984E-006	-161.93
2 -1	20.93000	5.8395E-004	-26.12
2 0	21.00000	1.2065E-005	-79.75
2 1	21.07000	4.7766E-004	-79.51
3 -2	31.36000	7.2199E-007	-111.02
3 -1	31.43000	2.2219E-005	-103.12
3 0	31.50000	1.7800E-004	17.39
4 -2	41.86000	4.2126E-005	89.65
4 -1	41.93000	1.4480E-004	-132.56
5 -2	52.36000	1.1489E-006	-100.05

 * ACTIVE POWER FLOWING INTO THE NONLINEAR DEVICE AT THE DEVICE

HARM. NO.	FREQUENCY (GHz)	DEVICE PORT NO. 1 P (mW)	P (dBm)	DEVICE PORT NO. 2 P (mW)	P (dBm)
0 0	0.00000	0.247	-6.081	0.241	-6.184
0 1	0.07000	-0.210	-6.772	-0.214	-6.686
0 2	0.14000	-0.000	-46.536	0.000	-46.183
1 -2	10.36000	0.000	-41.424	0.000	-39.349
1 -1	10.43000	0.048	-13.218	0.050	-13.038
1 0	10.50000	-2.040	3.096	-2.026	3.067
1 1	10.57000	0.031	-15.156	0.032	-14.976
1 2	10.64000	0.000	-50.318	0.000	-47.917
2 -2	20.86000	-0.000	-43.986	0.000	-43.664
2 -1	20.93000	0.019	-17.210	0.020	-17.003
2 0	21.00000	-0.004	-23.597	0.018	-17.510
2 1	21.07000	0.012	-19.248	0.011	-19.396
3 -2	31.36000	-0.000	-66.071	0.000	-60.134
3 -1	31.43000	-0.000	-39.892	0.000	-37.496
3 0	31.50000	-0.000	-34.200	0.001	-31.963
4 -2	41.86000	0.000	-43.933	0.000	-48.887
4 -1	41.93000	0.002	-26.767	0.002	-27.593
5 -2	52.36000	0.000	-49.020	-0.000	-49.223
TOTAL POWER		-1.897		-1.867	

HARM. NO.	FREQUENCY (GHz)	DEVICE PORT NO. 3 P (mW)	P (dBm)	DEVICE PORT NO. 4 P (mW)	P (dBm)
0 0	0.00000	0.254	-5.957	0.243	-6.141
0 1	0.07000	-0.226	-6.467	-0.215	-6.666
0 2	0.14000	0.000	-45.886	-0.000	-46.770
1 -2	10.36000	0.000	-37.539	0.000	-38.931
1 -1	10.43000	0.048	-13.216	0.044	-13.601
1 0	10.50000	-2.048	3.114	-2.030	3.075
1 1	10.57000	0.036	-14.390	0.034	-14.681
1 2	10.64000	0.000	-48.447	0.000	-45.765
2 -2	20.86000	0.000	-41.923	-0.000	-43.214
2 -1	20.93000	0.034	-14.748	0.031	-15.058
2 0	21.00000	0.025	-16.038	-0.011	-19.754
2 1	21.07000	0.014	-18.594	0.013	-18.967
3 -2	31.36000	0.000	-52.954	0.000	-52.449
3 -1	31.43000	-0.000	-43.326	0.000	-39.039
3 0	31.50000	0.005	-23.388	0.003	-24.692
4 -2	41.86000	0.000	-43.258	-0.000	-51.307
4 -1	41.93000	0.002	-27.314	0.001	-30.440

5	-2	52.36000	0.000	-45.747	0.000	-42.180
		TOTAL POWER	-1.857		-1.887	

 * ACTIVE POWER FLOWING OUT OF THE EXTERNAL PORTS *

HARM.	FREQUENCY	EXTERNAL PORT NO. 1		EXTERNAL PORT	
NO.	(GHz)	P(mW)	P(dBm)	P(mW)	P(d)
0	0	0.00000	-95.580	0.000	-INF.
0	1	0.07000	-40.425	0.000	-36.531
0	2	0.14000	-77.866	0.000	-57.742
1	-2	10.36000	-46.876	0.000	-69.632
1	-1	10.43000	-37.677	0.000	-63.655
1	0	10.50000	7.122 8.526	0.000	-70.019
1	1	10.57000	-40.765	0.000	-58.312
1	2	10.64000	-48.872	0.000	-69.556
2	-2	20.86000	-57.978	0.000	-61.392
2	-1	20.93000	-18.799	0.002	-28.094
2	0	21.00000	-34.894	0.000	-38.976
2	1	21.07000	-19.037	0.001	-28.383
3	-2	31.36000	-90.195	0.000	-68.105
3	-1	31.43000	-61.324	0.000	-44.616
3	0	31.50000	-30.924	0.000	-43.966
4	-2	41.86000	-54.773	0.000	-53.436
4	-1	41.93000	-27.658	0.000	-40.494
5	-2	52.36000	-52.970	0.000	-49.998
TOTAL POWER		7.151		0.004	

HARM.	FREQUENCY	EXTERNAL PORT NO. 3	
NO.	(GHz)	P(mW)	P(dBm)
0	0	0.00000	-101.601
0	1	0.07000	-30.804
0	2	0.14000	-67.888
1	-2	10.36000	-52.754
1	-1	10.43000	-7.243
1	0	10.50000	-21.373
1	1	10.57000	-31.958
1	2	10.64000	-73.996
2	-2	20.86000	-59.765
2	-1	20.93000	-20.693
2	0	21.00000	-54.390
2	1	21.07000	-22.438
3	-2	31.36000	-78.850
3	-1	31.43000	-49.086
3	0	31.50000	-31.012
4	-2	41.86000	-43.530
4	-1	41.93000	-32.805
5	-2	52.36000	-74.815
TOTAL POWER		0.213	

 * NETWORK FUNCTIONS *

FN#	TYPE	VALUE
1	HB ERROR	2.824766E-007 A

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Razgra'ta doğan Metin Erdoğan, ilk öğrenimini Yeşilyurt Hamdullah Suphi Tanrıöver İlkokulu'nda, orta öğrenimini Yeşilyurt Muhsin Adil Binal Ortaokulu'nda, lise öğrenimini Yeşilköy 50. Yıl Lise'sinde tamamladı. 1986-1987 öğretim yılında, Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. 1990 yılında bu bölümden birincilikle mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Anabilim Dalı Elektronik ve Haberleşme yüksek lisans programına girdi