



**AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ**

**SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION**

Doküman Adı / Document	TAMSAT_TRNPDR_SSD
Yayın No / Issue No	v1.2
Yayın Tarihi / Issue Date	Nisan 2011
Hazırlayan / Author	Barış DİNÇ (TA7W) Şafak AKÇA (TA2HF)



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / *Document No* : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / *Issue No* : v1.2 / Nisan 2011

İÇİNDEKİLER
CONTENTS

1	KAPSAM / <i>SCOPE</i>	3
1.1	Tanım / <i>Identification</i>	3
1.2	Sistem / Alt Sistem Genel Bakış / <i>System / Subsystem Overview</i>	3
1.3	Dokümana Genel Bakış / <i>Document Overview</i>	3
2	İLGİLİ DOKÜMANLAR / <i>REFERENCED DOCUMENTS</i>	3
3	SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM KARARLARI / <i>SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DECISIONS</i>	4
4	SİSTEMİN YAPISAL TASARIMI / <i>SYSTEM ARCHITECTURAL DESIGN</i>	4
4.1	Genel Yürütme (Execution) Kavramı / <i>Concept of Execution</i>	6
4.1.1	Otomatik Kazanç Kontrolü (AGC).....	6
4.2	Sistem / Alt Sistem Bileşenleri / <i>System / Subsystem Components</i>	7
4.2.1	VHF Ön Yükselteç Birimi.....	8
4.2.2	VHF Band Geçiren Helikal Filtre.....	10
4.2.3	Güç Yükselteç Elemanı.....	11
4.2.4	VCO (Voltage Controlled Oscillator).....	13
4.2.5	Mixer (Karıştırıcı) Birimi.....	15
4.2.6	SAW Filtre.....	16
4.2.7	Çıkış Güç Yükselteç Birimi.....	18
4.2.8	Kuplör birimi.....	20
4.3	Arayüz Tasarımı / <i>Interface Design</i>	21
4.3.1	GC-TR-AY01.....	22
4.3.2	TR-UB-AY01.....	23
4.3.3	TR-UA-AY01.....	23
4.3.4	VA-TR-AY01.....	24
4.4	Test ve Performans Değerlendirme / <i>Test and Performance Evaluation</i>	24
5	GEREKSİNİMLERİN İZLENEBİLİRLİĞİ / <i>REQUIREMENTS TRACEABILITY</i>	26
6	NOTLAR / <i>NOTES</i>	26
6.1	KISALTMALAR.....	26
6.2	ŞEKİLLER.....	26
6.3	TABLolar.....	27
7	EKLER / <i>APPENDICES</i>	27



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI TRANSPONDER MODÜLÜ SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

1 KAPSAM / SCOPE

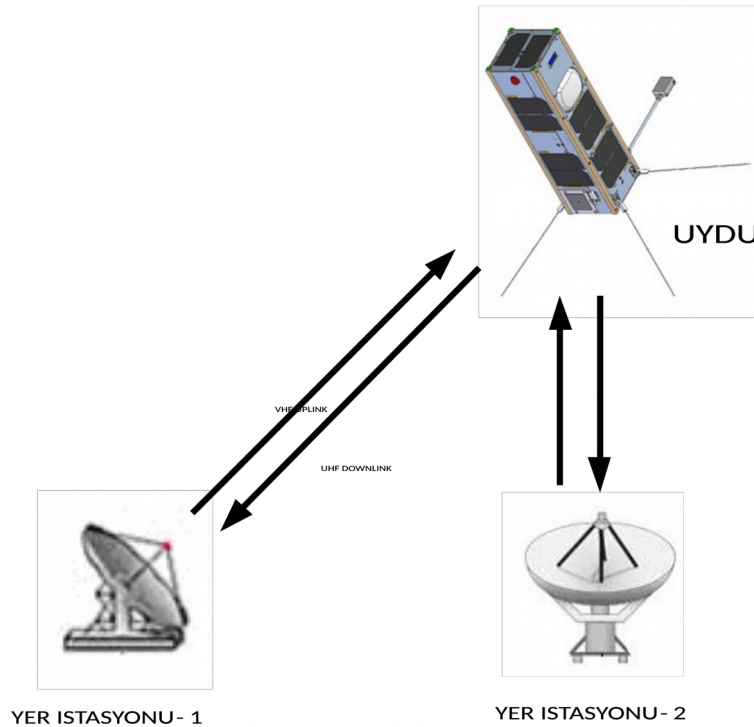
1.1 Tanım / Identification

Yeryüzündeki verici istasyonlarından (uydu kullanıcılarından) gönderilen radyo sinyallerini alıp başka bir frekanstan zaman gecikmesi olmaksızın yeryüzüne geri gönderecek alt sistem transponder modulüdür.

1.2 Sistem / Alt Sisteme Genel Bakış / System / Subsystem Overview

Hazırlanacak olan 3U büyüklüğündeki (30X10X10 cm) Amatör Uydu'nun yer istasyonları arasında iki yönlü haberleşme yapabilmesi amacıyla kullanılacak olan iletişim modulüdür. Temel olarak görevi; yer istasyonlarından alınan sinyallerin başka bir frekansa taşınarak yeniden dünyaya gönderilmesi, olarak tanımlanabilir.

Uydu üzerinde en az iki farklı muhaberenin aynı anda yapılabilmesini sağlayan ve amatörler tarafından kullanılan iletişim modülasyon tiplerini (AM/FM/CW/SSB/PacketRadio vb.) destekleyecek özellikte olması hedeflenmektedir.



Şekil 1 – Uydu Çalışma Konsepti

1.3 Dokümana Genel Bakış / Document Overview

Bu dokümanda uydunun "Transponder Modülü"nü teknik gereksinimleri, kısıtları, tasarım kararları, teknik tasarım detayları, çalıştırılma şekli ve diğer modüller ile olan ilişkileri anlatılacaktır.

2 İLGİLİ DOKÜMANLAR / REFERENCED DOCUMENTS

Yoktur.



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

3 SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM KARARLARI / *SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DECISIONS*

Transponder tasarımı için aşağıdaki kısıtlar ve tasarım kriterleri göz önüne alınmıştır;

- Uydu transponderine UPLINK (yerden uyduya çıkışlar) VHF bandından, DOWNLINK(uydudan yere inişler) UHFbandından olacaktır. Eğer iniş için VHF bandı kullanmak istenir ise, VHF'nin 3. harmoniği UHF bandına denk geleceği için, ve bu harmoniğin dinleme üzerine olacak olumsuz etkisini azaltmak için çok keskin filtreler kullanılması gerekeceği için bu çıkış/iniş bantları tercih edilmiştir.
- Transponder üzerinde alıcı temel frekansı 145.800Mhz ile 146.000 Mhz arasında ayarlanabilir olacaktır. Frekans seçimi uydu fırlatılmadan önce ayarlanacak olup fırlatma sonrasında frekans değişikliği yapılmayacağı öngörülmüştür.
- Transponder üzerinde verici temel frekansı 435.000Mhz ile 438.000 Mhz arasında ayarlanabilir olacaktır. Frekans seçimi uydu fırlatılmadan önce ayarlanacak olup fırlatma sonrasında frekans değişikliği yapılmayacağı öngörülmüştür.
- Yeryüzünden gönderilen zayıf sinyalleri işlenebilecek seviyeye getirebilmek amacı ile üzerinde bir önkuvvetlendirici katı bulunduracaktır.
- Filtreleme ve bant genişliği sınırlandırmaları için öncelikle uygun bir frekansa (arafrekansa downconvert) çevrilip ardından hedef frekansa çevrim (upconvert) işlemleri ile çalışacak bir yapı hazırlanacaktır.
- Transponder gönderici modülasyon tipinden bağımsız olarak lineer olarak çalışacaktır. Gönderici sinyalleri için herhangi bir kanal bant genişliği sınırlaması uygulanmayacaktır. Gönderenin sinyal özellikleri (modülasyon tipi, bant genişliği, vb.) değiştirilmeden aynı şekilde downlink frekansından güçlendirilerek dünyaya gerigönderilecektir.
- Downlink UHF vericisinin toplam çıkış gücü maximum 30dBm olacaktır. Bu güç en az 2 (iki) kademeli olarak ayarlanabilir olacaktır.
- Uydu transponderi FC (Flight Computer) tarafından devreye alınıp çıkartılacak, böylece kullanılmayacağı zamanlarda transponderin devre dışı olması sağlanacaktır.
- Transponder en fazla 250 gram ağırlığında olacaktır.
- Uydunun kendisi 3U standardında olacağı için hazırlanacak olan tüm birimlerin ölçüleri gerekli standard için uygun olarak hazırlanacaktır (Örn; boyutları 9x9cm olmalı, vb.)

4 SİSTEMİN YAPISAL TASARIMI / *SYSTEM ARCHITECTURAL DESIGN*

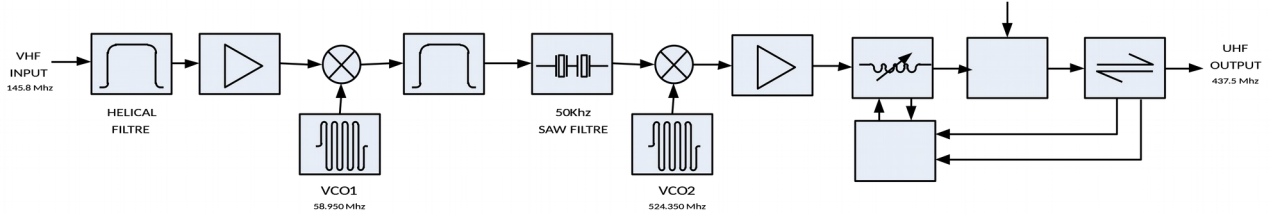
VHF Bandında belirlenmiş bir bant genişliğine sahip bir aralıktan sinyalleri alıp UHF bandına taşıyacak ve güçlendirerek tekrar yayınlayacak olan transponder modülünün genel yapısı aşağıdaki şekilde verilmiştir.



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011



Şekil 2 – Transponder genel Yapısı

Yukarıdaki blok gösterimindeki birimler şu şekilde isimlendirilmektedir;

- VHF anten giriş birimi,
- Güç yükselteç birimi,
- Mixer birimi,
- VCO (Voltage Controlled Oscillator),
- Band Geçiren Filtre, SAW Filtre,
- Mixer,
- VCO,
- Güç yükselteç birimi,
- UHF anten çıkış birimi.

Bu birimlerin görevleri, çalışma prensipleri, teknik özellikleri ve birbirleri ile olan ilişkileri aşağıdaki bölümlerde açıklanacaktır.

4.1 Genel Yürütme (Execution) Kavramı / *Concept of Execution*

Transponder'in alt birimlerini ve kısaca çalışma prensibini şu adımlarla açıklayabiliriz;

- VHF anteninden algılanan sinyaller bir helical filitre ile sınırlandırılırlar, böylece sadece belirlenmiş bir aralıktaki VHF sinyalleri bir sonraki bölüme ulaşabilecektir.
- Anten katından gelen sinyalin kendisinin ve bu sinyalin filitreleme ile de bir miktar zayıflamaya uğrayacağı göz önüne alındığından helical filitre devresinin hemen ardından bir sinyal güçlendirme işlemi yapılmaktadır.



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

- Sinyali direkt olarak UHF bandındaki yayın frekansına taşımak yerine önce başarılı bir filitrelemenin yapılabileceği 86.850 Mhz bandına birinci mixer devresi ile daha sonra asıl çıkış frekansına taşınacaktır. Bu nedenle birinci mixer frekansı olarak 58.950Mhz tercih edilmiştir.
- Birinci mixer çıkışı da oluşabilecek zayıflamalara karşın ve sistemin hassasiyetini artırmak için bir yükselteçten geçirilmektedir.
- Birinci mixer çıkışında oluşacak ve yükselteç devresinde yükseltilecek olan giriş frekanslarının toplam ve farklarından, frekansların toplamları bileşenini seçebilmek için sinyaller bir filtreden daha geçirilmektedir. Bu filtre sistemdeki en kritik bant genişliği seçimini yapacağı ve sinyal üzerindeki kirlenmeyi minimize etmesi gerekeceği için SAW filtre olarak tercih edilmiştir. Bu amaçla piyasadan temini kolay olan 86.850Mhz filitreler seçilmiştir.
- 86.85Mhz bandındaki sinyalimiz ikinci mixer devresinde 524.350Mhz'lik bir sinyal ile karıştırılmaktadır. Birinci mixer çıkışının aksine, ikinci mixer çıkışında, giriş frekanslarının toplamı yerine farkının kullanılması tercih edilmiştir. Bu nedenle ikinci mixer çıkışındaki frekansımız 437.5 Mhz civarında olacaktır. Çıkış frekansının bandının belirlenmesinde temel olarak ikinci mixerde kullanılacak lokal osilatör frekansı etkili olacaktır.
- İkinci mixer çıkışında hedeflenen UHF bandındaki frekans aralığında yer alan sinyali, uçuş bilgisayarından alınan güçlendirme katsayısı değeri kullanılarak güçlendirilip anten katına gönderilmektedir.
- Olası anten sorunlarını algılayıp, transponderin RF çıkış devrelerinin zarar görmesini engellemek amacı ile anten katı öncesinde bir anten kuplör (antenna coupler) devresi kullanılarak buradan elde edilen bilgi çıkış RF yükseltecinin hemen önüne yerleştirilmiş bir sinyal zayıflatıcıyı kontrol etmek için kullanılmıştır. Böylece antende bir sorun olduğunda bu zayıflatıcı sinyal seviyesini zayıflatacak, RF yükseltecine giren RF gücü azalacağı için çıkış gücü de azalmış olacak, böylece anten katından geri yazınsıyacak RF miktarı da azaltılmış olacaktır. Bu durum RF çıkış modülünün zarar görmesini engelleyecektir.
- Güçlendirilmiş ve çıkış frekans aralığındaki sinyal UHF anteni yardımı ile havaya/uzaya gönderilecektir.

4.1.1 Otomatik Kazanç Kontrolü (AGC)

Transponder'in sağlıklı çalışması ve farklı seviyelerdeki giriş sinyallerinin sistemi olumsuz etkilememesi için RF yolu üzerinde bir kazanç kontrolü kontrol geribesleme sistemi kurmak gerekmektedir. VHF girişindeki sinyallerin seviye olarak birbirlerinden farkının maksimum 40.9dB civarında olacağı varsayıldığında otomatik kazanç kontrolünün en az 40-45dB civarında olması gerektiği öngörülmektedir. Bu durum aşağıdaki tabloda yapılan bütçe hesapları ile değerlendirilmiştir, tablo ile ilgili varsayımlar şunlardır;

- Çalışma frekansı 145.800Mhz'dir,
- Yer istasyonlarının uyduya uzaklığı minimum 800Km (tepe geçişi durumu) olacaktır,
- Yer istasyonlarının uyduya uzaklığı maksimum 3000Km (ufuk uzaklığı) olacaktır,
- Yer istasyonu ile uydusu arasındaki en yüksek kayıp 145.22dB'dir,
- Yer istasyonları 1-500 Watt arasında çıkış gücü kullanabilirler,
- Yer istasyonlarının her birinde 3dB iletim hattı kaybı olmaktadır,
- Yer istasyonları 6-20dBi kazançlı antenler kullanabilirler,
- Uydusu alıcı antenimizin kazancı 2dBi'dir.



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI TRANSPONDER MODÜLÜ SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

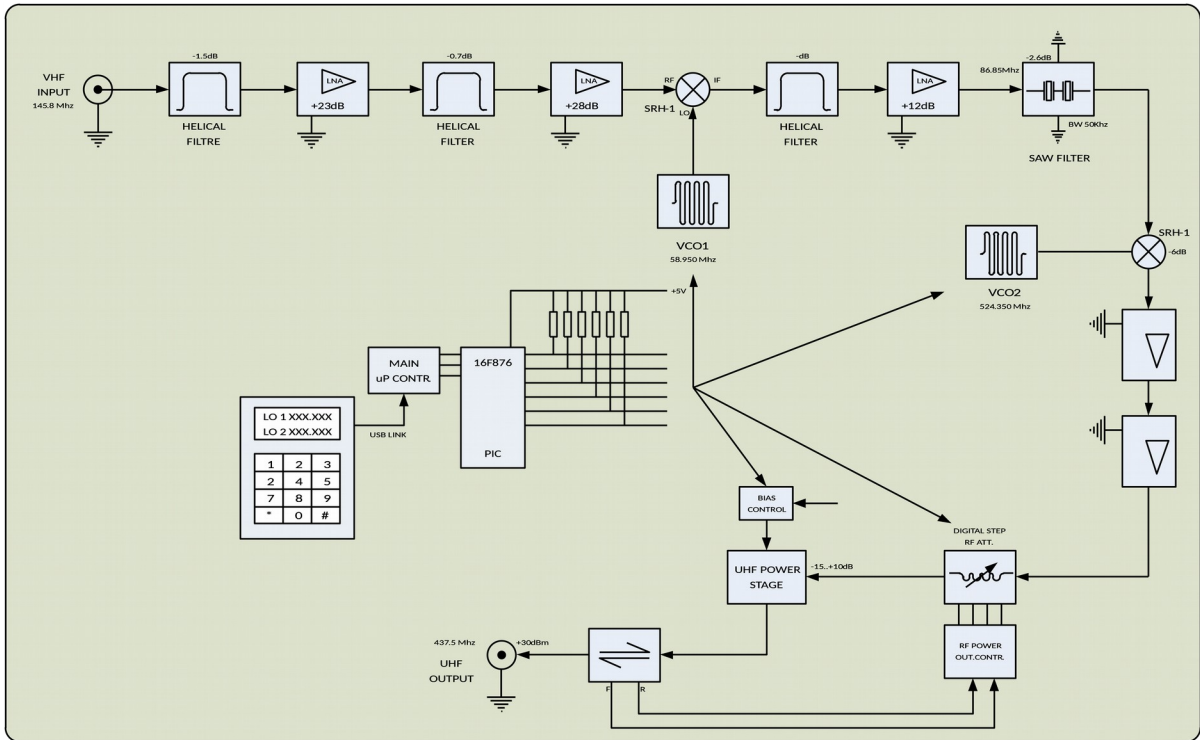
	İstasyon-1	İstasyon-2	İstasyon-3	İstasyon-4
Çıkış Gücü (Watt)	1.00	5.00	100.00	500.00
Çıkış Gücü (dBm)	30.00	36.99	50.00	56.99
İletim Kayıpları (dB)	3.00	3.00	3.00	3.00
Anten Kazancı (dBi)	6.0	12.0	12.0	20.0
EIRP (dBm)	33.00	45.99	59.00	73.99
Polarizasyon Kaybı (dB)	3.00	3.00	3.00	3.00
İyonosfer Zayıflatması (dB)	1.00	1.00	1.00	1.00
Uydu Anten Kazancı (dBi)	2.0	2.0	2.0	2.0
Uydu İletim Hattı Kaybı (dB)	0.20	0.20	0.20	0.20
Alıcı Gürültü Eşiği (dBm)	-138.0	-138.0	-138.0	-138.0
Uyduya Ulaşan En Zayıf Sinyal (dBm)	-114.42	-101.43	-88.42	-73.43
Siyan Gürültü Oranı (S/N dB)	23.58	36.57	49.58	64.57

Tablo 1 – AGC Bütçe Hesapları

Yukarıdaki tablo şu şekilde özetlenebilir; 1 watt çıkış gücüne ve 6dBi anten gücüne sahip bir istasyon ile, 500 watt çıkış gücüne sahip 20dBi kazançlı bir anten kullanan istasyon uyduya aynı uzaklıktan erişiyor iken uyduya erişen sinyal seviyeleri sırası ile -114.42 dB ve -73.43 dB olacaktır.

4.2 Sistem / Alt Sistem Bileşenleri / System / Subsystem Components

Transponder altistemleri ve bu altistemlerin birbirleri ile olan ilişkileri aşağıdaki blok diyagramında verildiği gibidir;



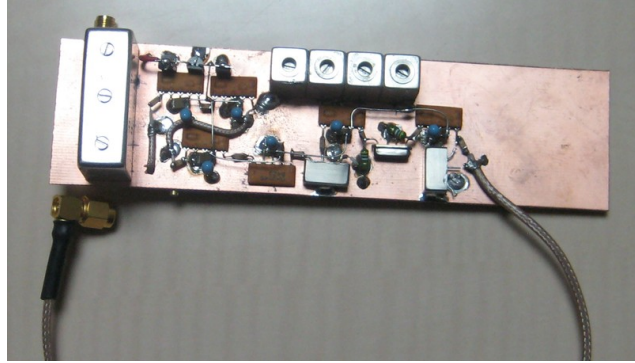
Şekil 3 – Transponder Altistemleri Blok Diyagramı



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011



Şekil 4 – İlk Transponder Prototipi

Altasitemlerin teknik özellikleri aşağıdaki bölümlerde ele alınacaktır.

4.2.1 VHF Ön Yükselteç Birimi

VHF anteni tarafından algılanan sinyallerin işlenebilir düzeye getirilmesi sağlamak amacı ile yapılacak olan ön yükselteç devresinde Mini-Circuit tarafından üretilen ERA-3 elemanı kullanılacaktır.

ERA-3 seçiminde dikkate alınan frekans aralığı, gerilim seviyeleri ve kazanç oranları vb. bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir;

Parameter		Min.	Typ.	Max.	Units	Cpk
Frequency Range*		DC		3	GHz	
Gain	f=0.1 GHz f=1 GHz f=2 GHz f=3 GHz	21 21 17.6 15.4	22.1 21 18.7 16.4	24.3 19.5 17.3	dB	≥ 1.5
Magnitude of Gain Variation versus Temperature (values are negative)	f=0.1 GHz f=1 GHz f=2 GHz f=3 GHz		0.0045 0.0051 0.0059 0.0064	0.009 0.010 0.012 0.013	dB/°C	
Input Return Loss	f=0.1 GHz f=1 GHz f=2 GHz f=3 GHz		30 19 18 18		dB	
Output Return Loss	f=0.1 GHz f=1 GHz f=2 GHz f=3 GHz		21 17 17 17		dB	
Reverse Isolation	f=2 GHz	21	24		dB	
Output Power @ 1 dB compression	f=0.1 GHz f=1 GHz f=2 GHz f=3 GHz		12.5 12.1 12.5 10.5		dBm	≥ 1.5
Saturated Output Power (at 3dB compression)	f=0.1 GHz f=1 GHz f=2 GHz f=3 GHz		13.6 13.3 13.1 12.1		dBm	
Output IP3	f=0.1 GHz f=1 GHz f=2 GHz f=3 GHz	24 24 23 21	27 27 26 24		dBm	≥ 1.5
Noise Figure	f=0.1 GHz f=1 GHz f=2 GHz f=3 GHz		2.7 2.6 2.8 2.9		dB	≥ 1.5
Group Delay	f=2 GHz		80		psec	
Recommended Device Operating Current			35		mA	
Device Operating Voltage		3.0	3.2	3.4	V	≥ 1.5
Device Voltage Variation vs. Temperature at 35mA			-2.3		mV/°C	
Device Voltage Variation vs. Current at 25°C			3.6		mV/mA	
Thermal Resistance, junction-to-case ¹			181		°C/W	

Tablo 2 – ERA-3 Teknik Özellikleri

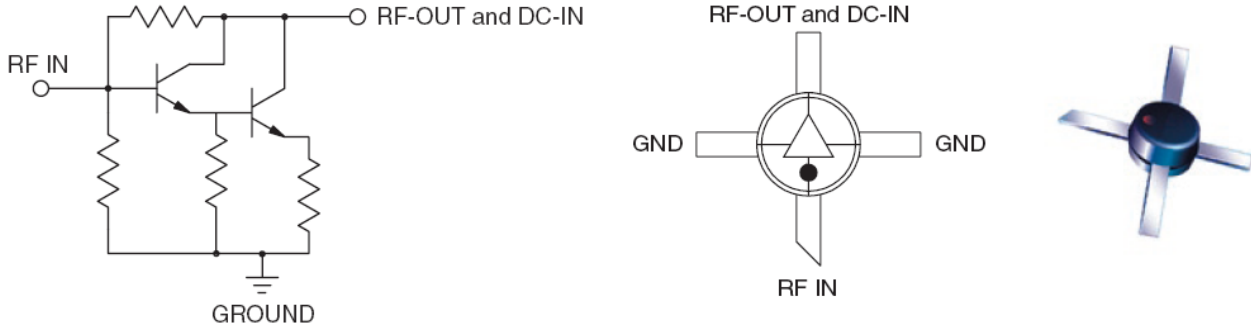


AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI TRANSPONDER MODÜLÜ SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

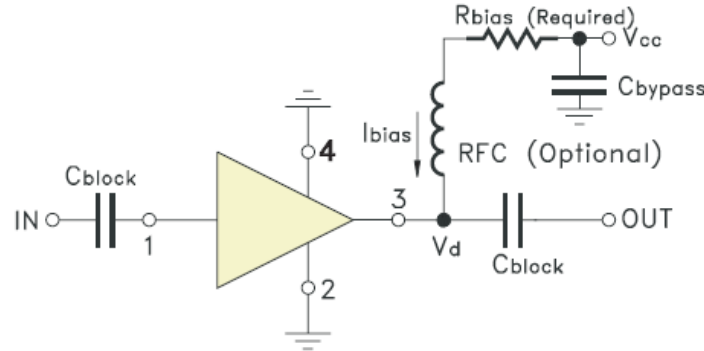
Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

ERA-3 elemanının fiziksel görünümü, bacak bağlantısı ve iç devre yapısı ile ilgili görünümeler aşağıdaki gibidir;



Şekil 5 – ERA-3 Bacak Bağlantısı, Devre Yapısı ve Fiziksel Görünümü
ERA-3 örnek uygulaması aşağıdaki gibidir;



Şekil 6 – ERA-3 Örnek Uygulama

4.2.2 VHF Band Geçiren Helikal Filtre

Transponder'in giriş frekansındaki sinyallerin süzülmesi ve diğer bantlardaki (frekanslardaki) sinyallerin giriş sinyallerini etkilememesini sağlamak amacı ile TOKO America firmasına ait 100-240Mhz aralığında çalışabilen 145Mhz merkez frekansına sahip CBT üçlü filtresinin kullanılması planlanmıştır.

CBT seçiminde dikkate alınan frekans aralığı, zayıflatma değerleri vb. bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir;

Item	Type	CBW	CBT
Center Frequency		145MHz	145MHz
Bandwidth, at 1dB		3MHz	3MHz
Attenuation	$f_0 + 10\text{MHz}$	20dB	28dB
	$f_0 - 10\text{MHz}$	22dB	35dB
Ripple		0.3dB	0.5dB
Insertion Loss		1.3dB	2dB
Impedance		50 Ω	50 Ω

Tablo 3 – CBT Teknik Özellikleri

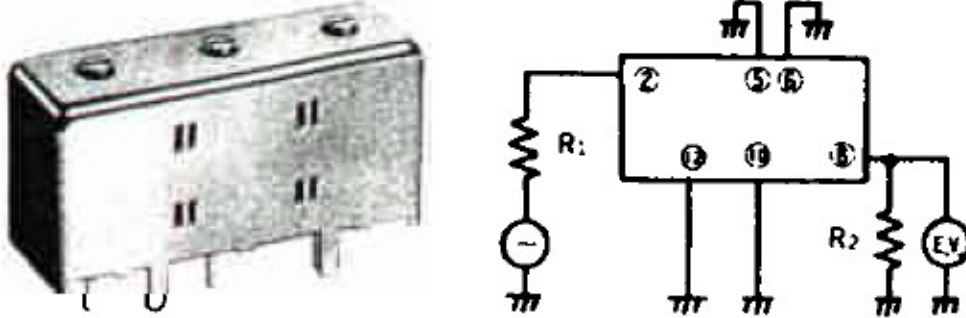


AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

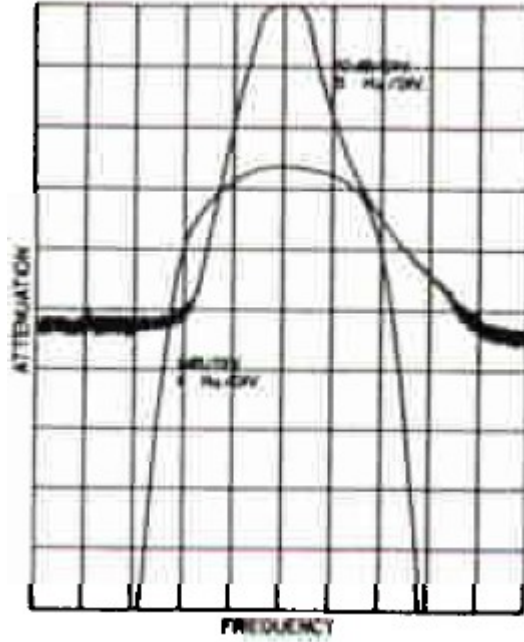
Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

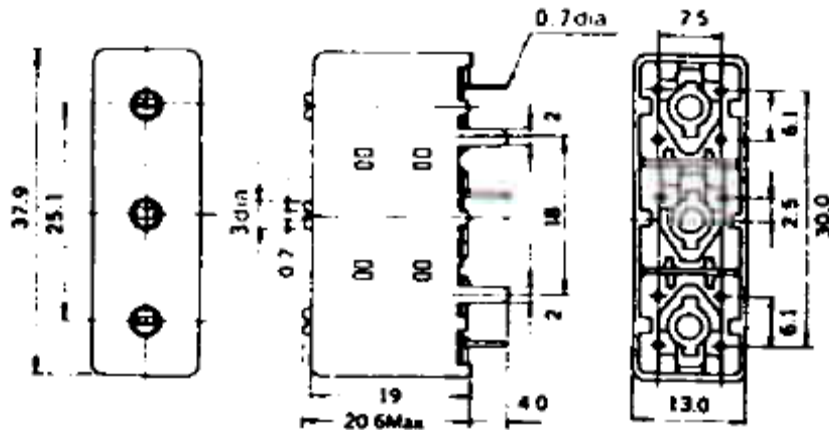
CBT modulünün fiziksel görünümü ve bacak bağlantı bilgileri aşağıdaki gibidir;



Şekil 7 – CBT Bacak Bağlantısı ve Fiziksel Görünümü
CBT modulünün çalışma frekans karakteristiği aşağıdaki gibidir;



Şekil 8 – CBT Frekans Tepkisi Grafiği
Kart tasarımında dikkate alınacak fiziksel boyut ve kılıf bilgileri aşağıdaki gibidir;



Şekil 9 – CBT Modülü Fiziksel Boyutları



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

4.2.3 Güç Yükselteç Elemanı

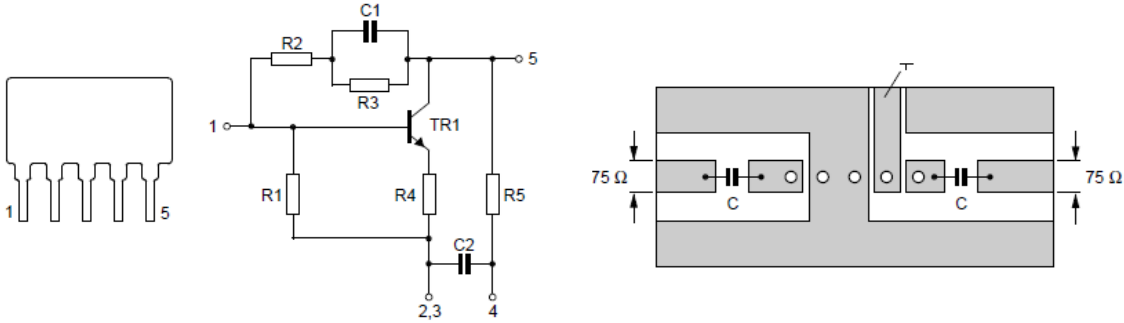
Güç yükselteci seçiminde; çalışılacak tüm frekanslar için ayrı ayrı güç yükselteç devreleri tasarlayıp bunların özelliklerinin değerlendirilmesi yerine geniş bantlı ve çok düşük gürültü oranına sahip bir bileşen olan PHILIPS firmasının ürettiği OM2045 geniş bantlı yükselteç modülü kullanılması tercih edilmiştir.

OM2045 seçiminde dikkate alınan frekans aralığı, gerilim seviyeleri ve kazanç oranları vb. bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir;

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
f	frequency range		40	–	860	MHz
Z _s , Z _L	source and load impedance		–	75	–	Ω
G _T	transducer gain = S ₂₁ ²		–	12	–	dB
ΔG _T	flatness of frequency response		–	1	–	dB
V _{o(rms)}	output voltage (RMS value)	d _{im} = –60 dB; 3rd order intermodulation (3-tone)	–	99	–	dBμV
F	noise figure		–	3.6	–	dB
V _B	DC supply voltage		10.8	12	13.2	V
T _{amb}	ambient operating temperature		–20	–	+70	°C

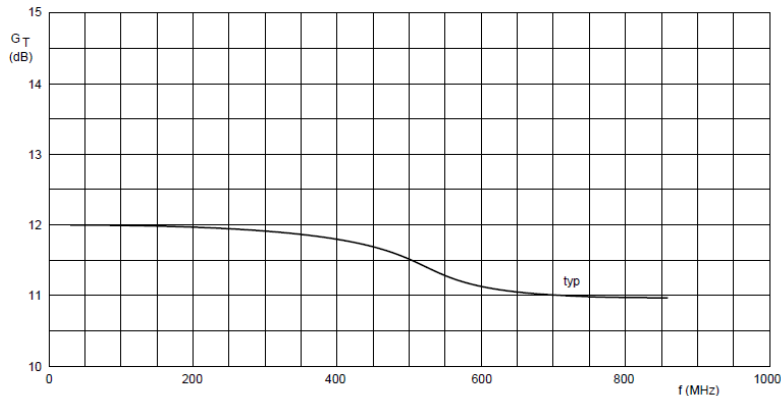
Tablo 4 – OM2045 Teknik Özellikleri

OM2045 modülünün fiziksel görünümü, iç devre yapısı ve modülün PCB'si ile ilgili görünümler aşağıdaki gibidir;



Şekil 10 – OM2045 Bacak Bağlantısı, Devre Yapısı ve Fiziksel Yapısı

OM2045 geniş bantlı yükselteç modülünün çalışma frekans aralığı için kazanç grafiği aşağıdaki gibidir;



Şekil 11 – OM2045 Kazanç-Frekans Grafiği

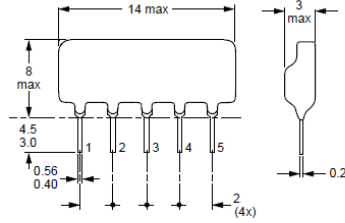


AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI TRANSPONDER MODÜLÜ SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

Kart tasarımında dikkate alınacak fiziksel boyut ve kılıf bilgileri aşağıdaki gibidir;



Şekil 12 – OM2045 Fiziksel Boyutları

4.2.4 VCO (Voltage Controlled Oscillator)

Transponder birimlerinde kullanılacak frekansların üretilmesi için Silicon Labs firmasının ürettiği 10Mhz ile 1.4Ghz arasında salınım üretmek üzere programlanabilir XO/VCXO modülü Si570 kullanılması planlanmıştır. (Özel NOT: Güç harcamasının çok yüksek olacağı değerlendirilerek Si570 yerine alternatif bir VCO çözümü üzerinde araştırma yapılacaktır. 1. Prototip Si570 ile hazırlanmıştır, transponder birim testleri bu devre ile yapılacak olup ilk revizyonda Si570 bileşenin de değiştirilmesi planlanmaktadır)

Si570 seçiminde dikkate alınan frekans aralığı, gerilim seviyeleri ve kazanç oranları vb. bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir;

Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
Supply Voltage ¹	V _{DD}	3.3 V option	2.97	3.3	3.63	V
		2.5 V option	2.25	2.5	2.75	
		1.8 V option	1.71	1.8	1.89	
Supply Current	I _{DD}	Output enabled	—	—	—	mA
		LVPECL	—	120	130	
		CML	—	108	117	
		LVDS	—	99	108	
		CMOS	—	90	98	
TriState mode	—	60	75			
Output Enable (OE) ² , Serial Data (SDA), Serial Clock (SCL)		V _{OH}	0.75 x V _{DD}	—	—	V
		V _{OL}	—	—	0.5	
Operating Temperature Range	T _A		-40	—	85	°C

Notes:

1. Selectable parameter specified by part number. See Section "7. Ordering Information" on page 24 for further details.
2. OE pin includes a 17 kΩ pullup resistor to V_{DD}. See "7. Ordering Information".

CLK_{OUT} Output Frequency Characteristics

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
Programmable Frequency Range ^{1,2,3}	f ₀	LVPECL/LVDS/CML	10	—	1417.5	MHz
		CMOS	10	—	160	
Temperature Stability ^{1,4}		T _A = -40 to +85 °C	-20	—	+20	ppm
Initial Accuracy			—	1.5	—	ppm
Aging	f _a	Frequency drift over first year	—	—	±3	ppm
		Frequency drift over 15 year life	—	—	±10	ppm
Total Stability		Temp stability = ±20 ppm	—	—	±31.5	ppm
		Temp stability = ±50 ppm	—	—	±61.5	ppm
Absolute Pull Range ^{1,4}	APR		±25	—	±375	ppm
Power up Time ⁵	t _{OSC}		—	—	10	ms

Notes:

1. See Section "7. Ordering Information" on page 24 for further details.
2. Specified at time of order by part number. Three speed grades available:
Grade A covers 10 to 945 MHz, 970 to 1134 MHz, and 1213 to 1417.5 MHz.
Grade B covers 10 to 810 MHz.
Grade C covers 10 to 280 MHz.
3. Nominal output frequency set by V_{CNOM} = 1/2 x V_{DD}.
4. Selectable parameter specified by part number.
5. Time from power up or tri-state mode to f₀.

Typical CLK_{OUT} Output Phase Noise

Offset Frequency (f)	120.00 MHz LVDS	156.25 MHz LVPECL	622.08 MHz LVPECL	Units
100 Hz	-112	-105	-97	dBc/Hz
1 kHz	-122	-122	-107	
10 kHz	-132	-128	-116	
100 kHz	-137	-135	-121	
1 MHz	-144	-144	-134	
10 MHz	-150	-147	-146	
100 MHz	n/a	n/a	-148	

Tablo 5 – Si570 Teknik Özellikleri

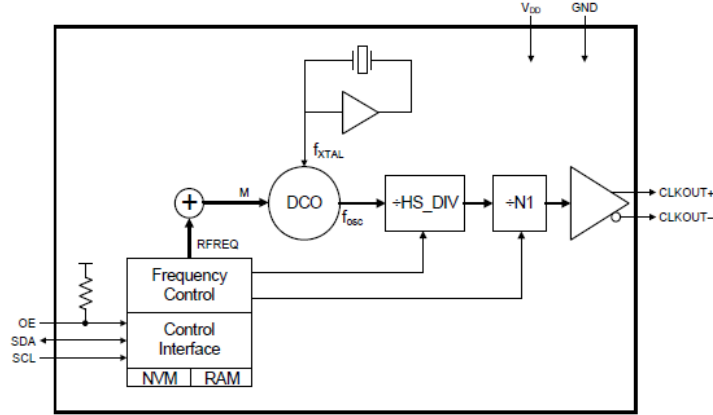


AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI TRANSPONDER MODÜLÜ SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

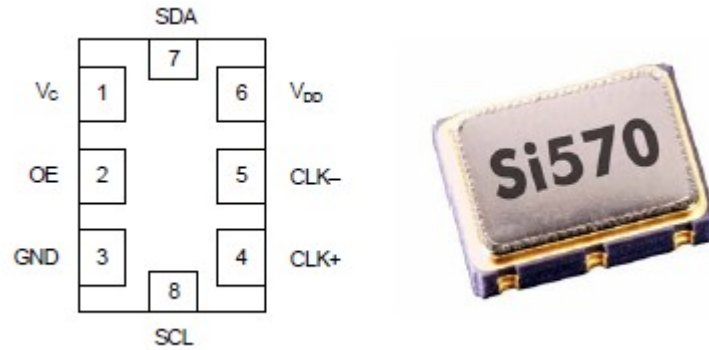
Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

Si570'in iç devresinin blok yapısı aşağıdaki gibidir;



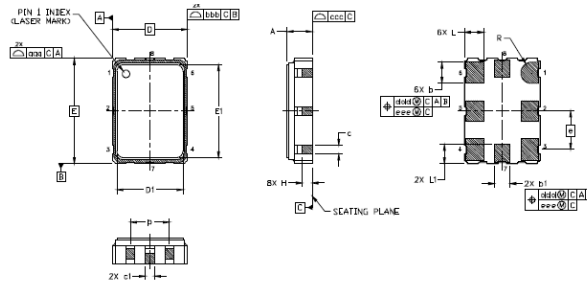
Şekil 13 – Si570 Blok Yapısı

Si570'in bacak bağlantıları ve fiziksel görünümü aşağıdaki gibidir;



Şekil 14 – Si570 Bacak Bağlantıları ve Fiziksel Görünümü

Kart tasarımında dikkate alınacak fiziksel boyut ve kılıf bilgileri aşağıdaki gibidir;



Dimension	Min	Nom	Max
A	1.50	1.65	1.80
b	1.30	1.40	1.50
b1	0.90	1.00	1.10
c	0.50	0.60	0.70
c1	0.30	—	0.60
D	—	5.00 BSC	—
D1	4.30	4.40	4.50
e	—	2.54 BSC	—
E	—	7.00 BSC	—
E1	6.10	6.20	6.30
H	0.55	0.65	0.75
L	1.17	1.27	1.37
L1	1.07	1.17	1.27
p	1.80	—	2.60
R	—	0.70 REF	—
aaa	—	—	0.15
bbb	—	—	0.15
ccc	—	—	0.10
ddd	—	—	0.10
eee	—	—	0.05

Notes:
1. All dimensions shown are in millimeters (mm) unless otherwise noted.
2. Dimensioning and Tolerancing per ANSI Y14.5M-1994.

Şekil 15 – Si570 Fiziksel Boyutları



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

4.2.5 Mixer (Karıştırıcı) Birimi

Mixer seçiminde aşağıda teknik özellikleri verilmiş olan 500Mhz'e kadar kullanılabilen Mini-Circuits firmasına ait ADE-1L elemanı kullanılması planlanmıştır.

Mixer olarak ADE-1L seçiminde dikkate alınan frekans aralığı, izolasyon oranları, vb. bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir;

Electrical Specifications

FREQUENCY (MHz)		CONVERSION LOSS (dB)				LO-RF ISOLATION (dB)			LO-IF ISOLATION (dB)			IP3 at center band (dBm)						
LO/RF	IF	Mid-Band m		Total Range	L	M	U	L	M	U								
f_L-f_U		\bar{X}	σ	Max.	Max.	Typ.	Min.	Typ.	Min.	Typ.	Min.	Typ.						
2-500	DC-500	5.2	0.10	7.2	8.0	68	50	55	30	44	30	55	40	45	30	35	25	16

1 dB COMP.: 0 dBm typ.

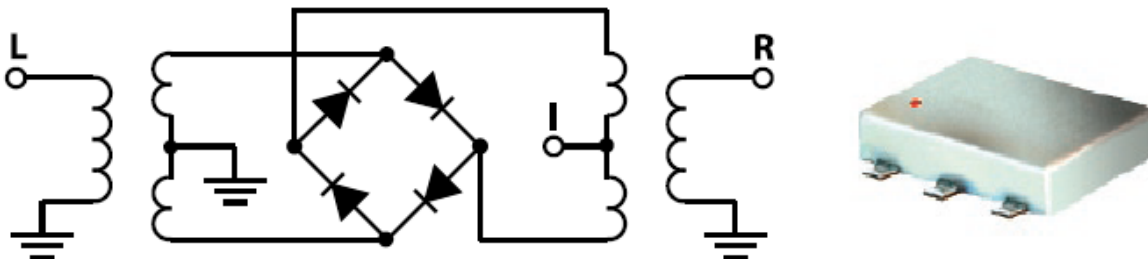
L = low range [f_L to $10 f_L$] M = mid range [$10 f_L$ to $f_U/2$] U = upper range [$f_U/2$ to f_U]
m = mid band [$2f_L$ to $f_U/2$]

Typical Performance Data

Frequency (MHz)		Conversion Loss (dB)	Isolation L-R (dB)	Isolation L-I (dB)	VSWR RF Port (:1)	VSWR LO Port (:1)
RF	LO	LO +3dBm	LO +3dBm	LO +3dBm	LO +3dBm	LO +3dBm
2.00	32.00	5.88	68.80	57.20	1.32	1.67
5.00	35.00	5.44	68.30	56.40	1.19	1.66
10.00	40.00	5.32	68.00	55.40	1.14	1.66
20.00	50.00	5.25	67.40	54.20	1.10	1.80
50.00	80.00	5.34	63.80	49.80	1.08	1.84
75.00	105.00	5.30	60.80	47.40	1.07	1.84
80.09	110.09	5.32	60.50	46.90	1.07	1.85
100.00	130.00	5.32	59.20	45.40	1.06	1.85
150.00	180.00	5.32	56.30	43.20	1.05	1.96
160.09	190.09	5.31	50.60	42.90	1.10	1.67
200.00	230.00	5.34	48.80	41.60	1.10	1.69
240.08	270.08	5.37	47.40	40.30	1.10	1.73
250.00	280.00	5.38	47.20	40.00	1.10	1.73
300.00	330.00	5.52	44.30	39.10	1.11	1.80
320.07	350.07	5.50	43.30	38.60	1.12	1.82
400.00	430.00	5.68	41.80	35.30	1.19	2.01
450.00	480.00	5.73	41.50	34.20	1.23	2.04
470.00	500.00	5.69	41.50	33.70	1.24	2.16
480.00	510.06	5.67	40.90	33.40	1.24	2.18
500.00	530.00	5.69	40.70	33.00	1.25	2.25

Tablo 6 – ADE-1L Teknik Özellikleri

ADE-1L elemanının fiziksel görünümü ve iç devre yapısı ile ilgili görünüm aşağıdaki gibidir;



Şekil 16 – ADE-1L Devre Yapısı ve Fiziksel Görünümü

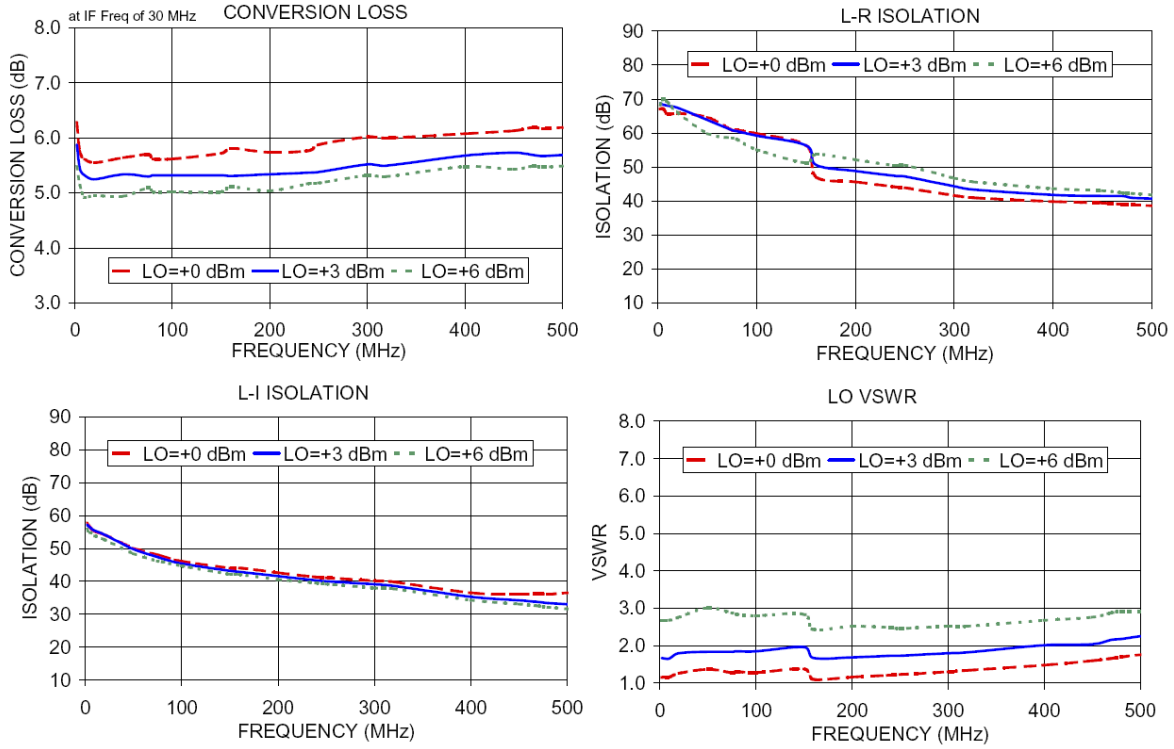


AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI TRANSPONDER MODÜLÜ SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

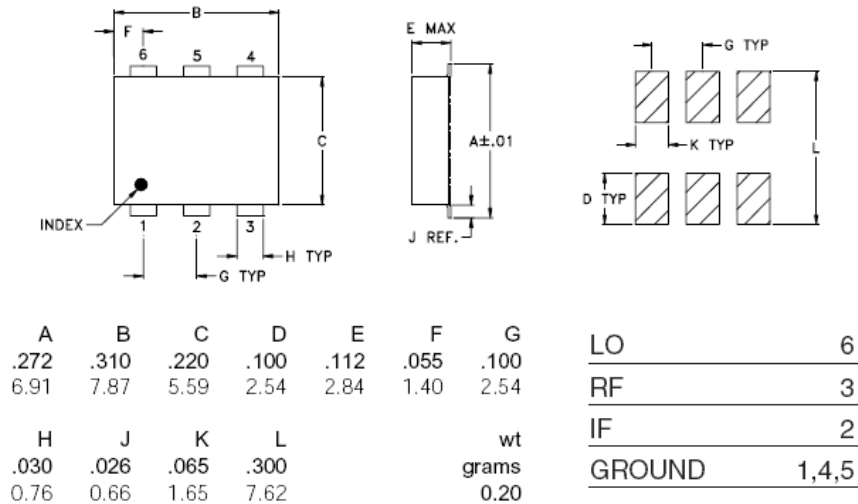
Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

ADE-1L VHF/UHF uygulamalarında kullanılmak üzere tasarlanmış bir karıştırıcı olup çalışma frekans aralığı için kazanç izolasyon ve çevrim kayıpları grafikleri aşağıdaki gibidir;



Şekil 17 – ADE-1L Kazanç-Frekans Grafiği

Kart tasarımında dikkate alınacak fiziksel boyut ve kılıf bilgileri aşağıdaki gibidir;



Şekil 18 – ADE-1L Fiziksel Boyutları ve Bacak Bağlantıları

4.2.6 SAW Filtre

Uydu transponderinin çok dar bantlı (30-70 KHz) çalışabilmesini sağlayabilmek amacı ile RFM firmasına ait PX1002 SAW filtresi kullanılacaktır. 86.85Mhz'de çalışan filtre ± 12 KHz ile ± 25 KHz arasında çalışabilmektedir.



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI TRANSPONDER MODÜLÜ SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

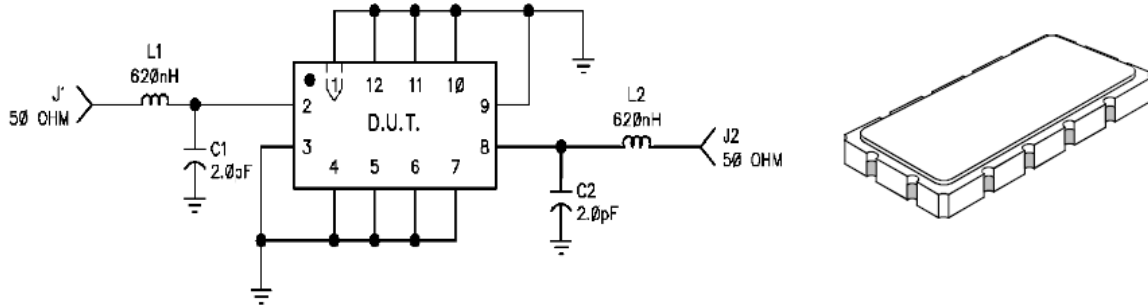
Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

SAW filtresi olarak PX1002 seçiminde dikkate alınan frekans aralığı, gerilim ve güç değerleri vb. Elektriksel özelliklerine ilişkin bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir;

Characteristic	Sym	Notes	Min	Typ	Max	Units
Nominal Center Frequency	f_c	1	86.850			MHz
Passband	Insertion Loss at fc	IL		3	4.0	dB
		BW_3	± 12	± 25		kHz
	3 dB Passband					
	Amplitude Ripple over $f_c \pm 15$ kHz				1.0	dB _{P-P}
Group Delay Variation over $f_c \pm 10$ kHz	GDV	1, 2			6.0	μs_{P-P}
Third-Order Intermod. for -20 dBm tones at $f_c \pm 60$ & 120 kHz					-95	dBm
Rejection	$f_c \pm 60$ kHz		11	16		dB
	$f_c - 880$ kHz to $f_c - 940$ kHz	1, 2, 3	65			
	Ultimate			65		
Operating Temperature Range	T_A	1	-20		+70	°C
Impedance Matching to 50 Ω unbalanced	External L-C					
Case Style	SM13365-12 13.3 X 6.5 mm Nominal Footprint					
Lid Symbolization (YY=year, WW=week) See note 4	RFM PX1002 YYWW					

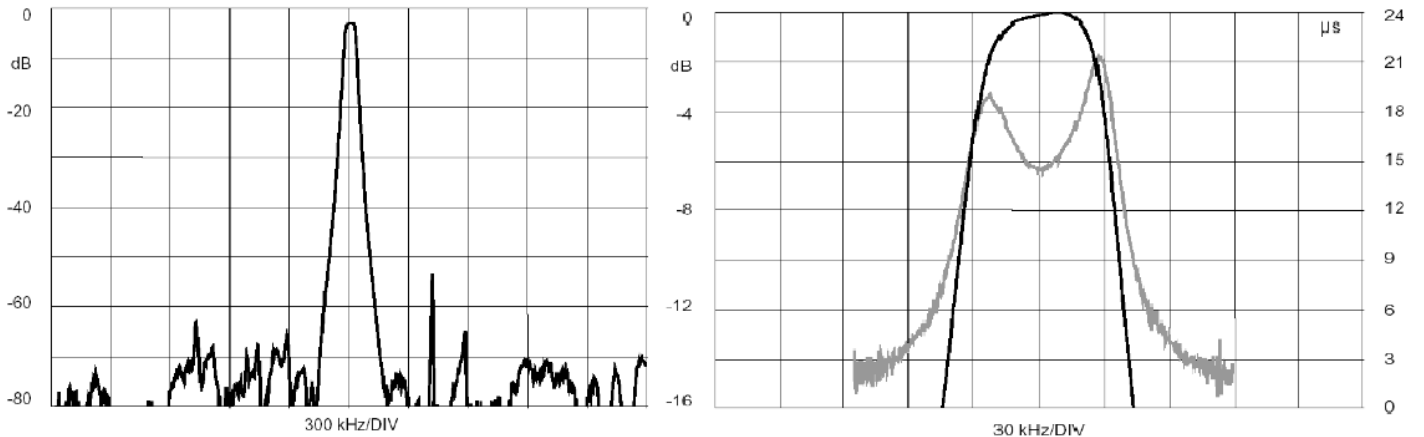
Tablo 7 - PX1002 Teknik Özellikleri

PX1002 elemanının fiziksel görünümü ve genel uygulama devresi yapısı ile ilgili görünümlemler aşağıdaki gibidir;



Şekil 19 - PX1002 Uygulama Devresi ve Fiziksel Görünümü

PX1002 frekans tepkisi ve bastırma oranları aşağıdaki spektrum görüntülerindeki gibidir;



Şekil 20 – PX1002 Frekans Tepkisi Spektrum Görüntüleri

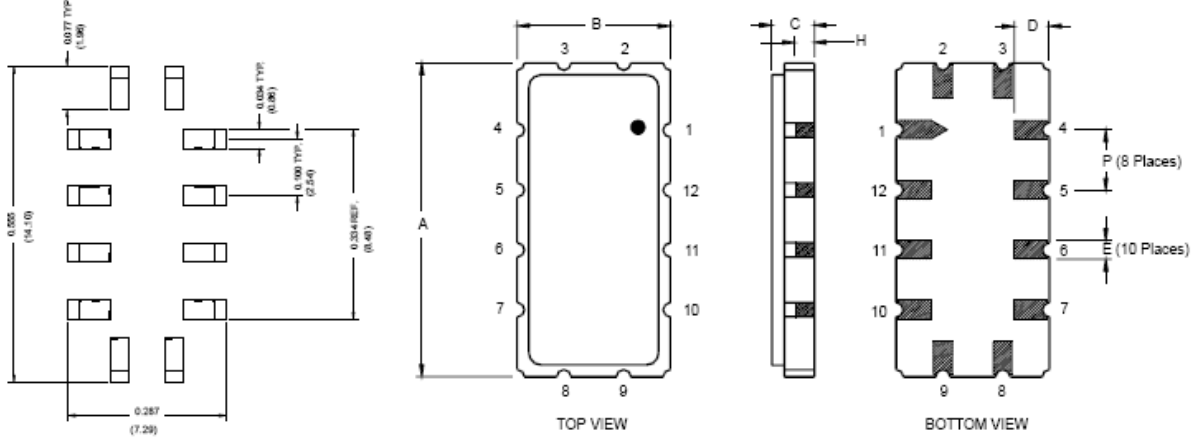


**AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION**

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

Kart tasarımında dikkate alınacak fiziksel boyut ve kılıf bilgileri aşağıdaki gibidir;



Dimension	mm			Inches		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	13.08	13.31	13.60	0.515	0.524	0.535
B	6.27	6.50	6.80	0.247	0.256	0.268
C		1.91	2.00		0.075	0.079
D		1.50			0.059	
E		0.79			0.031	
H		1.0			0.039	
P		2.54			0.100	

Şekil 21 – PX1002 Fiziksel Boyutları

4.2.7 Çıkış Güç Yükselteç Birimi

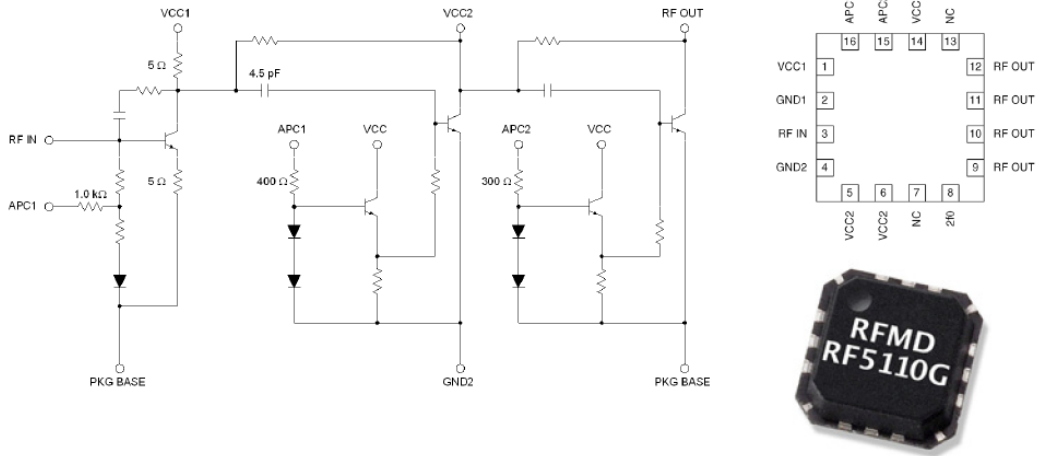
Transponder'in UHF çıkışında sinyali 30dBm seviyesine yükseltebilmek ve sinyal seviyesini kontrol edebilmek amacı ile RFMD firmasının ürettiği RF5110G güç yükselteç modülü kullanılması tercih edilmiştir.

RF5110G seçiminde dikkate alınan frekans aralığı, gerilim seviyeleri ve kazanç oranları vb. bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir;

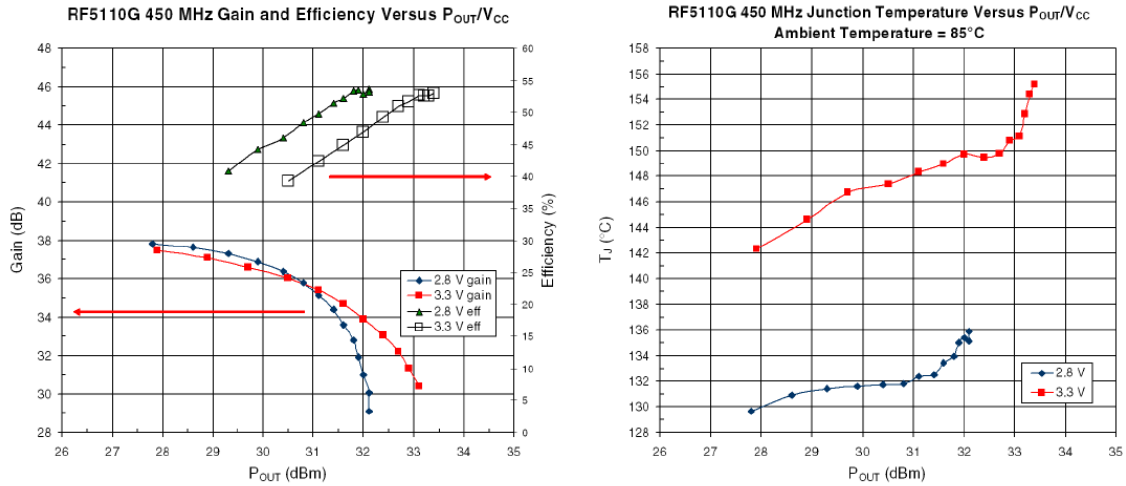
Parameter	Specification			Unit	Condition
	Min.	Typ.	Max.		
Overall					General Purpose Radio: Temp=25 °C, V _{APC1,2} =2.8V, Duty Cycle=100%
Operating Frequency		450		MHz	V _{CC} =3.0V. See Application Schematic.
Output Power		32		dBm	
Gain		32.5		dB	
Efficiency		50.5		%	
Power Supply Voltage		3.5		V	Specifications
	2.7		4.8	V	Nominal operating limits, P _{OUT} <+35dBm
			5.5	V	With maximum output load VSWR 6:1, P _{OUT} <+35dBm
Power Supply Current		2		A	DC Current at P _{OUT,MAX}

Tablo 8 – RF5110G Teknik Özellikleri

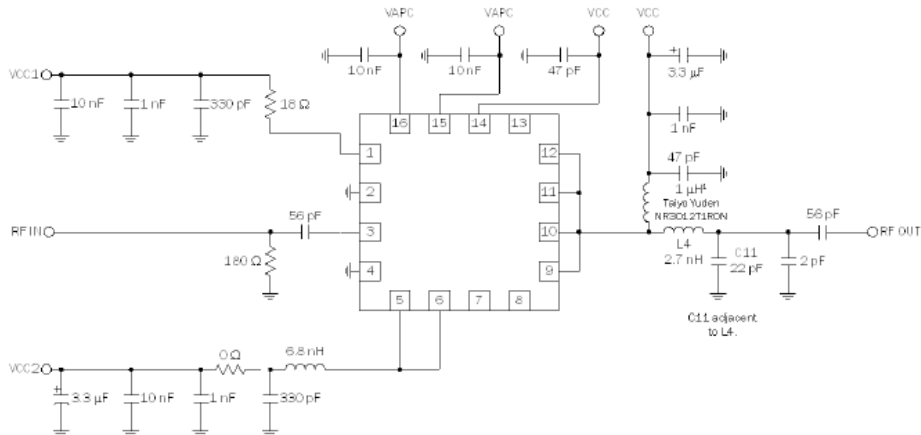
RF5110G modulünün fiziksel görünümü, iç devre yapısı ve bacak bağlantıları ile ilgili görünümler aşağıdaki gibidir;



Şekil 22 – RF5110G Bacak Bağlantısı, Devre Yapısı ve Fiziksel Yapısı
RF5110G yükselteç modulünün çalışma frekans aralığı için kazanç grafiği aşağıdaki gibidir;



Şekil 23 – RF5110G Kazanç-Frekans Grafiği
Transponderin çalışma bandı olan 450Mhz bandı için önerilen uygulama devresi aşağıdaki gibidir;



Şekil 24 – RF5110G Uygulama Devresi

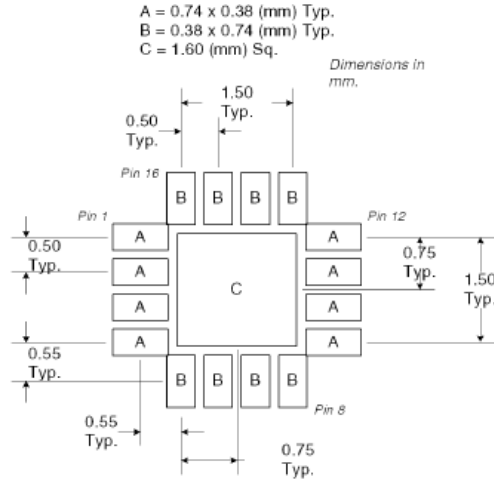


AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI TRANSPONDER MODÜLÜ SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

Kart tasarımında dikkate alınacak fiziksel boyut ve kılıf bilgileri aşağıdaki gibidir;

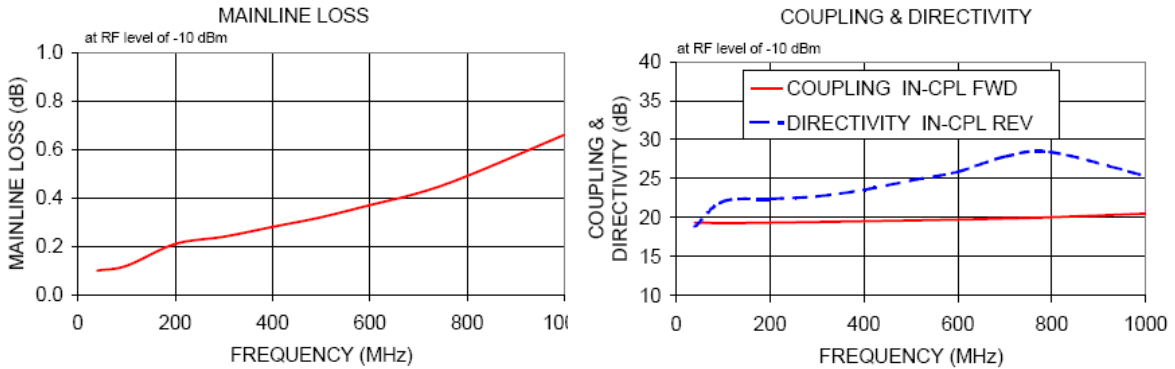


Şekil 25 – RF5110G Fiziksel Boyutları

4.2.8 Kuplör birimi

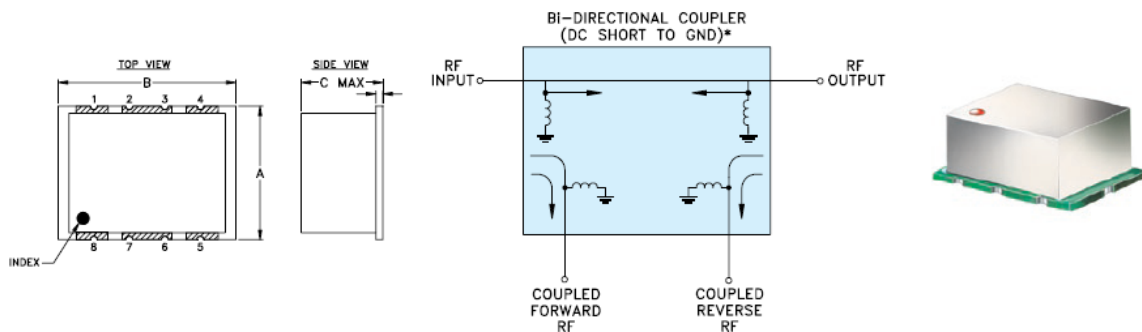
UHF antenine gönderilen RF sinyallerdeki giden ve dönen güç miktarlarını ölçmek amacı ile SYDC-20-13HP+ elemanı kullanılacaktır.

SYDC-20-13HP+ seçiminde dikkate alınan frekans aralığı ve performansdeğerleri aşağıdaki grafiklerde verilmiştir;



Şekil 26 – SYDC-20-13HP+ Teknik Özellikleri

SYDC-20-13HP+ modülünün fiziksel görünümü, iç devre yapısı ve modülün PCB'si ile ilgili görünümler aşağıdaki gibidir;



Şekil 27 – SYDC-20-13HP+ Bacak Bağlantısı, Devre Yapısı ve Fiziksel Yapısı

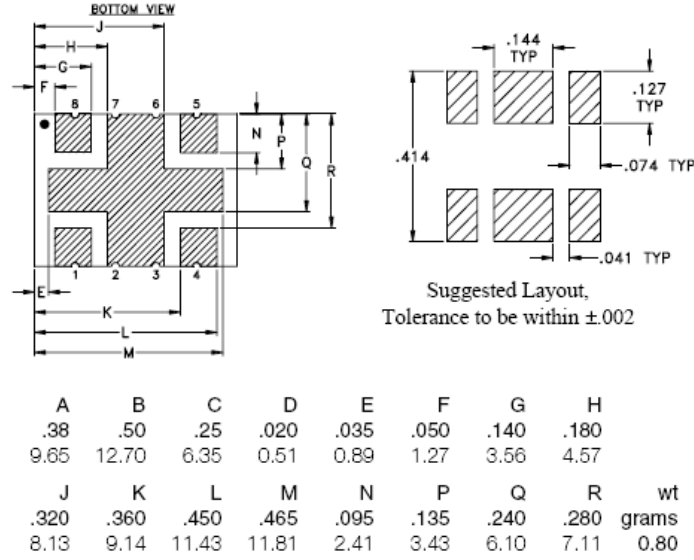


AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

Kart tasarımında dikkate alınacak fiziksel boyut ve kılıf bilgileri aşağıdaki gibidir;



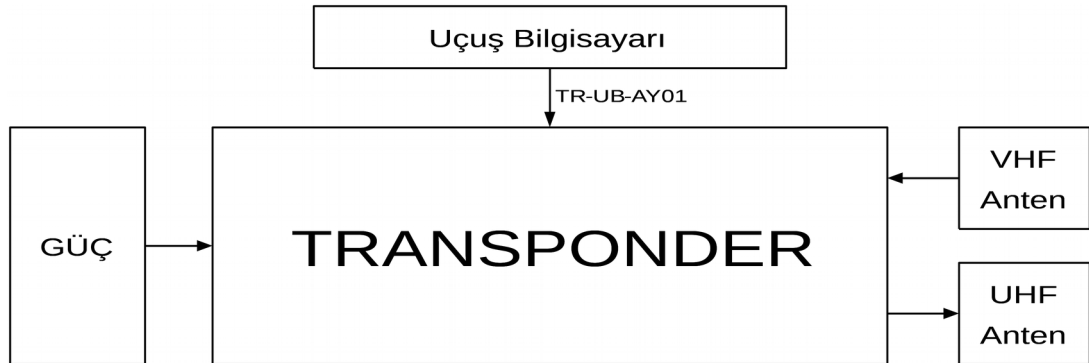
Şekil 28 – SYDC-20-13HP+ Fiziksel Boyutları

4.3 Arayüz Tasarımı / Interface Design

Transponder birimi; enerji ihtiyacını karşılamak, çalışacağı güç miktarını belirlemek, RF sinyali almak ve RF sinyali gönderebilmek amacıyla dış birimler ile arayüzlere sahiptir. Bu dış arayüzler;

- GC-TR-AY01 : Güç birimi ile transponder birimi arasındaki arayüz,
- TR-UB-AY01 : Transponder birimi ile uçuş bilgisayarı birimi arasındaki arayüz,
- TR-UA-AY01 : UHF anten birimi ile transponder birimi arasındaki arayüz,
- VA-TR-AY01 : Transponder birimi ile VHF anten birimi arasındaki arayüz'dür.,

Transponder birimi ile diğer uydu birimleri arasındaki dış arayüzler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir;



Şekil 29 – Transponder Dış Arayüzleri



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / *Document No* : TAMSAT-TRNPDR-SSD

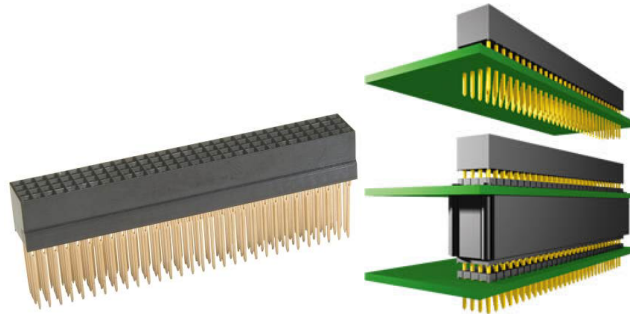
Yayın No / *Issue No* : v1.2 / Nisan 2011

Transponder biriminin dış arayüzlerinin fiziksel ve mantıksal detayları aşağıdaki bölümlerde detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

4.3.1 GC-TR-AY01

GC-TR-AY01 güç birimi ile transponder birimi arasındaki dış arayüzdür. Bu arayüzün amacı uydunun güç üreten birimlerinden (pil, güneş paneli, vb.) elde edilen gücü transponder modülüne aktarmaktır.

Bu arayüz ile transponder kartına ihtiyaç duyulacak 3.3V ve 5V gerilimlerin sağlanması hedeflenmiştir.



Şekil 30 – PC104 Konnektörü ve Kart geçişleri

GC-TR-AY01 arayüzü kart üzerindeki PC104 konnektörü ile sağlanacaktır. Bu konnektör üzerinde tüm modüller arasında paylaşılan ortak ve özerk sinyaller tüm kartlar için paylaşılmaktadır.

Bu arayüz ile sağlanacak gerilimlerin uydu üzerinde bulunan EPS (Electrical Power System) tarafından regüle edilmiş DC (Direct Current) gerilimler olacaktır. Bu gerilimler $\pm 0.05V$ 'dan daha büyük bir sapmaya sahip olmamalıdır. Bu değer sistem üzerindeki en düşük gerilim sapma hassasiyeti olan bileşen göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Prototip çalışmalarında EPS modülü olmayacağı için prototip kartlar üzerinde gerilim regülatörleri bulundurulacak ölçümlerin doğru olması sağlanmalıdır.

4.3.2 TR-UB-AY01

TR-UB-AY01 transponder birimi ile uçuş bilgisayarı arasındaki dış arayüzdür. Bu arayüzün amacı, uydunun ayarlanmış görev planı uyarınca veya uydudaki güç harcama verilerini değerlendirerek oluşturduğu transponder verici çıkış gücü değiştirme kararlarını, transponder biriminin çıkış gücünün ayarlanması amacıyla sayısal olarak kontrol edilmesidir.

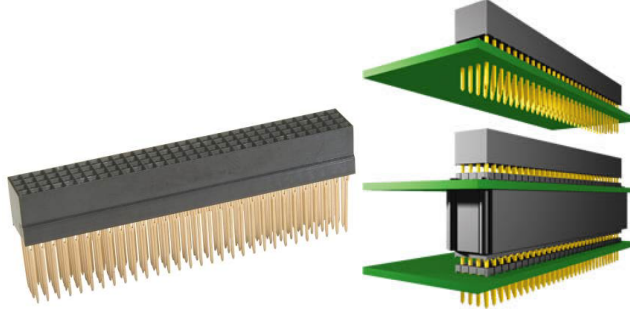
Bu arayüz ile transponder kartına güç seviyesi birden fazla bağlantı ile ve TTL (Transistor-Transistor Logic) gerilim seviyelerinde ulaştırılacaktır.



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011



Şekil 31 – PC104 Konnektörü ve Kart geçişleri

TR-UB-AY01 arayüzü kart üzerindeki PC104 konnektörü ile sağlanacaktır. Bu konnektör üzerinde tüm moduller arasında paylaşılan ortak ve özerk sinyaller tüm kartlar için paylaşılmaktadır.

Bu bağlantıda kabul edilecek TTL gerilim seviyeleri aşağıdaki gibi olacaktır;

TTL Seviyesi	Gerilim (Volt)	
	Min	Max
Mantıksal 0	0.0	0.8
Mantıksal 1	2.7	5.0

Tablo 9 - TTL Gerilim Seviyeleri

Prototip çalışmalarında görev bilgisayarından gelecek kontrol sinyali atlayıcı bağlantılar (jumper) kullanılarak yapılacaktır.

4.3.3 TR-UA-AY01

TR-UA-AY01 transponder birimi ile UHF anten birimi arasındaki dış arayüzdür. Bu arayüzün amacı, transponderda üretilen RF enerjisinin havaya yayınlanması amacıyla UHF anten birimine gönderilmesidir.

Bağlantı noktası konnektörü kart tipi doksan derece SMA (SunMiniature version A) konnektör olacaktır.



Şekil 32 – Kart Tipi 90° SMA Konnektör

Bu konnektör ile anten elemanı arasında 50 ohm empedansa sahip düşük kayıplı koaksiyel kablo geçişi tercih edilecektir.



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / *Document No* : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / *Issue No* : v1.2 / Nisan 2011

4.3.4 VA-TR-AY01

VA-TR-AY01 VHF anten birimi ile transponder birimi arasındaki dış arayüzdür. Bu arayüzün amacı, VHF antene gelen RF sinyallerini elektriksel olarak transponderda transponder birimine iletilmesidir.

Bağlantı noktası konnektörü kart tipi doksan derece SMA (SunMiniature version A) konnektör olacaktır.

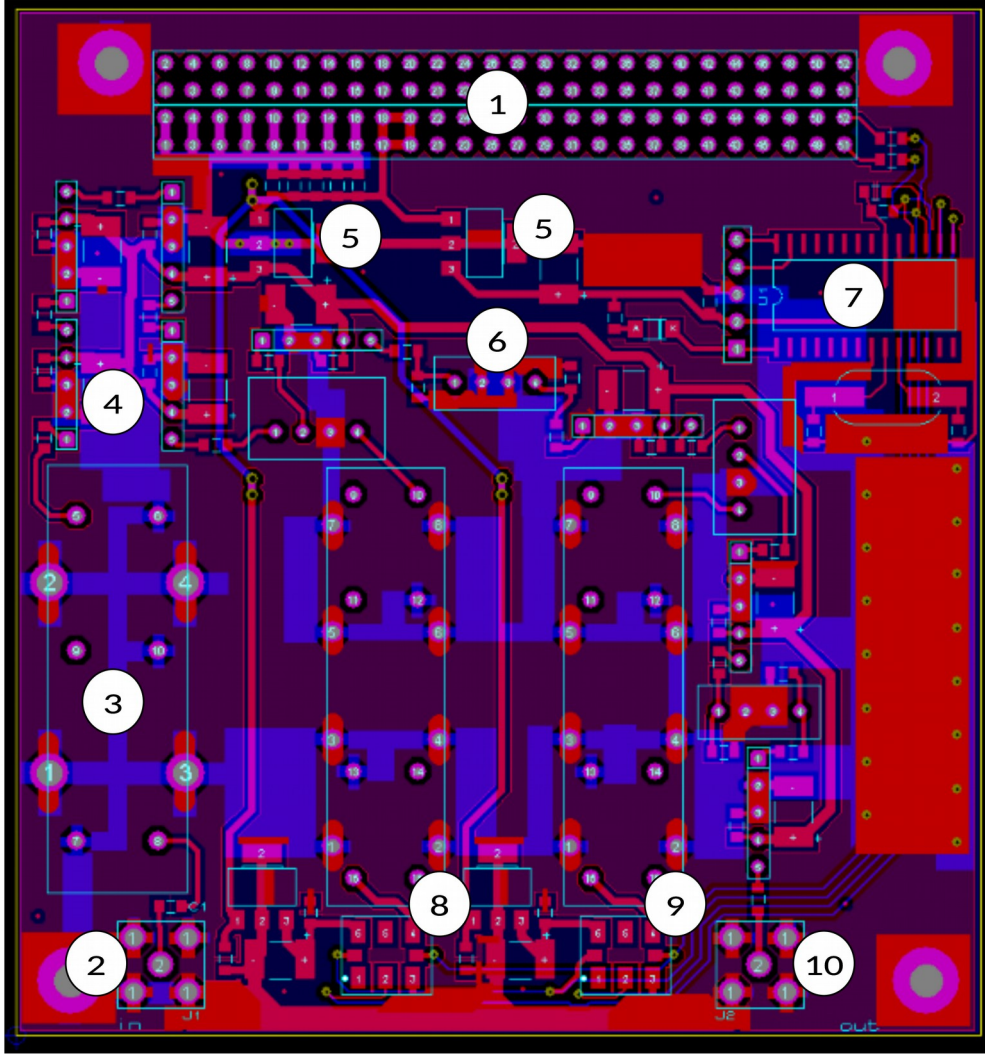


Şekil 33 – Kart Tipi 90° SMA Konnektör

Bu konnektör ile anten elemanı arasında 50 ohm empedansa sahip düşük kayıplı koaksiyel kablo geçişi tercih edilecektir.

4.4 Test ve Performans Değerlendirme / *Test and Performance Evaluation*

Transponder masa üstü testlerini yapabilmek ve teknik özellikleri açısından yapılmış olan devrenin test edilebilmesi amacı ile gerçek ölçülerine uygun bir kart tasarımı yapılmıştır. Kart tasarımı yapılırken, kart mevcut imkanlarla hızlıca hazırlanabilmesi hedef alınmış olup, gerçek sistemin kısıtlarından daha çok teknik tetlerde alınacak verilerin doğruluğu hedef seçilmiştir. Bu nedenle hazırlanan kartın uzay şartları testlerine tabii tutulması hedeflenmemiş, labratuvar ortamı elektronik testleri için veri oluşturulması planlanmıştır.



Şekil 34 – Prototip İçin Hazırlanan baskılı Devre Kartının Görüntüsü

PCB üzerinde numaralandırılmış olan bölümler şunlardır;

1. PC104 geçiş Konnektörü,
2. VHF Anten Giriş Konnektörü,
3. Helikal Filtre,
4. Ön Yükselteç Birimi,
5. Regülatör,
6. SAW Filtre,
7. Mikrodenetleyici Birimi,
8. VCO-1,
9. VCO-2,



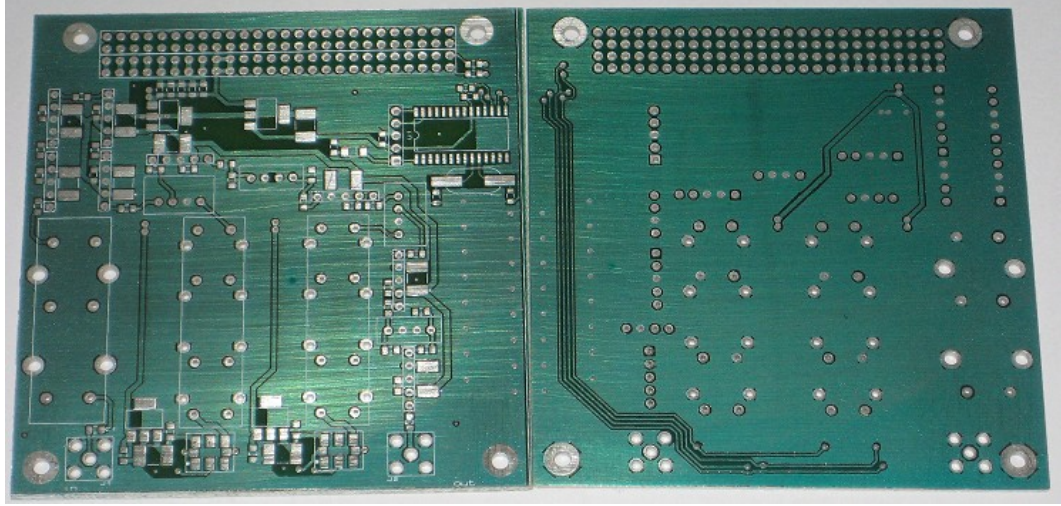
**AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION**

Doküman No / Document No : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / Issue No : v1.2 / Nisan 2011

10. UHF Anten Çıkış Konnektörü.

Yukarıda birimleri tanımlanan baskılı devre kartının hazırlanmış ve testlerde kullanılacak olan halinin fotoğraf görüntüsü aşağıdaki gibidir;



Şekil 35 – Prototip Baskılı Devre kartının Fotoğrafı

5 GEREKSİNİMLERİN İZLENEBİLİRLİĞİ / REQUIREMENTS TRACEABILITY

Mevcut sistemin temel gereksinimleri için izlenebilirlik tablosu, yapılacak test aşamalarında oluşturulan test prosedürleri ile ilgili açıklamalar kritik tasarım denetim fazı için bu bölümde ele alınacaktır.

6 NOTLAR / NOTES

6.1 KISALTMALAR

3U	3 Units (10x10x30 cm)
AGC	Automatic Gain Control (Otomatik Kazanç Kontrolü)
AM	Amplitude Modulation (Genlik Modulasyonu)
cm	Santimetre
CW	Continuous Wave (Devamlı Dalga Modulasyonu)
dB	Desibel
FC	Flight Computer (Uçuş Bilgisayarı)
FM	Frequency Modulation (Frekans Modulasyonu)
IF	Intermediate Frequency (Arafrekans)
Khz	KiloHertz



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / *Document No* : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / *Issue No* : v1.2 / Nisan 2011

LO	Local Oscilator (Yerel Osilatör)
Mhz	MegaHertz
PCB	Printed Circuit Board (Baskılı Devre Kartı)
RF	Radio Frequency (Radyo Frekans)
SAW	Surface Acoustic Waves
SMA	SunMiniature version A
SSB	Single Side Band (Tek Yan Band Modülasyonu)
TTL	Transistor to Transistor Logic
UHF	Ultra Hight Frequency
VCO	Voltage Controlled Oscillator
VHF	Very High Frequency
VCXO	Voltage Controlled Crystal Oscillator
XO	Crystal Oscillator

6.2 ŞEKİLLER

- Şekil 1 – Uydu Çalışma Konsepti
- Şekil 2 – Transponder genel Yapısı
- Şekil 3 – Transponder Altsistemleri Blok Diyagramı
- Şekil 4 – İlk Transponder Prototipi
- Şekil 5 – ERA-3 Bacak Bağlantısı, Devre Yapısı ve Fiziksel Görünümü
- Şekil 6 – ERA-3 Örnek Uygulama
- Şekil 7 – CBT Bacak Bağlantısı ve Fiziksel Görünümü
- Şekil 8 – CBT Frekans Tepkisi Grafiği
- Şekil 9 – CBT Modülü Fiziksel Boyutları
- Şekil 10 – OM2045 Bacak Bağlantısı, Devre Yapısı ve Fiziksel Yapısı
- Şekil 11 – OM2045 Kazanç-Frekans Grafiği
- Şekil 12 – OM2045 Fiziksel Boyutları
- Şekil 13 – Si570 Blok Yapısı
- Şekil 14 – Si570 Bacak Bağlantıları ve Fiziksel Görünümü



AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION

Doküman No / *Document No* : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / *Issue No* : v1.2 / Nisan 2011

Şekil 15 – Si570 Fiziksel Boyutları

Şekil 16 – ADE-1L Devre Yapısı ve Fiziksel Görünümü

Şekil 17 – ADE-1L Kazanç-Frekans Grafiği

Şekil 18 – ADE-1L Fiziksel Boyutları ve Bacak Bağlantıları

Şekil 19 - PX1002 Uygulama Devresi ve Fiziksel Görünümü

Şekil 20 – PX1002 Frekans Tepkisi Spektrum Görüntüleri

Şekil 21 – PX1002 Fiziksel Boyutları

Şekil 22 – RF5110G Bacak Bağlantısı, Devre Yapısı ve Fiziksel Yapısı

Şekil 23 – RF5110G Kazanç-Frekans Grafiği

Şekil 24 – RF5110G Uygulama Devresi

Şekil 25 – RF5110G Fiziksel Boyutları

Şekil 26 – SYDC-20-13HP+ Teknik Özellikleri

Şekil 27 – SYDC-20-13HP+ Bacak Bağlantısı, Devre Yapısı ve Fiziksel Yapısı

Şekil 28 – SYDC-20-13HP+ Fiziksel Boyutları

Şekil 29 – Transponder Dış Arayüzleri

Şekil 30 – PC104 Konnektörü ve Kart geçişleri

Şekil 31 – PC104 Konnektörü ve Kart geçişleri

Şekil 32 – Kart Tipi 90° SMA Konnektör

Şekil 33 – Kart Tipi 90° SMA Konnektör

Şekil 34 – Prototip İçin Hazırlanan baskılı Devre Kartının Görüntüsü

Şekil 35 – Prototip Baskılı Devre kartının Fotoğrafı

6.3 TABLOLAR

Tablo 1 – AGC Bütçe Hesapları

Tablo 2 – ERA-3 Teknik Özellikleri

Tablo 3 – CBT Teknik Özellikleri

Tablo 4 – OM2045 Teknik Özellikleri

Tablo 5 – Si570 Teknik Özellikleri

Tablo 6 – ADE-1L Teknik Özellikleri



**AMATÖR UYDU ÇALIŞMASI
TRANSPONDER MODÜLÜ
SİSTEM / ALT SİSTEM TASARIM DOKÜMANI
SYSTEM / SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION**

Doküman No / *Document No* : TAMSAT-TRNPDR-SSD

Yayın No / *Issue No* : v1.2 / Nisan 2011

Tablo 7 - PX1002 Teknik Özellikleri

Tablo 8 – RF5110G Teknik Özellikleri

Tablo 9 - TTL Gerilim Seviyeleri

7 EKLER / APPENDICES

Yoktur.