



T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

**PROJE BİLGİ FORMU**

Proje kodu	[Bu alan İdare tarafından doldurulacaktır]		
Projenin adı	Haberleşme Uyduları İçin Yazılım Tabanlı Transponder		
Proje sahibi durumu	Araştırmacı <input checked="" type="checkbox"/> Şahıs işletmesi <input type="checkbox"/>	Özel hukuk tüzel kişi <input type="checkbox"/> Yüksek Öğretim Kurumu <input type="checkbox"/>	
Başvuru durumu	İlk <input checked="" type="checkbox"/>	Tekrar <input type="checkbox"/>	
Varsa proje tekrar bilgisi			
Proje alanı	Elektronik Haberleşme <input type="checkbox"/>	Uzay ve Havacılık <input checked="" type="checkbox"/>	
Proje başlama tarihi	01 / 04 / 2013	Proje Süresi	27 Ay

**Proje Özeti**

Karasal sistemlerde kullanımı her geçen gün hızla artan ancak uydu sistemlerinde henüz yaygın kullanımı olmayan Yazılım Tabanlı Radyo (YTR) teknolojisi kullanılarak bir Haberleşme Transponder'i için;

- İhtiyacın belirlenmesi,
- Sistem tasarımının yapılması,
- Tasarımın simülasyon doğrulaması,
- Kart tasarımı ve üretimi,
- Uzay testlerinin yapılması ve raporlama

faaliyetlerinin bu proje kapsamında gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

Bu proje ile aşağıdaki sonuçlar hedeflenmektedir;

- Proje ekibi tarafından daha önce gerçekleştirilmiş milli Küpsat Haberleşme Transponder'i deneyiminin artırılması,
- Daha önce çoğunluğu analog Radyo Frekans (RF) bileşenleri ile oluşturulmuş transponder çözümünün teknoloji ile uyumlu olarak YTR teknolojisi kullanılarak güncellenmesi,
- FPGA/DSP konularındaki bilgi birikiminin ve deneyiminin artırılarak uzay/uydu çalışmalarında uygulamalarının yapılması,
- YTR teknolojisinin gelişmiş özelliklerine (örneğin; yazılımsal çok dar bantlı süzgeçler, istenmeyen sinyallerin yazılımsal tespiti ve eliminasyonu/bastırılması, vb.) uygulama ortamı oluşturulması,
- Transponder içerisine yazılımsal teknikler kullanılarak "BEACON Tanıtım Sinyali" eklenmesi,
- Transponder içerisine yazılımsal teknikler kullanılarak "Telemetri/Modem" eklenmesi,
- Transponder yazılımının yer kontrol istasyonundan değiştirilerek kullanım amacının ve temel özelliklerinin değiştirilebilir olması,
- Uzay testlerinin tamamlanarak sistemin yörüngeye gitmeye hazır hale getirilmesi,
- Geniş bantlı haberleşme transponderları için bir ön çalışmanın tamamlanarak dokümanite edilmesi.



T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

**Proje Konusu**

Yazılım Tabanlı Radyo (YTR, ing. Software Defined Radio-SDR) uygulamaları karasal haberleşme uygulamalarında başarılı sonuçlar göstererek teknolojik üstünlüğünü ıspatlamış ve hızla yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu proje kapsamında YTR teknolojisi kullanılarak haberleşme uydularında kullanılacak bir TRANSPONDER sistemi geliştirilmesi hedeflenmektedir.

YTR teknolojisinin en büyük avantajlarından biri de aynı donanım kullanılarak ve sadece yazılım değişiklikleri yapılarak teknolojik yeniliklerin sisteme uygulanabilmesini sağlamasıdır. Haberleşme sistemlerinin uzayda bulunacağı ve donanım güncellemelerinin fiziksel olarak yapılamayacağı gerçeği göz önünde bulundurulduğunda YTR tabanlı bir haberleşme sisteminin uzay haberleşme teknolojisinde yeni bir dönem başlatabileceği öngörülmektedir. Bu sayede haberleşme sistemleri için harcanacak güncelleme maliyetleri minimize edilmiş olacaktır. Doğru tasarlanmış bir uzay haberleşme donanım platformu gelişen teknoloji ile paralel olarak, sadece yazılım güncellemesi ile, güncel teknolojik düzeyine getirilmiş olacaktır.

Geliştirilecek olan YTR Transponder sisteminin mevcut teknoloji ile üretilen transponder sistemlerinin özelliklerini birebir taşıyor olması, hem de aşağıdaki örnekleri verilen yenilikçi özelliklere sahip olması hedeflenmektedir;

- Frekans, band genişliği, kanal sayısı, modülasyon tipi gibi özelliklerinin değiştirilebilir olması,
- Yazılımsal radyo tekniği ile çalıştırılan bir dahili beacon (tanıtım sinyali) özelliğine sahip olması,
- Yazılımsal radyo tekniği ile çalıştırılan ve haberleşme modülasyon tipi (FSK, AFSK, GFSK, GMSK, vb.) programlanabilir bir telemetri sistemini de barındırması,
- İstenildiğinde, yer kontrol istasyonundan yapılacak yazılım güncellemesi ile, farklı kullanım amaçları için de programlanabilir olması.

Proje ekibi 2011-2013 yılları arasında amacı yurdumuzda uydu teknolojilerinin üretilmesi için araştırmalar ve projeler yapmak olan TAMSAT (Amatör Uydu Teknolojileri Derneği, <http://www.tamsat.org.tr/tr/tamsat-tuzuk/>) adına TURKSAT 3U-SAT projesinde kullanılmak üzere bir transponder sistemi geliştirmiş, İTÜ (İstanbul Teknik Üniversitesi) USTTL'ye (Uzay Sistemleri Tasarım ve Test Laboratuvarı) uzay testleri için teslim etmiştir. Tamamlanan transponder sisteminin Nisan 2013 tarihinde yörüngeye gönderilmesi beklenmektedir.

Geliştirilecek olan transponder çözümünün uzun vadede tüm haberleşme uydularında (ses ve veri haberleşmesi, televizyon ve radyo yayını uyduları, vb.) kullanılabilir bir teknoloji olmasını sağlayacak tüm bileşenler proje kapsamında örneklenmeye çalışılacaktır ve haberleşmeye yönelik tüm fonksiyonlarını sağlaması hedeflenecektir.

Orta ve yüksek (eşzamanlı) yörüngelere uydu göndermenin hem üretim ve test maliyetleri hem de sertifikasyonları çok maliyetli/zahmetli olacağı göz önünde bulundurularak, geliştirilecek sistemin öncelikli olarak (daha önceki küp uydu deneyimlerini de göz önünde bulundurarak) küp uydularda denenmesi, daha sonraki projelerle büyük uydu sistemlerine uyumlanmasının uygun olacağı öngörülmüştür.



T.C.  
**ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

Orta ve yüksek yörünge uyduları için oluşturulan standartlara uyumluluğun projeye getireceği maliyet, zaman ve gerçekleştirilebilirlik risklerini azaltmak amacı ile prototip sistemin kullanımı için öncelikli platformun küp uydular olacağı öngörülerek proje planı ve maliyetlendirme yapılmıştır.

Uzay şartlarına uyumlanacak teknolojilerin öncelikli olarak küp uydularda ve alçak yörüngede denenmesi 1999 yılında Kaliforniya Politeknik Devlet Üniversitesi ve Stanford Üniversitesi'nden iki araştırmacı tarafından ortaya atılmış bir fikir olup her geçen gün, üst yörüngeler için geliştirilen teknolojiler çok düşük maliyetlerle alçak yörüngelerde denenebilmektedir. Bu yaklaşımın ülkemiz milli kaynakları ve araştırma imkanları kullanılarak gerçekleştirilecek "Ticari ve Askeri Haberleşme Uyduları" için "Haberleşme Uyduları İçin Yazılım Tabanlı Transponder" projemizde de doğru yaklaşım olacağı öngörülmektedir.

Testlerin kolayca yapılabilmesi ve özelliklerinin kolayca denenebilmesini sağlamak amacı ile tüm dünyada Amatör Telsizciler'e (Hamradio) tahsis edilmiş frekans aralıkları kullanılacak, böylece uluslararası spektrum uyumsuzluklarının yaratabileceği idari problemler ve frekans kullanımı için alınması gereken izinlere gerek kalmaksızın testlerin yapılabilmesi planlanmıştır. VHF'de 144-146 Mhz, UHF'de 430-440 Mhz frekans aralığı kullanılarak olası uluslararası frekans uyumsuzlukları ya da spektrum kullanımı için ödenecek ücretler, alınması gereken kapsamlı izinler yerine IARU (International Amateur Radio Union) ve AMSAT Organizasyonu (Amateur Satellite Organization) ile yapılacak yazışmalar kapsamında araştırma amaçlı olarak kullanım izinleri alınabilecektir. Bu şekilde sistemin temel kabiliyetlerinin çalışırılığının gösterilmesi sağlanacaktır.

Proje personeli uluslar arası geçerliliği olan A-Sınıfı Amatör Telsizcilik Lisansı sahibi olduğu için bu frekansları Yer Kontrol İstasyonu içerisinde de kullanabilme iznine/yetkisine sahip olacaktır. Gerekli uydu haberleşme sistemleri donanımına sahip dünya çapındaki onbinlerce amatör telsizcinin sistemi test edebilmesi yapılacak testlerin süresini oldukça kısaltabilecektir.

### **Proje amacı ve gerekçesi**

Bu projenin amacı Yazılım tabanlı Radyo (YTR) teknolojisinin uzay şartlarında kullanılması/denenmesini sağlamak amacı ile bir YTR transponder sisteminin üretilmesidir. Bu çalışmalar kapsamında daha önce TURKSAT-3USAT için, bu proje ekibi tarafından, üretilmiş olan VHF/UHF küpsat transponder tecrübesi YTR teknolojisine taşınacak ve mevcut transponder teknolojimizin artırılması sağlanmaya çalışılacaktır.

Uydu sistemleri üzerinde radyo alıcı/verici sistemleri, uzaya gönderilen ilk uydular ile birlikte çalıştırılmaya başlanmış ve gelişen teknoloji ile birlikte bu teknolojiler güncellenerek günümüze kadar gelmiştir. Günümüz dünyasında karasal haberleşmede Yazılım Tabanlı Radyo sistemleri yaygınlaşmaya başlamış olsa da bu teknoloji henüz uydu sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmamıştır.

Mevcut teknoloji ile üretilmiş uydu sistemlerinin en büyük dezavantajlarından birisi de taşıdıkları sistemlerinin teknolojik güncellemelerinin, uydunun kendisinin fiziksel olarak erişilemez bir noktada olmasından dolayı, kolaylıkla yapılamaz olmasıdır. Bu projenin ana amacı, YTR teknolojisini uydu sistemlerinde uygulamaya yönelik olarak çalışmaları başlatmak böylece uydu sistemlerindeki bu kısıtlamaları azaltmaktır. YTR teknolojisini uzay sistemlerinde de kullanarak, aynı fiziksek haberleşme donanımı üzerinde sadece yazılımsal güncellemeler yaparak, sistemlerin hem teknoloji düzeyinin güncellenebilir olmasını sağlamak (yeni modülasyon tiplerine uyumlama, yeni sayısal filtre tekniklerini uygulamak, vb.) hem de olası sistem hatalarının/arızalarının yer kontrol istasyonlarından yapılacak



T.C.  
**ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

yazılım güncellemeleri ile giderilebilmesini sağlamaktır.

Öncelikli olarak, geliştirilecek haberleşme sistemi (transponder) düşük maliyetli küp uydular üzerinde denenecek ve daha sonra büyük haberleşme uyduları için uyarlanacaktır.

Alçak yörüngeye gönderilen küp uyduların yaygınlaşması ve üniversitelerin bu konuya yakın ilgi göstermesi ile küp uydu sistemlerine olan ihtiyaç hızla artmış, bu durum küp uydular için haberleşme sistemlerine olan ihtiyacı da arttırmıştır. Bu proje kapsamında üretilecek haberleşme sistemi öncelikle ulusal küp uydu projelerinde kullanılacak, ekonomik geridönüşüm sağlamak ve daha çok kullanıcı tarafından test edilmesini sağlamak amacı ile uluslararası pazara da ürün olarak tanıtılacaktır.

Ülkemizde İTÜpSAT1 ile başlayan küpsat uydu çalışmaları TÜRKSAT tarafından desteklenen TURKSAT-3USAT projesi ile devam etmektedir.

Amacı yurdumuzda uydu teknolojilerinin üretilmesi için araştırmalar ve projeler yapmak olan TAMSAT (Türkiye Amatör Uydu Teknolojileri, <http://www.tamsat.org.tr/tr/tamsat-tuzuk/>) derneği İTÜpSAT1 için yer izleme istasyonları çalıştırmakta ve uzay haberleşme teknoloji konularında gönüllü araştırmalar yapmaktadır. Bu kapsamda TURKSAT-3USAT için VHF/UHF iletişim sağlayan 50Khz bandgenişliğine sahip bir transponder sisteminin tasarımını yapıp üretimini gerçekleştirmiştir. Bu transponder faydalı yük olarak TURKSAT-3USAT ile birlikte Nisan 2013’de yörüngeye gönderilecektir.

Yapılan transponder çalışmasında kazanılan deneyim ve tecrübe yeni uzay çalışmaları için dökümanite edilerek TAMSAT arşivine kazandırılmıştır. Bu çalışmalarda uzay deneyimi olan mevcut teknolojilerin kullanılması kararlaştırılmış ve transponder tasarımı alışlagelmiş RF bileşenleri kullanılarak yapılmıştır.

Yapılması planlanan bu projemizin amacı ise YTR (Yazılım Tabanlı Radyo) teknolojisini kullanarak;

- Çalışma frekansları yer istasyonundan ayarlanabilen,
- Band genişliği değiştirilebilir,
- Modülasyon tipi uzaktan kontrol edilebilir,
- Çok keskin filitreleme (notch) yeteneğine sahip,
- Beacon ve telemetri sistemini içinde barındıran

esnek bir transponder sistemi için proje aşamalarını gerçekleştirmektedir.

Bu proje kapsamında;

- Sistem gereksinimlerinin analizi ve dokümantasyonu,
- Milli bir YTR transponder sisteminin tasarımı,
- Tasarlanan milli transponder kartının üretimi,
- Milli YTR transponder yazılımının geliştirilmesi,
- Üretilen transponder’in kontrolü ve kumadası için milli yer kontrol istasyonu yazılımının geliştirilmesi,
- Uzay şartları testlerinin tamamlanması ve raporlanması

hedeflenmektedir.

### **Proje çıktısı**

Proje’nin ürün çıktıları aşağıdaki gibi gruplanabilir;

- YTR Transponder ve Yer Kontrol İstasyonu Sistemi Tasarımı,
- YTR Transponder Gömülü Yazılımı,
- YTR Beacon Gömülü Yazılımı,
- YTR Telemetri/Modem Gömülü Yazılımı,



T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

- Yer Kontrol İstasyonu Yazılımı,
- YTR Transponder Donanımı.

Proje ortağı olarak çalışacak iki kişilik proje ekibi ile, mümkün olduğunca, uydu ve uzay çalışmaları yürüten kuruluşlarda uygulanan sistem mühendisliği, yazılım ve donanım mühendisliği metodoloji ve süreçleri esas alınacaktır. Ancak üretilebilecek dokümantasyon proje ekibinin boyutu göz önüne alınarak azaltılacaktır. Proje kapsamında aşağıdaki dokümanların üretilmesi hedeflenmiş ve proje planına dahil edilmiştir;

- Proje Yönetimi Dokümanı,
- Konfigürasyon Yönetimi Dokümanı,
- Operasyon Konsepti Dokümanı,
- Yazılım ve Donanım İsterleri Dokümanı,
- Yazılım ve Donanım Tasarımı Dokümanı,
- Test Prosedürleri,
- Test Raporları,
- Kullanım Kılavuzu Dokümanları.

Proje ana çıktısı olacak “Uydu Haberleşme Transponder”inin aşağıdaki temel özellikleri sağlaması hedeflenecektir;

- Küp uydu fiziksel standartları (en, boy, kart geçişleri, vb.) ile uyumlu olacaktır,
- Alıcı/verici sistemi YTR/SDR olacaktır,
- -120dBm’den daha iyi bir dinleme hassasiyetine sahip olacaktır,
- Çıkış gücü en az 20dBm (100 miliwatt) olacaktır,
- Sistem empedansı 50 ohm olacaktır,
- Teknik özellikleri (frekans, band genişliği, modülasyon tipi, vb.) yazılım güncellemesi ile değiştirilebilir olacaktır,
- Yazılım güncellemesi Yer Kontrol İstasyonu (YKİ) tarafından yapılabilecektir,
- Transponder dahilinde beacon sistemi bulunacaktır,
- Transponder dahilinde telemetri modemi bulunacaktır,
- İstenmeyen sinyalleri (gürültü) bastırabilmek için akıllı gedik süzgeci (notch filter) yazılımları içerecektir,
- Küp uydu bus yapıları (PC104) ile uyumlu olacaktır,
- YKİ veya OBC (On Board Computer) tarafından kapatılıp açılacaktır,
- Sağlık durumu ile ilgili bilgileri kayıt altına alacak ve istendiğinde YKİ veya OBC’ye gönderebilecektir.

#### **Proje Ar-Ge niteliği, teknolojik yönü ve yenilikçi yönü**

Yazılım Tabanlı Radyo (YTR) teknolojisi uydu/uzay uygulamalarında henüz yaygınlaşmaya başlamamıştır. Uydu sistemleri için YTR ile transponder imalatı ile ilgili olarak AMSAT-UK (Amsat İngiltere) bünyesinde bir çalışma 2005 yılında anons edilmiş ancak bugün itibarı ile tamamlanmış bir proje duyurulmamıştır. Ayrıca; Stella, Arissat2, STAR isimleriyle de YTR transponder çalışmalarının başlatılacağı duyuruları yapılmıştır. Bu çalışmalar incelenerek hedeflenen sistemin temel isterleri belirlenecek ve gerçekleştirilmesi hedeflenecektir. Henüz sonuçları duyurulmuş bir küpsat YTR Transponder çalışmasının bulunmaması, hedeflenen sisteminin süresinde tamamlanabilmesi durumunda (özellikle küp uydu kategorisinde) bir ilk olabilmesini sağlayabilir.

Proje kapdamında üretilecek Yazılım Tabanlı bir Haberleşme Transponderi’nin kendisi başlıca bir Ar-



T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

Ge konusu olup, bu çalışma kapsamında aşağıdaki alt başlıklar kapsamında Ar-Ge faaliyetleri yürütülmesi planlanmaktadır;

- Düşük enerji tüketimine sahip bir YTR uygulaması üretilmesi,
- YTR teknolojisi kullanılarak bir Haberleşme Transponder'i uygulaması geliştirilmesi,
- YTR teknolojisi kullanılarak transponder sistemine bütünleşik bir "BEACON" çözümü üretilmesi,
- YTR teknolojisi kullanılarak transponder sistemine bütünleşik bir "Telemetri/Modem" çözümü üretilmesi,
- Telemetri/Modem çözümünün modülasyon tipinin (FSK, QPSK, QAM, GMSK, vb.) yazılımsal olarak değiştirilebilirliği,
- Uydu haberleşme transponderinin temel özelliklerinin dahi yerden yazılım güncellemesi ile değiştirilebilir olması,
- Gürültü temizleme, giriş kontrolü sağlama vb amacı ile çok keskin sayısal filitrelerin uygulanabilirliğinin araştırılması,
- Transponder için bir giriş güvenlik mekanizması için araştırma/geliştirme yapılması (giriş sinyalleri için bir pilot sayısal sinyal ile karşılıklı kimlik denetimi yapılması ve transponderin ilgili bantgenişliğinin bu kimlik doğrulaması ile aktive edilmesi)

Uzay ortamında çalışmakta olan sistemlere fiziksel müdahale mümkün olmadığı için mevcut transponder sistemleri tasarımlarına sadık bir şekilde yer yüzünde oluşturulmuş ve test edilmiş özellikleri (konfigürasyonları) ile yaşam döngüleri boyunca aynı özelliklerle çalıştırılmaktadırlar. Çalışma süreleri boyunca gelişen teknoloji ve yeni çözümler ne yazık ki mevcut bu sistemlere kısıtlı olarak uygulanabilmekte ya da hiç uygulanamamaktadır. YTR transponder kullanımı ile bu kısıtlamalar ortadan kaldırılması mümkün olabilecek, haberleşme sistemlerine yer kontrol istasyonundan gönderilecek bir yazılım güncellemesi ile istenilen tüm özellikleri değiştirilebilecektir. Yapılabilecek değişiklikler, alışılmış haberleşme uyduları ile kıyaslandığında, oldukça geniş bir Bu değişikliklere örnek olarak;

- Tasarımı AFSK olarak yapılmış telemetri sistemi ihtiyaç doğrultusunda sadece yazılım güncellemesi yapılarak GFSK, GMSK veya ASK sistemine çevrilebilir,
- Transponder girişindeki istenmeyen sinyallerin engellenmesi veya gürültülerin bastırılabilmesi amacı ile çok dar bantlı süzgeç fonksiyonları çalıştırılarak istenmeyen sinyallerin transponder'a ulaşması engellenebilir,
- Transponder giriş sinyalleri için bir kontrol sistemi veya anahtarlama sistemi oluşturulabilir (izni olmayan yer istasyonlarının sistemi kullanması engellenebilir),
- FM modülasyon modunda çalışan transponder sistemi SSB veya NBFM (Narrow Band FM) olarak değiştirilebilir,
- Beacon sinyali mors olarak hazırlanmış transponder, sesli anons içeren beacon ile güncellenebilir, vb.

Milli bir transponder üretimi yanı sıra yazılımsal değişikliklerle sağlanan esneklik, aynı donanımın zaman içinde oluşacak pek çok ihtiyacı gidermek amacıyla kullanılmasını da sağlayacaktır. Bu sayede görevini tamamlamış uydu veya küp uydu sistemleri, ömürlerinin kalan kısmında başka bir amaçla kullanılmak üzere yeniden programlanabilecektir. Örneğin uydu ile araştırma çalışmalarını tamamlamış bir üniversite/bölüm/grup, uyduyu kalan ömründe kullanılmak üzere başka bir üniversiteye/bölüme/gruba devredebilir. Uydu transponderindeki yazılım güncellenerek farklı deneyler ve araştırmalar (Sistemin RF önyüzlerinin imkan vereceği ölçüde; RF spektrum yayılımının incelenmesi, RF Radyasyon haritalaması yapılması, konum belirleme algoritmalarının denenmesi, vb. ) için de

UDHB Ar-Ge Desteği

İnternet adresi: <http://arge.hgm.gov.tr>

E-posta : [haberlesme.arge@udhb.gov.tr](mailto:haberlesme.arge@udhb.gov.tr)

Form No: ARGE-B005

Başvuru dilekçesi

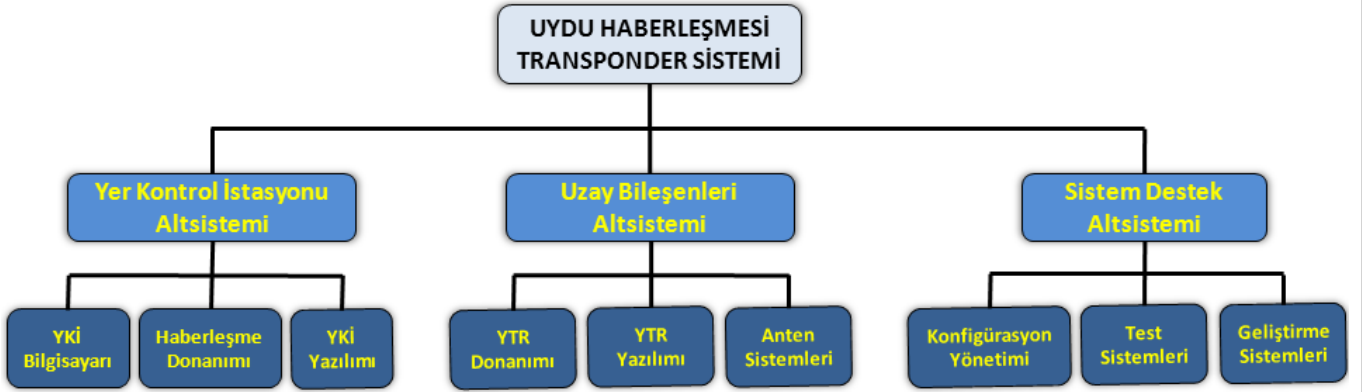




T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

kullanılabilir.

Sistem mimarisi bileşenlerinin aşağıdaki gibi olması öngörülmektedir;



**Şekil-1 Sistem-Altsistem Bileşenleri**

Bu alt sistemlerin özellikleri kısaca aşağıdaki gibi olacaktır;

**Yer Kontrol İstasyonu Altsistemi :** Temel amacı yörüngede dönmekte olan uydu sistemi ile haberleşmektir. Bu maksatla yatay ve düşey ekseninde hareket edebilen yüksek kazançlı anten sistemlerine sahiptir. Yazılım yetenekleri; uydunun mevcut pozisyonunu hesaplayarak anten sistemini yönlendirebilmek, uydu telemetri sinyallerini dinleyebilmek ve çözebilmektir. Ancak projemiz kapsamında yer kontrol istasyonunun önemi transponder üzerindeki gömülü yazılımın havadan güncellenebilmesini sağlamaktır. Bu konuda; firmware verisinin uydu geçişleri sırasında bir seferde veya parçalı olarak çok geçişte transponder'a gönderilmesi, transponder üzerindeki hafıza bileşeninde depolanması, tutarlılık kontrolünün yapılması ve yer kontrol istasyonunun tetiklemesi ile yazılım güncellemesi yapılabilmesi araştırmaları için kullanılacak güncel teknolojiler araştırılacak ve sisteme uygulanacaktır.

Sistem başlıca 3 (üç) ana bileşenden oluşacaktır; Anten ve telsiz sistemlerinden oluşacak Haberleşme Donanımları, kişisel bilgisayar ve anten kontrol sisteminden oluşan YKİ Bilgisayarı ve telemetri haberleşmesi yapacak (yazılım güncelleme yeteneğinin geliştirileceği) YKİ Yazılımı bileşeni.

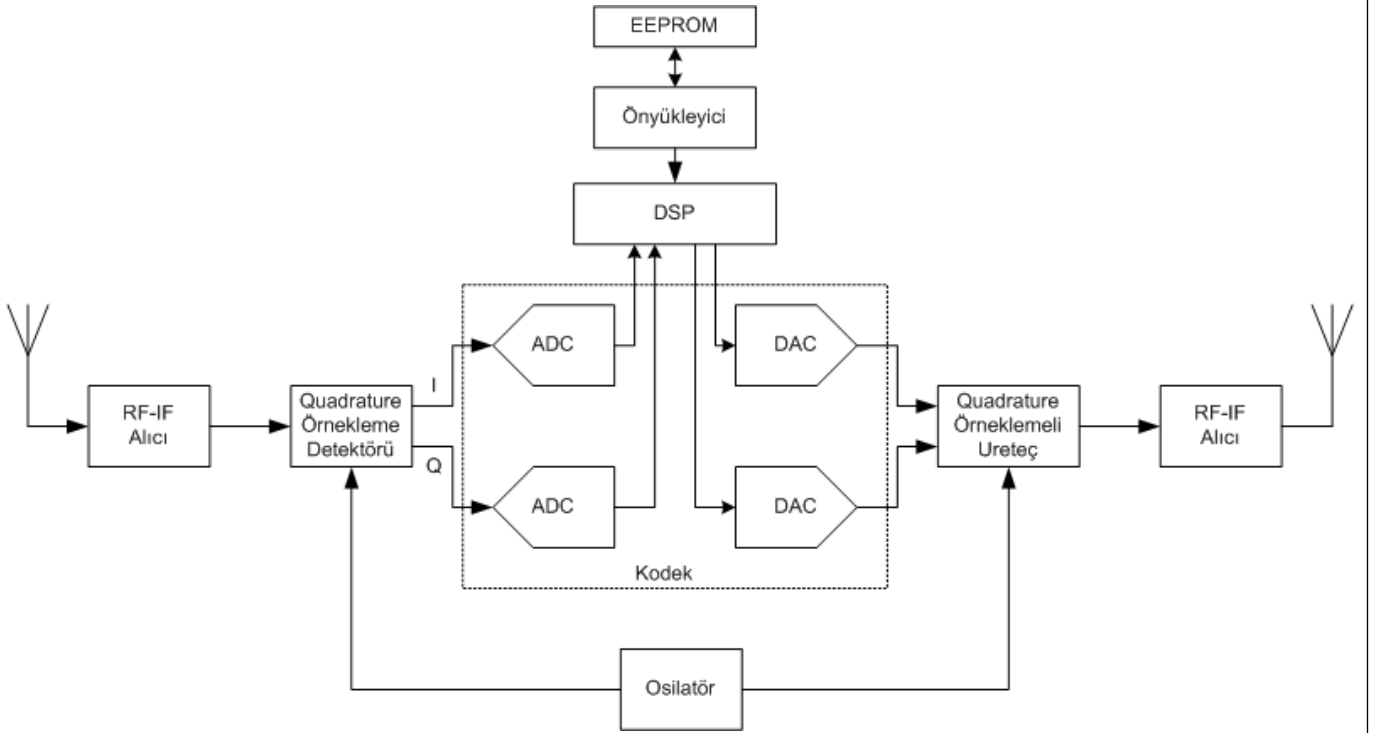
**Uzay Bileşenleri Altsistemi :** Uzay ortamında çalıştırılmak üzere geliştirilecek tüm bileşenler bu alt sistemde yer alacaktır. Temel olarak gömülü yazılım çalıştırılabilecek (DSP sistemleri de barındıran) FPGA/SoC (systemOnChip) gömülü sistem bileşenlerimiz, bu sistemleri üzerinde çalıştırılacak yazılım bileşenleri (ana gömülü yazılım veya minimal işletim sistemi, ana YTR yazılımı, geliştirilecek süzgeç yazılımları, telemetri/modem yazılımı, BEACON yazılımı) ve uydu üzerinde sınırlı alanda (çok küçük boyut ve yüzeyde) çalıştırılacak ve birbirlerini (transponder çıkışının, transponder giriş sinyalini bastırmaması amacıyla) etkilemeyecek şekilde konumları belirlenecek olan uydu anten sistemleri

bileşenlerinden oluşacaktır.

Proje kapsamında bu bileşenlere ait hem donanım hem de yazılım bileşenleri tasarımı yapılacak ve geliştirilecektir. Geliştirilen ve uzay şartlarında çalışması hedeflenen sistemler için İTÜ Uzay Sistemleri Tasarım ve Test Laboratuvarlarında testler gerçekleştirilecektir.

**Sistem Destek Altsistemi :** Sistemin geliştirilmesi fazlarında kullanılacak destek sistemlerinden oluşan altsistemdir. Bu altsistem kapsamında; projenin tüm dokümantasyonunun ve yazılım/donanım kayıtlarının tutulacağı Konfigürasyon Yönetimi Sistemi (yazılımı ve bilgisayar donanımı), masa üstü testlerinde kullanılacak tüm test sistemleri (proje kapsamında üretilecek küp uydu masa üstü test güç kaynağı, laboratuvar RF test cihazları) ve yazılım/donanım geliştirimi yapılırken kullanılacak geliştirme kitleri (USRP, FPGA Development Kit, vb.) bu altsistemde yer alacaktır.

YTR Transponder'ın temel blok yapısının aşağıdaki gibi olması öngörülmektedir;



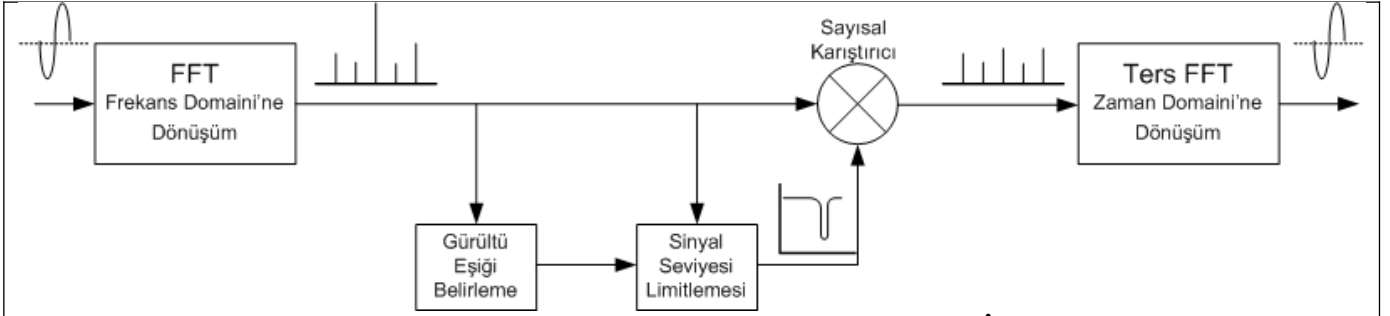
**Şekil-2 Yazılım Tabanlı Transponder Blok Yapısı**

**Sistemin temel çalışma prensibi :** Anten bileşeni üzerinden alınan çok zayıf RF sinyalleri öncelikle çok düşük gürültülü yükselteçlerle (ing. LNA; Low noise amplifier) yükseltilerek işlenebilir sinyal seviyesine getirilecektir. RF-önyüzünde yer alan I/Q çevrimi yapabilen bileşenler RF sinyalini I ve Q (I: In-Phase, Q: Quadrature) bileşenlerine ayıracaktır. I/Q sinyalleri çok yüksek hızlı Analog-Sayısal Çeviriciler (ADC) ile sayısal sinyallere dönüştürülürler. Sayısal sinyaller üzerinde yapılacak bir fourier transformu (FFT), işlemlerimizi ve hesaplarımızı çok daha kolay yapabileceğimiz zaman boyutu (time-domain) frekans boyutu (frequency domain) dönüşümü yapılır. Sinyal işleme, süzgeçleme, güçlendirme, seviye sınırlama gibi süperheterodin radyo tekniğinde arafrekans katlarında yapılan pek çok işlem gömülü yazılımlar ile gerçekleştirilir. Oluşturulan çıktı sinyali ters fourier çevrimi (ters-FFT) ile tekrar boyut değişimine sokulur ve ardından Sayısal-Analog Çeviriciler (DAC) ile analog sinyale dönüştürülür. Sinyal daha sonra istenilen RF seviyesine güçlendirilerek antenler üzerinden yayınlanır.





T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü



**Şekil-3 Yazılım Tabanlı Transponder Fonksiyonel İşleyişi**

Proje kapsamında aşağıdaki bileşenler için Ar-Ge çalışması yapılacağı öngörülmektedir;

- RF-önyüz bileşenleri,
- FPGA/SoC gömülü yazılımları ile FFT, çok dar bantlı süzgeç geliştirilmesi,
- Demodüle/modüle işlemlerinin YTR yazılımlarının geliştirilmesi,
- FPGA/SoC gömülü yazılımları ile sayısal data haberleşme çözümünün geliştirilmesi,
- Transponder temel bileşenlerinin yazılımsal değiştirilebilmesi (frekans, modülesyon, bant genişliği, vb.),
- Uzun şartlarında yazılım güncelleme altyapısının geliştirilmesi.

**Proje konusu ile ilgili işletmenin mevcut durumu ve benzeri proje/faaliyet deneyimi**

Proje başvuru sahibi **Barış DİNÇ**;

TAMSAT Amatör Uydu Teknolojileri Derneği Teknik Başkan Yardımcısı olup 1990 yılından bu yana A sınıfı amatör telsizci olarak uydular üzerinden radyo haberleşmesi çalışmalarını yürütmekte, İstanbul Teknik Üniversitesi İTÜpSAT1 uydusu da dahil olmak üzere pek çok haberleşme uydusu için T2-06-2B kodu ile TAMSAT Amatör Uydu Yer Kontrol ve İzleme İstasyonu Ağı kapsamında amatör yer kontrol istasyonu çalıştırmaktadır (<http://www.tamsat.org.tr/tr/tamsat-t2-06-2b-izleme-istasyonu/>).

2011 yılında başlayan TAMSAT VHF/UHF Transponder çalışmasında aktif olarak çalışmış ve **TURKSAT 3U-SAT** uydusunda kullanılacak transponderin tasarımı ve üretilmesi faaliyetlerinde aktif görev almıştır.

2011 yılında AxelSpace Company Japan tarafından düzenlenen Nanno-satellite Constellation Mission Idea Contest yarışmasına (<http://www.spacemic.net/>), çok sayıda küpsat uydusuna yerleştirilen YTR alıcılar ile yeryüzündeki RF vericilerinin yerini ve sinyal gücünü toplayarak yeryüzeyinin RF haritasını çıkarma amacını güden “The Tiny EARS (Ears Above for Radiation Searching)” fikri ile TAMSAT adına katılmış, ilk üçe girerek proje desteği alamamış ancak organizasyon kapsamında poster sunma hakkı kazanmıştır.

Proje ortağı **İrfan Turan BAŞBUĞ**;

TAMSAT VHF/UHF transponder üretimi çalışmalarında TAMSAT çalışmalarına destek olmuş, elektronik kart tasarımı ve üretimi konularında görev almıştır.

Proje kapsamında danışmanlık hizmeti alınacak olan **Şafak AKÇA** (Mik-Tek ArGe) da TAMSAT Transponder’inin tasarlanması ve testleri konusunda aktif rol almıştır.

Proje ekibi birinci transponder üretimi sürecindeki tüm deneyimlerini ve radyo frekans haberleşme konusundaki tecrübelerini bu proje kapsamında da uygulamaya dönüştürmeyi hedeflemektedir. Birinci

UDHB Ar-Ge Desteği

İnternet adresi: <http://arge.hgm.gov.tr>

E-posta : [haberlesme.arge@udhb.gov.tr](mailto:haberlesme.arge@udhb.gov.tr)

Form No: ARGE-B005

Başvuru dilekçesi



T.C.  
**ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

transponder prototipi için yapılan çalışmaları anlatan tasarım dokümanı EK-1 TAMSAT TRANSPONDER SSDD dokümanında, İTÜ USTTL’de (Uzay Sistemleri Tasarım ve Test Laboratuvarı) uzay şartları testine sokulan mevcut TAMSAT Transponder sistemi broşürü EK-2 TAMSAT Transponder Teknik Özellikleri dokümanında yer almaktadır.

**Projenin ekonomik ve sosyal katkısı**

Projenin ekonomik ve sosyal katkılarının aşağıdaki gibi olacağı öngörülmektedir;

- 1) Bu proje ile ülkemizdeki kendi uydu haberleşme sistemlerini üretebilme kabiliyetine bir yenisini eklenecektir.
- 2) Proje kapsamında öncelikli olarak üretimi ve yörüngeye gönderilmesi daha kolay olan küp uydular için bir çözüm üretilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışma temel prensipleri aynı olmak üzere daha büyük ticari ve askeri uydularda da uygulanabilecek özellikte olacaktır.
- 3) Ocak 2013 itibarı ile küpsat uydular için sınırlı sayıda transponder üreticisi (Amsat-NA, Amsat-UK, Leijenaar Electronics, vb.) bulunmaktadır. Bu çalışma sonunda uluslararası pazarda yer alabilecek yeni bir transponder üretimi tamamlanmış olacaktır. Mevcut transponder’ların teknolojisi ile kıyaslandığında üretilen transponderin rakiplerinden daha çok tercih edilecek olacağı öngörülmektedir.
- 4) Uydu haberleşme transponder sistemi için belirlenen kullanım amacı sona erdiğinde, transponder üzerindeki YTR yazılımının yerden değiştirilmesi suretiyle, sistemin başka bir amaç için de kullanılabilir olması, her farklı amaç için farklı bir uydu sisteminin hazırlanarak yörüngeye gönderilmesi ihtiyacını ortadan kaldıracaktır.
- 5) Uydu haberleşme sistemlerinin zaman paylaşımli olarak farklı amaçlar için kullanılabilmesine olanak sağlanacaktır. Örneğin bir süre analog ses sinyalleri aktarmak için programlanmış bir transponder, bir müddet sayısal mesaj aktarımı için kullanılabilir, ya da bir müddet yeryüzündeki alıcı sistemlerin komuta kontrolünü yapabilir.
- 6) Yapılacak çalışmalar sonrasında;
  - a. FPGA, DSP, gömülü sistemler,
  - b. Yazılım Tabanlı Radyo teknikleri ve yazılım kütüphaneleri,
  - c. Yazılım tabanlı süzgeç geliştirme,
  - d. Yazılım tabanlı radyo modem geliştirmekonularında bilgi ve tecrübe sahibi olunacaktır.
- 7) Üniversitelerde küp uydu kullanımının yaygınlaşması ile kullanılabilecek yerli/ milli bir ürün oluşturulmuş olacaktır. Üniversitelerimiz için hem maliyet etkin haberleşme sistemleri üretilmiş olacak hem de tüm kaynak bilgileri milli olacağı için en kritik milli çalışmalarda dahikullanılabilecek bir sistem oluşturulmuş olacaktır.
- 8) Bu çalışmalarda elde edilecek deneyimin ticari uydular (radyo,televizyon, ses ve veri haberleşmesi için kullanılan sabit yörünge uyduları) için de kullanılacağı öngörülmektedir.

**Proje çıktısının kullanım alanları**



T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

Proje çıktısı aşağıda belirtilen amaçlarla kullanılabilecektir;

- Amatör ve akademik uydu çalışmaları için transponder sistemi,
- Amatör ve akademik uydu çalışmaları için beacon sistemi,
- Amatör ve akademik uydu çalışmaları için telemetri/modem sistemi,
- Ticari uydularda YTR kullanımının ön testlerinin yapılması,
- Askeri haberleşme ve veri aktarımı,
- Farklı kullanıcı grupları için zaman paylaşımli farklı sistemlerin ortak bir platformda sunulması (tek uydu transponder sistemi, yazılım değişikliği ile, farklı amaçlar için kullanılabilecektir.)

**Projenin gerçekleştirilebilirliği ve beklentiler**

Karasal haberleşme sistemlerinde YTR teknolojisinin kullanılmaya başlanması pek çok RF elektronik bileşen (tümdevre, modül, süzgeç, vb.) üreticisinin bu alanda yeni ürünler üretmesini de beraberinde getirmiştir. Artık; Maxim-IC, Analog Devices, ST Microelectronics, RFMD, Texas Instruments, Hittite Electronics gibi firmalar YTR kullanımı için RF-önyüzleri (RF-Frontend), süzgeçler, I/Q Modulatörler, I/Q demodulatörler ve ses kodeleri gibi ürünlerinin ikinci nesillerini piyasaya sürmüşlerdir.

Projemiz kapsamında oluşturulacak haberleşme transponderinin RF önyüz bileşenleri ve süzgeçleri bu firmaların ürün gamı üzerinde yapılacak incelemeler ve prototip çalışmaları sonrasında seçilecektir. Hazır bileşen alternatiflerinin çokluğu bu alandaki riskleri de azaltacaktır.

Sistem geliştirilmesinde uygulanacak 3 (üç) aşamalı prototip yaklaşımımız proje risklerini azaltmaya yönelik olacaktır. Öncelikli olarak, donanım üretiminin zorluğu ve üretim süreleri göz önünde bulundurularak, YTR yazılım çalışmaları benzer YTR platformlarından biri (USRP, Universal Softwaredefined Radio Peripheral, <http://www.ettus.com>) üzerinde geliştirilecektir.

Direkt olarak gömülü sistemler üzerinde geliştirim yapılması zorluğu da göz önünde bulundurularak USRP üzerinde geliştirilecek yazılımlar öncelikli olarak PC/Linux ortamında GnuRadio (<http://www.gnuradio.org>) yazılımı kullanılarak tasarlanacak, daha sonra GnuRadio/USRP program yükleme özelliği ile donanım üzerinde doğrulanacaktır. GnuRadio ile yapılan doğrulama çalışması ardından sistem kendi üretimimiz prototip donanımımız üzerine taşınarak ile gömülü sistemlerde çalıştırılacaktır.

Projenin yer sistemlerini oluşturacak bileşenleri için proje ekibi uzun yıllardır benzer sistemleri çalıştırmaktadır. Bu sistemlerin mevcut özellikleri daha detaylı incelenecek ve eksik yönleri gözönünde bulundurularak yeni bir sistem oluşturulacaktır. Bu konuda halihazırda kullanılan pek çok hazır yazılım ve açık kaynak kodlu yazılımlar da (HRD Deluxe, Orbitron, Gpredict, Celestrak, Dove, Microsat Groundstation for Linux, PacsatTools, vb.) mevcuttur.

Data önce TAMSAT TURKSAT 3U-SAT için üretilen analog transponder ile kazanılan uzay şartları gereksinimi karşılayabilme deneyimi bu çalışmada da tasarım aşamasından itibaren dikkate alınacaktır. Proje kapsamında üretilen ve uzay ortamında çalışması hedeflenen tüm donanımın da proje sonunda yapılacak TVAC (Isıl-Vakum) testlerinin gereksinimlerine uygun olarak üretimi sağlanacaktır.



T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

**Projede çalışmalarında izlenecek yöntem ve teknikler**

YTR tabanlı bir haberleşme transponderi üretimi ile ilgili ilk çalışma TAMSAT TURKSAT 3USAT analog transponderi üretimi çalışmalarında başlatılmıştır. Proje ile ilgili olarak bu aşamada;

- Kavram geliştirme,
- Teknik ve ekonomik yapılabilirlik etüdü,
- Laboratuvar ön çalışmaları

başlangıç düzeyinde yapılmış ve dünya çapında başlatılan benzer çalışmalar incelenmiştir. Projemiz takviminin ilk birkaç ayı bu çalışmaların yinelenmesi ve detaylandırılmasını da içeren analiz fazımızdan oluşacaktır.

Proje kapsamında aşağıdaki proje adımlarının takip edilmesi planlanmaktadır;

- Analiz,
- Tasarım,
- Geliştirme,
- Entegrasyon ve test,
- Uzay koşulları testleri ve raporlama.

Proje yönetiminin genel yürütülmesinde “Şelale Proje Yönetimi Tekniği” uygulanacak olup, küçük bir proje ekibi ile uygulanabildiği ölçüde mühendislik süreçleri de uygulanmaya çalışılacaktır. Proje ekibinin küçüklüğü ve esnekliği göz önüne alınarak gerçekleştirme ve üretim fazında çok hızlı döngülerle “Spiral Ürün Gerçekleme Tekniği”nin uygulanabileceği öngörülmektedir. Hem prototipler kendi içerisinde spiral olarak düzeltmelerle geliştirilecek hem de prototipler arası geçişlerde iyileştirmeler hedeflenecektir.

Proje sırasında PC/Linux ortamında çalıştırılmış olan (yazılım simülasyonu ve USRP üzerinde çalışırlık kontrolü) yazılım bileşenleri donanım prototiplerine taşınacaktır. Proje sonunda üretilecek ürünümüz olan TRANSPONDER’a, projenin gerçekleştirilebilirliğinin ve izlenebilirliğinin artırılması amacıyla 2 aşama halinde prototipler çıkartarak ulaştırılması planlanmıştır. Her prototip için mühendislik süreçleri tekrar işletilerek belirlenen aşamalar sonunda vasıflandırma testleri ile prototiplerin gereksinimlere uygunluğu denetlenecek böylece proje adımlarının da detaylı izlenebilirliği ve risklerin azaltılması sağlanmış olacaktır.

Proje kapsamında tasarlanacak ve üretilecek prototiplerin temel özellikleri aşağıda verilmiştir.

**Yazılım Prototipi :** USRP donanımı ve gnuradio ortamı kullanılarak hazırlanacak olan prototiptir. Bu prototip çalışmasının amacı USRP gibi yeterince hızlı çalışabilen bir YTR ortamında, enerji kısıtları olmaksızın istenilen yazılımsal fonksiyonların gerçekleştirilebilirliğinin denetlenmesidir. Bu çalışmada elde edilecek deneyimler doğrultusunda hedeflenen fonksiyonları gerçekleştirebilmek için ihtiyaç duyulacak donanım isterleri belirlenmiş olacaktır. Bu donanım isterleri prototip-1 donanımının tasarımı ve üretimi için kullanılacaktır. Ayrıca bu fazda hedef yazılımın temel fonksiyonlarının tamamlanması da hedeflenmektedir.

**Prototip-1 :** İlk donanım prototipimiz olacaktır. Bu prototip üzerinde “Yazılım Prototipi” olarak USRP üzerinde geliştirilmiş yazılım (gerekirse port edilerek) çalıştırılacaktır. Bu prototipin amacı hedef sistemde kullanılacak FPGA/DSP ve SoC altyapısının ilk testlerini yapıp çalışırlığını görmektir. Bu prototip tasarımında tüm güç gereksinimleri ve fonksiyonel gereksinimler göz önünde bulundurulmaya çalışılacak ama asıl amaç kendi donanımımız üzerinde çalışan kendi YTR yazılımımız ve fonksiyonlarımıza sahip olmaktır.



T.C.  
**ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

**Prototip-2 :** Bu prototipin amacı Prototip-1’de elde edilen sonuçlar doğrultusunda gerekli tüm iyileştirmeleri yapmak ve küp uydu ortamı için bilinen tüm kısıtlara uygun (boyut, enerji, güç, bus haberleşmesi, vb.) bir ürün çıkarmaktır. Prototip-2 aslında projenin son çıktısı olan ürünümüz olacaktır. Bu prototip’te kullanılan malzemenin ve işçiliğin uzay şartları için uygun olması sağlanacaktır. Prototip-2 uzay şartları testlerine tabii tutulacaktır.

Aşamalı prototip yöntemi ile her bir prototip entegrasyon testleri sonrasında belirlenecek risk ve ihtiyaçlar doğrultusunda, bir sonraki prototip tasarım fazı kapsamında bu konular ele alınarak düzeltici faaliyetler planlanacaktır. Her prototip bir önceki prototip için B-planı niteliği de taşıyacaktır.

Malzeme seçimleri ve alım zamanlaması planlamaları da bu yöntemi destekleyecek şekilde oluşturulacaktır.

Proje Ar-Ge faaliyetlerinde uygulanacak yöntem, uygulamalar, kullanılacak teknik ve araçlar aşağıdaki şekilde ana başlıklara ayrılmıştır.

**Malzeme Seçimi :** Kullanılacak malzemelerin uzay şartları için uygunluğu en öncelikli seçim kriteri olacaktır.

Uzay için yasaklı malzemeler listesi kullanılacak tüm malzeme içerikleri konusunda denetlenecek, mümkün olduğunca uzay deneyimi olan elektronik malzemeler tercih edilecektir. Ancak, YTR konusunda uzay deneyimi olan malzemelerin azlığı bu seçimi zorlaştıracaktır. Bu nedenle malzeme teknik özellikleri göz önünde bulundurularak da seçim yapılması gerekebilecektir.

Malzeme seçimi için önemli bir ön gereksinim de enerji harcama seviyelerinin kıyaslamaları olacaktır. Malzemelerin tek tek enerji harcamaları göz önünde bulundurularak seçim yapılması gerekeceği gibi, farklı malzemelerden birleştirilerek oluşturulacak sistem parçaları için birlikte çalışırken ihtiyaç duyacakları enerji bütçesinin dikkate alınmasına da özen gösterilecektir.

Uzay endüstrisi için üretilmiş pek çok malzeme (özellikle askeri kılıftaki elektronik malzemelerde) uluslararası kısıtlamalar da (export restrictions) mevcuttur. Bu konuda malzeme seçimi yapılırken uluslararası anlaşmaları göz önünde bulundurularak, “export” sınırlaması olmayan ve sivil uygulamalarda kullanılan karşılıkları tercih edilecektir.

Aynı amaçla kullanılabilecek malzemeler arasında yapılacak karşılaştırmalar ve getir-götür (trade-off) analizleri daha sonra yapılacak çalışmalara ışık tutabilmek amacıyla dökümanite edilecektir.

**Elektronik Kart Tasarımı :** Üretilcek elektronik kartların uzay ortamı şartlarındaki basınçsız ortam göz önünde bulundurularak üretilmesi ve yapılacak vakum testlerinde hataların yakalanabilmesi öngörülmektedir. Yapılacak kart tasarımının (daha önceki transponder çalışmasında elde edilen deneyim göz önünde bulundurularak) en az 4 (dört) katlı olması ve RF yapıtımının sağlanabilmesi için maksimum toprak yüzeyine sahip olması hedeflenecektir. Ancak sınırlı sayıda prototip üretimi ile doğru uyumlamaya sahip PCB üretimini yapabilmek için bilgisayar destekli simülasyon/hesaplama yazılımları kullanılacaktır. Bu amaçla proje kapsamında üretilcek PCB çizimleri gerçekleştirilmeden önce National Instruments firmasının AWR Microwave Office yazılımı ile modellenerek uyumlamalarının doğruluğu denetlenecektir.

**YTR Fonksiyonları Geliştirilmesi :** Proje kapsamındaki en önemli çalışmanın yazılım tabanlı radyo tekniği için gömülü yazılımlar geliştirilmesi olacaktır. Standard YTR yazılımlarının yanısıra geliştirilmesi planlanan “çok keskin yazılım tabanlı süzgeçler, yazılım tabanlı radyo ile modem, yazılım tabanlı transponder üzerinde tanıtıcı işaret” altsistemleri konu ile ilgili detaylı araştırmaları da gerektirecektir. Konu ile ilgili mevcut durumda sınırlı sayıda makale ve doküman mevcuttur ancak proje başlangıcı sonrasında tüm dünyadaki YTR yönelimi ile birlikte bu konudaki kaynakların ve





araştırmaların artacağı öngörülmektedir.

### Projede kullanılacak araç, gereçler, donanım, yazılım vs. ve gerekçesi

Projede kullanılması planlanan malzemeler ile ilgili kullanım amaçları ve gereklilikleri açıklamaları aşağıdaki gibidir.

#### 1) 200 Mhz Osiloskop

Masa üstü testlerinde sinyal ölçüm işleri için kullanılacaktır. Hem mevcut ürünlerin değerlendirilmesi fazında, hem tasarım esnasında yapılacak masaüstü testlerde hem de üretim aşamasında kullanılacaktır. En az aşağıdaki özelliklere sahip olması hedeflenmektedir;

- Digital olmalıdır,
- En az 200 Mhz sinyal ölçümü yapabilmelidir,
- En az 2 (iki) adet giriş portu bulunmalıdır,
- Hafıza özelliği olmalıdır,
- 220 VAC/50Hz elektrik ile çalışmalıdır,
- 200 Mhz ölçüm probe'ları olmalıdır (birlikte verilmelidir),
- USB PC bağlantısı olması tercih sebebidir.

#### 2) SMD Workstation

Proje kapsamında kullanılacak tüm bileşenler SMD/SMT teknolojisinde olup standard lehimleme ve lehim sökme havayaları ile çalışması oldukça güçtür. Bu amaçla proje kapsamında 2 (iki) adet SMD Workstation alınması planlanmıştır. Teknik özelliklerinin aşağıdaki gibi olması öngörülmektedir;

- Havya uçları değiştirilebilir olmalıdır,
- Sıcak hava üfleme özelliği olmalıdır,
- Vakumlu lehim sökme pompası olmalıdır,
- Sıcaklık ayarı değiştirilebilir olmalıdır,
- Sıcaklık sabitleme özelliği olmalıdır,
- 220 VAC/50Hz elektrik ile çalışmalıdır.

#### 3) FPGA Development Kit

Projenin ana amaçlarından biri gömülü sistem olarak tek başına çalışabilen bir transponder sistemi oluşturmaktır. Kullanılacak en önemli gömülü sistem bileşenlerinden biri FPGA bileşenidir. Prototip kartlar hazırlanmadan önce ve masa üstü yazılım geliştirme çalışmalarında kullanılmak üzere farklı FPGA bileşenleri için kod geliştirme/test işlerini hızlandırmak amacı ile kullanılacaktır. Bu kapsamda sektör lideri olan iki önemli FPGA üreticisinin (Xilinx ve Altera) 2 (iki) ayrı geliştirme kitinin satın alınması, hangi markanın kullanılacağına proje sırasındaki getir-götür (trade study, trade-off) analizleri ile karar verilmesi planlanmaktadır.

#### 4) VHF/UHF All Mode Telsiz

Hedef transponder sisteminin kullanıcıları AM, FM, SSB, FSK, CW ve sayısal modülasyon türlerini (QAM, QPSK, vb.) kullanacaklardır. Sistemin ilk prototiplerinin oluşturulması ve testlerinin yapılması aşamasında sinyal jeneratörü ile oluşturulan taşıyıcı sinyalleri ile yapılacak testlere ek olarak gerçek bir telsiz vericisi sistemi ile yapılacak testlere ihtiyaç olacaktır. SSB, FSK gibi sinyal üreteçleri tarafından oluşturulmayacak sinyaller için sistemin çalışırlığını test amacı ile masa üstü testlerde kullanılacaktır. Daha sonra bu bileşen yer kontrol istasyonunun ana haberleşme nişeni görevini üstelenecek ve yapılacak uzak mesafe (zayıf) sinyal testlerinde de kullanılacaktır.





### 5) VHF/UHF Anten Seti

Yer kontrol istasyonunun ve 4. Maddedeki telsiz sisteminin anten techizatıdır.

### 6) Laptop

Yazılım geliştirme ve test ortamı ortamı olarak kullanılacak bilgisayarlardır. Bu bilgisayarlar kullanılarak;

- Gömülü yazılım geliştirme ve simülasyonu,
- RF blok tasarımı ve simülasyonu,
- PCB ve şematik çizimlerin yapılması ve simülasyonları,
- Doküman yazım işleri, vb.

işleri gerçekleştirilecektir. Bilgisayar sistemlerinin en az aşağıdaki özelliklere sahip olması beklenmektedir;

- Intel Core i7 işlemciye sahip olmalıdır,
- İşlemci hızı en az 2 Ghz olmalıdır,
- En az 8GB hafızası (RAM) olmalıdır,
- En az 256 GB SSD disk sistemine sahip olmalıdır,
- USB 3.0 desteği olmalıdır,

### 7) Wattmetre

RF güç katlarının güç ölçüm testlerinde kullanılacaktır. Wattmetrenin aşağıdaki özellikleri sağlaması öngörülmektedir;

- 0.1 Watt (20dBm) ile 10 Watt (40dBm) aralığında ölçüm yapabilmelidir,
- 100 Mhz – 1 Ghz aralığında ölçüm yapabilmelidir (eleman değiştirerek),
- Ölçüm hata oranı %1'den az olmalıdır,
- Dahili veya harici suni yük beraberinde verilmelidir,
- Suni yük tüm güç aralığında (20-40dBm) kullanılabilir olmalıdır,
- Ölçüm işlerinde sinyal zayıflatma için kullanılmak üzere 1dB, 3dB, 6dB, 10dB, 30dB, 50dB zayıflatıcılar sağlanmalıdır,
- Zayıflatıcılar spektrum analizör ile de kullanılacak şekilde bağımsız (sökülebilir/takılabilir) olmalıdır.

### 8) Labratuvar Tipi Gerilim/Akım Ayarlı Güç Kaynağı

Labratuvar ortamında, test protoboard denemelerinde ve prototip kartların akım/gerilim kaynağı olarak kullanılacaktır. Güç kaynağının aşağıdaki özellikleri sağlaması beklenmektedir;

- SMPS (Switch Mode Power Supply) olmamalıdır,
- En az 2 (iki), tercihan 3 (üç) ayrı bağımsız çıkışı olmalıdır,
- Çıkışları 0-30 volt, 0-2 Amper ayarlanabilir olmalıdır,
- Kısa devre koruma özelliğine sahip olmalıdır.

### 9) Prototip PCB Üretim Cihazı

Projenin tasarım fazında yapılacak ön prototip denemeleri ve malzeme bileşenlerinin seçimlerinde yapılacak çalışmalarda çok hızlı prototip PCB'ler (Printed Circuit Board, Baskılı Devre Kartı) üretebilmek amacı ile kullanılacaktır. Türkiye'de PCB üretimi yapan firmalar genellikle iş yoğunluğu nedeni ile prototip amaçlı üretimleri üretimleri arasına almamakta, yüksek tooling (sistem ayarlama) ücretleri talep etmekte, ya da üretim için çok uzun teslimat süreleri önermektedir. Alternatif olarak Çin firmaları kullanılması değerlendirilmiş, en hızlı firmaların bile (makul fiyatlarla) 14 günlük teslimat süreleri verdiği görülmüştür. Çin firmalarına yaptırılacak işçiliklerde kopyalanma ihtimalinin yüksek olması da ayrı bir dezavantaj oluşturmaktadır.



T.C.  
**ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

Bu nedenle, hızlı PCB üretimi yapabilmek amacı ile bir adet masa üstü mini PCB üretim/kazıma cihazının projeye dahil edilmesi öngörülmüştür. PCB prototip üretim makinesi kullanılarak;

- Projenin analiz fazında yapılacak çözüm incelemeleri için hızlı kart üretimleri ve masa üstü testleri,
- Projenin tasarım fazında yapılacak kıyaslama çalışmaları ve hızlı kart üretimi ile alternatif çözümlerin kıyaslanması,
- Projenin gerçekleştirim ve üretim fazında ise hedef sistemin prototiplerinin hızlıca üretilmesi ve final sisteme geçiş öncesi testlerin kolayca yapılabilmesi

işleri gerçekleştirilecektir. Proje kapsamından kullanılacak pek çok bileşenin (tümdevreler) SMT yüzey montaj (surface mount technology) olduğu ve çok bacaklı veya bacaklısız küçük kılıflarda (BGA, QFP, vb.) olması bu prototip PCB'lerinin bilinen atölye teknikleri (pozitif 20, film tekniği, toner transferi, vb.) ile üretimini imkansız kılabilmektedir. Proje sonunda üretilen ürün netleştirildiğinde uzay testlerine tabii tutulacak kart profesyonel kart üreticilerinde üretilirilecektir.

Projede kullanılması planlanan masa üstü PCB prototip üretim cihazının temel olarak aşağıdaki gereksinimleri karşılamaları beklenmektedir;

- En az 20cm X 20cm boyutlarında kart işleyebilmelidir,
- Çözünürlüğü 0.05 milimetreden iyi olmalıdır,
- Kazıma ve delme işlemleri yapabilmelidir,
- Uç değişikliği yapabilme özelliği olmalıdır,
- En az 100 mm/sn hızında hareket edebilmelidir,

#### **10) RF Spektrum Analizör**

Üretilen RF devrelerinin (osilatörler, düşük gürültülü sinyal yükselteçleri, güç katları, vb.) masa üstü testlerinde kullanılacak ve en az aşağıdaki teknik özellikleri sağlaması beklenmektedir;

- Çalışma frekans aralığı en az 100Khz - 3 Ghz olmalıdır,
- Frekans hassasiyeti 1 Hz veya daha iyi olmalıdır,
- Gürültü eşiği -125 dBm'den daha düşük olmalıdır,
- Full span sweep süresi 3 saniyeden düşük olmalıdır.

#### **11) RF Network Analizör**

Üretilen RF bileşenlerinin (süzgeçler, sinyal güçlendiriciler, antenler, vb.) masa üstü testlerinde sistem parametrelerini belirleyebilmek ve yapılacak hesaplamalara destek olması amacı ile kullanılacaktır. Kullanılacak RF Network Analizörünün en az aşağıdaki özelliklere sahip olması beklenmektedir;

- 2 Mhz - 3 Ghz aralığında çalışabilmelidir,
- Full span sweep süresi 2 saniyeden düşük olmalıdır,
- En az +7 dBm sinyal çıkış gücü olmalıdır,
- Çıkış gücü -30 ile +/- dBm arasında ayarlanabilir olmalıdır,
- Amlifikatör kazancı, VSWR, izolasyon ölçümleri yapabilmelidir.

#### **12) USRP SDR Kit**

USRP (Universal Softwaredefined Radio Peripheral) yazılım tabanlı radyo geliştirme platformudur. Sisteme takılabilecek uygun alıcı/verici modülleri ve sistem üzerinde yer alan FPGA (Field Programmable Gate Array) bileşenleri ile hedeflenen sistemin geliştirilmesinde bir geliştirme ortamı olarak kullanılacaktır. Üreticisi Ettus Research tarafından sağlanan yazılım geliştirme ortamı, Labview, Simulink ve açık kaynak kodlu GNU-RADIO yazılımı kullanılarak haberleşme sisteminin yazılımsal tasarımı yapılacak ve tasarım doğrulama testleri bu donanım üzerinde yapılacaktır. Bu bağlamda USRP donanımı yazılım tabanlı haberleşme



T.C.  
**ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

transponderimizin yazılımının öncelikli olarak geliştirileceği ortam olacaktır. USRP ile yazılım geliştirme fazı belirlenen seviyeye ulaştığında, edinilen tecrübe doğrultusunda hedef sistemde kullanılacak FPGA, kodek, DSP ve RF önyüzleri (frontend) konularında karar verilebilecektir.

Proje kapsamında aşağıdaki USRP bileşenlerinin kullanılması öngörülmektedir;

- PC tabanlı geliştirmelerde kullanılmak üzere USRP N210 Networked Series,
- FPGA tabanlı geliştirmelerde kullanılmak üzere USRP E110 Embedded Series,
- Bağlantı aparatları, konnektörler ve
- Çalışılacak frekanslara uygun antenler.

**13) Logic Analizör**

Haberleşme bus yapısı ile yapılacak haberleşmenin izlenmesi, kayıt altına alınması ve hata ayıklama işlemlerinin yapılması amacı ile kullanılacaktır. Uydu sistemlerinde çokça kullanılan I2C, SPI, UART protokollerini desteklemesi öngörülmektedir.

**14) RF Sinyal jeneratörü**

RF katlarının test edilebilmesi için -130dBm ile +7 dBm aralığında taşıyıcı sinyal oluşturabilmesi ve üzerine istenilen modülasyon yüzdesi ile AM, FM, FSK modülasyon tipinde bilgi yükleyebilmesi öngörülmektedir. Laboratuvar ortamında yapılacak ölçümler ve kıyaslamalar için kullanılacaktır.

**15) Eagle Profesional Şema ve PCB Hazırlama Programı**

Sistem dokümantasyonu ve üretimi için gerekli tüm elektronik şema ve kart çizimleri bu yazılım kullanılarak yapılacaktır. İhtiyaç duyulacak boyuttaki çizimlerin yapılabilmesi ancak Eagle Professional lisansı ile sağlanabildiği için professional sürümü tercih edilmiştir.

**16) Fonksiyon jeneratörü**

Taşıyıcı RF sinyali üzerine bindirilecek bilginin üretilmesi, DSP ve FPGA kartlarının üretilmesi/test edilmesi aşamalarında kullanılacaktır.

**17) LCR Metre**

Bobin ve kapasite değerlerinin ölçümünde masa üstü testlerde kullanılacaktır.

**18) Multimetre**

Gerilim, akım, direç ölçümleri amacıyla masa üstü testlerde kullanılacaktır.

**19) Renkli Lazer Yazıcı**

Dokümantasyon amacıyla kullanılacaktır. Dokümanların anlaşılabilirliği ve resim içeriklerinin anlaşılabilirliğini arttırmak amacı ile “renkli” olması tercih edilmiştir.

**Projede çalışacak teknik personel sayısı ve özellikleri**

Proje kapsamında araştırmacı olarak proje sahibi Barış Dinç ve proje ortağı İrfan Turan Başbuğ çalışacaktır.  
Proje kapsamında RF katlarının tasarımı ve testi konusunda süreli danışmanlık hizmeti alınması planlanmaktadır.



T.C.  
**ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

Labaratuvar testleri konusunda İTÜ Uzay Sistemleri tasarım ve Test Labaratuvarı ve İTÜ RF Elektronik Labaratuvarı'ndan hizmet alımı yapılması planlanmaktadır.

**Proje ekibi niteliği ve organizasyon yapısı**

Proje kapsamında çalışan her biri araştırmacı da tüm altsistem bileşenleri için tüm fazlarda (analiz, tasarım, kodlama, üretim, test, vb.) görev alacak olup iş paketleri kapsamında görev ve sorumluluk paylaşımı aşağıdaki gibi özetlenebilir;

Temel İş Paketi	Barış Dinç	İrfan Turan Başbuğ
Proje Yönetimi	Proje Yöneticisi	Konfigürasyon Yöneticisi
Sistem Analizi	Sistem mühendisliği	Sistem mühendisliği
Sistem Tasarımı	Sistem mühendisliği, Malzeme seçimi, RF tasarımı	Gömülü sistem tasarımı, Elektronik kart tasarımı
Gerçekleştirim	RF modüllerinin çalıştırılması, YTR kodlarının yazılması, Yer kontrol istasyonu yazılımının yazılması,	Kart imalatı, Gömülü sistem yazılım altyapısının hazırlanması, YKİ iletişim protokolünün belirlenmesi ve kodlanması,
Test	Birim testlerin ve masaüstü sistem testlerinin yapılması, Isı ve Vakum Testleri	Birim testlerin ve masaüstü sistem testlerinin yapılması , Isı ve Vakum Testleri

**Tablo-1 Görev ve Sorumluluklar**

**Projenin gerektirdiği test ve analizler**

Alçak yörünge uyduları için fırlatma sırasında oluşan titreşimlerin ve yörüngede bulundukları sürece üzerlerindeki yüksek sıcaklık değişimlerinin elektronik kartları ve malzemeleri üzerindeki etkisini test ederek sistemin uzayda çalışırılığının gösterilmesi amacı ile;

- Isıl-Vakum Test Düzeneği (ing. Thermal Vacuum Chamber : TVAC),
- Titreşim Test Düzeneği (ing Vibration Test System: VTS),

testlerinin yapılması gerekmektedir. Fırlatma sırasında maruz kalınacak titreşim elektronik kart üzerinde malzeme kopmalarına ya da ayarlanabilir bileşenlerin ayarlarının değişmesine neden olabilmektedir. Uzayda maruz kalınacak sıcaklıklar ve vakum ortamının test edilebilmesi amacı ile aşağıdaki eşik değerlerini sağlaması beklenmektedir;

- 30 dakika -20 °C,
- 30 dakika +60 °C,
- 1 saat süre ile 1x10-6 Torr (minimum 1x10-4Torr) basınç uygulanırken her dakika 0.5 derece ortam sıcaklığı artırılacak/azaltılacak ve ortam sıcaklığı +20 °C - +60 °C arasında değiştirilecek,

Testler hem elektronik kartların uzay şartları dayanımı için üretim sırasında, hem de entegrasyon sonrasında sistemin bütünü için tekrarlanabilecektir.

Bu testler ülkemizde TÜBİTAK Uzay Teknolojiler Araştırma Enstitüsü Labaratuvarları'nda ve İstanbul Teknik Üniversitesi Uzay Sistemleri Tasarım ve Test Labaratuvarları'nda (ITU USTTL) yapılabilmektedir. Projemiz kapsamında bu testlerin İTÜ USTTL işbirliği ile yapılması planlanmaktadır.



T.C.  
**ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

YTR transponder sisteminin daha önce üretilmiş olan analog transponder (TURKSAT 3U-SAT için üretilmiş olan transponder) ile özdeş temel RF özelliklerini sağlaması hedeflenecektir. Bu kapsamda sistemin genel link bütçesinin ve teknik özelliklerin test edilmesi amacı ile İTÜ RF Elektronik Laboratuvarı'ndan hizmet alımı planlanmaktadır. RF Elektronik Laboratuvar testlerinde aşağıdaki hedef değerler test edilecektir;

- Verici Çıkış Gücü (minimum) : 1000 Miliwatt (30dBm)
- Alıcı Hassasiyeti : -120dB
- Band Genişliği : 50Khz

**Hukuki hususlar, standartlar vb. hususlar**

**Hukuki Hususlar :** Yoktur.

**Standartlar :** ESA (European Space Agency) standartları, Küp Uydu Tasarım Standartları (boyut kısıtları, PC104 bağlantı standartları, vb.)

**Riskler, varsayımlar, önlemler**

Proje kapsamında risk olabileceği öngörülen konular ve öngörülen önleme yöntemleri aşağıdaki gibi olacaktır;

**Enerji Tüketimi :** YTR için gerekecek yüksek hızlı analog-sayısal çeviriciler ve kullanılacak yüksek hızlı işlemcilerin (MCU, FPGA, SoC, vb.) gerekli işlemleri ve hesaplamaları yeterli süratle yapabilmeleri için yüksek hızlı çalıştırılmaları gerekecektir. Bu bileşenlerin yüksek hızlı çalıştırılmaları da yüksek güç tüketimi anlamına gelecektir. Transponder'in RF katlarının zaten küp uydularca sağlanabilecek enerji bütçesinin sınırlarında olacağı göz önünde bulundurularak, tüm bileşenler için çok iyi bir enerji tüketimi hesaplaması yapılması gerekecektir. Bu amaçla tercih edilecek tüm bileşenlerde düşük güç tüketimi olması tercih edilecektir.

**Malzeme Seçimi :** Kullanılacak malzemelerin uzay şartlarında çalışabilirliği problem oluşturabilecektir. Bu nedenle öncelikli olarak daha önce uzay deneyimi olduğu bilinen (diğer küpsat projeleri tarafından kullanılmış olduğu deklere edilmiş olan) malzemeler tercih edilecektir. Çalışma sıcaklık aralığı (sistemin bir kutu içerisinde olacağı göz önünde bulundurularak) uzay şartları için gerekli istekleri sağlayacak şekilde olması tercih edilecektir. Uzaydaki düşük basınç nedeni ile patlama riski olduğu bilinen (vakumlu, sıkıştırılmalı, vb.) malzemeler kesinlikle kullanılmayacaktır.

**Radyasyon etkisi :** Alçak yörüng uyduları için önemli bir tehlike arz etmediği bilinmekle birlikte, özellikle hafıza elemanları üzerindeki olumsuz etkisi bilinen radyasyon etkisini azaltmak/ortadan kaldırmak amacı ile uzayda çalışırılığı bilinen hafıza elemanları kullanılacaktır.

**Projede ortaya çıkması muhtemel fikri haklar ve bunların korunmasına ilişkin hususlar, benzer özellikteki fikri haklar**

Üretilen YTR transponder'a ait tüm mülki ve fikri haklar TAMSAT'a ait olacaktır. Proje sırasında aşağıdaki konu başlıkları için patent başvurusu yapılması planlanmaktadır;

- Bütünleşik YTR Transponder (Transponder alıcı, Transponder verici, Telemetri Alıcı/Verici, Beacon vericisi)
- Çok amaçlı programlanabilir küpsat haberleşme sistemi

**Diğer hususlar**



T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

Yoktur.





T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

**PROJE BÜTÇESİ**

Proje toplam bütçesi (TL)	763,500 TL
Destek talebi miktarı (TL)	763,500 TL

Projede yer alacak proje yöneticisi ve teknik personele ödenecek ücretler							
Sıra	Personelin mesleği/ünvanı	Uzmanlık alanı	Projedeki görevi	İstihdam süresi	Kişi sayısı	Kişi başına ödenecek ücret	Toplam ücret
1	Sistem Mühendisi (Proje sahibi Barış DİNÇ)	Gömülü Yazılım	Uydu SDR yazılımlarının ve Yer Kontrol İstasyonu yazılımlarının yazılması	27 Ay	1	0 TL	0 TL
2	Sistem Mühendisi (Proje Ortağı İrfan Turan BAŞBUĞ)	Kart Tasarımı	Transponder kartının tasarımı, çizimi ve imalatı	27 Ay	1	10.000 TL	270.000 TL
...							
TOPLAM							270.000 TL

Alet makine, teçhizat yazılım ve donanım giderleri						
Sıra	Adı/Modeli	Miktarı	Kullanım Dönemi /Süresi	Kullanım Gerekçesi	Kullanım Yeri	Tahmini Bedeli (TL)
1	200 Mhz Osiloskop	1	3.Ay /21 Ay	Analiz fazında yapılacak mevcut ürünlerin incelenmesi faaliyetlerinden başlayarak tüm proje boyunca sinyal ölçümleri yapabilmek amacı ile kullanılacaktır. RF sinyallerinin de	Araştırma/Karşılaştırma faaliyetleri ve laboratuvar testleri	8.000 TL



**T.C.**  
**ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**

**Haberleşme Genel Müdürlüğü**

				ölçülebilmesi amacı ile frekansının yüksek olması tercih edilmiştir.		
2	SMD Workstation	2	3.Ay /18 Ay	Projede kullanılacak elektronik malzemelerin PCB üzerine lehimlenmesi amacı ile kullanılacaktır. Malzemelerin çoğunluğunun SMD ve çok dar kılıflarda olması nedeni ile SMD Workstation kullanılması gerekli olacaktır.	Araştırma/Karşılaştırma faaliyetleri ve laboratuvar testleri	4.500 TL
3	FPGA Development Kit	2	1.Ay /24 Ay	Hızlı bir şekilde FPGA yazılımlarının denenmesi için kullanılacaktır.	Transponder prototipi için yazılım geliştirmede kullanılacak	17.000 TL
4	VHF/UHF All Mode Telsiz	1	11.Ay /15 Ay	Transponder sisteminin kullanıcı testleri için kullanılacaktır. Transponder'in masa üstü testlerinde (özellikle SSB gibi sinyal üretici ile üretilmesi zor olan) transponder'in kullanıcısı simülasyonu için kullanılacaktır. Yer kontrol istasyonunun haberleşme donanımı olacaktır.	Yer Kontrol İstasyonu	19.000 TL
5	VHF/UHF Anten Seti		11.Ay /15 Ay	Yer Kontrol İstasyonu haberleşme sisteminin antenleridir.	Yer Kontrol İstasyonu	7.000 TL
6	Laptop	2	1.Ay /27 Ay	Dokümantasyon, tasarım, şema/PCB çizimi, kod yazımı, konfigürasyon kontrolü çalışmalarında kullanılacak	Tüm proje boyunca	9.000 TL
7	Wattmetre, zayıflatıcı ve suni yük seti	1	11.Ay /15 Ay	Masa üstü testlerde ve TVAC testlerinde RF güç ölçümü için kullanılacaktır.	Test faaliyetlerinde	12.000 TL
8	Labratuvar Tipi Gerilim/Akım Ayarlı Güç Kaynağı	1	3.Ay /24 Ay	Masa üstü testlerinde elektronik devreleri ve prototiplerin DC gerilim ihtiyacını karşılamak için kullanılacaktır.	Labaratuvar faaliyetleri	3.500 TL
9	Prototip PCB Üretim Cihazı	1	3.Ay /18 Ay	Teknoloji araştırmaları, ön testler ve prototip kartların hızlı üretimi amacıyla kullanılacaktır.	Labaratuvar faaliyetleri	40.000 TL
10	RF Spektrum Analizör	1	3.Ay /21 Ay	Transponder giriş ve çıkış sinyallerinin izlenmesi/ölçülmesi amacıyla	RF katları laboratuvar testleri	40.000 TL



**T.C.**  
**ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**

**Haberleşme Genel Müdürlüğü**

				kullanılacaktır.		
11	RF Network Analizör	1	3.Ay /21 Ay	Transponder giriş ve çıkış empedansının, filitrelere başaım oranlarının izlenmesi/ölçülmesi amacıyla kullanılacaktır.	Filtre ve anten sistemlerinin labaratuvar testleri	45.000 TL
12	USRP SDR Kit	2	1.Ay /20 Ay	YTR yazılımlarının (donanım prototipleri oluşturulmadan önce) geliştirilmeye başlanması ve uygun FPGA/SoC altyapısının seçimi için kullanılacaktır.	YTR Yazılımının geliştirilmesi	25.000 TL
13	Logic Analizör	1	1.Ay /24 Ay	Sayısal haberleşme sinyallerinin (I2C, SPI, UART) üretilmesi/izlenmesi amacıyla kullanılacaktır.	Transponder veriyolu iletişimi testleri	3.000 TL
14	RF Sinyal Jeneratörü	1	3.Ay /21 Ay	Masa üstü testlerde frekansı, gücü, modülasyon tip v.b. ayarlanabilir sinyal kaynağı olarak RF sisteminin testlerinde kullanılacaktır.	RF test ve geliştirme faaliyetlerinde	30.000 TL
15	Eagle Professional Şema ve PCB Hazırlama Yazılımı	1	2.Ay /18 Ay	Elektronik devrelerin şematik ve PCB çizimlerini yapmak amacıyla kullanılacaktır.	Tasarım faaliyetleri	3.000 TL
16	Fonksiyon Jeneratörü	1	3.Ay /21 Ay	Sayısal işaretlerin oluşturulması amacıyla kullanılacaktır.	Labaratuvar faaliyetleri	5.000 TL
17	LCR Metre	1	3.Ay /21 Ay	Bobin, kondansatör gibi malzemelerin değerlerinin ölçümü amacıyla kullanılacaktır.	Labaratuvar faaliyetleri	4.000 TL
18	Multimetre	1	3.Ay /24 Ay	Labaratuvar ortamı ölçümlerinde kullanılacaktır.	Labaratuvar faaliyetleri	3.500 TL
19	Renkli Lazer Yazıcı	1	1.Ay /27 Ay	Dokümantasyon, tasarım, şema/PCB çizimi, kod yazımı, konfigürasyon kontrolü çalışmalarında kullanılacak	Tüm proje boyunca	3.500 TL
20	NI AWR Microwave Office Yazılımı	1	3.Ay/24 Ay	Sistemin RF modellemesi ve hesaplamaalrı için kullanılacak.	Tasarım faaliyetlerinde	Lisans ücreti çok yüksek olduğu için akademik/Ar-Ge lisansı kapsamında ücretsiz olarak temini için firma ile yazışılmaktadır.
<b>TOPLAM</b>						<b>282.000 TL</b>



T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI

Haberleşme Genel Müdürlüğü

\* Bu listedeki fiyatlar telefon/proforma yöntemi ile az sayıda firmadan derlenmiş fiyatlardır. Proje sırasında toplam fiyat limiti dahilinde kalmak hedeflenerek daha detaylı ve rekabetçi fiyatların birden fazla firmadan alınarak fiyatların revize edileceği öngörülmektedir.

\*\* Firmalardan alınan fiyat teklifleri genellikle avro ve dolar olup, fiyat çevrimi sırasında alım tarihi kuru tahmin edilemediği için yuvarlama yapılmıştır.

Danışmanlık ve eğitim hizmeti alım giderleri					
Sıra	Adı	Miktarı	Amacı	Dönemi ve Süresi	Teklif Alınan Hizmet Bedeli (TL)
1	RF tasarım ve test danışmanlığı	1	RF öntüzlerinin tasarımı konusunda danışmanlık hizmeti alımı	3 Ay	15.000 TL
2	FPGA Eğitimi	1	FPGA tasarımı ve yazılım geliştirme konusundaki bilgi düzeyinin artırılması	8 gün / 2 Kişi	5.000 TL
3	DSP Eğitimi	1	DSP tasarımı konusundaki bilgi düzeyinin artırılması	4 gün / 2 Kişi	4.000 TL
4	Verilog HDL Programlama	1	VHDL Programlama kursu	4 gün / 2 Kişi	6.000 TL
5	SoC Tasarımı	1	System On Chip teknolojileri temel eğitimi	8 gün / 2 Kişi	5.000 TL
TOPLAM					35.000 TL

Projede kullanılacak sarf malzeme giderleri						
Sıra	Adı	Adedi	Birim Fiyatı (TL)	Kullanım Gerekçesi	Dönemi	Toplam Bedeli (TL)
1	Muhtelif FPGA, DSP, MCU tümleşik devreleri	1	20.000 TL	Proje kapsamında yapılacak protoboard denemelerinde ve test çalışmalarında kullanılacak muhtelif entegre devreler.	Proje Süresince	20.000 TL
2	Muhtelif hazır filitreler	1	5.000 TL	Minicircuits ve Hittite Electronics'in kullanılacak frekanslara uygun minyatür filitre setleri.	Proje Süresince	5.000 TL
3	RF Kondansatör seti	1	4.000 TL	ATC, Nichicon, Kemet gibi firmalarının tasarımcı ve laboratuvar kitlerinden oluşan SMD kondansatör	Proje Süresince	4.000 TL

UDHB Ar-Ge Desteği

İnternet adresi: <http://arge.hgm.gov.tr>

E-posta : [haberlesme.arge@udhb.gov.tr](mailto:haberlesme.arge@udhb.gov.tr)

Form No: ARGE-B005

Başvuru dilekçesi



T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI

Haberleşme Genel Müdürlüğü

				setleri.		
4	RF Bobin seti	1	2.500 TL	Coilcraft, Richardson, EPCOS, Wurth gibi firmaların tasarımcı kirletinden oluşan SMD bobin setleri.	Proje Süresince	2.500 TL
5	Direnç seti	1	3.000 TL	NTE, Ohmite, Vishay gibi firmalar tarafından tasarımcı kıştlerşnden oluşan SMD direnç setleri.	Proje Süresince	3.000 TL
6	PCB üretim malzemesi	1	10.000 TL	PCB makinesi için ihtiyaç duyulacak uç takımları, kesiciler, FR4 epoxy kart, teflon kart ve benzeri sarf malzemeleri.	Proje Süresince	10.000 TL
7	Muhtelif elektronik malzeme	1	5.000 TL	Proje kapsamında yapılacak deneme kartlarında kullanılacak diğer sarf elektronik malzemeler.	Proje Süresince	5.000 TL
8	Ofis Sarf Malzemesi	1	3.000 TL	Yazıcı toneri, kağıt, dosya vb. Ofis sarf malzemeleri	Proje Süresince	3.000 TL
<b>TOPLAM</b>						<b>52.500 TL</b>

**Ulusal patent tescili, faydalı model tescili ve endüstriyel tasarım tescili ile ilgili giderler**

Sıra	Tescil türü	Miktarı	Gerekçesi	Dönemi ve Süresi	Tahmini Bedeli (TL)
1	Çok amaçlı programlanabilir küpsat haberleşme sistemi	1	Transponder bileşenlerinin uzaktan/yerden yeniden programlanabilme özelliği ile farklı amaçlar için de kullanılabilir olması.	10 Yıl	7.000 TL
2	Bütünleşik YTR Transponder	1	Alıcı/Verici, Beacon ve telemetri/modem sistemini içinde barındıran bir YTR transponder sistemi	10 Yıl	7.000 TL
<b>TOPLAM</b>					<b>14,000 TL</b>



T.C.  
**ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

Laboratuvar test ve analiz raporları ile ilgili giderler					
Sıra	Test/analiz türü	Gerekçesi	Miktarı	Dönemi	Tahmini Bedeli (TL)
1	Uzay Şartları Dayanım Testleri	Sistemin Uzay ortamında kullanılabilirliğinin gösterilmesi amacı ile ısı , vakum ve titreşim testleri yapılmalıdır.	1	Test	40,000 TL
2	RF Testleri	Sistemin radyo frekans kararlılığı ve fonksiyonel testlerinin test laboratuvarı ortamında yapılması	1	Test	30,000 TL
TOPLAM					70,000 TL

Projeye ilişkin diğer giderler			
Sıra			
1	AMSAT Symosium seyahat gideri	(2 Kişi)	9.000 TL
2	DAYTON Hamvention 2013 seyahat gideri	(2 Kişi)	11.000 TL
3	DAYTON Hamvention 2014 seyahat gideri	(2 Kişi)	11.000 TL
4	Avrupa Cubesat Sempozyumuna seyahat gideri	(2 Kişi)	9.000 TL
TOPLAM			40,000 TL





T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

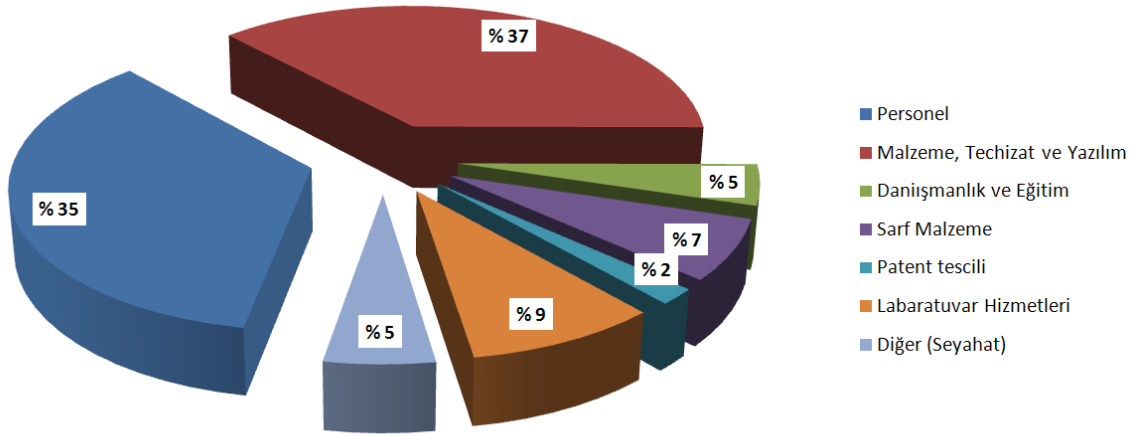
## PROJE BÜTÇE GEREKÇELERİ

Proje bütçesinin proje bileşenlerine dağılımı aşağıdaki gibidir;

Proje Bütçe Bileşeni	Tutar (TL)	Yüzdesi
Personel	270,000	% 35
Malzeme, Techizat ve Yazılım	282,000	% 37
Danışmanlık ve Eğitim	35,000	% 5
Sarf Malzeme	52,500	% 7
Patent tescili	14,000	% 2
Labaratuvar Hizmetleri	70,000	% 9
Diğer (Seyahat)	40,000	% 5
<b>Toplam</b>	<b>763,500</b>	

**Tablo-2 Proje Bütçesinin Proje Bileşenlerine Dağılımı**

Proje bütçesinin proje bileşenlerine dağılım grafiği aşağıdaki gibidir;



**Şekil-4 Proje Bütçesinin Proje Bileşenlerine Dağılımı Grafiği**

### Projede yer alacak proje yöneticisi ve teknik personele ödenecek ücretler

Proje yöneticiliği Barış DİNÇ tarafından yapılacaktır. Barış DİNÇ aynı zamanda projenin analiz, tasarım, gerçekleştirim ve test aşamalarında sistem mühendiliği görevini de üstlenecektir. Bu nedenle proje süresince (27 ay) görev yapacaktır. Barış DİNÇ projede “gönüllü” olarak çalışacak olup herhangi bir ücret almayacaktır.

İrfan Turan Başbuğ; proje analiz fazında sistem gereksinimlerinin çıkartılması, elektronik kart tasarımlarının yapılması, ürettirilmesi ve test edilmesi aşamalarında görev alacak olup 27 ay boyunca çalışacaktır. İrfan Turan BAŞBUĞ endüstriyel elektronik çözümler konusunda danışmanlık yapmaktadır, proje kapsamında tam zamanlı olarak projede çalışacaktır.

Proje personeline ödenecek ücretler toplam proje bütçesinin %35'ini oluşturmaktadır.



T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

<b>Alet makine, teçhizat yazılım ve donanım giderleri</b>
<p>Malzemelerin kullanım alanları ve gereklilikleri ile ilgili açıklamalar “Projede kullanılacak araç, gereçler, donanım, yazılım vs. ve gerekçesi” bölümünde anlatılmıştır.</p> <p>Malzemeler seçilirken çalışacağımız frekans bandı (VHF/UHF), ihtiyaç duyabileceğimiz minimum ve maksimum teknik özellikler göz önünde bulundurularak optimum fiyata sahip ürünler tercih edilmeye çalışılmıştır.</p> <p>Malzeme ve teçhizat listesinde proje ile direkt ilgili malzemelerin koyulmasına azami özen gösterilmeye çalışılmıştır.</p> <p>Alet, makina, teçhizat ve yazılım giderleri toplam proje bütçesinin %37’sini oluşturmaktadır.</p>
<b>Danışmanlık ve eğitim hizmeti alım giderleri</b>
<p>Proje kapsamında RF tasarımlarının yapılması ve RF katlarının test edilmesi konularında Mik-Tek ArGe firmasından danışmanlık hizmeti alınacaktır. Bu danışmanlık kapsamında TAMSAT bünyesinde geliştirdiğimiz TURKSAT 3USAT projesi kapsamında birlikte çalıştığımız Şafak AKÇA’nın deneyimlerinden faydalanılması hedeflenilmektedir.</p> <p>Proje ekibi gömülü yazılımlar ve donanımlar konusunda tecrübe sahibi olmasına karşın özellikle FPGA tasarımı ve kod geliştirmesi konusundaki bilgi birikimlerinin artırılması ve eksikliklerin giderilmesi amacıyla eğitimlerin alınmasını planlamıştır. Bu eğitimlerden bazılarının (maliyet etkin hale getirebilmek için) internet ortamında uzaktan eğitim olarak, bazılarının ise sınıf eğitimi şeklinde alınması uygun görülmüştür.</p> <p>Danışmanlık ve eğitim hizmetleri giderleri toplam proje bütçesinin %5’ini oluşturmaktadır.</p>
<b>Projede kullanılacak malzeme giderleri</b>
<p>Proje kapsamında aşağıdaki başlıklar altında sarf malzemeleri kullanılması öngörülmektedir;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Muhtelif FPGA, DSP, MCU tümleşik devreleri,</li><li>• Muhtelif hazır filitreler,</li><li>• RF Kondansatör seti,</li><li>• RF Bobin seti,</li><li>• Direnç seti,</li><li>• PCB üretim malzemesi,</li><li>• Muhtelif elektronik malzeme,</li><li>• Ofis Sarf Malzemesi</li></ul> <p>Malzemeler için belirtilen maliyetler standard malzemeler ile kıyasandığında yüksek olmakla birlikte hedeflenen sistemin uzay şartlarında çalışması gerekliliği göz önünde bulundurularak mümkün olduğunca malzeme kaynaklı riskleri azaltacak ölçüde “kaliteli” ve “bilinen markalara ait” malzemeler tercih edilmiştir.</p> <p>Sarf malzeme giderleri toplam proje bütçesinin %7’sini oluşturmaktadır.</p>



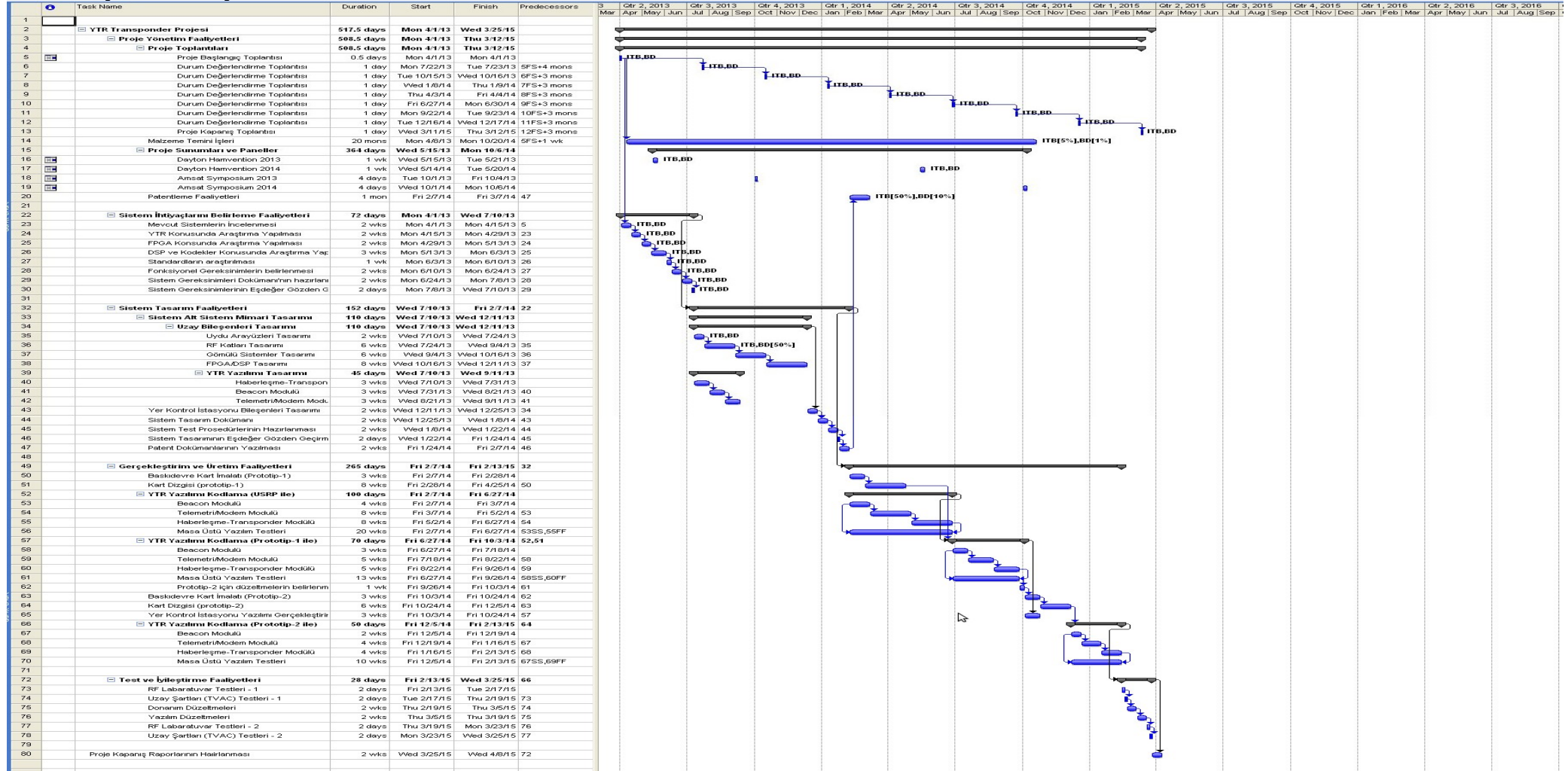
T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü



T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI

Haberleşme Genel Müdürlüğü

PROJE İŞ ZAMAN ÇİZELGESİ



Şekil-5 İş-Zaman Grafiği (Proje Planı)



T.C.  
**ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

2013	2014	2015
------	------	------



T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI

Haberleşme Genel Müdürlüğü

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	
Proje Yönetim Faaliyetleri																											
Proje Toplantıları	X			X			X			X			X		X			X			X			X			
Malzeme Temini İşleri	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
Proje Sunumları ve Paneller		X												X													
Patentleme Faaliyetleri											X	X															
Sistem İhtiyaçlarını Belirleme Faaliyetleri	X	X	X	X																							
Mevcut Sistemlerin İncelenmesi	X																										
YTR Konusunda Araştırma Yapılması	X																										
FPGA Konsunda Araştırma Yapılması	X	X																									
DSP ve Kodkler Konusunda Araştırma Yapılması		X	X																								
Standardların araştırılması			X																								
Fonksiyonel Gereksinimlerin belirlenmesi			X																								
Sistem Gereksinimleri Dokümanı'nın hazırlanması			X	X																							
Sistem Gereksinimlerinin Eşdeğer Gözden Geçirmesi				X																							
Sistem Tasarım Faaliyetleri				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X														
Sistem Alt Sistem Mimari Tasarımı				X																							
Uzay Bileşenleri Tasarımı				X	X	X	X	X	X	X	X																
Uydu Arayüzleri Tasarımı				X																							
RF Katları Tasarımı				X	X	X																					
Gömülü Sistemler Tasarımı						X	X																				
FPGA/DSP Tasarımı							X	X	X																		
YTR Yazılımı Tasarımı									X	X	X																
Haberleşme-Transponder Modülü									X	X																	

UDHB Ar-Ge Desteği

İnternet adresi: <http://arge.hgm.gov.tr>

E-posta : [haberlesme.arge@udhb.gov.tr](mailto:haberlesme.arge@udhb.gov.tr)

Form No: ARGE-B005

Başvuru dilekçesi



[illegible]



\*\*\* Proje planı, 3 (üç) ayda bir yapılacak proje durum gözden geçirme toplantılarında revize edilebilecektir. Yapılacak değişikliklerin projenin toplam süresini ve ana çıktılarının tarihlerini etkilememesine özen gösterilecektir.



T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

ŞEKİLLER	Sayfa
Şekil-1 Sistem-Altsistem Bileşenleri.....	7
Şekil-2 Yazılım Tabalı Transponder Blok Yapısı.....	8
Şekil-3 Yazılım Tabalı Transponder Fonksiyonel İşleyişi.....	8
Şekil-4 Proje Bütçesinin Proje Bileşenlerine Dağılımı Grafiği.....	26
Şekil-5 İş-Zaman Grafiği (Proje Planı).....	28

TABLolar	
Tablo-1 Görev ve Sorumluluklar.....	17
Tablo-2 Proje Bütçesinin Proje Bileşenlerine Dağılımı.....	26

### KISALTLAMALAR

ADC	Analog Digital Converter
AFSK	Audio Frequency Shift Keying
AMSAT	Amateur Satellite Organization
Ar-Ge	Araştırma-Geliştirme
ASK	Amplitude Shift Keying
ATC	American Technology Ceramics
CW	Continious Wave
DAC	Digital Analog Converter
DSP	Digital Signap Processing
ESA	European Space Agency
FFT	Fast Fourier Transform
FM	Frequency Modulation
FPGA	Field Programmable Gate Array
FSK	Frequency Shit Keying
GFSK	Gaussian Frequency Shify Keying
Ghz	Gigahertz
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
HDL	Hardware Description Language
Hz	Hertz
I2C	Inter-Integrated Circuit
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
İTÜpSAT1	İstanbul Teknik Üniversitesi Pico Satellite 1
Khz	Kilohertz
LNA	Low Noise Amplifier
MCU	Micro Controller Unit
Mhz	Megahertz
NBFM	Narrow Band Frequency Modulation
NI	National Instruments



T.C.  
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI  
Haberleşme Genel Müdürlüğü

OBC	OnBoard Computer
PCB	Printed Circuit Board
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RAM	Random Access Memory
RF	Radio Frequency
SDR	Software Defined Radio
SMD	Surface Mount Device
SMPS	Switch Mode Power Supply
SMT	Surface Mount Technology
SoC	System On Chip
SPI	Serial Peripheral Interface
SSB	Single Side Band
SSDD	Solid State Disk Drive
SSDD	System Subsystem Description Document
TAMSAT	Amatör Uydu Teknolojileri Derneği
TURKSA	Türksat Uydu Haberleşme Kablo TV ve İşletme A.Ş.
T	
TVAC	Thermal Vacuum Chamber
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
UHF	Ultra High Frequency
USB	Universal Serial Bus
USRP	Universal Softwaredefined Radio Peripheral
USTTL	Uzay Sistemleri Tasarım ve Test Laboratuvarı
VAC	Voltage Alternative Current
VHDL	Verilog/VHSIC Hardware Definition Language
VHF	Very High Frequency
VHSIC	Very High Speed Integrated
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio
VTs	Vibration Test System
YKİ	Yer Kontrol İstasyonu
YTR	Yazılım Tabanlı Radyo