

Deneyap Geliştirme Kartı Ailesinin Donanım Özellikleri ve Uygulama Alanları

Süleyman Burçin Şüyun¹

Özet

Bu çalışmada, Deneyap Kart ailesinin teknik özelliklerini ve donanım mimarisi ayrıntılı bir bakış açısı ile değerlendirilmiştir. Deneyap Kart ailesi ile sensör tabanlı sistemlerdeki uygulama potansiyeli kapsamlı işlenmektedir. Nesnelerin interneti tabanlı uygulamalardaki alabileceği görevlerden bahsedilmektedir. Deneyap Kart 1.0, Deneyap Kart 1A, Deneyap Mini, Deneyap Mini v2, Deneyap Kart 1A v2 (Type C), Deneyap Kart G ve Deneyap Kart Dış Pin Modülü modelleri hem işlemci ve bellek yapıları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. GPIO pinleri sayesinde giriş çıkış olanakları bakımından karşılaştırılmıştır. Kartların çoklu sensör entegrasyonu, kablosuz haberleşme modülleri ve enerji kullanım senaryoları incelenmiştir. Tüm dünyadaki geliştiriciler için uygun kart seçimine yönelik değerlendirmeler yapılmıştır.

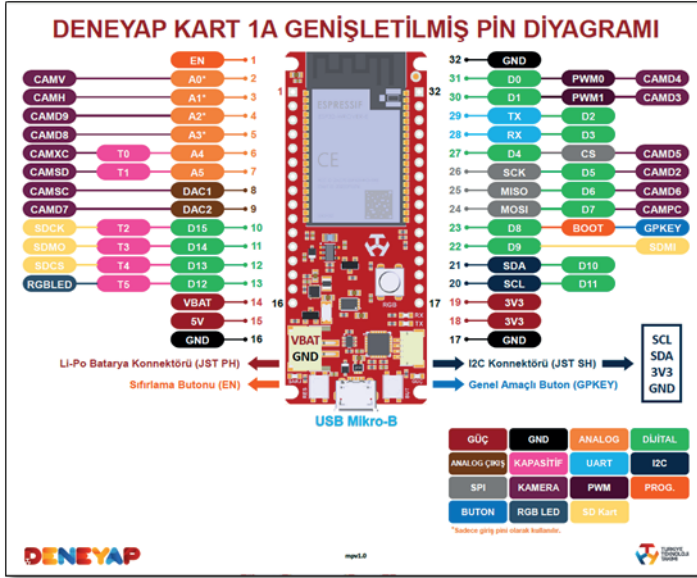
1. Giriş

Deneyap Kart ailesinin büyük bölümü ESP32 tabanlıdır; Kart G modeli ise RISC V mimarisi kullanmaktadır. Modellerin hepsi dahili WiFi ile Bluetooth gibi özellik nesnelerin interneti uygulamaları için avantaj sağladığı değerlendirilmektedir. Düşük enerji ile çalışma desteği standart olarak sunulmaktadır. Bu özellik sayesinde Deneyap Kart ailesinden herhangi bir üyesi enerji tasarruflu bir projede seçilmesinde kısıt getirmez. Kartların tamamında yüksek çözünürlükte analog giriş ve çok kanallı PWM çıkışları vardır. Seri haberleşme arabirimleri (UART, I2C, SPI) tüm aile üyelerinde kullanılabilir. Bu sayede farklı aile üyeleri aynı projede görev alabilir. Farklı entegreler ile genişletilebilir GPIO yapısı bulunmaktadır. Bu gerektiğinde aile içeresinden bir Deneyap Kartın seçilmesini mümkün kılar. Yeni nesil bazı modellerde USB Type C bağlantısına geçilmiştir. Aynı şekilde güç yönetimi

1 Öğr. Gör. Süleyman Burçin Şüyun, Sinop Üniversitesi, Rektörlük, Dijital Dönüşüm Ofisi, Sinop, Türkiye, suyun@sinop.edu.tr, ORCID ID:0000-0003-2808-1861

birimleri daha verimli hale getirilmiştir. Sensör tabanlı projelerde düşük gecikme sağlayan hızlı kesme yapılarına olanak sağlar. Taşınabilir sistemlerde enerji tüketimini azaltan düşük güç modları kullanılabilir. Kartların farklı uygulamalar için esnek bir yapı sunmasına katkı sağlamaktadır. Bu donanımsal bütünlük, Deneyap Kart ailesinin eğitim projelerinden mühendislik prototiplerine kadar geniş bir uygulama alanında etkin bir şekilde kullanılmasına olanak tanımaktadır (Deneyap Türkiye, 2024). Deneyap Kart 1.0 ve Deneyap Kart 1A modelleri Gençlik Merkezlerinin bünyesinde bulunan Deneyap atölyelerinde ortaokul ve lise seviyesindeki öğrenciler tarafından kullanılmaktadır. Öğrenciler özellikle ileri robotik, elektronik programa ve nesnelerin interneti gibi modüllerde aktif olarak Deneyap Kart ile projeler geliştirmektedir. Benzer şekilde Teknofest ve benzeri yarışmalarda özellikle üniversite seviyesindeki takımlar Deneyap kart ailesi üyeleri ile hava araçları, otonom kara araç gibi projeleri hayata geçirilirken yaygın olarak gömülü sistem olarak Deneyap kart kullanılmaktadır. Kısaca bu bölüm, Deneyap Kart ailesi ile yürütülen eğitim, prototipleme ve sensör tabanlı uygulamalarda elde edilen uygulama deneyimleri doğrultusunda şekillendirilmiştir.

Kart modelleri arasında teknik kapasite bakımından belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Deneyap Kart 1A modeli 24 adet Dijital giriş ve 20 adet Dijital çıkış GPIO pinine sahip olup çoklu ADC ve PWM kanal desteğiyle geniş ölçekli projelerde kullanılabilecek bir pin mimarisi sunar. Buna karşın Deneyap Mini ve Mini v2 modelleri 21 GPIO pini ile daha kompakt bir yapı hedeflemekte, düşük enerji tüketimi ve taşınabilirlik gerektiren projelerde tercih edilmektedir. Şekil 1'de Deneyap Kart 1A Genişletilmiş Pin Diyagramı verilmiştir (Deneyap Türkiye, 2024).



Şekil 1. Deneyap Kart 1A Genişletilmiş Pin Diyagramı (Deneyap Türkiye, 2024).

Bu çeşitlilik geliştiricilerin proje gereksinimlerine göre en uygun kartı seçmesini mümkün kılar. Pin sayısı yüksek modeller çoklu sensör entegrasyonu için avantaj sağlarken robotik uygulamalar tüm kartlar ile geliştirmek mümkündür. Yüksek PWM gereksinimi olan motor sürücü projeleri için gerekli altyapı tüm Deneyap versiyonları için özellikleri için genellenebilir. Özellikle giyilebilir ve taşınabilir projeler için daha az pinli modeller ve düşük güç tüketimi olan versiyonlarda mevcuttur. Bu versiyonların kompakt boyut avantajları tercih edilmeleri için bir başka sebeptir. Bu geniş ürün yelpazesi, Deneyap ekosisteminin farklı ölçeklerdeki projelerde esnek bir şekilde kullanılmasına olanak tanımaktadır. Geliştiricilere her türlü nesnelerin interneti ve robotik projelerinde hem donanımsal hem de yazılımsal açıdan zengin bir seçenek sunmaktadır.

Deneyap Kart ailesi, yapı olarak Arduino kart ailesine benzetilebilecek bir mimariye sahiptir. Modüler yapısı, farklı boyutlarda ve farklı pin sayılarında birden fazla kart sunması tercih sebebidir. Çok sayıda sensör ve modül desteğine sahip olması bu benzerliği güçlendirmektedir. Deneyap Kart 1.0, 1A, Mini ve Mini v2 modelleri, tıpkı Arduino Uno, Nano veya Mega gibi farklı kullanım amaçlarına göre seçilebilecek bir geliştirme kartlarıdır. Resmi web sitesindeki dokümanlarda da belirtildiği üzere Deneyap Kart modelleri Arduino IDE ile uyumlu şekilde programlanabilmektedir. Kart yöneticisine eklendikten sonra Arduino ortamında tam işlevli olarak kullanılabilir.

(Arduino ESP32 Core Documentation, 2025; Deneyap Türkiye, 2024). Bu özelliklerin tümü Arduino IDE'ye alışkın olan kullanıcıların Deneyap Kart IDE'ye deneyimini aktarabileceklerini göstermektedir.

Bu kapsamda Deneyap Kart IDE, Deneyap ekosistemine özel olarak geliştirilmiş yerli bir geliştirme ortamı olarak öne çıkar. Bu IDE, kod yazma, derleme, hata ayıklama ve proje yönetimini tek bir bütünleşik arayüzde sunmaktadır. Arduino IDE benzeri bu özelliklerle modül entegrasyonu, port algılama ve bağlantı yönetimi gibi adımlarda kullanıcı dostu bir geliştirme süreci sağlamaktadır (Deneyap Türkiye, 2024). Deneyap Kart IDE'nin Deneyap kullanıcılarına özel tasarlanmış olması ve Türkçe oluşu sebebi ile sıkça tercih edilmektedir. Bir başka tercih sebebi kart ve modüllerin daha hızlı tanımlanmasını ve ek bir yapılandırma gerekmeksizin projelere entegre edilmesini kolaylaştırmasıdır. Bunun yanında Arduino IDE dâhilindeki tüm kütüphaneler Deneyap Kart IDE içerisinde de ulaşılabilir.

Deneyap Kart üyeleri bağımsız geliştirme platformu üyeleri olarak tanımlanmaktadır ancak Deneyap Kartların birçoğunun mimarisi ESP32'ye dayanmaktadır, bu nedenle üyeler ESP32 mimarisini birden fazla Arduino'nun yanı sıra ESP32'nin kapsamlı kütüphane desteği ile kullanabilirler. Bu tür kütüphanelere örnek olarak Arduino IDE için sağlanan kütüphaneler verilebilir, bu kütüphanelere ayrıca Deneyap Kart IDE'si aracılığıyla da erişilebilir. Örneğin, sıcaklık ve nem sensörleri, gaz sensörleri, motor sürücüler, ekran modülleri, gerçek zamanlı saatler ve çeşitli iletişim modülleri, her iki IDE'de de kullanılacak örnek kodlarla birlikte sağlanmaktadır (Arduino Project Hub, 2025).

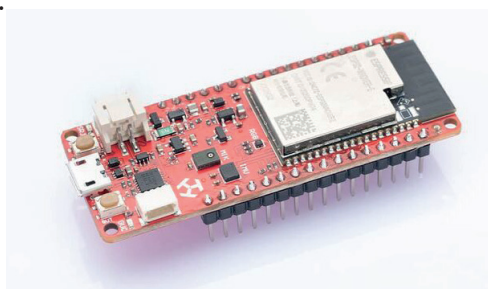
Arduino dünyasında proje paylaşımı için kullanılan Project Hub platformu geniş bir örnek uygulama havuzu sunmaktadır. Benzer bir yapı Deneyap ekosisteminde de mevcuttur. Deneyap'ın resmi proje platformunda, farklı seviyelerde hazırlanmış uygulama örnekleri, eğitim içerikleri ve kart tabanlı projeler geliştiricilere açık şekilde sunulmaktadır (Deneyap Türkiye, 2024). Bu paralellik, Deneyap Kart ailesini Arduino ekosistemine aşina olan kullanıcılar için öğrenmesi kolay ve hızlı adapte olunabilir bir geliştirme ortamı haline getirmektedir.

Kart üyeleri farklı model seçeneklerinin, sensör tabanlı izleme sistemlerinden robotik uygulamalara kadar uzanan çeşitli mimarilerde nasıl konumlandırılacağı bölümün ilerleyen kısımlarında ayrıntılı olarak incelenmektedir.

2. Deneyap Kart Ailesi

2.1. Deneyap Kart 1.0

Ailenin ilk üyesi Deneyap Kart 1.0'ın merkezinde ESP32 WROOM 32 vardır. Bu işlemci sayesinde farklı görevler için çözüm üretilebilmektedir. Bu da hem eğitim ortamlarında hem de giriş seviyesindeki mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Çift çekirdekli Tensilica LX6 işlemcisi, 240 MHz'e kadar çalışma frekansı ile uygulamalar için uygun donanım alt yapısı sunmaktadır. Bununla beraber dahili WiFi Bluetooth bağlantı desteği sayesinde kablosuz veri aktarımına ihtiyaç duyulan nesnelerin interneti projeleri için iyi bir performans sunar. Kart üzerinde 24 adet dijital I/O pini, çoklu PWM çıkışları vardır. 12 bit çözünürlüğe sahip ADC kanalları ayrıntılı sensör ölçümünü mümkün kılar. UART, SPI, I2C gibi temel haberleşme arabirimleri bulunmaktadır. USB Mikro B arabirimi üzerinden programlanabilir olması, kolay kullanımı tercih sebebidir. Hafif robotik uygulamalar, sensör okuma projeleri gibi temel veri toplama sistemleri için ideal bir başlangıç kartıdır. Deneyap Kart 1.0 modeli LSM6DSM tabanlı dahili IMU içermektedir. Kart üzerinde IMU ve bağımsız sıcaklık algılayıcılar sayesinde ek bir donanım olmadan kullanıcıya sensör verileri sunulabilmektedir. Bu özellik gerçek zamanlı denge işlemlerinde kartı merkez veya ortamdaki sıcaklık bilgisini toplama işlemlerinde uç birim olarak görev almasını sağlamaktadır. Şekil 2'de Deneyap Kart 1.0 verilmiştir.

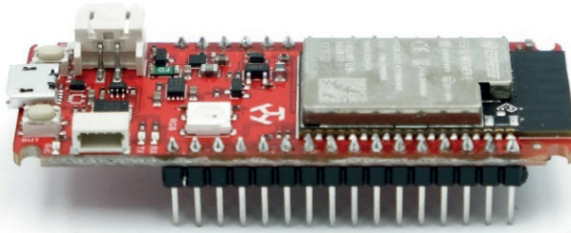


Şekil 2. Deneyap Kart 1.0 (Deneyap Türkiye, 2024).

2.2. Deneyap Kart 1A

Deneyap Kart 1A, Deneyap ailesinin en gelişmiş ve en çok pin desteği sunan modellerinden biridir. Şu anda en çok tercih edilen aile bireylerinden biridir. ESP32 WROVER E işlemci modülü ile donatılan bu model, 24 dijital giriş pini, 20 dijital çıkış pini, 16 ADC kanalı, gelişmiş PWM birimleri

ve genişletilmiş bellek kapasitesiyle çok sensörlü ve karmaşık sistemlerin tasarlanmasına izin verir. Kartın USB Mikro B portu sayesinde daha hızlı ve kararlı bir bağlantı olanağı sağlar. Dâhili PSRAM yapısı görüntü işleme ve gerçek zamanlı veri analizi gibi bellek yoğunluğunu yaratan uygulamalarda önemli avantaj sunar. Kamera bağlantısı sayesinde görüntü yakalama işlemleri için kullanılabilir. Yüksek pin sayısı ve gelişmiş analog, dijital yetenekleri nedeniyle robotik sistemler ve mühendislik prototipleri için güçlü bir platform görevi görür. Şekil 3'te Deneyap Kart 1 A verilmiştir.



Şekil 3. Deneyap Kart 1A (Deneyap Türkiye, 2024)

2.3. Deneyap Mini

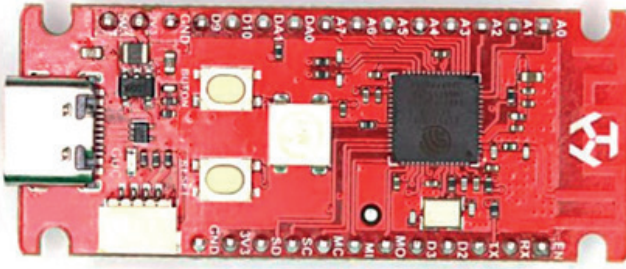
Deneyap Mini, küçük tasarımı ve düşük güç tüketimiyle mini projelerde gözde bir geliştirme kartıdır. Özellikle taşınabilir veya giyilebilir teknoloji projeleri için geliştirilmiş bir modeldir. ESP32 PICO D4 modülünü temel alan işlemciye sahiptir. Tek bir çip içinde işlemci, bellek, kristal osilatör ve RF birimlerini barındıran entegre bir mimarisi vardır. 21 adet GPIO pini, 9 ADC kanalı ve temel PWM çıkışları ile sensör okuma kabiliyetine sahiptir. Bu da küçük ölçekli kontrol sistemleri ve kablosuz iletişim gerektiren hafif projeler için yeterli donanımı sunar. USB Mikro B bağlantısı üzerinden kolayca programlanabilir. Kart, düşük boyutlu yapısı sayesinde mini robotlar, nesnelerin interneti tabanlı taşınabilir cihazlar için uygundur. Düşük enerji ihtiyacı akıllı cihaz uygulamalarında sıklıkla tercih edilir. Minimal yapısına rağmen ESP32'nin sunduğu tam WiFi, Bluetooth kapasitesini sağlaması en önemli özelliklerindendir. Ailenin en küçüklerinden olan bu kart küçük hacimli projelerde oldukça güçlü bir seçenek haline getirir. Bununla birlikte, sınırlı GPIO ve ADC kapasitesi nedeniyle çok sensörlü endüstriyel sistemlerde daha büyük kartlara kıyasla bazı kısıtlar barındırmaktadır. Şekil 4'de Deneyap Mini verilmiştir.



Şekil 4. Deneyap Mini (Deneyap Türkiye, 2024).

2.4. Deneyap Mini v2

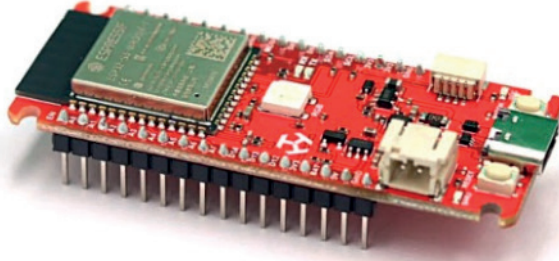
Deneyap Mini v2, ilk nesil Mini modelinin geliştirilmiş versiyonudur. Merkezindeki ESP32 PICO V3 modülünü vardır. Uyumlu donanımı ile kararlı bir mimari sunar. USB Mikro B portunun kullanılması ile, programlama sırasında bağlantı kararlılığı sağlanmıştır. Bununla beraber güç yönetimini daha verimli hale getirmiştir. Kart üzerinde 21 GPIO pini, çoklu PWM çıkışı ve 9 adet ADC kanalı bulunmaktadır. Fiziki olarak rakiplerine göre küçük tasarımına rağmen kablosuz haberleşme gerektiren uygulamalarda donanımlı bir ESP32 performansı sağlar. RF tasarımındaki iyileştirmeler sayesinde WiFi bağlantı stabilitesi artırılmıştır. Düşük güç modları taşınabilir projelerde pil tüketimini önemli ölçüde azaltacak şekilde optimize edilmiştir. Söz konusu kart, giyilebilir cihazlar, taşınabilir ve küçük hacimli çevresel veri toplama projeleri için ideal bir geliştirme kartıdır. Pille çalışabilir oluşu özellikle ortam sıcaklığı hava kalitesi gibi uygulamalarda ek sensörler ile sıkça kullanılmasını sebep olmaktadır. Üzerindeki RGB led özellikle küçük uyarı sistemlerinin göstergesi olarak sıkça kullanılmaktadır. Şekil 5'te Deneyap Mini v2 verilmiştir.



Şekil 5. Deneyap Mini v2 (Deneyap Türkiye, 2024).

2.5. Deneyap Kart 1A v2 (Type C)

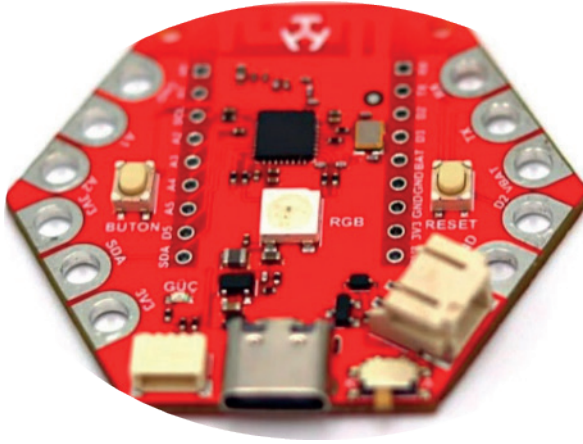
Deneyap Kart 1A v2, popüler 1A modelinin güncellenmiş sürümü olarak geliştirilmiş olup hem donanım hem de bağlantı yapısı açısından önemli iyileştirmeler içerir. Kart, ESP32 S3 tabanlı, Tensilica LX7 modülü ile 8 MB PSRAM desteğini bir araya getirmiştir. Yüksek bellek gerektiren görüntü işleme, akıllı tarama algoritmalarında güçlü bir performans sunar. Toplam 23 adet Dijital Giriş/Çıkış pinine sahip genişletilmiş pin haritası, çoklu ADC kanalları, yüksek çözünürlüklü PWM çıkışları ve birden fazla seri haberleşme birimi imkânlarını sunar. Bu da karmaşık robotik sistemler, endüstriyel prototipler ve gelişmiş nesnelerin interneti uygulamaları için yüksek donanım kapasitesi sağlar. USB Type C arayüzü, güç kararlılığını artırır. Kartın modern bağlantı standartlarına uyumunu da güçlendirmiştir. Deneyap Kart ailesindeki en güçlü modellerden biri olan 1A v2, profesyonel düzeyde donanım geliştirmek isteyenler için geniş bir teknik platform sunar. Şekil 6'da Deneyap Kart 1A v2 (Type C) verilmiştir.



Şekil 6. Deneyap Kart 1A v2 (Type C) (Deneyap Türkiye, 2024).

2.6. Deneyap Kart G

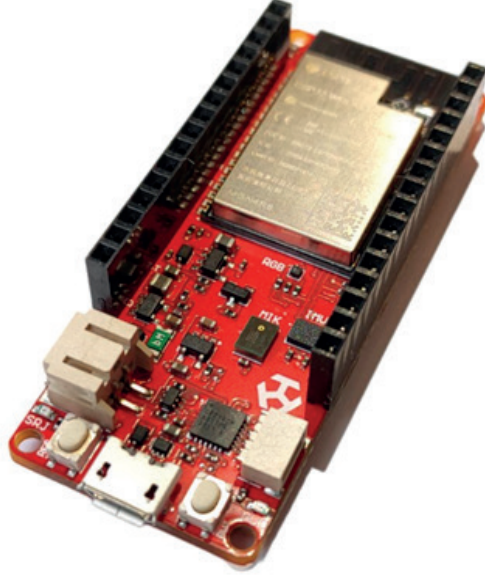
Deneyap Kart G, 160 MHz Tek Çekirdek 32 bit RISC V Mikroişlemci tabanlı gelişmiş bir model olup uç işleme uygulamalarına uygun modern bir işlemci altyapısı ile donatılmıştır. USB OTG desteği ve RISC V tabanlı mimarisi sayesinde nesne algılama ve sinyal analizi gibi yoğun hesaplama gerektiren görevlerde önemli performans artışı sağlar. Kart üzerinde 13 adet Dijital Giriş, Çıkış ve 11 adet Dikilebilir pad olarak GPIO seti, 12 bit çözünürlüğe sahip ADC kanalları, yüksek hızlı SPI arayüzü ve gelişmiş I2C haberleşme kanalları bulunmaktadır. USB Type C bağlantısı hem programlama hem de veri iletimi için çift yönlü kullanım imkânı sunarken, yerleşik gelişmiş RF tasarımı WiFi 802.11 ve Bluetooth 5.0 LE iletişimini daha stabil hale getirmiştir. Söz konusu kart; akıllı güvenlik sistemleri, makine öğrenmesi tabanlı sensör analizleri, yüksek hızlı veri toplama sistemleri ve giyilebilir teknolojiler destekli projeler gibi ileri seviye uygulamalarda güçlü bir platform görevi görmektedir. Şekil 7’de Deneyap Kart G’de verilmiştir.



Şekil 7. Deneyap Kart G (Deneyap Türkiye, 2024).

2.7. Deneyap Kart Dışı Pin Modülü

Deneyap Kart Dışı Pin Modülü, Deneyap Kart üyelerinin genişletilebilirliğini artırmak için tasarlanmış ek bir IO genişletme kartıdır. Kartın temel amacı, geliştiricinin ana kart üzerinde yer alan pinleri daha kolay erişilebilir bir yapıya taşımaktır. Özellikle öğrenci projelerinde ekleme, çıkarma işlemlerini daha kolay bir forma dönüştürmektir. Özellikle çok sensörlü projelerde kablolama karmaşasını azaltır. Modül bağlantılarını düzenlemek ve prototipleme sürecini hızlandırmak için kullanılmaktadır. Bu model üzerinden tüm GPIO, güç ve haberleşme pinleri Prototipleme kartı uyumlu bir düzene kavuşur. Eğitim ortamlarında ve hızlı prototipleme süreçlerinde Deneyap Kartın doğrudan lehim gerektirmeden kullanılabilmesini sağlayarak hem kullanım kolaylığı hem de modüler genişleme avantajı sunar. Şekil 8’de Deneyap Kart Dışı Pin Modülü verilmiştir.



Şekil 8. Deneyap Kart Dışı Pin Modülü

3. Teknik Özellikler ve Donanım Mimarisi

Bu bölümde Deneyap Kart ailesinin donanım mimarisi ve işlemci yapısı ayrıntılı işlenmiştir. Haberleşme sistemleri ve bellek düzeni gibi kritik konularda bilgi verilmektedir. Bununla beraber uygulama kapasitelerini anlatmak için enerji tüketimi ve giriş çıkış kapasiteleri ayrıntılı biçimde anlatılmıştır. Kart modellerinin temel teknik yapı bileşenlerinin anlaşılması, farklı uygulama senaryoları için uygun donanım seçiminin yapılabilmesine imkan sağlamaktadır. Aşağıdaki alt başlıklarda Deneyap Kart ailesi genelinde ortak olan mimari özellikleri verilmiştir. Ek olarak modeller arasındaki temel farklılıklar ele alınmıştır. Tablo 1’de Deneyap Kart Modellerinin Genel Karşılaştırması verilmiştir (Deneyap Türkiye, 2024). Bu bölümde performans değerlendirmesi; işlemci mimarisi, bellek kapasitesi, giriş, çıkış yetenekleri ve enerji tüketimi bileşenleri üzerinden ele alınmıştır. Bu yaklaşım, kartların uygulama gereksinimlerine göre çok ölçütlü biçimde değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Tablo 1. Deneyap Kart Modellerinin Genel Karşılaştırması

Özellik	Kart 1.0	Kart 1A	Kart 1A v2	Mini	Mini v2	Kart G
İşlemci	ESP32 WROOM 32	ESP32 WROVER E	ESP32 S3	ESP32 PICO D4	ESP32 PICO V3	RISC V
Çekirdek	Dual Core LX6	Dual Core LX6	Dual Core LX7	Tek Çekirdek LX7	Tek Çekirdek LX7	Tek Çekirdek RISC V
PSRAM	Yok	8 MB	8 MB Octal SPI PSRAM	Yok	2MB	Yok
Flash	4 MB	4 MB	4 MB	4 MB	4 MB	4 MB
GPIO	24	24 giriş 20 çıkış	23 giriş çıkış pini	21	21	13 GPIO + 11 pad
ADC	12 bit / 8 kanal	12 bit / 16 kanal	12 bit / 16 kanal	13 bit / 9 kanal	13 bit / 9 kanal	12 bit / 6 kanal
PWM	Çoklu kanal	Çoklu kanal	Çoklu kanal	Orta seviye	Orta seviye	Çoklu kanal
WiFi	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n
Bluetooth	Bluetooth 4.2	Bluetooth 4.2	Bluetooth 5.0 LE	Bluetooth 4.2	Bluetooth 4.2	Bluetooth 5.0 LE
USB	Micro USB	Micro USB	Type C	Micro USB	USB Mikro B	Type C (OTG)
Enerji Tüketimi	Düşük	Orta	Orta	Çok düşük	Çok düşük	Orta
Öne Çıkan Özellik	Temel kullanım	Çok pinli yapı	Type C + geniş bellek	Kompakt tasarım	Güç optimizasyonu	İleri seviye projeler
Tipik Kullanım	Eğitim	Robotik & Nesnelerin interneti	Endüstriyel prototip	Wearable Bluetooth & Nesnelerin interneti	Taşınabilir Nesnelerin interneti	Genel amaçlı, çok seviyeli uygulamalar

Tablo 1 incelendiğinde, kartlar arasındaki donanımsal farkların doğrudan uygulama ölçeğini ve sensör entegrasyon kapasitesini etkilediği görülmektedir.

3.1. İşlemci Yapısı

Deneyap Kart ailesi, işlemci mimarisi açısından farklı yapılar içermektedir. Bünyesindeki farklı kartlar farklı uygulama alanlarının gereksinimleri için planlanmıştı. Birbirinden ayrılan mikroişlemci çözümlerini bünyesinde barındırmaktadır. Bu farklı özellikler eğitimden sanayi uygulamalarına pek çok alanda kartların kullanılmasına imkan vermektedir. Bu çeşitliliğin merkezinde, ailede yer alan modellerin, Deneyap Kart G dışında hepsinde ESP32 ailesine ait Tensilica LX tabanlı işlemciler yer almaktadır. Deneyap Kart 1.0, Deneyap Kart 1A ve Deneyap Kart 1A v2 modellerin işlemcilerinde

çift çekirdekli yapı varken, Mini modellerinde tek çekirdekli işlemciler kullanılmıştır.

Söz konusu mimariyi kullanan kartlarda işlemci yapısı çoğunlukla çift çekirdekli olarak tasarlanmıştır. Her bir çekirdek, yürütülen uygulamanın işlem yoğunluğuna bağlı olarak değişken saat frekanslarında çalışabilmekte ve belirli koşullarda 240 MHz seviyelerine ulaşabilmektedir. Bununla birlikte, Deneyap Kart ailesinin yalnızca bu mimari ile sınırlı olmadığı özellikle vurgulanmak gerekir. Aile içerisinde, daha dar kapsamlı görevler için tek çekirdekli mimariye sahip kartlar ile ESP32 ailesi dışında RISC V kullanan işlemci tabanlı çözümler de yer almaktadır. Bu işlemci değişikliği özellikle enerji tüketimini pozitif yönde etkilemektedir. ESP32 tabanlı Deneyap Kart modellerinde kablosuz haberleşme yetenekleri, donanım mimarisinin tamamlayıcı bir unsuru olarak sunulmaktadır. WiFi ve Bluetooth gibi radyo frekans temelli haberleşme birimleri, herhangi bir harici modüle ihtiyaç duyulmaksızın sistem üzerinde yonga yaklaşımıyla işlemci yapısına entegre edilmiştir. Deneyap Kart ailesinde kullanılan ESP32 WROOM, ESP32 WROVER ve ESP32 PICO işlemci tipleri ise Flash bellek kapasitesi aynıdır. RF performansı ve desteklenen çevresel birimler bakımından farklı özellikler göstermektedir. Bu farklılıklar, kartların eğitim amaçlı çalışmalardan nesnelerin interneti tabanlı uygulamalara kadar uzanan geniş bir kullanım alanında esnek biçimde konumlandırılabilmesine olanak tanımaktadır. Deneyap Kart modellerine ait işlemci mimarileri ve bellek yapılarına ilişkin karşılaştırmalı bilgiler Tablo 2’de sunulmuştur (Deneyap Türkiye, 2024).

Tablo 2. İşlemci ve Bellek Yapısı Karşılaştırması

Model	İşlemci Modülü	İşlemci Tipi	PSRAM	Flash	Not
1.0	ESP32 WROOM 32	LX6	YOK	4 MB	Temel seviye projeler
1A	ESP32 WROVER E	LX6	8 MB	4 MB	Bellek yoğun projeler için
1A v2	ESP32 S3	LX7	8 MB	4 MB	Type C ile geliştirilmiş
Mini	ESP32 PICO D4	LX7	Yok	4 MB	Mikro boyutlu projeler
Mini v2	ESP32 PICO V3	LX7	2 MB	4 MB	Optimize edilmiş RF yapısı
Kart G	RISC V	Tek Çekirdek	YOK	4 MB	Gelişmiş sensör uygulamaları

3.2. Bellek Yapısı

Kartlarda kullanılan ESP32 modüllerinin hepsinde Tablo 2’de verildiği gibi 4 MB’lık bir flash bellek içermektedir. WROVER modüllerinin bir diğer özelliği 8 MB’lık PSRAM bellek içermesidir. PSRAM bellek yapısı verilere erişmek için belirlenen zaman kısıtları dışında veri akışını sürekli sağladığı için, veri kaydıyla birlikte görüntü işleme gibi uygulamalar için hızlı ve etkin bir çözüm sunmaktadır. Diğer modüllere göre PICO modülleri entegre yapıları sayesinde biraz daha kompakt ve küçük tasarımlar yapılmasını sağlamaktadır. Deneyap Kart Modellerinin GPIO, ADC ve PWM Kapasiteleri Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. GPIO, ADC ve PWM Kapasiteleri

Model	GPIO Sayısı	ADC Kanalı	ADC Çözünürlüğü	PWM Kanalı	UART / I2C / SPI
1.0	24	8	12 bit	Var	Var / Var / Var
1A	24 dijital giriş + 20 dijital çıkış	16	12 bit	Var	Var / Var / Var
1A v2	23 Dijital Giriş/ Çıkış pini	16	12 bit	Var	Var / Var / Var
Mini	21	9	13 bit	Var	Var / Var / Var
Mini v2	21	9	13 bit	Var	Var / Var / Var
Kart G	13 GPIO + 11 pad	6	12 bit	Var	Var / Var / Var

Tablo 3’te anlatılmak istenenleri özetlemek gerekirse farklı GPIO sayılarına sahip modellerin farklı ADC kanalı sayıları olmasına rağmen temelde UART / I2C / SPI gibi seri iletişim yöntemlerini kullanmaya elverişlidir.

3.3. Enerji Tüketimi

Deneyap Kart ailesi, düşük güç modları sayesinde enerji tasarrufu gerektiren projelerde etkili bir kullanım sunar. ESP32 işlemcisi, modem sleep, light sleep ve deep sleep gibi enerji yönetim modlarına sahiptir. Deep sleep modunda tüketim birkaç mikroamper seviyesine kadar düşerken, WiFi aktifken tüketim milisaniyeler içinde birkaç yüz miliamper seviyesine çıkabilir. Bu yapı taşınabilir cihazlar ve batarya ile çalışan gömülü sistemler için kritik öneme sahiptir.

3.4. Haberleşme Yapısı

Tüm Deneyap Kart modellerinde dahili WiFi (802.11 b/g/n) ve Bluetooth LE desteği tüm modellerde mevcuttur; sürümler modele göre değişmektedir. RISC V tabanlı Deneyap Kart G modeli ise Bluetooth 5 LE desteği ile geliştirilmiştir. Sağlanan bu bant genişliği, daha yüksek bağlantı kararlılığı sağlar. UART, I2C ve SPI gibi kablolu haberleşme protokolleri kartların tamamında yer almaktadır. bu protokoller çok sensörlü projelerde modül entegrasyonu için temel oluşturur. Tablo 4’ de Deneyap Kart modellerinin kablosuz iletişim ve USB haberleşme özelliklerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 4. Kablosuz İletişim ve USB Haberleşme Özelliklerinin Karşılaştırılması

Model	WiFi	Bluetooth	USB Türü	USB OTG
1.0	802.11 b/g/n	Bluetooth 4.2	Micro USB	Yok
1A	802.11 b/g/n	Bluetooth 4.2	Micro USB	Yok
1A v2	802.11 b/g/n	Bluetooth 5 LE	Type C	Yok
Mini	802.11 b/g/n	Bluetooth 4.2	Micro USB	Yok
Mini v2	802.11 b/g/n	Bluetooth 4.2	Micro USB	Yok
Kart G	802.11 b/g/n	Bluetooth 5 LE	Type C	Var

3.5. GPIO, ADC ve PWM Kapasiteleri

Deneyap Kart ürün ailesinde sağlanan GPIO sayısı modelden modele değişiklik göstermektedir. ADC kanalları genellikle 6 ile 16 arasında olup, 12 bit çözünürlüğe sahiptir. Tüm Deneyap Kartları, birçok görev için büyük bir esneklik sunan bir PWM mimarisine sahiptir. Servo motorları sürmek ve DC motorların hızını kontrol etmek için kullanılmaktadır. Aynı zamanda LED’in parlaklığını kontrol edebilir. Geniş pin çeşitliliği, robotik ve çoklu sensör uygulamaları için kartların esnekliğini artıran önemli bir faktördür.

3.6 Pin Yapıları ve Fonksiyonları

Deneyap Kart pin yapıları, çok işlevli pinler kullanarak giriş/çıkış işlemleri gerçekleştirme mantığına dayanmaktadır. Bir pin dijital I/O, PWM, ADC olarak ve belirli protokol fonksiyonları (UART TX/RX, I2C SDA/SCL, SPI MOSI/MISO/CLK) olarak yapılandırılabilir. Bu esneklik, daha karmaşık projelerde donanım tasarımını basitleştirir. Kartların pin düzeni, Deneyap Kart’ın resmi sitesinin belgeler bölümünde mevcuttur. Kartların özellikleri modelden modele değişmekte olup, her model için pin düzenleri yapılmıştır.

Tablo 5, Deneyap Kart modellerinin kullanım alanlarının karşılaştırmasını göstermektedir.

Tablo 5. Kullanım Alanları Karşılaştırması

Model	En Uygun Olduğu Proje Türleri
1.0	Robotik, Eğitim uygulamaları ve temel sensör projeleri
1A	Robotik, motor sürme ve çok sensörlü sistemler
1A v2	Endüstriyel prototip ve yüksek bellek gerektiren projeler
Mini	Wearable Bluetooth, mini nesnelerin interneti cihazlar, taşınabilir sistemler
Mini v2	Pil ile çalışan nesnelerin interneti sistemleri ve kompakt sensör ağları
Kart G	Yüksek performanslı veri toplama

4. Bulgular ve Tartışma

Gözlemler farklı uygulama senaryoları için kartların yeterliliklerini açık biçimde ortaya koymaktadır. Özellikle yüksek sayıda pine sahip kartların, çoklu sensör entegrasyonu gerektiren sistemlerde daha esnek ve hızlı uygulanabilir çözümler sunduğu gözlemlenmiştir. Bu kartların sınıf ortamındaki öğrencilerden ileri seviyedeki uygulama geliştiricilere kadar geniş kullanıcı kitlesine hitap etmektedir. Bellek kapasitesi daha fazla olan modellerin, yoğun veri akışı gibi işlemlerde avantaj sağladığı analiz edilmiştir. Buna karşılık, Mini serisi kartların düşük güç tüketimi sayesinde enerji verimliliği ile öne çıkmaktadır. Mini serisi kartların özellikle taşınabilir ve pil destekli uygulamalarda daha uygun bir seçenek olduğu söylenebilir. Öğrencilerin kısa sürede hazır kütüphaneler yardımı ile LED kontrolü yaptığı ve I2C protokolü üzerinden LCD ekranları çalıştırabildiği gözlemlenmiştir. Robotik kodlamaya ilgisi olan öğrencilerin yapımı zaman alan mesafe sensörleri temeli PID destekli kontrol uygulamalarını gerçekleştirebilmiş ve yarışmalara katılmışlardır. Deneyap Kart 1A'nın sunduğu kamera bağlantı imkanı ile yüz tanıma gibi yapay zeka tabanlı görevleri yerine getirebildiği gözlemlenmiştir. Farklı mimarisi, USB OTG desteği ve haberleşme yetenekleri ile Deneyap Kart G modelinin ise ileri seviye veri işleme ve uç birim tabanlı uygulamalarda öne çıktığı görülmektedir.

Özetlemek gerekirse bulgular, kart ailesi içerisindeki her bir modelin belirli uygulama gereksinimlerine göre farklı avantajlar sunduğunu ve donanım seçim sürecinin proje başarısı açısından kritik bir aşama olduğunu göstermektedir.

5. Sonuç ve Öneriler

Çalışma kapsamında, Deneyap Kart ailesine ait farklı modellerin teknik özellikleri ve donanımsal farklılıkları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. İşlemci mimarileri, GPIO sayıları, bellek yapıları ve haberleşme birimleri gibi temel donanım bileşenler değerlendirilmiştir. Kartların uygulama içerisindeki kapasitesi üzerinde durulmuştur. Elde edilen bulgular, kart ailesi içerisinde yer alan her bir modelin belirli uygulama senaryoları için farklı avantajlar sunduğunu göstermektedir. Çoklu sensör gerektiren projelerde yüksek pin sayısına sahip modellerin daha uygun olduğu anlaşılmıştır. Enerji verimliliğinin öncelikli olduğu taşınabilir sistemlerde ise Mini serisinin öne çıktığı belirlenmiştir. Gelişmiş veri işleme ve uç birim tabanlı uygulamalarda ise Deneyap Kart G modelinin donanımsal kapasitesi ve ergonomisi ile tercih edilmektedir. Bu sonuçlar, proje planlama aşamasında doğru kart seçiminin sistem başarısı açısından kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Gelecek çalışmalarda, kartların uzun süreli performans testleri kritik öneme sahiptir. Farklı haberleşme protokolleri altındaki davranışları ve sensör türlerine bağlı enerji tüketim analizleri ele alınabilir. Geliştiricilere bu kartlarla yapılan tasarımlarında daha ayrıntılı nesnelerin interneti imkanı tanımak ve karar destek çerçevesi sunulması hedeflenmektedir. Bu bağlamda, özellikle enerji tüketimi performans üzerine yapılacak deneysel çalışmaların ve kartların gerçek saha koşullarındaki davranışlarının daha net ortaya konmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- Arduino Project Hub. (2025). Arduino Project Hub. Arduino. <https://project-hub.arduino.cc/>
- Arduino ESP32 Core Documentation. (2025). ESP32 Arduino Core Documentation. Espressif Systems. <https://docs.espressif.com/projects/arduino-esp32/en/latest/>
- Deneyap Türkiye. (2024). Deneyap Kart IDE kullanıcı rehberi. Deneyap Kart. <https://deneyapkart.org/docs/deneyap-kart-ide>
- Deneyap Türkiye. (2024). Deneyap Kart proje sayfası. Deneyap Kart. <https://deneyapkart.org/projeler>
- Deneyap Türkiye. (2024). Deneyap Kart teknik dokümanları. Deneyap Kart. <https://docs.deneyapkart.org/>