

GÖMÜLÜ VE AKILLI SİSTEMLER ÖĞRETİMİ VE LABORATUVARI, FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ

EMBEDDED AND SMART SYSTEMS EDUCATION AND LABORATORY IN FATİH SULTAN MEHMET VAKIF UNIVERSITY

Yılmaz Çamurcu¹, Can Burhanettin¹, Nizam Ali¹, Özhan Orhan¹, Kocatepe Ünsal²

1. Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi,
{ycamurcu, bcan, anizam, oozhan}@fsm.edu.tr

2. Enovas A.Ş.
NI
unsal.kocatepe@enovas.com.tr

ÖZETÇE

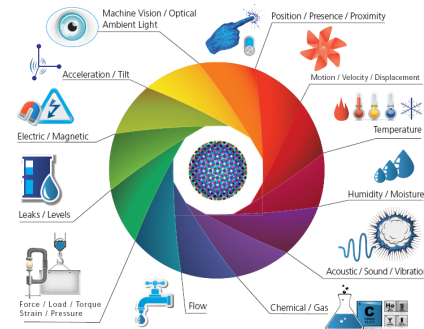
2000'li yıllarda başlayan teknolojik gelişmeler hepsi programlanabilen daha akıllı sistemlerin ev, iş ve endüstriyel ortamlardan, enerji üretim ve dağıtım alanlarına kadar çeşitli yerlerde yaygın olarak kullanılacağını göstermektedir. Her türlü akıllı nesnenin veya sistemden veri alışı verisinin, akıllı ortamlar üstünden akıllı şebekelere bağlanarak, taşınan ve kullanılan veri miktarında kısa sürede çok önemli artış olacağı görülmektedir. Ülkemizde bu alanda yetiştirilecek yani açığı kapatacak bir mühendis için kazandırılacak nitelikler ile teorik ve uygulama bilgi-becerisinin dikkatle belirlenmesi gerekmektedir. İş dünyasının üniversitelerden beklentisi, işyerine alacakları mühendislerin güncel teknolojik bilgi ve uygulama becerisi ile kolay uyum sağlaması, yeni teknolojileri araştırması ve geliştirmesi olmaktadır. Bu çalışmada, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümündeki ders programı ile üst düzey teknolojiye sahip laboratuvarlarda, Akıllı Sistemler, Akıllı Nesnelere, Akıllı Ortamlar, Siber Fiziksel Sistemler, Nesnelere İnterneti, Nesnelere Webi gibi kavramlarla isimlendirilen teknolojilere ait teori-uygulama bilgi ve becerisinin kazandırıldığı öğretim yapımızı açıklanacaktır.

ABSTRACT

In the 2000s, starting with the technological advances, All Programmable and smarter systems for home, business and industrial environments, energy production and distribution so as to use the common areas of the various places. All kinds of smart object or system data is exchanged, over smart environments, connected through smart grids. The amount of data that is used in a short time would be very significant increase can be seen. In our country, will raise the deficit in this area, so an engineer for theoretical and application information-capability with the traits constituting will also carefully determination is required. New graduate engineers with up-to-date technology information and application ability to easily adapt to new technologies, to provide research and development capability would like to be. In this study, Fatih Sultan Mehmet Vakıf University, Department of Computer Engineering in courses and senior tech laboratories, Intelligent Systems, Smart Objects, Smart Media, Cyber Physical Systems, the object of the Internet, the object of the Web with concepts such as naming the technologies related to the theory-practice knowledge and skills our teaching is imparted structure will be described.

1. GİRİŞ

Kablosuz iletişim, RFID, tümleşik devrelere daha fazla fonksiyon eklenirken fiziksel boyutlarında küçülme daha az enerji harcaması gibi teknolojik gelişmeler, İnternet teknolojilerindeki ilerlemeler, teknolojiye yeni bir dalga başlangıcı olmuştur. Etrafımızı çevreleyen pek çok cihaz ve nesne sayısı giderek artmaktadır. Bu cihazların akıllı olması nedeniyle acaba sayısal altıncı duyuya mı sahip oluyuz? 2000'li yıllarda Gömülü Sistemler (embedded systems) ve Gömülü İşlemciler (embedded processors) ile başlayan yeni teknolojik gelişmelerden sonra, 2010 yılından itibaren de Akıllı Sistemler (smart systems), Akıllı Nesnelere (Smart Things), Akıllı Ortamlar (smart environments), Makinadan makinaya (Machine-to-Machine (M2M)), Siber Fiziksel Sistemler (Cyber-physical systems), Nesnelere İnterneti (Internet of Things), Nesnelere Webi (Web of Things), Herşeyin İnterneti (Internet of Everything), Herşeyin Webi (Web of Everything) Yaygın Bilişim (Pervasive-Ubiquitous-computing) gibi kavramlar ile yeni nesil bilgisayar teknolojileri ortaya çıkmıştır. Bu teknolojiler aşağıda tanımlanmaktadır[1-10]. Işık, ısı, hareket, akış sensörleri, transdüserler, aktuatörler, elektronik anahtarlar, işlemciler ve iletişim araçları ile birlikte bir fiziksel nesnenin içerisine bağımsız ya da gömülü olarak yerleştirilebilir. Bu fiziksel sistemler aşağıda tanımları yapılan sistemler içerisinde yer alır. Sensör düğüm, mikrodenetleyici, güç kaynağı, iletişim arayüzü ve sensör/aktuatör içeren fiziksel nesneye gömülü ya da tek başına bulunan cihazdır. Şekil 1'de sınıflarına göre sensör ve transdüser çeşitleri görülmektedir.



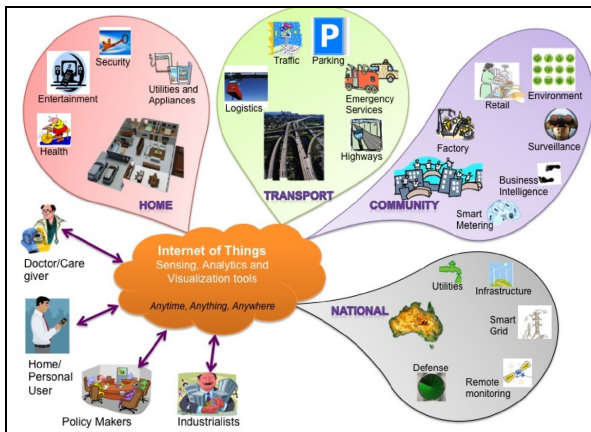
Şekil.1. Nesne olarak sensör ve transdüserlerden örnekler[3]

Gömülü Sistem, önceden belirlen işlemleri gerçekleştirmek ya da yapmak için tasarlanmış bir cihazın veya küçük bir sistemin çalışmasını denetleyen, gözleyen ya da yardımcı olan bir sistemdir. Genel amaçlı bir bilgisayar olmayan gömülü sistemin içerisinde bir işlemci, mikrodenetleyici, sayısal sinyal işlemcisi, FPGA ya da PLC tabanlı sistem olup ayrıca çeşitli çevre birimlerini de bulundurur.

Makinadan makinarya (Machine-to-Machine (M2M)) iletişim sağlayan sistemler İnternet üstünden kablolu ya da kablosuz iletişim kuran gömülü sistemlerdir. Nesnelerin İnterneti RFID (Radio Frequency Identification) teknolojisi kullanarak İnternet üstünden diğer sistemler ile iletişim kuran ve batarya ile çalışarak az enerji harcayan gömülü sistemdir. Burada Nesne, herhangi fiziksel bir aygıttaki sensor olabilir. Nesnelerin İnternetinde makineler, nesnelere, ortamlar ve altyapılar ile etkileşim ve iletişim kuran akıllı makineler bulunur. İnternet ağı üzerinden birbirine bağlı zeki kararlar veren Fiziksel cihazlar ve fiziksel nesnelere *Nesnelerin İnterneti* denir. Nesnelerin İnternetinde yalnızca nesne, cihaz ve makinaların birbiri ile iletişimi söz konusu iken, *Herşeyin İnterneti* ise ek olarak insanlar arası, makine insan arasındaki bağlantıyı da kapsar. Örnek olarak tıbbi bir cihazdaki sensörden alınan veri gerçek zamanda uzman kişiye ulaştığında, tedavi için hemen gerekli adımı atar.

Diğer taraftan *Nesnelerin WEB'*inde, Nesnelerin İnternetinden farklı olarak, nesnelere WEB standartları kullanarak iletişim kurmaktadır. Her şeyin WEB'inde nesnelere, makinalar ve insanlar birbiri ile iletişimini WEB standartları ile yapmaktadır.

Heryerde Bilişim (Ubiquitous Computing/Pervasive Computing), bilgisayarın heryerde ve herhangi bir yerde bulunabileceğini belirten gelişmiş bilgisayar kavramıdır. *Siber Fiziksel Sistemler* bilgisayar, iletişim ve fiziksel işlemlerin birbiri ile bağlantısından meydana gelir. Siber Fiziksel Sistemler, fiziksel dünya ile etkileşme ve algılama için tasarlanmış gömülü sensörler, işlemciler ve aktüatörlerin bağlı olduğu akıllı ağ sistemidir.



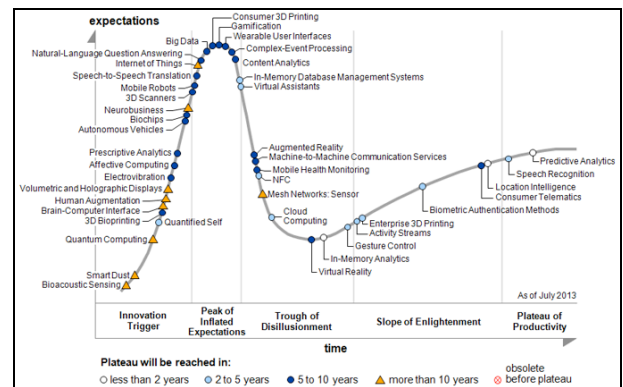
Şekil 2. Nesnelerin İnterneti için Son kullanıcılar ve Uygulama alanları [8]

Şekil 2'de Nesnelerin İnternetinin farklı alan ve işlerde kullanılmasına ait örnekler verilmektedir. Ucuz iletişim sistemleri kullanılarak daha iyi hizmet dağıtımının yapıldığı

şehirler, şebekeler, sayaçlar gibi yerlerde *akıllı* kelimesi kullanılır. Dolayısı ile akıllı şehirler, akıllı şebekeler, akıllı sayaçlar gibi *akıllı sistemler ve ortamlar* yukarıda açıklanan tüm teknolojik özellikleri kapsamaktadır. Gömülü işleme sistemlerinin yaygınlaşarak, çeşitli nesnelere kullanılması ve iletişim sistemlerine bağlanarak veri iletiminin sağlanması akıllı bir yapı olarak tanımlanır.

Nesnelerin İnterneti, Her şeyin İnterneti, Nesnelerin Webi, Her şeyin Webi, Siber Fiziksel Sistemler olarak tümü *Akıllı Sistemlerdir*. Akıllı sistemler havacılık, otomotiv, sağlık, üretim, inşaat, tüketici elektroniği ve haberleşme endüstrileri gibi pek çok yerde bulunabilir. Robotlar, akıllı binalar, vücuda implant yapılan tıbbi cihazlar, akıllı tarım, kendi kendine süren arabalar, havada otomatik olarak uçan insansız uçaklar Akıllı Sistemlere örnektir. Günlük hayat giderek bu sistemlere bağımlı olmaktadır.

Şekil 3'de Garner firmasının hazırlanan 2013 yılı gelişen teknolojiler grafiği, Nesnelerin İnternetinin şu an gelişen ve gelecek 10 yılda da önemli kullanma alanı bulacağını belirtmektedir[11]. Zeki Bilişim, otomasyon, insan müdahalesine uygun olmayan örneğin mayın tespiti benzeri kısıtlar ve taleplerin olduğu işlerdeki kontrol gelişen bir yapı vardır. İleri Akıllı sistemlerin geliştirilmesi ve kullanımı uzun vadede ekonomik büyüme, yeni meslekler ve yeni fırsatlar ortaya çıkartacak, diğer taraftan da hayat, sağlık, güvenlik ve emniyetinde de önemli görev yapar. Gerek ABD gerekse Avrupa Birliği tarafından Nesnelerin İnterneti ve Siber Fiziksel Sistemleri geleceğin en öncelikli ve önemli teknolojisi olarak ilan etmişler, gerekli teşvikleri yapma kararı almışlardır.



Şekil 3. Gartner firmasının araştırma sonuçları 2013 yılı itibarı ile gelecekte yeni teknolojilerin gelişim grafiği [11]

Akıllı sistemler bilimi ve mühendisliği, Bilgisayar mühendisliği, matematik, fiziksel bilimlerin tüm alanı, mühendislik, etik ve psikoloji gibi alanları da kapsayacak uzmanlık gerektiren disiplinler arası bir yapısı vardır. Disiplinler arası çalışmada, son derece farklı kökenlerden gelen uzmanların ortak tabanda iletişim kurmasını gerekliliği gibi zorluklar olabilir. Geleneksel disiplinlerin olduğu mevcut üniversite yapısında çok disiplinli Akıllı Sistemler programı açmanın önemli zorlukları vardır. Akademisyenler yeni

bir bilim dalı kurulmasına genelde karşı çıkarlar, karşı çıkmaları kuruluş gecikmesine veya hiç kurulmamasına neden olur. Kurulan yeni branş endüstri için nitelikli elemanlar yetiştirme gibi önemli bir fayda sağlar.

Akıllı Sistemler tasarlamak, geliştirmek, uygulamak ve kullanmak bilgi ve eğitim gerektiren tefarruatlı, ileri teknoloji sistemlerdir. Akıllı Sistemler, yeni beceriler ve yeni bir işgücü gerektirir. Akıllı Sistemler için gelecekte nitelikli işgücü oluşturmak ve sağlamak kendi başına önemli bir sorundur. Akıllı Sistemler teknolojisi hızla değişen ve gelişen bir alan olup, ortaya çıkan teknolojik gelişmeleri yakından izleyen uzman eğitimcilerin yanı sıra, eğitim ve sürekli öğrenim için iyi bir düzene ihtiyaç olacaktır. Bu nedenlerle Akıllı Sistemler işgücü eğitimi, gelecekteki işgücünü oluşturmak ve sürdürmek için etkili olacaktır. Gelecekteki Akıllı Sistemleri geliştirme, yenilikler yapma, işletme yeteneğine sahip işgücünün yetiştirilmesi ve sürdürülmesi, mühendislik müfredatında dinamik eğitim programını kapsayan değişiklikler ve çok disiplinli araştırma yapmayı gerektirmektedir. Mevcut üniversite çatısı altında bir prototip program geliştirilerek tartışmaya açılır ve disiplinler arası görüşler ile koordineli olarak program düzenlenerek, daha resmi bir öğretim ve eğitim yaklaşımı oluşturulur. Bununla birlikte, bu alanda çalışmak isteyen bilim adamları ve mühendisler tarafından da yeni ders kitapları, ders notları ve müfredat ile ilgili derslerin geliştirilmesi paralel olarak gerçekleştirilmesi gerekir.

2. GÖMÜLÜ VE AKILLI SİSTEMLER ÖĞRETİMİ VE EĞİTİMİ

2.1 Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Öğretim ve Eğitim Temel Felsefesi ve Yapısı

Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü müfredatında, güçlü laboratuvar tabanlı öğrenme temel amaç olup, dersler ve uygulamalar *araştırma-tasarım-proje* geliştirmeye odaklıdır. Bölüm laboratuvarları en son model bilgisayar iş istasyonları, üst teknolojiye sahip ölçü aletleri ve deney setleri, bilgisayar kontrollü cihazlar ve yazılımlar ile donatılmıştır. Bölüm Laboratuvarlarında yapılacak tüm çalışmalarda, modern bilgisayar endüstrisinin bilgisayar mühendisinden beklediği teknik bilgi ve becerinin kazanılması temel felsefedir. Bu nedenle, ders programları, içerikler belirlenirken; bilgisayar endüstrisinin istekleri, teknolojiye gelişmeler, ulusal-uluslararası akreditasyon kurumlarının bilgisayar mühendisliği eğitimi için belirlediği kıstaslar, mezun olduktan sonra bilgisayar sorunlarının çözümünde acil talepleri karşılamak için hazır olmak, hızla değişen bilgi teknolojisine uyum ve bilgisayar bilimi kavramları konusunda yeterli bilgiye sahip olması da dikkate alınmıştır. Bilgisayar donanımı ve yazılımı arasındaki ilişkiler, bilgisayar programlama, veri yapıları, algoritma analizi ve tasarımı, yazılım sistemleri tasarımı, bilgisayar mimarisindeki sayısal sistemler ve yazılımlarının tasarımı, işletim sistemleri, paralel bilgi işlem, bilgisayar ağları, mikroişlemciler, akıllı sistemler, gömülü sistemler, robotik gibi konular öğretilir. Bunun

yanında öğrencilerimize mühendislik yönetimi, iktisat, işletme, kişiler arası iletişim, etik değerler, kültür ve sosyal konulardaki dersler ile küresel dünya ile bütünleşmede gerekli bilgi de kazandırılır. Öğrenciler müfredattaki derslerden kendi özel ilgi alanlarındakilerden istediğini seçerler.

Tüm meslek derslerinde mutlaka bir proje geliştirirler. Her derse ait bu projelerin bilgisayar endüstrisindeki özel ya da kamu kuruluşlarında görev yapan mühendisler ile ortaklaşa verilmesi ve öğrencinin bu projeyi başarıyla tamamlaması ile bilgisayar mühendisliği eğitiminde yeni bir dönüşümü başlatmak istiyoruz.

2.2 Müfredat ve Akıllı Sistemler Öğretimi

Akıllı sistemler konusunda öğretim için aşağıdaki modeller uygulanarak gerekli nitelikte ve özellikteki mühendisler endüstrinin ihtiyacını görür.

- 1) Bilgisayar ve yazılım mühendisliği bölümlerinde akıllı sistemlerin yazılım tarafına yönelik dersler açmak,
- 2) Bilgisayar ve elektronik mühendisliği bölümlerinde akıllı sistemlerin donanımına yönelik dersler açmak,
- 3) Yüksek Lisans düzeyinde akıllı sistemler tasarımına ait programlar açmak,
- 4) Endüstrideki mühendislere eğitim vermek üzere kurslar düzenlemek,
- 5) Lisans düzeyinde akıllı sistemler mühendisliği derecesi verecek öğretim yapmak.

Bölümümüz ders programında, programlama becerileri, algoritma, yazılım geliştirme ve donanım geliştirme olarak genel ve temel alanda öğretim yaparken aşağıdaki dersler verilmektedir.

Matematik ve Fen dersleri olarak; Birinci ve İkinci sınıfta; matematik I-II, fizik I-II, lineer cebir, diferansiyel denklemler, ayrık matematik, nümerik metotlar, istatistik ve olasılık verilir. Bilgisayar Donanımına yönelik Dersler olarak; Elektrik devreleri, Sayısal Sistemler, Mikroişlemci Sistemleri, Akıllı Sistemler ve Ortamlar, Bilgisayar Organizasyonu ve Mimarisi Bilgisayar Ağları, Gömülü Sistemler, Sinyaller ve Sistemler, Sayısal İşaret İşleme, Sayısal Görüntü İşleme, Robotik, Paralel programlama ve seçmeli dersler vardır.

Bilgisayar yazılıma yönelik dersler olarak; Bilgisayar Programlama I-II-III(Java, C), Veri yapıları, Algoritma analizi ve tasarımı, İşletim Sistemleri, Veri tabanı Yönetim Sistemleri, İleri Programlama Teknikleri, Yazılım Mühendisliği, İnsan Bilgisayar Etkileşimi, Biçimsel Diller ve Otomatlar, Veri Madenciliği, Oyun yazılımı Geliştirme, İleri Programlama Dilleri, Yapay Zeka, Çokluortam Yazılım Geliştirme ve seçmeli dersler bulunmaktadır.

Kültür Dersleri olarak; Türkçe, Tarih, Bilgisayar Etiği, Mühendislikte sözlü ve yazılı iletişim ve 6 adet daha seçmeli ders vardır.

Dünyada pek çok firma gömülü işlemci olarak ARM işlemcisini kullanmaktadır. RISC türü mikroişlemci yapısına sahip olan ARM işlemcisi pek çok işlemci, denetleyici ve gömülü işlemcilerin imalatında çekirdekte yer almaktadır. Birçok akıllı sistemde kullanılan işlemci genel olarak ARM tabanlıdır. ARM işlemcisi çekirdek olarak pek çok yerde giderek yaygın kullanıma sahasına kavuşmaktadır. Bu nedenle ARM tabanlı işlemciler derslerde teorik ve uygulamalı olarak öğretilmektedir. Böylece mezunlarımız Akıllı sistemlerin tasarımı konusunda bilgi ve beceri yönünden tasarım yapmaya

hazır olacaktır. Ayrıca aşağıda isimleri verilen her derste mutlaka bir proje yaptırılacaktır.

Müfredatımızdaki derslerden mikroişlemci sistemleri, Akıllı Sistemler ve Ortamlar, Bilgisayar Organizasyonu ve Mimarisi Bilgisayar Ağları, Gömülü Sistemler, Robotik Sistemler derslerinde gerek teorik gerekse laboratuvar uygulamalarında aşağıda ayrıntılı olarak açıklanan MyRIO kartı kullanılacaktır.

2.3 Bilgisayar Mühendisliği Bölüm Laboratuvarları

Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde kurulmuş olan laboratuvarlar;

- Yazılım Laboratuvarı 40 adet bilgisayar
- Bilgisayar Laboratuvarı 32 adet bilgisayar
- Yazılım geliştirme ve Test Laboratuvarı 32 adet bilgisayar ve 2 adet sunucu.
- Gömülü ve Akıllı Sistemler Laboratuvarı
- Elektronik Laboratuvarı.

Bu laboratuvarlar dışında yakın gelecekte kurmayı planladığımız laboratuvarlarımız;

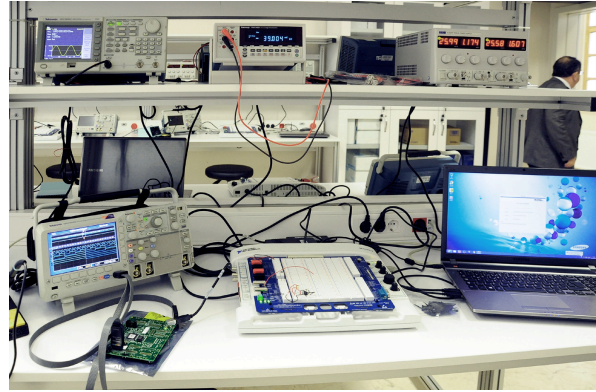
- İşletim Sistemleri ve Bilgisayar Ağları Laboratuvarı
- Bilgisayar Sistemleri Araştırma ve Geliştirme Laboratuvarı.

2.4 Gömülü ve Akıllı Sistemler Laboratuvarı

Gömülü sistemler ve akıllı sistemler laboratuvarı, bildirim giriş kısmında açıklanan Gömülü İşlemciler/Sistemler, Nesnelerin/Herşeyin İnterneti, Nesnelerin/Herşeyin WEBi sistemleri ile Sayısal Sistemler, Mikroişlemci Sistemleri, Gömülü Sistemler, Akıllı Nesneler ve Ortamlar, Bilgisayar Mimarileri, FPGA gibi konuların ve sistemlerin deney, araştırma, geliştirme, tasarım ve testleri için hem lisans hem lisansüstü derslerin uygulamalarında, tezlerde, araştırma projelerinde kullanılmaktadır. Laboratuvarında ARM tabanlı işlemcilerin öğretim-egitimi temel alınmış olup, deney setlerindeki tüm donanım ve yazılımlar en son teknoloji olup, ölçü aletleri ile bilgisayarlar USB üzerinden doğrudan iletişim kurmaktadır. Bölümümüzdeki bu laboratuvarında Şekil 4 de görüleceği gibi deney setleri, ölçü aletleri, donanım ve yazılımlar bulunmaktadır.

- LABVIEW, MULTISIM yazılımları (National Instruments)
- 13 adet MyRIO (FPGA sistem ve ARM CORTEX A9 işlemci) deney kartı (National Instruments)
- 12 adet SPARTAN 3E FPGA deney kartı (National Instruments)
- 12 adet ARM M0 deney kartı ve yazılımı (ARM)
- 12 adet ELVIS deney sistemi (National Instruments)
- 12 adet Sinyal Dijital Osiloskop, Tektronix MSO2012B, 16 dijital kanallı

- 12 adet Fonksiyon Jenatörü, Tektronix AFG3021C, 25 MHz
- 12 adet, Dijital Multimetre, Tektronix DMM4020
- 12 adet, Güç kaynağı, TTI EL302RT, 2x30V/3A, 5V/3A, Üç bağımsız çıkış
- 13 adet Bilgisayar Samsung, CPU:I7, 8GB

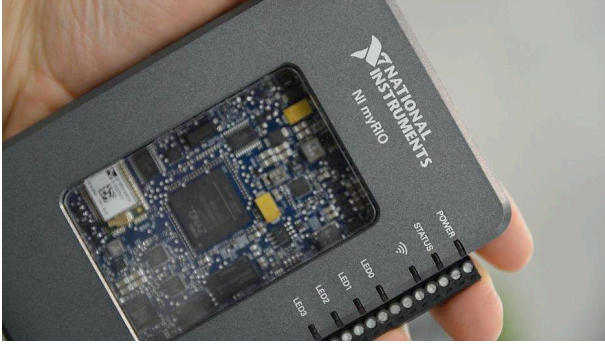


Şekil. 4. Bölümdeki Gömülü ve Akıllı Sistemler Laboratuvarı

Bölümümüz müfredatına “Tasarım Yazılımlar” dersi 2 saat teori 2 saat uygulama olarak LABVIEW ve MULTISIM programlarının çok iyi bir şekilde öğretilmesi planlanmıştır. Bu programları kullanarak sistem geliştirme ve tasarım yapmaları öğrencideki ilgiyi, beceriyi, verimi ve başarıyı olumlu yöne etkileyecektir.

Gömülü ve akıllı sistemler laboratuvarında LABVIEW ve Multisim yazılımları ile, NI firmasının çok yeni geliştirilen myRIO adındaki kartlar kullanılarak deneyler ve projeler yapılmaktadır. Şekil 5 de görülen MyRIO kartında XILINX firmasının Xilinx Zynq®-7000 platformu kullanılmıştır. Bu platform ARM firmasının CORTEX A9 işlemcisi merkezli olup, ARM işlemcisi ve FPGA birlikte olduğu tek yonga içerisinde yazılım, donanım ve Giriş/Çıkış programlanabilmesini de içeren bir sistemdir.

Derslerimizin ilk haftalarında KEIL firmasının ARM işlemcisi eğitimi için geliştirilmiş simülör programı ile öğrencilere deneyler yaptırılmaktadır. Böylece ARM işlemcisi register yapısının kullanıldığı assembler ile programlama yapan öğrenciler, işlemci yapısını daha iyi kavramaktadır. Daha sonraki haftalarda ve derslerde myRIO platformu için hem LABVIEW programı hem de C dili ile program yazarak çeşitli akıllı sistem uygulamaları için deney yapmaktadır. Şekil 5’de myRIO kartı görülmektedir.



Şekil 5. myRIO deney kartı

3. SONUÇ

Dünyada akıllı sistemlerin eğitimi için yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Bunlar genelde bir bölüm olarak değil bazı seçmeli dersler ile yapılmaktadır. Akıllı dünya, akıllı şehirler, akıllı cihazlar, akıllı şebekeler ve pek çok alanda akıllı sistemler İnternet üstünden iletişim kurarak hayatımıza girmiş ve farklı amaçlarla girmeye devam edecektir. Bu sistemlerin ülkemizde geliştirilmesi, tasarlanması ve üretimi öncelikli olarak sorun olacaktır. Bu sorunun en önemli kaynağı bu alanda yetişmiş bilgi ve beceriye sahip kaliteli mühendislere ihtiyaç olacaktır. Üniversitelerimizde endüstri ile işbirliği yaparak bu konuda öğretme öncelik verecek destek YÖK ve devlet tarafından karşılanmalıdır. YÖK bu alanda Lisans derecesi veren bölümlerin açılması için teşvik etmelidir.

4. KAYNAKÇA

- [1] Gubbi, Jayavardhana, et al. "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions." Future Generation Computer Systems 29.7: 1645-1660, 2013.
- [2] Jensen, Jeff C., Edward A. Lee, and Sanjit A. Seshia. "An introductory capstone design course on embedded systems." Circuits and Systems (ISCAS), 2011 IEEE International Symposium on. IEEE, 2011.
- [3] Jackson, David Jeff, and Paul Caspi. "Embedded systems education: future directions, initiatives, and cooperation." ACM SIGBED Review 2.4): 1-4, 2005
- [4] Ricks, Kenneth G., David Jeff Jackson, and William A. Stapleton. "An embedded systems curriculum based on the IEEE/ACM model curriculum." Education, IEEE Transactions on 51.2: 262-270, 2008
- [5] Kortuem, Gerd, et al. "Educating the Internet-of-Things generation." Computer 46.2: 53-61. 2013
- [6] Taha, Walid, et al. "A First Course on Cyber Physical Systems." Workshop on Cyber-Physical Systems Education (CPS-Ed). 2013.
- [7] Smith, Ian G., ed. The Internet of Things 2012: New Horizons. CASAGRAS2, 2012.
- [8] Tarkoma, Sasu, and Heikki Ailisto. "The internet of things program: the finnish perspective." Communications Magazine, IEEE 51.3: 10-11, 2013
- [9] Gubbi, Jayavardhana, et al. "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future

- directions." Future Generation Computer Systems 29.7: 1645-1660. 2013.
- [10] Smith, Ian G., ed. The Internet of Things 2012: New Horizons. CASAGRAS2, 2012.
- [11] Hype Cycle for Emerging Technologies, Gartner, 2013 <http://www.gartner.com/newsroom/id/2575515>
- [12] Damevski, Kostadin, et al. "Teaching cyber-physical systems to computer scientists via modeling and verification." Proceeding of the 44th ACM technical symposium on Computer science education. ACM, 2013.
- [13] Marc Weiss, John Eidson, Charles Barry, Leon Goldin, Robert A. Iannucci, Edward Lee, and Kevin Stanton., "The Case for Cross Disciplinary Research on Time Aware Applications, Computers and Communication Systems (TAACCS)." A White Paper, September 18, 2013 Available from <http://tf.nist.gov/seminars/WSTS/TAACCS/>
- [14] Sztipanovits, Janos, et al. "Introducing embedded software and systems education and advanced learning technology in an engineering curriculum." ACM Transactions on Embedded Computing Systems (TECS) 4.3 (2005): 549-568.
- [15] Platzer, André. "Teaching CPS Foundations With Contracts." (2013): 7-10.
- [16] Taha, Walid, et al. "A First Course on Cyber Physical Systems." Workshop on Cyber-Physical Systems Education (CPS-Ed). 2013.