

EĞİTİM AMAÇLI BİR MİKROİŞLEMCİ SİMÜLATÖRÜ

Tuncay UZUN

Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, İstanbul / Türkiye

Öz: Günümüzde, her alanda amaçlanan hedefe ulaşmak için araç olarak kullanılan mikroişlemcilerin donanım ve yazılım özelliklerinin öğrenilmesi için mühendislik eğitiminde simülatör (benzetim) programları kullanılır. Kişisel bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ve yaygınlaşmasıyla değişik mikroişlemcilerin donanım ve yazılım özelliklerine benzeyen etkileşimli simülatör programlarının gerçekleştirilmesine olanak sağlamıştır. Eğitim amaçlı simülatör yazılımları ekonomiktir ve kullanımı genellikle kolaydır. Gerçek çalışma ortamında karşılaşılan maliyeti yüksek olan donanımlar yerine zaten sahip olunan kişisel bilgisayar ortamını kullanırlar. Ayrıca gerçek ortamda ihtiyaç duyulan ölçme ve kontrol cihaz desteğine ihtiyaç duymazlar. Mikroişlemci Simülatörleri, genellikle kullanıcıların bir mikroişlemci yazılımı üzerinde bilgisayar ortamının gücünü kullanmalarını, tasarım yapmalarını ve bir sorunu analiz etmek için bir süreç ve ortam sağlar. Simülatör, simülasyonu yapılan mikroişlemciyi öğrenmek için etkileşimli bir eğitim-öğretim aracı olarak da hizmet eder. Mikroişlemci Simülatör yazılımları fonksiyonel veya gerçek mod çalışma şeklinde çalışmak üzere tasarlanır. Eğitim amaçlı simülatör programları genellikle fonksiyonel çalışma şeklinde çalışırlar. Bu simülatör programları eğitim-öğretimi amaçlanan bir mikroişlemcinin temel özelliklerini öğrenmek için yeterlidir. Kişisel bilgisayar ortamı, bu tip simülatörler için gerek duyulan kelime işlemci, dosya okuma, kaydetme gibi destek programlarını da sağlar. Son kısımda, bir mikroişlemcinin donanım ve yazılım çalışmasını öğrenmeyi hızlandıran ve kolaylaştıran bir simülatör yazılımının işlevleri ve çalışması anlatılmıştır. Sonuç olarak gerçekleştirilen simülatör yazılımı ile diğer ticari amaçlı üretilen simülatör özellikleri karşılaştırılma yapılarak ortak temel önemli özellikler belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Simülatör, Simülasyon, Mikroişlemci Eğitimi

GİRİŞ ve KURAMSAL ÇERÇEVE

Günümüzde, her alanda amaçlanan hedefe ulaşmak için araç olarak kullanılan mikroişlemcilerin donanım ve yazılım özelliklerinin öğrenilmesi için mühendislik eğitiminde simülatör (simulator, benzetim) programları kullanılır. Kişisel bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ve yaygınlaşmasıyla değişik mikroişlemcilerin donanım ve yazılım özelliklerine benzer özellikte etkileşimli simülatör programlarının gerçekleştirilmesine olanak sağlamıştır¹.

Mikroişlemci Simülatörleri, genellikle kullanıcıların bir mikroişlemci yazılımı üzerinde bilgisayar ortamının gücünü kullanmalarını, tasarım yapmalarını ve bir sorunu analiz etmek için bir süreç ve ortam sağlar². Merkezi İşlem Birimi (Central Processing Unit, CPU) tümleşik devreleri, işlemci, mikroişlemci, mikrodenetleyiciler, vb. adlar ile üretilmektedir. Bu karmaşık akıllı tümleşik devreleri üreten veya tek yonga sistem (System on Chip, SoC) tümleşik devreleri veya bu devre elemanlarını kullanarak diğer ürünleri tek kart bilgisayar (Single Board Computer, SBC) şeklinde üreten, bunlara destek veren tasarım firmalarının, ücretli veya ücretsiz olarak üretilen ticari amaçlı simülatör yazılımları bulunmaktadır. Ancak bunlar tasarım yapan uzman mühendislere destek amacıyla üretilmiş karmaşık özelliklere sahip programlardır. Bu programlar üretilen karmaşık akıllı tümleşik devrelerin kullanımını, gerçek çalışma

¹ <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Simulation&oldid=1077476576>

² https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=CPU_Sim&oldid=1009047400

TAM METİN SÖZEL SUNUMLAR

ortamında karşılaşılan riskli durumlarda maliyeti yüksek olan donanımlar yerine kişisel bilgisayar ortamını kullanırlar. Ayrıca gerçek ortamda ihtiyaç duyulan ölçme ve kontrol cihazlarının desteğini verebilenleri de bulunmaktadır. Bu bir yandan kolaylık sağlarken yazılımın kullanımını karmaşık ve zor hale getirir. Oysa eğitim amaçlı simülatör yazılımları, eğitim-öğretim tecrübesi olan öğretmenler tarafından, pedagojik, ekonomik ve kullanımı genellikle kolay olarak üretilmiş programlardır. Çünkü bu programlar tasarlanırken ilgili mikroişlemcinin, gerekli olan en temel özelliklerini içeren basit bir modelini kullanılır. Simülatör, simülasyonu yapılan mikroişlemciyi öğrenmek için etkileşimli bir eğitim-öğretim aracı olarak da hizmet eder. Mikroişlemci Simülatör yazılımları fonksiyonel veya gerçek mod çalışma şeklinde çalışmak üzere tasarlanır. Eğitim amaçlı simülatör programları, mikroişlemci yazılımı benzeterek genellikle fonksiyonel çalışma şeklinde çalışırlar. Bu simülatör programları eğitim-öğretimi amaçlanan bir mikroişlemcinin temel özelliklerini öğrenmek için yeterlidir. Kişisel bilgisayar ortamı, bu tip simülatörler için gerek duyulan kelime işlemci, dosya okuma, kaydetme gibi destek programlarını da sağlar³ (Uzun, 2019; Besim, 2009-13).

SİMÜLATÖR YAZILIMLARI

Mikroişlemci temelli sistemler geliştirilirken, tasarlanan mikroişlemci temelli sistemin donanımını ve yazılımını gerçekleştirmek, fiziksel dünyaya aktarmak amacıyla tasarlanmış donanım ve yazılımlar kullanılır. Bu sistemler kullanıcının mikroişlemci temelli sistemin uygulama amacına yönelik geliştirilmesine olanak sağlayan yine kendisi de mikroişlemci temelli sistemlerdir. Donanım, yazılım ve bunların her ikisini de beraber geliştirebilen olmak üzere üç ana grupta toplanabilirler. Bunların içinde tek başına veya tümleşik olarak çalışan simülatör yazılımları vardır. Bu yazılımların içinde mikroişlemciye özel geliştirme amaçlı çevirici dilinden makine diline çeviriciler (assembler), C ve BASIC gibi yüksek seviyeli dillerden makine diline derleyiciler (compiler), gibi programları ayırık veya tümleşik olarak kullanılır. Bu yazılımlar genellikle tasarlanan programın bir kişisel bilgisayar ortamında çalışmasını, incelenmesini, hata ayıklanmasını (debug) sağlar (Uzun, 2019). Bazı simülatör yazılımları ücretsiz olarak sunulmakta, ancak bunların daha gelişmiş olanları ücretli olmakla beraber sınırlı özelliklerdeki öğrenci versiyonları da bulunmaktadır.

Günümüzde, en yaygın olarak kullanılan mikroişlemci yazılımı geliştirme araçları, tümleşik geliştirme ortamlarıdır (Integrated Development Environment, IDE)⁴. Bu yazılım C, BASIC, Pascal gibi yüksek seviyeli derleyicilerin dilinde yazılan karmaşık işlemlere sahip programları mikroişlemci diliyle birleştirip derleyerek kaynak kodu üzerinden koşturabilir, hata analizi için adım adım çalıştırabilir. Kullanılan değişkenlerin çalışma sırasında nasıl değiştiği izlenebilir (Uzun, 2019). Program belleğinden makine dili programın çalışması gözlenebilir. Kişisel bilgisayara bağlı donanım geliştirme araçlarıyla birlikte çalışarak mikroişlemcinin içinde tümleşik bulunan sistemin program belleği programlanabilir ve geliştirme veya uygulama sisteminin çalışması sağlanabilir. Yazılım ekranında bulunan durum satırında çalışma şekli, mikrodenetleyicinin modeli, program sayıcının değişen değeri, akümülatör yazmacı, durum kodu yazmacı bayrakları izlenebilir⁵.

Mikroişlemci temelli sistemin fiziksel giriş/çıkış birimleri de benzetimli olarak çalıştırılabilecek tümleşik geliştirme ortamlarında vardır. Böylece uygulama donanımı ve yazılımı birlikte denenebilir (Sistem

³ <https://teach-sim.com/>

⁴ <https://www.microchip.com/en-us/tools-resources/develop/mplab-x-ide#tabs>

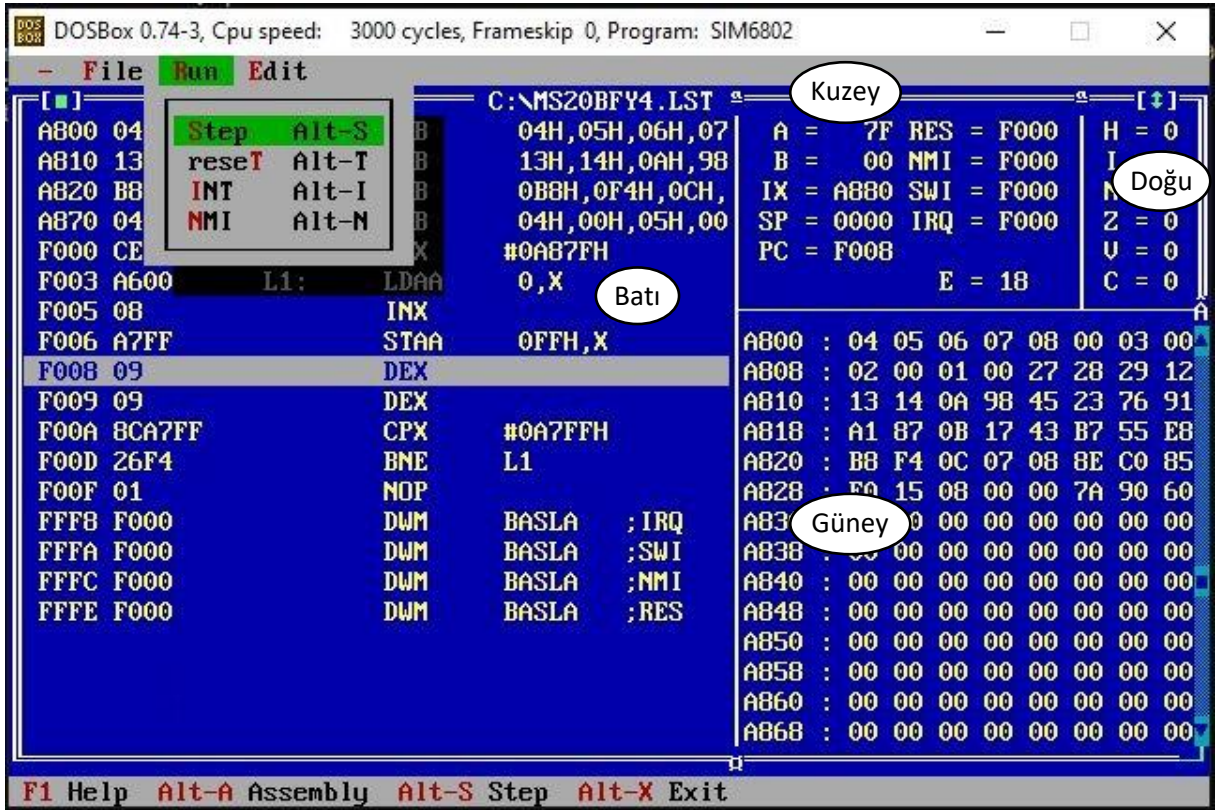
⁵ https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Computer_architecture_simulator&oldid=999426365

TAM METİN SÖZEL SUNUMLAR

Test), hataları ayıklanabilir (Debug) ve yazılımın gerçek çalışma zamanına (Real Time) uygun çalışması gözlemlenebilir⁶(Uzun, 2019; Besim, 2010).

EĞİTİM AMAÇLI BİR SİMÜLATÖR ve ÖZELLİKLERİ

Elektrik-Elektronik ve bilgisayar mühendisliği bölümlerinde, meslek derslerinde çeşitli mikroişlemci simülasyon yazılımları eğitim-öğretimde kullanılmaktadır. Burada uzun yıllar Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliğinde eğitim-öğretim amaçlı olarak kullanılan bir mikroişlemci CPU simülasyon yazılımı ele alınarak çalışma özellikleri ayrıntılı olarak anlatılacaktır. Mikroişlemci dilindeki bir programın, başka bir mikroişlemciye sahip olan kişisel bilgisayar ortamında çalışmasını sağlayan bu Simülasyon (Simulator) programının ekran görüntüsü Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1. Mikroişlemci eğitimi için kullanılan bir simülasyon yazılımı

Simülasyon programı, daha kararlı ve hızlı çalışan nesne yönelimli Pascal derleyici tabanlı "Turbo Vision" yazılım ortamında gerçekleştirilmiştir. DOSBox ortamında "Z:\>mount C C:\SIM6802" komutunun ardından "C:" VE "SIM6802" komutları çalıştırıldığında Şekil-1’de verilen simülasyon programı ekranı açılır⁷.

Simülasyonu kurma, denetleme ve gözlemlemeyi kolaylaştırmak için bütün işlevler tek ekrana yerleştirilmiştir. Ekran Batı, Güney, Doğu ve Kuzey olarak adlandırılmış dört ayrı bölüme oluşuyor. Hangi bölümde işlem veya değişiklik yapmak isteniyorsa önce ilgili bölüm aktif edilmelidir. Aktif edilecek

⁶ <https://www.labcenter.com/>

⁷ <http://www.tuncayuzun.com/simulat.htm>

TAM METİN SÖZEL SUNUMLAR

bölüm üzerinde farenin sol tuşuna basılarak veya klavyeden <Tab> tuşuyla bir bölümden diğerine geçilerek aktif bölüm seçilebilir. Ekran üzerinde değişiklik yapılabilecek yerlerde Fare desteği sağlanmıştır. Fare değişikliği yapılacak yerin üzerindeyken sol tuşuna basılırsa imleç oraya taşınır (Uzun, 2019).

Batı bölümünde, mikroişlemci dilinde editörde çevirici diline uygun olarak yazılan kaynak dosyasının Çevirici (Assembler) programları ile derlenerek elde edilmiş olan program listesi çıkış dosyası görüntülenir. İşletilmekte olan komut satırı ekranda Batı bölümünde üzerinde beyaz bir şerit ile belirtilir. Ayrıca yukarı ve aşağı ok tuşlarıyla, işletilmekte olan program satırlarının üst ve alt kısımları görülebilir. **Doğu** bölümünde durum kodu yazmacı bitleri, bayraklar bulunmaktadır. Bu bayraklar sırasıyla yarım elde (**Half Carry**), kesme (**Interrupt**), eksi (**Negative**), sıfır (**Zero**), taşma (**oVerflow**) ve elde (**Carry**) bayraklarıdır. Bayrakların ilk değerleri sıfırdır. Program sırasında istenirse bayrakların durumu klavye veya fare kullanılarak değiştirilebilir. **Güney** bölümünde bellek haritasının içeriği görüntülenir. Bellek büyüklüğü 6802'nin adresleyebileceği en büyük bellek miktarı olan 64 K Bayt dır. Bellekteki değerlerin onaltılık (hex) karşılıkları bulunur. Home tuşuyla satırbaşına gidilir. Satır başlarında bellek adresleri verilmiştir. Her bir satırda, verilen adresten başlayarak sekiz adresteki veri bulunmaktadır. Adres değeri üzerinde değişiklik yapılarak istenilen adres bölgesi ekrana çıkarılabilir. Gerekğinde bellek üzerindeki bilgilerde veri değişikliği yapılabilir. Eğer yapılan değişiklik program belleğinde ise program yeni makine dili kodlar gözetilerek işletilecektir. Bellek içerikleri, yukarı ve aşağı tuşlarıyla satır satır, PageUp ve PageDown tuşlarıyla sayfa sayfa izlenebilir. Ctrl-PageUp ile bellek başına (0000H) adresine, Ctrl-PageDown ile bellek sonuna (FFFFH) adresine gidilir. Sağ ve sol ok tuşlarıyla imleç sağa ve sola hareket ettirilebilir. End tuşuyla satır sonuna gidilir. **Kuzey** bölümünde 6802 mikroişlemcisi için sistem saati çevrim sayısı (**E**), yazmaç ve vektör değerleri görülür. Burada **A** Akümülatör A, **B** Akümülatör B, **IX** dizin yazmaç (**IndeX Register**), **SP** yığın işaretçisi (**Stack Pointer**), **PC** program sayıcısı (**Program Counter**), **RES** yeniden başlat (**RESet**) vektörü, **NMI** örtülemez kesme (**Non-Maskable Interrupt**) vektörü, **SWI** yazılım kesmesi (**SoftWare Interrupt**) vektörü ve **IRQ** örtülebilir kesme isteği (**Interrupt Request**) vektörüdür. Vektörlerin ilk değerleri çevirici kaynak dosyasında belirtilen şekilde bellekten veya vektör adreslerinin içerikleri değiştirilerek yüklenebilir. Akümülatörler, dizin yazmacının ve yığın işaretçisinin ilk değerleri sıfırdır. Eğer önceden belirtilmediyse vektörlerin ilk değerleri sıfır olarak yüklenir. Program çalıştırılmadan önce veya adım adım çalıştırılma sırasında program sayıcısı değiştirilerek program istenilen adresten çalıştırılabilir. **Run** menüsünde bulunan alt başlıklar; **Step**, **reseT**, **INT**, **NMI**. **Step** başlığı simüle edilen programı adım adım işletilir. **reseT** başlığı programı en baştan işletmeye başlar. **INT** örtülebilir kesme, **INT** örtülemez kesme üretir⁸.

SONUÇ

Bir mikroişlemcinin donanım ve yazılım çalışmasını öğrenmeyi hızlandıran ve kolaylaştıran eğitim amaçlı bir simülatör yazılımı tasarlanmıştır. Elektronik mühendislerinin yaygın olarak tasarladığı sistemlerde kullandığı mikroişlemcilerin en temel yazılım ve donanım özelliklerini, pedagojik biçimde öğrenmeyi sağlayan bir mikroişlemci simülatör yazılımı gerçekleştirilmiştir. Bu simülatör yazılımının işlevleri ve çalışması, gerekçeleriyle ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Sonuç olarak, gerçekleştirilen simülatör yazılımı ile diğer ticari amaçlı üretilen simülatör özellikleri karşılaştırılarak ortak temel önemli özellikler belirlenmeye çalışılmıştır.

⁸ <http://www.tuncayuzun.com/simulat.htm>

TAM METİN SÖZEL SUNUMLAR

Lisans ve lisansüstü elektrik-elektronik mühendisliği eğitim-öğretim uygulamalarında, mikroişlemci sistemlerinin temel kavramlarının eğitimi ve öğreniminin büyük bir bölümünde bilgisayar destekli etkileşimli olarak çalışan mikroişlemci donanımı ve yazılımı simülatör yazılımlarının kullanıldığı görülmektedir. Ancak bu konuda öğrenme ilerlemesinin gelişimini bilgilendirebilecek anlayış ve becerileri belirlemek için mühendislik eğitimi alanında sınırlı çalışma vardır. Bu nedenle bu tür bilgiler için uygun bir kaynak, araştırma ve yenilik için bu konuda kapsamlı deneyime sahip mühendislik uzmanlarının farklı görüşlerini dikkate almak için, bu çalışmanın devamında endüstrideki uzman mühendisler ve akademideki tecrübeli öğretim elemanları arasında bir araştırma yapılması faydalı olacaktır. Bu araştırma sonuçlarından yararlanılarak mühendislik lisans programlarında, en gerekli simülatör özelliklerini belirlemenin yanı sıra, uygun sunum stratejileri ve öğretim yöntemleri de belirlenebilir.

KAYNAKÇA

Uzun, T., (2019). Mikroişlemci Sistemleri, EFEAKADEMİ, ISBN 9786052308714.

Besim M., (2009). An Integrated Approach to Effective Computer Architecture Learning by Simulation, Computer Science.

Besim M., (2010). Evaluating A System Simulator For Computer Architecture Teaching And Learning Support, Innovation in Teaching and Learning in Information and Computer Sciences. Taylor & Francis, Vol.9, 100-104.

Besim M., (2013). YASS: A system simulator for operating system and computer architecture teaching and learning, European Journal of Science and Mathematics Education Vol. 1, No. 1, 2013 34-42

İNTERNET KAYNAKLARI

https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=CPU_Sim&oldid=1009047400 (E.T. 05.04.2022)

https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Computer_architecture_sim... (E.T. 05.04.2022)

<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Simulation&oldid=1077476576> (E.T. 06.04.2022)

<http://www.tuncayuzun.com/simulat.htm> (E.T. 07.04.2022)

<https://www.microchip.com/en-us/tools-resources/develop/mplab-x-ide...> (E.T. 07.04.2022)

<https://www.labcenter.com/> (E.T. 07.04.2022)

<https://teach-sim.com/> (E.T. 07.04.2022)