Gömülü Sistemler ve Uygulama Alanları

Ahmet KAYA

Dicle Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Diyarbakır

ahmet.kaya@ege.edu.tr

Özet: Televizyon, buzdolabı, çamaşır ve bulaşık makinaları, motorlu taşıtlar, cep telefonu, dijital fotoğraf makinaları, gelişmiş oyuncaklar ve benzeri bir çok cihaz, gömülü sistem başlığı altında incelenir. Bu araçların herbiri kendi başına bir sistem olmasına rağmen, bir çok sistemin bileşimi olarak da düşünülebilir. Bir otomobilin motor sistemi, fren sistemi, elektrik aksamı ve diğer benzer aksamları gibi bir çok alt sistem de gömülü sistem olarak kabul edilir. Bu çalışmada gömülü sistemler ve uygulama alanları araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gömülü Sistem, İşletim Sistemi, Sistem Kavramı

Embedded Systems and Its Application Areas.

Television, refrigrator, washing machine, dishwasher, motor vehicles, pocket phone, digital cameras, developed toys, and other devices are investigated as embedded systems. Although each of this systems can be describe whole system, it can be considered as composotion of a number of systems. A motor system of car, brake system, electrical system, a spare part of car are accepted as embedded system. In this study, embedded system and its application areas are investigated.

Key words: Embedded System, Operating System, System Concept.

1. Giriş

Gömülü sistem; bir ana yada alt sistem olarak birden fazla işlevin aynı elektronik kart üzerinde entegre hale getirilmesi ile bir mekanik hareketi gerçekleştiren sistemler biçiminde tanımlanabilir. Kayda değer ilk gömülü sistemin MIT Instrumentation Laboratory'de Charles Stark Draper tarafından geliştirilen Apollo Guidance Computer olduğu ileri sürülmektedir. İlk kitlesel gömülü sistemin üretimi 1961 yılında Minuteman Füzesi için yapılan Autonetics D-17 Bilgisayarı oldu. 1966 Yılında Minuteman-II üretildiğinde birimlerin fiyatları 1000 $'dan 3 $'a düşürülmüş ve bu durum ticari faaliyetlerin başlangıcı olmuştur [5].

Gömülü sistemlerde genelde nispeten yavaş işlemciler ve basit bir bellek kullanılır. Bunun en önemli sebebi maliyetin düşük olmasını sağlamaktır. Özellikle ticari faaliyetlerde sisteminin mimarisi sadeleştirilerek ve basitleştirilerek maliyetleri düşürmek için gömülü sistemler kullanılır. Gömülü sistemler; yüzde yüz güvenilir, hata yapmayan, yıllarla ölçülebilen uzun zaman periyodlarında çalışabilecek şekilde tasarlanır. Bu sistemler üzerinde kullanılan yazılımların önemi çok büyüktür. Mikroişlemci dendiği zaman ilk akla gelen şey bilgisayar olmaktadır. Oysa, bilgisayarlarda kullanılan mikroişlemcilerin sayısı hali hazırda dünyada kullanılan mikroişlemcilerin ancak yüzde 2'si kadardır, geri kalan yüzde 98'lik kısmının kullanıldığı birimler gömülü sistemlerdir. Dünyada bir yılda ortalama 5 milyar mikroişlemci piyasaya sürülmektedir. Bu sistemlerin bir kısmı fabrikalarda kullanılan makinalarla entegre biçimdedir, diğer bir kısmı ise günlük

hayatta kullanılan araçlara entegre biçimdedir. Bunlardan bazıları televizyon, buzdolabı, motorlu taşıtlar, cep telefonu, dijital makinalar, gelişmiş oyuncaklar ve benzerleridir [3].

Bu araçların herbiri kendi başına bir sistem olmasına rağmen, bir çok sistemin bileşimi olarak ta düşünülebilir. Bir otomobilin motor sistemi, fren sistemi, elektrik sistemleri de alt sistemler olarak düşünülebilir. Her bir alt sistem, kendi içinde daha da küçük sistemlere bölünebilir. Konuya alt sistemler açısından bakıldığında, her bir sistem daha büyük bir sistemin içerisine yerleşmiş ya da gömülmüştür. Esasında gömülü sistem kavramı da buradan gelmektedir. Örneğin, bir otomobilin fren sistemi bir gömülü sistemdir, çünkü fren sistemi otomobil ana sisteminin içine gömülmüştür. Günümüzde gömülü sistemlerin daha gelişmiş olması gereken mikroişlemciler ile sistemleri kontrol etme eğilimi çok yaygındır ve bu istek büyük bir hızla yayılmaktadır. Bu eğilimi görmenin en kolay yolu mikroişlemcilerin bilgisayar dışında kullanıldığı sistemlere bakmaktır. Bu sistemlerin çoğu gömülü sistemlerdir. Gömülü sistemlerin mikroişlemci kullanılanları hem donanım hem de yazılım unsurları içerirler. Mikroişlemciler ve onun bağlı olduğu elektrik, elektronik, mekanik vs. alt sistemler, donanımı oluştururlar. Yazılım ise sistemin belleğine yüklüdür. Mikroişlemci, yazılımı bellekten okur, O'nu yorumlar ve çalıştırır. Bir gömülü sistemin kullandığı mikroişlemcilerin sayısı genelde bu sistemin karmaşıklığı ya da sahip olduğu alt sistemlerin sayısı ile doğru orantılı olarak artar. Gömülü sistemlerin tek mikroişlemcili olanları da vardır, bunlar genelde basit olanlardır. Yani 4-bitlik ya da 8-bitlik olan mikroişlemciler daha yaygındır. Buna rağmen genel eğilim, gömülü sistemlerin yaptıkları işlerin çokluğunda ve karmaşıklığındaki artışlara paralel olarak, 16-bitlik ve 32-bitlik mikroişlemcilerin kullanımına yöneliktir.

2. Gömülü Sistem Örnekleri

-Atm ihazları (automatic teller machines)

-Cep telefonları

-Network ekipmanları (router, firewall vs.)

-Bilgisayar yazıcıları

-Disk sürücüler

-Motor denetleyici abs sistemleri

-Ev otomasyonu ürünleri (termostat, klima, güvenlik sistemleri)

-Elektronik ev eşyaları (mikrodalga fırın, çamaşır makinasi, tv, dvd player)

-Savunma sistemleri, uçaklarda ve füzelerde kullanılan uçuş kontrol sistemleri

-Medikal ekipmanlar

-Ölçüm sistemleri (osiloskop, spektrum anizörü, enerji analizörü)

-Endüstriyel otomasyon ve izleme sistemlerindeki PC'ler -Playstation tarzı oyun konsolları [4].

Şekil-1, Bilgisayar Kontrollü Endüstriyel Robot.

Gömülü sistemleri yazılım ve donanım kısıtlarına rağmen genelde gerçek-zamanlı (real-time) çalışırlar. Bu sistemlerde; işletim sistemi, disk sürücü, klavye yada ekran gibi çevre birimleri bulunmaz. Bir flash sürücü mekanik olarak dönen bir disk sürücüsünün yerini, basit bir keypad, bir klavyenin yerini, küçük

bir LCD'de PC'deki ekranın yerini alabilir. Gömülü donanımlarda çalışan yazılımlara firmware adı verilir. Bu türden yazılımlar ROM ya da Flash bellek ya da tümleşik devre yongası içerisinde yüklü bir biçimde kullanılır. Gömülü sistemler; yüzde yüz güvenilir, hata yapmayan, yıllarla ölçülebilen uzun zaman periyodlarında çalışabilecek şekilde tasarlanır. Bu sistemlerde kullanılan yazılımın önemi çok büyüktür. Donanımdaki hatalar kolaylıkla tespit edilirken, firmware hataları daha zor bir biçimde tespit edilir. Ayrıca yazılımın donanımı tekrar başlatma (reset/restart) özelliği mutlaka bulunmalıdır. Çünkü gömülü sistemler insanların ulaşamayacağı yerlerde çalışmak zorunda olabilir (petrol kuyusu içindeki bir sistem yada bir uzay aracındaki veya uydudaki bir sistem gibi). Yıkıcı bir veri bozulması durumunda firmware kırılabilir ve sistem durabilir. Bu gibi durumlarda genelde yazılımdaki önlemlerin yanı sıra yazılımı destekleyen donanımsal bazı restart sistemleri geliştirilmiştir. Bekçi köpeği zamanlayıcısı (watchdog timer) yazılımdan gelen bir hata durumunda sistem yeniden başlatılarak prosesin aksamasını önlemektedir.

Daha genel bir gömülü sistem konfigrasyonu ise yonga üzerindeki sistemlerdir. Bir uygulamaya özel tümleşik devre (Application-Specific Integrated Circuit/ASIC), ASIC, Integrated Circuit (IC) tasarımına üstün özelliklerin dahil edilerek üretilmesiyle elde edilen işlemcidir. Bilgisayar programcıları gibi gömülü sistem tasarımcıları da derleyici, assembler ve hata ayıklayıcılar kullanırlar. Bu yazılım araçları pek çok kaynaktan elde edilebilir, özelleşmiş yazılım firmalarından, yazılım geliştirme araçlarından port edilerek ya da gömülü sistemdeki işlemci bilgisayarının bir türevi ise geleneksel yazılım araçları kullanılır. Gömülü sistemlerin genelde özelleşmiş işletim sistemleri bulunabilir. Bunlara gerçek-zamanlı işletim sistemleri (Real Time Operating System-RTOS) adı verilir. Hata ayıklama genelde dahili devre emulatorü (In-Circuit Emulator/ICE) veya mikro denetleyicinin dahili mikrokodlarına kesme yapabilen bazı ayıklayıcılarla yapılır. Gömülü sistemlerin tasarımlarında mikroişlemci yada mikro denetleyici kullanılır. Her gömülü sistemde bir başlangıç kodu (Start-up Code) bulunur. Bu kod, açılış esnasında kesmeleri devre dışı bırakır, elekronik sistemi yapılandırır, bilgisayar sistemini (RAM, CPU ve yazılımları) test eder ve ardından uygulama yazılımının kodlarını başlatır. Kısa zamanlı besleme hatalarından dolayı, gömülü sistem kendini tekrar başlatır. Genelde yeniden başlatma işlemi saniyenin onda biri kadar bir sürede gerçekleşmelidir.

3. Gömülü İşletim Sistemleri

Gömülü sistemlerin aktive edilmesini sağlayan özel amaçlı işletim sistemleri bulunmaktadır. Bu işletim sistemleri aşağıdaki başlıklarda incelenir[6] :

1. Ecos
2. freeRTOS
3. Gömülü Linux
4. JavaOS
5. LynxOS
6. Mobilinux
7. NucleusRTOS
8. PalmOS
9. Prex
10. VxWorks
11. Windows XP Embedded

Yukarıda isimleri verilen işletim sistemlerinin her biri farklı işlevleri yerine getirmek amacıyla geliştirilmiş sistemlerdir. Özellikle donanım teknolojisindeki hızlı gelişmelerle birlikte, özellikli işletim sistemleri sayesinde aktif hale gelen akıllı cihazlarla sıklıkla karşılaşılır. Gömülü aygıtlar (Embedded Devices) olarak

adlandırılan bu sistemler yaptıkları işin kapsamına göre özelleştirilmiş işletim sistemleri kullanmaya gereksinim duyarlar. Bu türden aygıtlar için geliştirilen özel işletim sistemleri pazarı şimdilerde büyük bir gelişmeyle karşı kaşıyadır. Bu yenilik kısaca Linux olarak isimlendirilir. Gömülü sistemlerde kullanılmak üzere geliştirilmiş pek çok ticari ve ticari olmayan işletim sistemi bulunmakla birlikte standartları oturmuş, halihazırda on binlerce uygulamayı barındıran komple bir işletim sistemi olarak Linux'un yakın gelecekte bu pazarda çok yoğun bir şekilde kullanılacağı düşünülmektedir. Bu alanda Linux İşletim Sistemi Linus Torvalds tarafından 1991 yılında ilk tanıtıldığında ancak bir işletim sisteminden beklenen en temel özellikleri yerine getirebiliyor ve sadece Intel-x86 mimarisinde çalışıyordu. 2003 yılında ise Linux çok sayıda mimariye taşınmış ve kaynak kodunun büyüklüğü yüksek boyutlara ulaşmıştır. Modüler ve güçlü yapısı, özelleştirilmeye uygunluğu ve kaynak kodunun açık olması gibi özellikleriyle Linux, gömülü işletim sistemleri pazarında da giderek artan bir yoğunlukla kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan tahminler ve piyasa araştırmaları sonuçları çok yakın gelecekte gömülü işletim sistemleri pazarına hitap eden ürünlerin büyük oranda Linux tabanlı olacağı yönündedir [2].

Gömülü sistemler için özel bir işletim sistemi geliştirme çalışması çok zor süreçleri içermektedir. Yazılan kodların çok sayıda kişi veya grup tarafından test edilmesi gerekir. Ancak özel bir işletim sistemi çekirdeği kullanıldığından test edebilecek kişi sayısı olması gereken sayının çok altında olacaktır. Ayrıca benzer işlemler için sıfırdan bir işletim sisteminin geliştirilmesi zaman ve para kaybına yol açar. Bir örnek vermek gerekirse, eğer sisteminizde internet protokol takımı adı da verilen (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) (TCP/IP) yığıtı kullanılacak ise, yeni geliştirilen çok sayıda kişi tarafından test edilme fırsatı bulamayan bir işletim sistemi mutlaka ciddi hataları kendi TCP/IP yığıtı içerisinde barındırabilir. Oysa aynı işlem Linux ile gerçekleştirilmeye çalışıldığında, TCP/IP yığıtından kaynaklanan bir hata çıkma olasılığının çok düşük olacağı kesindir.

Gömülü sistemler için Linux kullanımının, sadece alt katmandaki çekirdeğin sağlamlığı açısından değil, üzerinde çalışan ve yeni geliştirilmekte olan uygulamaların çokluğu yönünden de ciddi getirileri vardır. Kaynak kodu açık ve bu nedenle özelleştirmelere çok müsait binlerce programa her geçen gün artan bir hızla yenileri de eklenmektedir. Üstelik bu programlar da tüm dünyada çok sayıda kişi tarafından kullanıldığından karşılaşılacak hata sayısı az sayıda olması muhtemeldir.

4.Gömülü Yazılım Mimarileri

4.1. Kontrol Döngüleri :

Şekil-2, Bilgisayar Kontrollü Endüstriyel Robot.

Yazılım mimarilerinin bu türden tasarım metodunda yazılımın basit bir döngüsü bulunur. Bu döngü ilişkili alt rutinleri çağırır. Her bir alt prosedür yazılımın veya donanımın bir parçasını yönetir. Kesmeler, yazılımın kalan kısmı tarafından okunan sayaçları veya bayrak değişkenlerini değiştirirler. Basit bir Yazılım Programlama Arayüzü (Application Process Interface-API) , kesmeleri aktif veya

pasif yapar, içiçe geçmiş alt prosedürlere çağrı yapar ve dıştakine geri döner. Bunlar basit bir çekirdek oluşturmanın temel adımlarıdır. Zamanlayıcılarda ise belli peryotlarda tetiklenen kesmeler vardır [4].

Bir zamanlayıcının süresi dolduğu zaman ilgili alt prosedür çalıştırılır yada bir bayrak değişkeni set edilir. Pek çok tasarımcı her bir I/O birimini her döngüde bir kez okumayı ve sonucu bir mantıksal değişkende tutmayı önerir. Bazı tasarımcılar ise kendi durum makinelerini tasarlayarak sadece bir yada iki şeyi her durum için kontrol eder. Bu metodun en zayıf yanı, sistemin herhangi bir donanım tetiklemesine karşı ne kadar zamanda tepki verileceğinin garanti edilememesidir [4].

4.2 Zincirlemeli Çoklu Görev

Yazılım mimarisinin bu tekniği kontrol döngüsü tekniğine çok benzemektedir. Tek fark döngünün bir API içinde saklı olmasıdır. Görev dizileri tanımlanır ve her bir görev kendisine ait olan alt rutin yığınını alır, sonrasında bir görev boşta iken özel bir alt prosedur rutinini çağırır. Bu mimaride bir olay kuyruğu bulunur, bir döngü bu olayları işi bitince kaldırır ve gerekli olan alt rutinleri çağırır. Avantaj ve dezavantjarları kontrol döngüsü yöntemlerine benzer. Ancak sisteme yeni bir yazılım eklemek daha kolaydır.

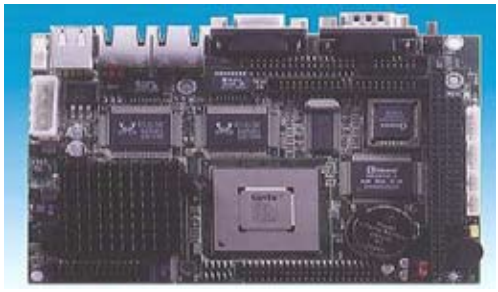
Şekil-3, Çoklu Görev Cihazı

5. Tek Kartlı Bilgisayar
(Sbc – (Single Board Computer)

Tek kartlı bilgisayar (SBC), temel olarak bir masaüstü bilgisayarından çok farklı olmamakla birlikte, üzerinde kullanılan bazı bileşenlerde farklılıklar gösterir. Bu farklılık işlemciden başlar. SBC üzerlerindeki işlemcilerin çoğunluğu Intel x86 uyumlu olsa da standart bir Intel işlemci değildir. Farklı firmalarca, Intel uyumluluğu göz önünde bulundurularak daha az güç tüketecek, daha az yer kaplayacak ve daha düşük maliyetlerle üretilebilecek şekilde tasarlanmışlardır. Sistemin diğer bileşenleri için de aynı durum söz konusudur. Bellek, ekran kartı, ağ kartı, ses kartı gibi bileşenler genelde tümleşik olarak (On-Board) gelmektedir. Depolama amacıyla Flash Disk teknolojileri kullanılır: Disk On Module, Disk On Chip veya Compact Flash. Piyasada farklı büyüklükte ve çok farklı amaçlar için üretilmiş SBC'ler mevcuttur. Genel olarak iki tür SBC olduğunu görülebilir. Bunlardan birincisi, gerekli tüm bileşenleri içeren (All-in-one) tümleşik yapıdaki SBC'lerdir. Bunlar hemen her zaman tek başlarına kullanılır. İkinci tür ise gömülü sistemler için temel işlevleri içeren ancak daha büyük sistemler veya kartlara takılarak bütünleşik olarak çalışan diğer türe göre özellikleri daha kısıtlı ve daha kendine özgü SBC'lerdir [7].

5.1. Advantech Half-Biscuit

Standart 3,5" büyüklüğünde bir SBC'dir.Üzerinde masaüstü bilgisayarlarında bulunan her bileşen mevcuttur. National Geode, Transmeta Crusoe ve Cyrix işlemci seçenekleri vardır. 486-100 ile P3-600 işlemcileri arasındakilerle eşdeğer hızlarda çalışabilen modelleri bulunabilir [8].



Şekil-4, Advantech**'s** Half-Biscuit

5.2. Ampro EnCore

Her biri 3.9"x5.7" büyüklüğündeki modüller halinde olup, birleştirebilir türden bir SBC'dir. İşlemci, Flash Depolama Birimi, IDE, disket sürücü, ethernet, seri ve paralel ses çıkışları, LCD ve CRT ekran çıkışları modül üzerinde

yer almaktadır. İşlemci seçenekleri 486, Pentium, PentiumIII, MIPS ve PowerPC'dir [9].

Şekil-5. Ampro EnCore

5.3. JUMPtec Adastra ETX

3.7"x 4.4" boyutlarında üretilen SBC, modüler yapısı sayesinde farklı sistemlerle bütünleşebilir. Her ETX modülü işlemci, bellek, IO birimleri, USB, ses ve ethernet desteğini içerir. National Geode, Intel Pentium II ve Intel Pentium III işlemcilerini destekler [10].

Şekil-6, JUMPtec Adastra ETX

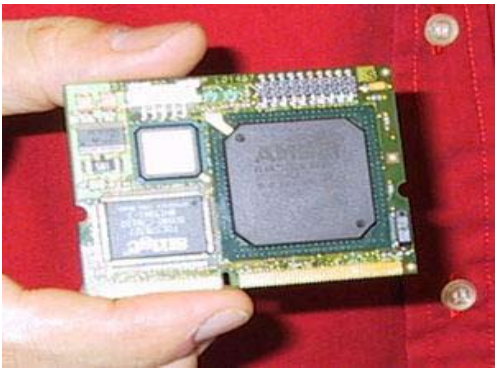
5.4. AMC Technologies NETdimm

5.25" x 1.5" boyutlarında dimmPCI normunda olan bu küçük SBC 32 MB SDRAM bellek, 8 MB Flash disk dahili ethernet, LCD denetleyici ve iki seri portla birlikte gelir [11].

5.5. Forth-Systeme DIMM-520

Oldukça küçük boyutlardaki 2.7"x2" bu SBC üzerinde 32 bit 133 Mhz AMD ElanSC520 x86 tabanlı bir işlemci mevcuttur. Ayrıca 64 MB SDRAM bellek, 16 MB Flash disk, PCI veriyolu, 2 seri 1 paralel çıkış ve dahili 100 Mbit ethernet desteği de bu küçük cihaz üzerine sığdırılmış durumdadır [12].

Şekil-7, AMC Technologies NETdimm



Şekil-8, Techsol Medallion

5.6. Techsol Medallion

En küçük SBC'lerden biridir, sadece 10 cm^2 alan kaplar.60MHz ARM-720T RISC işlemci, 32 MB SDRAM, 32 MB Flash disk, 2 seri port, IrDA ve USB desteğiyle birlikte gelir [13].

6. Sonuç

Bir gömülü sistem esasında, kontrol ettiği cihazla tümleşmiş özel amaçlı bir bilgisayar sistemidir. Gömülü sistemlerin PC'lerden farklı olarak bazı özel gereksinimleri ve ön tanımlı görevleri yerine getirebilme yetenekleri vardır. Gömülü sistemler; %100 güvenilir, hata yapmayan, yıllarla ölçülebilen uzun zaman periyodlarında çalışabilecek bir şekilde tasarlanır. Burada yazılımın önemi çok büyüktür. Gömülü sistem tasarımcıları derleyici, assembler ve hata ayıklayıcı kullanırlar. Günümüz bilgisayar teknolojilerinde meydana gelen hızlı gelişmeler ışığında, gömülü sistemlerde de hızlı bir gelişimin ve değişimin meydana geleceğini söylemek mümkündür. Bu türden teknolojik gelişmelerin beyaz eşya ve elektronikte bir zincirleme etki göstereceği ve hayatımızın parçası haline gelen ev aletleri ve beyaz eşya teknojilerine bir dizi yenilik getireceği aşikardır. Dünya piyasalarında üretilen mikroişlemcilerin % 98'inin gömülü sistemlere yönelik yapıldığı düşünüldüğünde; elektronik yapılarda, mimarilerde ve işletim sistemlerinde meydana gelecek yenilik ve gelişmelerin, robot teknolojisinden beyaz eşyalara, dijital fotoğraf makinalarından flash disklere, otomotiv teknolojilerine ve daha bir çok elektronik cihazın üretilmesine ciddi katkılar yapılacağı ortadadır. Gömülü sistemlerde arzu edilen performansın elde edilebilmesi için, açık kodlu işletim sistemlerinin daha mükemmel hale getirilmesi, algoritmik mimarilerde yapısal özelliklerin ön plana çıkması, yazılım desenlerinin bütün özelliklerini eksiksiz bir biçimde kullanmak gerekmektedir. Bu durumda gömülü sistemlerin kullanıldığı bütün cihazlarda maksimum performans elde etmek mümkün olabilir. Sonuç olarak, gömülü sistemlerde performans artışı elde edebilmek için, donanım birimleri yanında, yazılım unsurları üzerinde de ciddi düzenlemeler yapmaya gereksinim bulunmaktadır. Yazılım algoritmalarında etkinlik elde etmek için işletim sistemlerinin yapısını geliştirmeye gereksinim duyulmaktadır.

Kaynaklar

[1][Online] http://www.tomshardware.com.tr/howto/20060217/ic_pc-11.html

[2][Online] http://www.belgeler.org/embedded/embedded-giris.html

[3][Online] http://www.teknoturk.org/docking/yazilar/tt000001-yazi.htm

[4][Online] http://www.teknohaber.net/makale.php?id=50412

[5][Online] http://www.msxlabs.org/forum/muhendislik-bilimleri/89713-gomulu-sistemler.html

[6][Online] http://tr.wikipedia.org/wiki/Kategori:G%C3%B6m%C3%BCl%C3%BC_i%C5%9Fletim_ - sistemleri

[7][Online] http://belgeler.org/embedded/embedded-sbc.html

[8][Online] http://advantech.com

[9][Online] http://ampro.com

[10][Online] http://adastra.com

[11][Online] http://amctehccorp.com

[12][Online] http://fsforth.de

[13][Online] http://techsol.ca