

Gömülü Bir Sistem İçin Bir Çoklu Ortam Uygulaması

A Multimedia Application for an Embedded System

Sadık Arslan¹, Mustafa Gündüzalp², Ercüment Türk¹

¹Araştırma Geliştirme Bölümü
Kentkart Ege Elektronik A.Ş.
sadik.arslan@kentkart.com.tr, ercument.turk@kentkart.com.tr

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Yaşar Üniversitesi
mustafa.gunduzalp@yasar.edu.tr

Özet

Çalışmada, mikroişlemci içeren bir gömülü sistem için çoklu ortam uygulaması gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistem ses çalma, ekrandan görüntü alma, diske kaydetme gibi çoklu ortam desteklerini donanımsal ve yazılımsal olarak sağlamaktadır. Çalışmanın tasarımında Linux işletim sistemi kullanılmıştır. Linux işletim sistemini kullanan çevreseller için gereken sürücüler geliştirilmiş; çevresellerin denemesinin yapılması için gerekli olan test uygulamaları ve kullanıcı kütüphaneleri yazılmıştır. Çoklu ortam işlemlerini sağlayan uygulamalar Linux işletim sistemi için tasarlanmıştır.

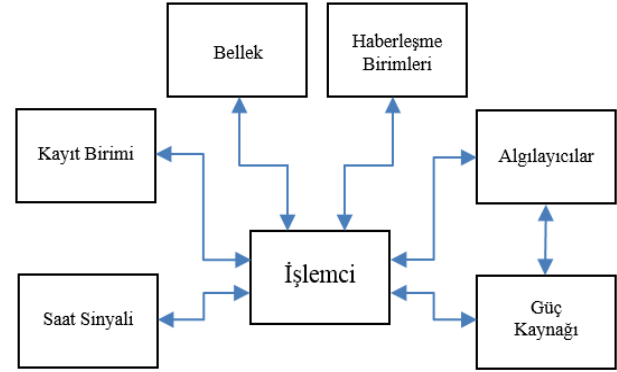
Abstract

In this study, system multimedia applications is realized for an embedded system. The designed system provides multimedia support such as audio playback, video play, saving to disk as hardware and software. In the design of the developed system, Linux operating system is used. Required Linux operating system peripheral drivers has been developed. To realize peripheral module tests, necessary test and user applications and user libraries are written. User applications that provides multimedia operations are designed for the Linux operating system.

1. Giriş

Gömülü sistemler, özel amaçlar için tasarlanmış sistemlerdir. Gömülü bir sistem kendisi için önceden tanımlanmış görevleri yerine getirir. Gömülü sistemlerde genel olarak yavaş sayılabilecek bir işlemci, bir bellek ve diğer yardımcı birimler kullanılmaktadır. Gömülü sistemlerde Gömülü Linux, JavaOS, LynxOS, Mobilinux, Windows CE gibi birçok işletim sistemi kullanılmaktadır [1]. Gömülü sistemlere örnek olarak herkesin günlük ve iş hayatında karşılaşılabileceği cep telefonları, ağ anahtarlama ekipmanları, motor denetleyiciler, fren sistemleri, ev otomasyon ürünleri, hava savunma sistemleri, tıbbi ekipmanlar ve ölçüm sistemleri verilebilir. Bir gömülü sistemin yapısında temel olarak işlemci, tüm birimleri besleyen güç kaynağı, bellek, kayıt birimleri, haberleşme

arayüzleri, algılayıcılar gibi bölümler bulunmaktadır. Şekil 1'de bir gömülü sistemin genel blok yapısı görülebilir.



Şekil 1: Basitleştirilmiş bir gömülü sistem blok çizimi.

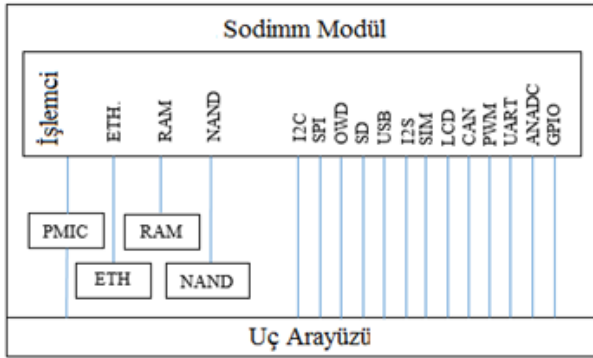
Gömülü çoklu ortam sistemleri ses, görüntü, metin gibi farklı türde içeriklerin aynı platformda bulunmasını ifade etmektedir. Bu sistemler kaydedilmiş veya canlı verinin işlenmesini, görüntülenmesini, çalıştırılmasını, üzerinde değişiklik yapılmasını, dosyalarda saklanmasını, bilgisayar ağından iletilmesini ve sayısal olarak işlenmesini sağlamaktadırlar. Geliştirilen proje ile mikroişlemci içeren bir gömülü çoklu ortam sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemde 24-bit Likit Kristal Ekran arayüzü (Liquid Crystal Display, LCD) ile görüntü alınmakta, hoparlör kullanılarak ses elde edilmekte, bellek kullanılarak kayıt yapılabilmekte, ethernet arayüzü ile dış dünya ile haberleşilebilmekte, Evrensel Seri Hat (Universal Serial Bus, USB) kullanılarak dış birimler bağlanabilmektedir. Bununla birlikte projede Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System, GPS) ve Mobil İletişim İçin Küresel Sistem (Global System for Mobile Communications, GSM) modül gibi ek birimler ile de araç takip, sürücü bilgisayarı gibi farklı gömülü cihazların tasarımı sağlanabilmektedir. Kullanılan Linux işletim sistemi sayesinde de tüm dosya, ağ haberleşme, uygulama çalıştırma gibi çoklu ortam işlemleri yapılabilmektedir. Tasarlanan sistem genel olarak ücret toplama sistemlerinin

kullanılabileceği otobüs ve tren gibi araçlara uygun olarak düşünülmüş ve gerçekleştirilmiştir.

Günümüz çoklu ortam sistemlerinin yüksek performans gereksinimi, gerçek zaman işlemleri, ses ve görüntü sıkıştırma ve açma, aynı anda çok sayıda işlemi gerçekleştirme gibi nedenlerden dolayı sürekli artmaktadır. Araştırmacılar çoklu ortam sistemlerini geliştirmek için farklı alanlarda çalışmalar yürütmektedirler. Gömülü çoklu ortam sistemlerinin en önemli parçalarından biri olan mikroişlemci üzerinde hız, performans çalışmaları [2 - 4], bellek yönetimi [5 - 10] ve yazılımsal iyileştirmeler [11 - 14] ile diğer geliştirme çalışmaları sürmektedir. Trafik yönetim sistemleri [15], güvenlik sistemleri [16], video sistemleri [17], hata ayıklama [18] gibi alanlar çoklu ortam sistemlerinin kullanımına verilebilecek diğer örneklerdir.

2. Sistemin Donanımsal Tasarımı

Sistem geliştirilirken mikroişlemci olarak daha önceden geliştirilen, iMX25 [19] ailesinden, ARM çekirdekli bir entegre devre içeren, Küçük Hatlı Çift Sıralı Bellek Modül (Small Outline Dual In-line Memory Module, Sodimm) arayüzlü modül [20] kullanılmıştır. Bu modül üzerinde mikroişlemci, TÜVE Kapılı (Negative And, NAND) bellek, Rasgele Erişimli Bellek (Random Access Memory, RAM) ve Ethernet dönüştürücü arayüzü bulunmaktadır. Ayrıca Evrensel Asenkron Alıcı Verici hat (Universal Asynchronous Receiver Transmitter, UART), Çevresel Seri Arayüz (Serial Peripheral Interface, SPI), USB, Entegreler Arası Devre (Inter-Integrated Circuit, I2C) gibi birçok farklı arayüz desteği de sağlamaktadır. 200 adet uç bulunan Sodimm arayüzünden de bağlantısı yapılması istenen özellikler kullanılabilmektedir. Linux işletim sistemi de bu kart ile gelmektedir. Linux işletim sisteminin Yazılım Geliştirme Aracı (Software Development Kit, SDK) kurulduğunda tüm özellikler çalışır şekilde, Linux uyumlandırması yapılmış durumda, modül üzerinde geliştirme yapılabilir haldedir. Şekil 2'de basitleştirilmiş donanımsal modül çizimi görülebilir.



Şekil 2: Tasarlanan kartın basitleştirilmiş blok çizimi.

Tasarlanan sistemin araçlarda kullanılması düşünüldüğü için 8V ile 40V aralığında enerji girişi olabilmektedir. Sistemin enerji girişinde bulunan filtresinde, 200Hz üzerindeki frekanslardaki voltaj dalgalanmaları filtrelenir ve araçtan gelen gürültüler engellenerek düzgün bir voltaj girişi sağlanmış olur. Giriş voltajı bir adet düşürücü devreden geçer ve 3.3V sistem ana beslemesi üretilir. Gerekli yerlerde kullanılmak üzere düşük akımlarda 1.8V regülatör ve 5V yükseltici devresi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemde çalışma

esnasında bazı blokların enerjisinin kapatılması gerekebilmektedir. Bu nedenle 3.3V beslemesine bir mosfet anahtarı eklenmiştir. Böylece bazı bloklar bu anahtarlanan kaynaktan beslenmektedir.

Çoklu ortam sistemlerinin çalışabilmesi için SPI arayüzlü bellek, SD arayüzü ile çalışan MMC, ethernet arayüzü, Gerçek Zaman (Real Time Clock, RTC), USB arayüzü gibi bazı bloklar projede kullanılmıştır. SPI arayüzü ile haberleşilen bellekte sistemin çevresel parametreleri ve kart seri numaraları tutulmaktadır. RTC kullanılarak sistemin gerçek saati bilinmektedir. RTC'nin enerji kesildiğinde de çalışabilmesi için 2mAh kapasitesinde bir pil kullanılmıştır. Sistem açıldığında mikroişlemciye reset atan devre de tasarıma konmuştur. Devre aktif düşük seviye sinyal olarak çalışmakta ve enerji geldiğinde 240ms sıfırda kalıp sonra yüksek olmaktadır. Böylece besleme tam seviyesine ulaşana kadar beklenmekte ve sistem açılmaktadır. Araçlarda bulunan anahtarın çevrilmesi ile 24V olan araç kontak sinyalinin devrede kullanılması gerekmektedir. Sinyal bir optik izolatör içeren devreye ve mikroişlemciye buradan 3.3V seviyesine dönüşmüş şekilde girer. Bu devre mikroşlemci ile dış dünyadaki sinyalin izolasyonunu da sağlamış olmaktadır. Aynı şekilde kilometre sayım sinyali de mikroişlemciye taşınmaktadır. Bu sinyal ise aracın katettiği yola göre araç tarafından üretilmektedir. Sinyal alınarak aracın hızı, gittiği yol gibi bilgiler hesaplanabilmektedir. Sistem seri porttan açılabilen ve geliştirme çalışmaları UART hattından yapılmaktadır. Burada hat mikroşlemci tarafında 3.3V TTL seviyesindedir. Ancak cihazın dış dünya ile iletişiminin RS232 protokolü ile yapılması gerekmektedir. Bu nedenle RS232 dönüştürücü devresi tasarıma eklenmiştir. Ayrıca sistemin kendi kendini test etmesi de istenmektedir. Bu test modu normal açılmadan farklıdır. Test moduna girilebilmesi için dışarıya çıkarılmış bir butona basılması gerekmektedir. Cihaz ilk enerjilendiğinde bu butona basılırsa normal olarak açılmaz ve tüm fonksiyonların test edilebileceği test moduna girer. Araçlarda bulunan CAN'e ulaşabilmek için de mikroşlemcinin Kullanıcı Alan Ağı (Controller Area Network, CAN) arayüzü kullanılmıştır. Burada sinyal arayüzü uyumluluğu için de CAN dönüştürücü entegre devresi kullanılmıştır.

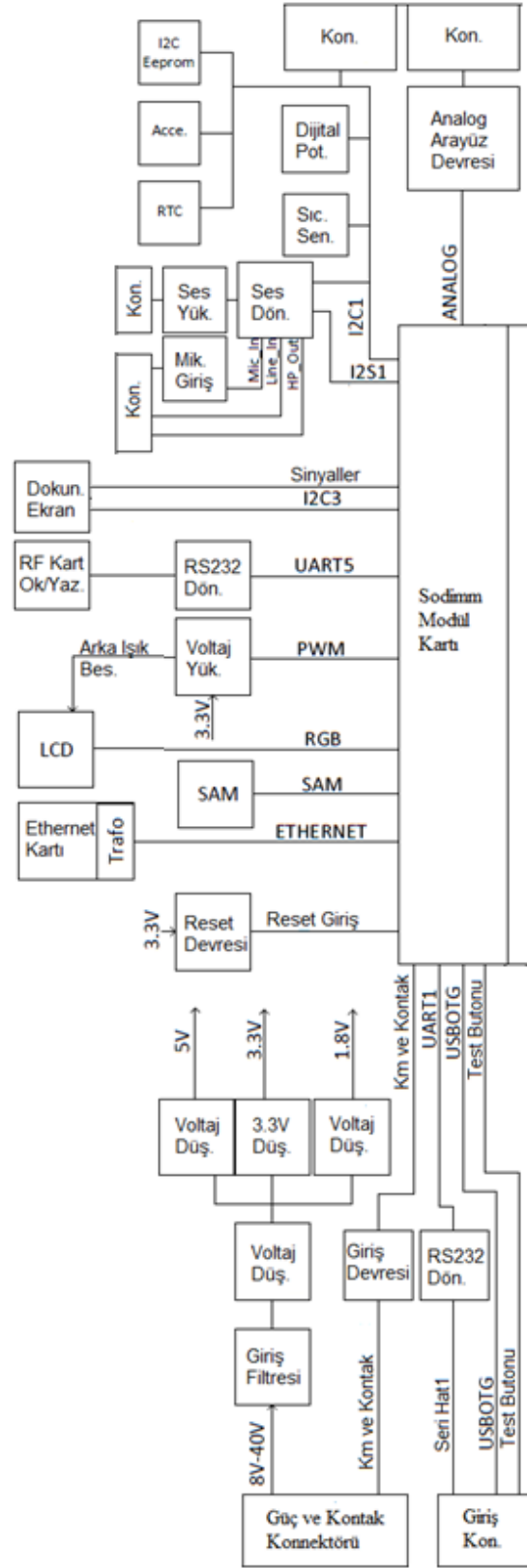
Çoklu ortam olarak kullanılacak sistem için de temelde ses, görüntü ve haberleşme arayüzleri eklenmiştir. Ses çıkışı elde edilebilmesi için I2S arayüzü ile çalışabilen bir ses dönüştürücü entegre devresi kullanılmıştır. Burada Entegreler Arası Ses hattı (Integrated Interchip Sound, I2S) ile mikroşlemciden çıkan ses, ses dönüştürücü entegresinden geçer ve analog hat sinyali olur. Hat sinyali de ses yükselticiye gelir ve yükseltilen sinyal hoperlerden duyulabilir. Ayrıca dışarıdan mikfon bağlanabilir ve gelen mikfon sinyali de güçlendirilir ve hat seviyesine çıkarılır. Hat seviyesindeki mikfon sinyali de yine dönüştürücü entegresi aracılığı ile mikroşlemciye ulaşır. Bunlarla birlikte doğrudan dışarıdan hat giriş alınabilir ve dışarıya hat seviyesinde kulaklık çıkış sinyali verilebilir. Kırmızı Yeşil Mavi (Red Green Blue, RGB) Transistör'den Transistör'e Lojik (TTL) sinyal arayüzü ile de 18-bit LCD çalıştırılmakta ve LCD arka ışık besleme devresi kart üzerinde bulunmaktadır. LCD arka ışık parlaklığının ayarlanabilmesi için de devreye PWM sinyali mikroşlemciden verilmektedir. Darbe Genişlik Modülasyon içeren uç (Pulse-Width

Modulation, PWM) sinyalinin görev döngüsü (duty cycle) oranına göre devrenin çıkışındaki voltaj seviyesi değişmekte ve ekranın parlaklığı ayarlanmaktadır. Dokunmatik ekran desteği için de I2C hattı kart dışına çekilmiştir. Dokunmatik ekran da buradan kontrol edilmekte ve ekrandan gelen pozisyon bilgileri alınmaktadır. Sistemin dış dünya ile haberleşebilmesi için RS232, RS485, USB ve ethernet arayüzleri kullanılmıştır. RS232 ve RS485 hatlarında seviye dönüştürücü devreleri kullanılmıştır. Ethernet hattının konektör ve trafo kısmı ise ayrı bir kart olarak tasarlanmış ve anakartın üstüne konulmamıştır. Radyo Frekansı (Radio Frececy, RF) kart okuma yazma işlemlerinin yapılabilmesi için de dışarıya ayrı bir RS232 hattı çıkarılmıştır. Bu hat ile tasarlanacak olan herhangi bir RF modül ile haberleşme sağlanacaktır. Güvenli okuma yazma yapılabilmesi için de kart üzerine Güvenli Erişim Modülü (Secure Access Module, SAM) eklenmiştir. Kart üzerinde ayrıca ivme ölçer sensör, Elektronik Olarak Silinebilir Sadece Okunur Bellek (Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory, EEPROM), sıcaklık sensörü ve dijital potansiyometre de kullanılmıştır. Bu birimler I2C arayüzü ile kontrol edilmektedir. Dış dünyadan analog sinyal seviyesi okuyabilmek için kartta analog sinyal giriş devreleri tasarlanmıştır. Devreler dış dünyadaki 0V ile 60V aralığındaki sinyalleri okuyabilmektedir. Gerekli olması halinde kullanılmak üzere toplamda 6 adet dijital giriş ve çıkış olabilen sinyal hattı dış dünyaya konektör ile çıkarılmıştır. Bu sinyalleri oluşturmak için de bir SPI arayüzü ile çalışan giriş çıkış arttırıcı entegresi kullanılmıştır. Dijital sinyallerin izolasyonu için optik izolatör kullanılmıştır. Dış dünyaya bilgi vermek için LCD ve ses kullanılmadığı hallerde sesli uyarıcı (buzzer) ve 3 adet Işık Yayan Diyot'un (Light Emitting Diode, LED) bilgilendirme amaçlı olarak kullanılması için devreler tasarlanmıştır. Sistemin genel donanımsal yapısı Şekil 3'te ve 4'te verilmiştir. Sistemin genel görünümü ise Şekil 5'te görülebilmektedir.

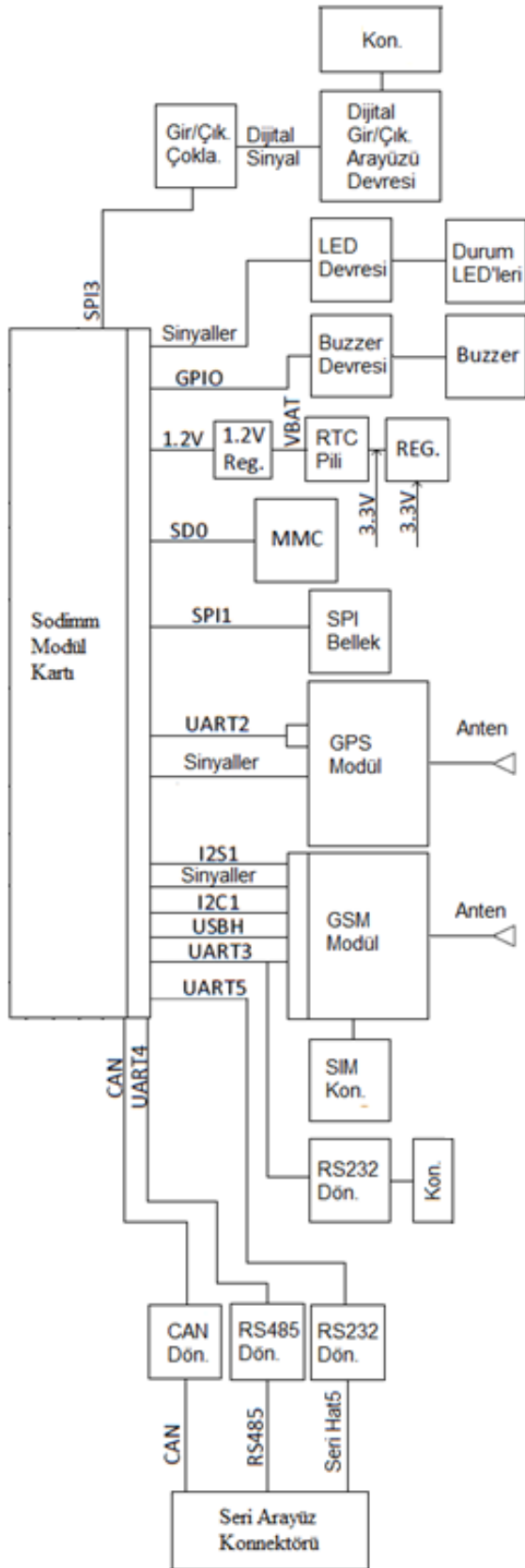
3. Sistemin Yazılımsal Tasarımı

Çoklu ortam sisteminde Linux Kernel 2.6.35.3 [21] işletim sistemi kullanılmaktadır. İşletim sistemin üzerinde çalıştırılacak olan uygulamalar açık kaynak kodlu ve ücretsiz olan Eclipse [22] derleyicisinde geliştirilmiştir. Uygulamalar, görsel arayüz GTK kütüphaneleri [23] kullanılarak geliştirilmiştir. GTK, açık kaynak kodlu, ücretsiz olarak dağıtılan, çok platformlu grafiksel kullanıcı arayüzü geliştirme araç kütüphaneleridir. GTK, Linux işletim sistemlerinde grafik arayüz altyapısını sunan X pencere sistemi [24] ile çalışmaktadır ve görsel grafik arayüz tasarımlarında oldukça sık kullanılmaktadır. GTK kullanılarak video oynatma, ses dosyalarını çalıştırma, dosya sistemine kayıt yapma silme gibi uygulamaları içeren çoklu ortamın özelliklerini kullanan bir uygulama geliştirilmiştir. Video oynatmak için FFmpeg [25] kütüphaneleri kullanılmıştır. FFmpeg uygulaması libavcodec, libavutil, libavformat, libavfilter, libavdevice, libswscale ve libswresample kütüphanelerini içermektedir. Uygulamalar da bu kütüphaneleri kullanarak çoklu ortam çalışmalarını sağlamaktadır. Sistemde ses çalıştırılıp dinlenebilmesi için de Alsa (Advanced Linux Sound Architecture) [26] kütüphaneleri kullanılmıştır. Alsa, Linux işletim sistemi için ses ile ilgili tüm özelliklerin desteğini vermekte ve üst seviye fonksiyonellik içermektedir. Tasarlanan kullanıcı uygulamalarında alsa-lib kütüphanesi kullanılmıştır.

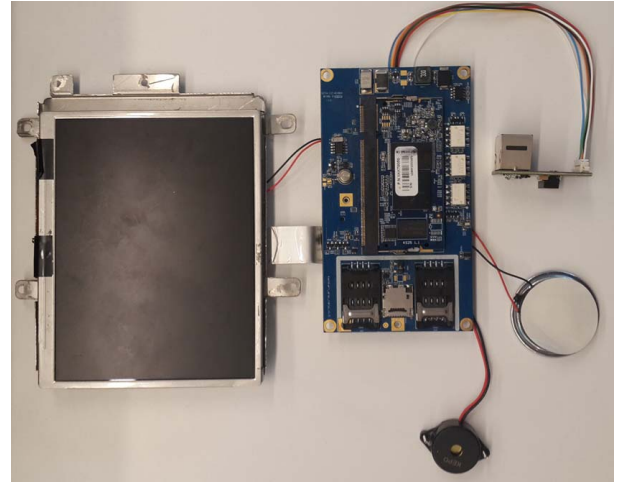
Dosyadan okuma ve yazma gibi diğer çoklu ortam işlemleri için de Linux işletim sisteminin sunduğu Kernel çekirdek kütüphaneleri kullanılmıştır.



Şekil 3: Tüm sistemin donanımsal blok çizimi -1

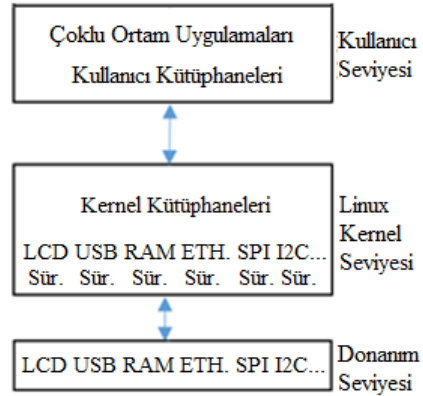


Şekil 4: Tüm sistemin donanımsal blok çizimi -2



Şekil 5: Tüm sistemin genel görünümü

Tasarlanan gömülü çoklu ortam sisteminin çalıştırılması için orta ve alt seviyede çalışan, SPI, LCD, I2C, Analog Input, RTC gibi birimlerin ve arayüzlerin gerekli olan kullanıcı kütüphaneleri ve uygulamaları geliştirilmiştir. Bu işlemler C dili kullanılarak Eclipse derleyicisinde yapılmıştır. Şekil 6'da yapılan çalışmalarda yazılımsal arayüzler genel olarak gösterilmiştir. Yapılan çalışmalarda karşılaşılan problemlerin çözülebilmesi için hata ayıklama işlemi yapılmış ve gerekli olan Eclipse ve JTAG araçları kullanılmıştır [27].



Şekil 6: Çalışma yapılan yazılımsal arayüzler.

4. Sonuçlar

Çalışma hedefleri doğrultusunda, video oynatma, ses çalıştırma, dosyadan okuma yazma, USB gibi çevresel arayüzlerden işlemler yapma gibi çoklu ortam işlemlerini yapan bir donanımsal ve yazılımsal bir sistem geliştirilmiştir. Tüm çoklu ortam işlemlerinin çalıştırılabileceği, mikroişlemci de içeren donanımsal bir sistem tasarlanmıştır. Uygulamaların çalıştırılabilmesi için Linux işletim sistemi kullanılmıştır. Çoklu ortam işlemleri, geliştirilen uygulamalar ve kullanıcı kütüphaneleri ile sağlanmıştır.

Sonraki aşamada, ücret toplama sistemlerinde kullanılan sürücü bilgisayarı cihazlarında bu sistem kullanılabilir. Sürücü bilgisayarlarına özel RF kart okuma, yolcu bilgisi girme, merkez ile haberleşme, yolcuları sesli görüntülü olarak

bilgilendirme gibi işlemler tasarlanan sistem ile gerçekleştirilebilir.

5. Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmaya maddi ve laboratuvar olanakları açısından verdiği destek için Kentkart Ege Elektronik A.Ş.'ne teşekkür eder.

6. Kaynaklar

- [1] Hallinan, C., *Embedded Linux Primer: A Practical, Real-World Approach*, Prentice Hall, New York, 2006.
- [2] A. Suga et al., "A 4-Way VLIW Embedded Multimedia Processor", *2000 IEEE International Solid-State Circuits Conference*, 2000, 213 – 216.
- [3] Hayakawa, F., Okano, H. and Suga, A., "An 8-Way VLIW Embedded Multimedia Processor With Advanced Cache Mechanism", *2002 IEEE Asia-Pacific Conference*, 2002, 214 – 216.
- [4] Kozyrakis, C. and Patterson, D., "Vector vs. superscalar and VLIW architectures for embedded multimedia benchmarks Microarchitecture", *35th Annual IEEE/ACM International Symposium*, 2002, 283 – 293.
- [5] De Greef, E., Catthoor, F. and De Man, H., "Array placement for storage size reduction in embedded multimedia systems", *Application-Specific Systems, IEEE International Conference on Architectures and Processors*, 1997, 66 – 75.
- [6] Miranda, M., Ghez, C., Kulkarni, C., Catthoor, F. and Verkest, D., "Systematic speed-power memory data-layout exploration for cache controlled embedded multimedia applications", *The 14th International Symposium on System Synthesis*, 2001, 107 – 112.
- [7] Kulkarni, C., Ghez, C., Miranda, M., Catthoor, F. and De Man, H., "Cache conscious data layout organization for conflict miss reduction in embedded multimedia applications", *IEEE Transactions on Computers*, Volume: 54, Issue: 1, Pages: 76 - 81, 2005.
- [8] Valls, M. G., Alonso, A. and de la Puente, J. A., "Mode Change Protocols for Predictable Contract-Based Resource Management in Embedded Multimedia Systems", *ICESS '09. International Conference on Embedded Software and Systems*, 2009, 221 – 230.
- [9] Unsal, O. S., Ashok, R., Koren, I., Krishna, C. M. and Moritz, C. A., "Cool-Cache: A compiler-enabled energy efficient data caching framework for embedded/multimedia processors", *ACM Transactions on Embedded Computing Systems (TECS)*, Volume: 2, Issue: 3, 373-392, 2003.
- [10] Kulkarni, C., Ghez, C., Miranda, M., Catthoor, F. and De Man, H., "Cache conscious data layout organization for embedded multimedia applications", *Conference and Exhibition Design, Automation and Test in Europe*, 2001, 686 – 691.
- [11] Kulkarni, C., Catthoor, F. and De Man, H., "Code transformations for low power caching in embedded multimedia processors", *IPPS/SPDP Proceedings of the First Merged International Symposium on Parallel and Distributed Processing*, 1998, 292 – 297.
- [12] Wu, X., Cheng, S. and Xiong Z., "On packetization of embedded multimedia bitstreams", *IEEE Transactions on Multimedia*, Volume: 3, Issue: 1, 132 - 140, 2001.
- [13] Karim, F., Mellan, A., Nguyen, A., Aydonat, U. and Abdelrahman, T., "A multilevel computing architecture for embedded multimedia applications", *IEEE Micro*, Volume: 24, Issue: 3, 56 - 66, 2004.
- [14] La Rosa, A., Lavagno, L. and Passerone, C., "Software development for high-performance, reconfigurable, embedded multimedia systems", *IEEE Design & Test of Computers*, Volume: 22, Issue: 1, 28 - 38, 2005.
- [15] Toral, S. L., Vargas, M. and Barrero, F., "Embedded Multimedia Processors for Road-Traffic Parameter Extension", *Computer*, Volume: 42, Issue: 12, 61 - 68, 2009.
- [16] Fukase, M., Sato, Y. and Sato, T., "Design of a hardware security-embedded multimedia mobile processor", *IEEE International Symposium on Communications and Information Technology*, Volume: 1, 362 - 367, 2004.
- [17] Dai, Y., Li, Q., Zhang, Q. and Kuo, C. C. J., "SIMD - efficient loop unrolling design for embedded multimedia applications", *2004 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, Volume: 3, 1851 - 1854, 2004.
- [18] Cueva, P. L. et al., "Debugging embedded multimedia application traces through periodic pattern mining", *EMSOFT '12 Proceedings of the tenth ACM international conference on Embedded software*, 2012, 13-22.
- [19] i.MX25 Applications Processor for Automotive Products Silicon Version 1.2 Datasheet, Freescale Semiconductor, 2013
- [20] Arslan S. ve Gündüzalp M., "Mikroişlemci İçeren Gömülü Sistem Bir Modüler Kontrol Kartı Uygulaması", *Elektrik-Elektronik Bilgisayar Sempozyumu EEB2016*, 2016, 291 – 295.
- [21] The Linux Kernel Archives. [Online]. Available: <https://www.kernel.org/>, 2016.
- [22] The Eclipse open source project. [Online]. Available: <https://eclipse.org/>, 2016.
- [23] The GTK+ project. [Online]. Available: <http://www.gtk.org/>, 2016.
- [24] The X.Org open source project. [Online]. Available: <http://www.x.org/>, 2016.
- [25] FFmpeg multimedia project. [Online]. Available: <https://ffmpeg.org/>, 2016.
- [26] Advanced Linux Sound Architecture (ALSA) project. [Online]. Available: <http://www.alsa-project.org/>, 2016.
- [27] Using Open Source Debugging Tools for Linux on i.MX Processors, Application Note, Freescale Semiconductor, 2010.